

В монографии исследуются актуальные проблемы формирования осанки детей школьного возраста; приведены данные о двигательной функции позвоночного столба, способах измерения и оценки осанки человека; рассматриваются задачи расширения двигательных возможностей человека и профилактики нарушений осанки за счет более рациональной организации двигательной деятельности.

На основе результатов собственных исследований процессов формирования биометрического профиля осанки школьников автор предлагает оригинальные концепции и стратегии управления этим процессом.

Для студентов и преподавателей институтов спортивного и медицинского профилей, тренеров, специалистов спортивной медицины, реабилитации и кинезитерапии.

У монографії досліджуються актуальні проблеми формування постави дітей шкільного віку; наведено дані щодо рухової функції хребта, способів вимірювання та оцінки постави людини; розглядаються завдання розширення рухових можливостей людини та профілактики порушень постави за рахунок раціональнішої організації рухової діяльності.

На основі результатів власних досліджень процесів формування біометричного профілю постави школярів автор пропонує оригінальні концепції та стратегії управління цим процесом.

Для студентів і викладачів інститутів спортивного та медичного профілів, тренерів, фахівців спортивної медицини, реабілітації та кінезитерапії.

Рецензенты

доктор педагогических наук, профессор,
заслуженный деятель науки и техники Украины М.М. БУЛАТОВА
доктор педагогических наук, профессор С.С. ЕРМАКОВ
доктор физико-математических наук, профессор Н.И. ГРИЦЕНКО

Эволюция человека является своеобразной летописью его биологического развития. На разных ее этапах различные биологические объекты выполняют разнообразные функции. Так, в частности, организм человека, который в ряде случаев рассматривается как наиболее современное создание природы, в принципе представляет собой обычную биологическую сущность. Однако современные теоретические концепции развития живой природы сегодня ставят человека и его жизнедеятельность в ряд самых уникальных творений биологического развития.

Современная теория эволюции свидетельствует о том, что в развитие организма человека различные системы вносят свой собственный вклад. Это, в первую очередь, относится к формированию у человека определенной системы локомоций. Уровень знаний закономерностей развития этой системы сегодня является определяющим фактором развития современной цивилизации. С этой точки зрения исследования механизмов формирования и развития у человека двигательной функции следует признать весьма актуальным.

В монографии "Биомеханика осанки" рассматриваются и исследуются важные проблемы развития и формирования системы локомоций человека, которые, что особенно примечательно, открывают в этой проблеме новые, ранее не изученные грани. Автор видит в исследованиях эволюции человека, прежде всего, самую существенную проблему развития учения о формировании пространственного, ортогонального положения тела человека.

В работе В. Кашубы привлекает особое внимание проблема формирования осанки человека. Однако осанка понимается автором в необычном, нетрадиционном плане. Он ее видит как важнейшую составную часть функции организма человека, обеспечивающую его равновесие в трехмерном пространстве. При этом он рассматривает функцию равновесия через глобальные проблемы гравитационных взаимодействий организма человека с окружающей средой. Благодаря такому подходу у исследователей формируется новое представление об эволюции. Эволюция человека понимается не только как морфологическое совершенствование, но и как часть космических проблем гравитации, гравитационных взаимодействий человека с окружающим миром. Через призму этих проблем автор рассматривает проблемы осанки человека. Причем саму осанку он понимает, прежде всего, как проявление

функции гравитационных взаимодействий человека. По его мнению, благодаря эволюционному развитию и гравитации у человека формируются основные морфологические особенности осевого скелета. Собственно саму вертикальную позу можно рассматривать как одно из мощных проявлений природной функции человека и она связана, прежде всего, с отношением к гравитационным взаимодействиям его организма.

Монография хорошо иллюстрирована. В ней, пожалуй, впервые в отечественной и зарубежной литературе дается подробное и объективное описание геометрии масс тела человека в онтогенезе. Это открывает широкие возможности для прикладного использования результатов исследования. В частности, речь идет о возможности более широкого использования средств физического воспитания для профилактики и коррекции осанки детей школьного возраста. При этом автор приводит интересные данные о компьютерной диагностике осанки, что особенно важно при использовании современных компьютерных технологий в физическом воспитании и в биологии человека.

Большое количество экспериментального материала, включающего собственные исследования, а также исследования своих учеников, добавляет существенную аргументацию к исследованиям автора и позволяет видеть перспективы этого исследования.

Работа "Биомеханика осанки" является продолжением цикла исследований динамики организма человека, начатого несколько десятков лет назад в Национальном университете физического воспитания и спорта Украины. Именно поэтому специалисты уверены в том, что проблемы, поднимаемые в данной работе, получат свое дальнейшее продолжение и распространение в области физического воспитания и спорта, биологии, медицины и кинезитерапии. Это значительно расширит наше представление о гравитационной функции организма человека и позволит объективизировать современные данные о формировании организма детей и подростков.

*Доктор биологических наук, профессор,
заслуженный деятель науки и техники Украины
Анатолій Лапунтин*

Регуляция вертикальной позы человека относится к числу наиболее актуальных биологических и социально-педагогических проблем современности. Она рассматривается не только как один из факторов, характеризующих определенное положение тела человека в пространстве, но и как наиболее существенный показатель состояния его здоровья. Как свидетельствуют исследования, большинство специалистов придают особое значение работам в области регуляции вертикальной позы и, в частности, формирования осанки человека. Однако, как правило, многие авторы рассматривают эту проблему только с одной точки зрения, а комплексная, системная оценка данного явления в специальной литературе, к сожалению, до настоящего времени отсутствует. Между тем, такие данные, по-видимому, могли бы существенным образом расширить современное представление о динамических взаимодействиях в двигательном аппарате человека при формировании его ортоградного положения. В связи с этим исследование проблем прогнозирования возможностей формирования правильной осанки детей школьного возраста приобретает чрезвычайную актуальность.

Среди заболеваний опорно-двигательного аппарата нарушения осанки занимают одно из первых мест как по частоте, так и по сложности патологических изменений. Количество детей с нарушением осанки в Украине за последние 20 лет увеличилось в два раза и составляет, по данным разных исследований, от 60 до 80 % - то есть, в среднем, три ребенка из пяти имеют видимые деформации опорно-двигательного аппарата, что, в свою очередь, приводит к увеличению патологии не только аппарата движения, но и основных органов и систем (сердечно-сосудистой, пищеварительная, дыхательная и др.).

В специальной литературе приводится множество причин этих нарушений - изменение экологии, несбалансированное питание, информационные перегрузки детей, снижение их двигательной активности (гипокинезия) и др.

В период обучения в школе дефицит двигательной активности приводит к недостаточной стимуляции роста и развития организма, появлению избыточной массы тела за счет отложения жира. Ограничение объема мышечной деятельности ведет к существенному снижению афферентной импульсации мышц, что, в свою очередь, приводит к изменению сократительных способностей мышц. В мышечных волокнах наблюдаются выраженные атрофические и дистрофические изменения. Значительно снижаются сила и мышечный тонус, происходят нарушения двигательных навыков и координации движений.

Результаты научных исследований и опыт ряда стран Западной Европы убедительно показывают, что достаточно увеличить двигательную активность, обеспечить

ЭВОЛЮЦИЯ И ГРАВИТАЦИЯ

ребенка возможностью реализовать заложенный в нем генетический двигательный потенциал, заставить качественно работать системы физического воспитания, и уже даже это решает ряд проблем, связанных с уровнем заболеваемости и распространенностью деформации опорно-двигательного аппарата, значительно повышает устойчивость детей к различного рода неблагоприятным факторам среды.

Нарушения осанки, которые первыми обычно замечают родители и педагоги, не должны расцениваться как безобидная, не требующая коррекции деформация позвоночного столба или стоп. Это является первым предупреждением к развитию серьезных нарушений аппарата движения (сколиотическая болезнь, юношеский кифоз и остеохондроз и др.).

Большинство авторов, рассматривающих проблему нарушения осанки, уделяют основное внимание анатомическим или физиологическим ее аспектам. В то же время пространственная организация биосферы тела человека чаще всего остается вне поля зрения специалистов. В связи с этим для автора было весьма интересно в своей работе обозначить основные направления возможных источников формирования геометрии масс тела человека и отдельных ее элементов в онтогенезе.

Круг проблем, затрагиваемых в настоящей книге, а также их раскрытие выходят далеко за рамки реальных возможностей автора.

Наибольшее внимание автора привлекают проблемы взаимосвязи физических сил земной гравитации и внутренних сил живых биологических систем, стимулирующих рост, развитие и формирование живой материи, несмотря на присутствие очевидного препятствия к этому — наличия мощнейшего и постоянно действующего протекания сил земного притяжения.

Успехи современной биомеханической методологии открывают определенные перспективы для дальнейшего совершенствования средств и методов формирования осанки. Развитие технологии и методов измерений, внедрение в исследовательские процессы компьютерных систем значительно расширяют возможности физических измерений, в частности в профилактике нарушений осанки.

Литр исходит из широкого понимания осанки как важной характеристики физического развития и одной из доминант правильного воспитания. Поэтому вопросы физического воспитания школьников представлены как основа профилактики ее нарушений.

Книга знакомит с традиционными методами диагностики осанки и новой, разработанной автором технологией измерения и анализа биогеометрического профиля осанки детей школьного возраста. Использование предложенной технологии позволяет на ранних этапах выявить угрозу развития серьезной деформации или болезни и, что самое главное, направить ребенка к специалисту.

Все методики изложены в виде последовательных целостных подходов и могут использоваться всеми специалистами, причастными к физическому воспитанию ребенка.

Итогом своей теоретической работы автор хотел бы видеть новые идеи, а возможно, даже методы и технологии, позволяющие практически более эффективно осуществлять процесс формирования, профилактики и коррекции осанки школьников. Автор выражает надежду, что такие идеи и мысли могут появиться после ознакомления с данной монографией у специалистов в области физического воспитания, физической реабилитации, биологии и медицины.

Двигательная функция — одна из важнейших функций организма человека. В ходе эволюции организм человека как открытая, но относительно обособленная биологическая система приобрел способность к активным движениям благодаря наличию эффективных механизмов обмена энергией с окружающей средой. Характер и закономерности организации этих движений во многом определяют те проявления жизнедеятельности его организма, которые принято объединять под общим понятием — двигательная функция человека (Лапунин, 1999).

Состояние двигательной функции отражает способность конкретной биологической системы улавливать, накапливать и преобразовывать различные виды энергии, вещества и информации. Эта способность может быть измерена и изучена путем объективного исследования механических движений биологической системы организма.

Поскольку материя и движение как диалектические категории, наиболее полно отражающие современные представления о мироздании, едины, то с определенной уверенностью можно заключить, что материя и движения организма человека также представляют собой единое неразрывное целое. Практически это означает, что каждому уровню построения и организации материи организма соответствует вполне определенный уровень построения его движений. На атомно-молекулярном уровне — один уровень движений, на клеточном — другой, на тканевом — третий, органном и организменном — четвертый и пятый. Каждому уровню соответствует и свой уровень взаимодействий, определяющий закономерности проявления двигательной функции. Так называемые сильные (или ядерные) электромагнитные взаимодействия в основном детерминируют закономерности движения материи организма человека на атомно-молекулярном, клеточном и тканевом уровнях построения материи.

Гравитационные и в какой-то мере слабые взаимодействия представляют законы движения материи на органном и организменном уровнях. Ис-

хотя из этого, понятно, что объективно судить о двигательной функции человека можно **только** с **позиции** единства всех форм движения материи, **присущих** его организму.

Механизмы регуляции двигательной функции, равно как и материя, ее постель, имеют многоуровневую иерархическую структуру организации. Причем **высший**, сознательный уровень управления не охватывает абсолютно **всех** уровней. Ему доступны и впрямую подвластны только гравитационные взаимодействия и обусловленные ими механические движения. **Влиять** на другие уровни произвольно человек впрямую не может. Тем не менее, сознательно регулируя гравитационные взаимодействия органов и частей **своего** тела со средой, он посредственно может воздействовать и на **все** другие взаимодействия материи своего организма на всех других **уровнях** ее организации.

Упрощенную структуру двигательной функции на организменном уровне можно представить в виде структурных блоков: блок исполнения, включающий двигательный аппарат; блок управления, центральной частью которого является нервная система; блоки обслуживающих систем — это практически все другие системы организма, среди которых выделяется эндокринная, сердечно-сосудистая, пищеварительная, дыхательная, выделительная и др. Взаимосвязь всех структурных блоков, взаимообусловленность их строения, расположение и функции в синтетическом единстве порождают специфическую **интегративную** двигательную функцию человека.

Физические упражнения являются своеобразными стимуляторами развития организма. Человек развивается как бы в двух временных измерениях в процессе филогенеза и в ходе онтогенеза. Применительно к филогенезу специалисты довольно часто употребляют термин эволюция, подразумевая под этим длительный постепенный процесс перехода человека как биологического объекта из одного состояния в другое. Интерес их при этом концентрируется преимущественно на развитии всего данного биологического вида. Изучая онтогенез, многие исследователи учитывают закономерности развития отдельных индивидуумов в масштабе времени всей естественной продолжительности его жизни. При этом отмечая, что в некоторых стадиях онтогенеза каждого отдельного человека повторяются этапы филогенеза всего человечества как биологического вида. Так, в частности, зародки человека последовательно как бы рекапитулирует, т.е. повторяет стадии эмбриона рыбы, амфибии, рептилии и т.д. (Струков, 1987).

Поскольку очевидно, что физические упражнения определенным образом влияют на развитие организма, интересно рассмотреть особенности влияния в свете филогенеза и онтогенеза человека.

В процессе эволюционного развития весь органический мир постоянно совершенствовался. Каждый биологический объект, обладая только ему

присущими свойствами, в своей материальной и функциональной сущности отражает все основные свойства целой популяции живых организмов. Особенности каждого организма могут передаваться по наследству. Те признаки, которые оказываются более полезными с точки зрения приспособления всей популяции организмов к окружающей среде, могут встречаться все чаще во всех последующих поколениях и таким образом закрепляться. Так, а ходе эволюции осуществляется естественный отбор — выживают только те индивидуумы, у которых закреплены переданные по наследству полезные свойства.

Появление изменчивости организмов до некоторой степени обусловлено рекомбинацией наследственных факторов, имеющихся в наличии у данной популяции. Основная же ее причина объясняется возникновением генных и хромосомных мутаций. При этом воздействие окружающей среды на организм, во всяком случае в обычных условиях, как известно, не приведет к появлению именно тех мутаций, которые обеспечивают его приспособление к внешним условиям.

Оригинальная теория эволюции органического мира была создана французским ученым Ж. Ламарком (1955). Согласно его концепции, развитием живых организмов управляет некое присущее им внутреннее стремление к совершенствованию. Он считал, что признаки организмов, приобретенные ими в процессе приспособления к среде, обязательно наследуются. По его мнению, характер развития каждого органа биологического объекта соответствует его употреблению или неупотреблению, а достигнутый в результате такого "употребления" морфологический и функциональный уровень развития органа затем передается по наследству из поколения в поколение. Проводя некоторые возможные параллели с современностью, следовало бы считать, что, согласно теории Ламарка, то или иное преимущественное развитие определенных отделов мышечной системы спортсмена, приобретенное им в процессе тренировок, могло бы передаваться по наследству. Однако теория Ламарка в данной своей части неверна, в действительности этого не происходит.

В то же время Ч. Дарвин (1912) предложил более точное объяснение механизмов эволюционного развития. Он, в частности, установил, что причиной наследственной изменчивости является так называемый естественный отбор. Последующим поколениям через естественный отбор передаются по наследству только те свойства организмов данной популяции, которые обнаруживаются у особей, выживших в условиях борьбы за существование путем лучшего приспособления к окружающей среде.

Биологической единицей наследственности в живых организмах каждой популяции принято считать ген. Известно, что генетическим материалом является нуклеиновая кислота, а носителем наследственной информации — двойная спираль дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК).

Гены способны изменяться — мутировать. Термин "мутация" имеет в специальной литературе ряд неоднозначных толкований. Сейчас большинство авторов считает, что мутации подразделяются на генные и хромосомные. Хотя почти все мутации носят вредный характер, нельзя полностью отрицать возможность случайного возникновения и полезных, благоприятных мутаций. Такие мутации могут оказаться чрезвычайно выгодными для организмов, приспособляющихся к внезапно изменившимся условиям внешней среды.

Все особи популяции являются носителями собственного генотипа и фенотипа. Генотип каждого организма несет в себе совокупность всех наследственных факторов организма (всех генов), содержащихся в хромосомах. Он детерминирует норму реакции особи при всех возможных условиях среды. Фенотип представляет собой совокупность всех внешних и внутренних структур и функций организма, наиболее отчетливо проявляющихся в индивидуальных морфологических, физиологических и других характеристиках особи. Единство каждого генотипа определяет границу возможной изменчивости живых организмов относительно окружающей среды.

Фенотип формируется при взаимодействии генотипа особи с внешней средой в результате рекомбинации генов всей популяции вида. Генетическая изменчивость популяции в большей своей части обусловлена своеобразным генным потоком и рекомбинацией генов. Некоторые специалисты считают, что генотип определяет генетическую конституцию человека, а его вид обусловлен фенотипом. В то же время фенотип представляет собой как бы реализованную в процессе жизни генотипическую потенцию человека. Фенотип по существу является результатом деятельности генов при их взаимодействии с внешней средой.

Каждая популяция обладает вполне определенным генофондом, каждая биологическая особь популяции генетически уникальна и несет в себе свой, только для нее характерный генотип. Отдельная особь в популяции является только временным носителем определенной части генетического багажа всей популяции. Она может обогатить его одним или двумя новыми генами, несколько увеличить частоту появления некоторых генов в данной популяции. Та популяция живых организмов, которая находится в генетическом равновесии, имеет неизменно постоянный генотип. Если же та или иная популяция эволюционирует, ее генофонд изменяется. Причин такого изменения несколько. Благодаря мутациям генетический материал приобретает определенное разнообразие, что увеличивает возможности воспроизведения организмов с разнообразными биологическими свойствами. Мутации могут быть связаны с изменением числа хромосом в одной клетке, а также с изменением структуры самих хромосом и изменениями в молекуле ДНК, входящей в определенный ген. Генофонд может также изменяться за счет гибридизации (притока

новых генов из других популяций), а также путем уже упомянутого естественного отбора.

Учитывая основные положения современного понимания теории эволюции органического мира, можно представить закономерности влияния физических упражнений на процесс развития человека, на формирование его двигательной функции. При этом, как уже упоминалось, часто возникает несколько интересных вопросов. Ведут ли те изменения в организме, которые возникают под влиянием физических упражнений, к изменению генотипа индивидуума? Каковы возможные границы изменений в организме человека под влиянием физических упражнений? Наследуются ли приобретенные в результате этих изменений свойства последующими поколениями человека?

Ответы на эти вопросы чрезвычайно важны с точки зрения перспектив — дальнейшего совершенствования всей системы физического воспитания в целом и методов использования физических упражнений в частности. В связи с этим понятна целесообразность более детального освещения каждого из поставленных вопросов.

Прежде чем определенно ответить на поставленные вопросы, необходимо обсудить проблемы единства генотипа человека, понимание сущности гена как абсолютно — физиологически, эволюционно независимой единицы ошибочно. В действительности наблюдается не только фенотипическое действие гена, но и взаимодействие генов. Каждый ген оказывает взаимодействие на все признаки организма. Рекомбинация генов в каждом новом поколении приводит к формированию новых генотипов. Однако образование новых генотипов почти никогда не выходит за рамки генофонда популяции. В связи с этим генотипическая изменчивость отдельных особей также вписывается в рамки фенотипических проявлений данного генофонда. Постоянство генофонда — чрезвычайно важный фактор выживания популяции, оно достаточно устойчиво по отношению к большинству внешних факторов.

Каждый фенотип популяции является продуктом определенного генотипа, он также сформировался путем длительного отбора в условиях постоянного приспособления к окружающей среде, несмотря на разнообразие генотипов, заложенных в основу того или иного фенотипа. Последний чаще всего остается постоянным у многих поколений. Это объясняется в известной степени тем, что каждый фенотип существует, прежде всего, благодаря оптимизации своих взаимоотношений со средой. С другой стороны, постоянство генотипа в большой мере определяется способностью популяции уравнивать свою генетическую структуру в ответ на значительные и неожиданные изменения среды. Такое свойство популяции называется генетическим гомеостазом.

Генетический гомеостаз определяет предел генетического разнообразия особей и возможности каждой популяции к изменчивости под влиянием

внешних и внутренних факторов. Гомеостаз генофонда человеческой популяции сохраняется, несмотря на различия отдельных индивидуумов, народов и рас. Сегодня известно, что различия между отдельными особями в пределах одной группы людей или расы обычно превосходят различия между популяциями или расами. Различные человеческие расы отличаются друг от друга степенью изменчивости, обусловленной в основном размерами образуемой ими популяции, интенсивностью генетического обмена с соседними популяциями, изменчивостью мест географического и экологического расположения и рядом других факторов.

Изложенное в своей совокупности позволяет вполне определенно ответить на вопрос о месте физических упражнений в эволюционном развитии человека. Физические упражнения, какими бы интенсивными и активными они не были, изменить генотип и фенотип человека не могут. Это совершенно очевидно, поскольку воздействия, оказываемые физическими упражнениями на организм человека, не выходят за рамки воздействия на него известных факторов среды, в частности такого, как гравитация.

Выполняя вполне определенную генетическую программу развития вида, каждый индивидуум реализует ее в конкретных условиях среды. Поэтому его фенотип формируется под влиянием адаптации к внешней среде. В ходе взаимодействия организма с окружающей средой между ними возникают определенные противоречия. Сила и острота этих противоречий определяют соответствующий тип реакции организма на воздействия среды. В результате в нем могут происходить ненаследственные адаптации и наследственные адаптации, мутационные изменения или, в крайнем случае, для организма может даже наступить летальный исход.

Регулярные занятия физическими упражнениями на протяжении нескольких поколений людей могут существенно изменить морфологические и функциональные характеристики их организма. Однако данные изменения никогда не выйдут за пределы изменчивости наследуемых этими поколениями признаков гено- и фенотипов. Приобретенные в результате занятий физическими упражнениями морфологические и функциональные особенности являются ненаследственными адаптациями и не могут передаваться по наследству. Каждое последующее поколение таких индивидуумов для сохранения или, точнее, для восстановления этих морфофункциональных свойств своего организма должно будет вновь упорно заниматься физическими упражнениями в том же режиме, что и предки, и даже при полном соблюдении всех условий совсем не обязательно ими будут достигнуты те же показатели физического развития. На их достижение или недостижение могут повлиять многочисленные факторы постоянно изменяющейся среды и многие внутренние и внешние явления, которые полностью предопределить заранее практически невозможно.

В экспериментальной биологии было накоплено множество данных, отвергающих гипотезу о возможности наследования вновь приобретенных признаков. Морфологические и функциональные сдвиги в организме человека, возникающие в результате воздействия физических упражнений, можно отнести к вновь приобретенным признакам. Есть еще один факт, который практически не оставляет никаких сомнений в справедливости данного положения.

Как известно, все наследуемые признаки передаются только через яйцеклетки и сперматозоиды. Соматические клетки, которые, прежде всего, подвергаются воздействию физических упражнений в процессе длительных занятий, в механизме передачи по наследству своих признаков не участвуют. Таким образом, можно заключить, что физические упражнения и здоровый образ жизни как бы являются тем важным фактором, на котором разворачивается генетическая программа развития человека. Не влияя существенным образом на ее содержание, они, тем не менее, могут замедлить или ускорить сам процесс разворачивания программы, облегчить или затруднить процесс ее реализации. В этом состоит их большое значение для эволюции всего вида. Поддерживая таким способом все положительные проявления в развитии каждого индивидуума, занятия физическими упражнениями создают благоприятные условия для закрепления в популяции наиболее прогрессивных изменений, происходящих в результате наследственной изменчивости индивидуумов.

Способность адаптироваться к условиям внешней среды определяется собственно самой природой, генетической наследственностью. Это не приобретенное в процессе индивидуального развития свойство. Это одно из проявлений генетической программы развития, это, прежде всего, ее свойство. Оно только реализуется (или не реализуется) в ходе индивидуального развития человека. Таким образом, функциональные и морфологические изменения, возникающие в организме в результате воздействия физических упражнений, в определенной степени уже предусмотрены его генотипом. Однако его способность адаптироваться к внешней среде, в том числе и воздействиям физических упражнений, необходимо отличать от адаптации, возникающей в организме на генном уровне. Приспособительные изменения в организме человека, происходящие при выполнении физических упражнений, как правило, носят обратимый характер.

Взаимоотношение между морфологическими и функциональными проявлениями живой материи, как одна из серьезнейших проблем современной биологии сегодня, как и ранее, продолжает волновать специалистов. Диалектические закономерности развития живых организмов показывают, что форма всегда является объективным отражением определенного материального содержания. Морфологическая структура и функция представляют собой те две качественно различные категории, которые наиболее ха-

рактерны для проявления жизни всех биологических объектов. Гомеостазис обеспечивается определенным соотношением его морфофункциональных элементов. Это соотношение динамично. Внешняя среда и, в частности, физическое состояние организма, вызванное выполнением упражнения, но действует на эту динамику. Организм, приспосабливаясь к ней, тем не менее не должен нарушать свой гомеостазис. Поэтому происходящая перестройка хотя и может привести либо к функциональным, либо к морфологическим изменениям, однако в любом случае баланс их соотношений должен быть таким, чтобы гомеостазис организма сохранился. В противном случае воздействия таких физических упражнений могут подорвать основы жизни организма. Мера этих воздействий определяется глубиной и характером вначале функциональной, затем и морфологической перестройки организма. Морфологическая адаптация клеток, тканей и органов вначале носит характер рабочей гипертрофии и лишь впоследствии, когда воздействия физических упражнений продолжают увеличиваться, изменения приобретают характер гиперплазии, и если эти воздействия не снизить, то в организме может наступить деструкция различных морфологических компонентов, в большинстве случаев приводящая к необратимым изменениям.

Для того чтобы обеспечить желаемый эффект воздействия физических упражнений на организм, педагог должен управлять процессом их направленного применения. То, что физические упражнения не могут воздействовать на генотип человека, есть положительный факт. Это можно сравнить с иммунным защитным барьером организма против нежелательных внешних воздействий. Ведь не исключена возможность ошибочного использования упражнений и, как следствие этого, закрепление в организме нежелательных адаптационных морфофункциональных изменений. Если бы в организме не было упомянутого кинетического барьера, то все последующие поколения, вполне возможно, могли бы получить по наследству нежелательные морфофункциональные признаки.

В процессе управления воздействием физических упражнений специалисты не могут также игнорировать факт выраженной наследственной предрасположенности отдельных индивидуумов к проявлению определенных двигательных возможностей. Это обстоятельство позволяет использовать гено- и фенотипические обусловленные свойства моторики человека как объективные критерии индивидуального подбора наиболее адекватных упражнений.

Используя физические упражнения как средство совершенствования двигательной функции, специалисты, кроме прочего, не могут не учитывать также данные о скорости и направлении движения эволюции человека. Скорость эволюционных изменений в той или иной группе живых организмов может определяться числом новых биологических рядов, возникающих в данном биологическом виде в какую-то единицу времени его развития.

Многие биологи-эволюционисты полагают, что процесс биологической эволюции человека в какой-то степени завершен. При этом свои выводы они подкрепляют не только данными о постоянстве его экологической ниши, но и фактами стабилизации внешних форм и пропорций тела, а также величины мозга.

Ж. Ламарк охарактеризовал направление эволюции живых организмов, как "... стремление увеличить объем, "... расширить размеры..." всех частей и элементов биологических объектов. Он также считал, что "образование нового органа в теле животного является результатом новой развивавшейся потребности...", "развитие органов и сила их действия всегда соответствуют употреблению этих органов" и т.д. Другими словами, "рациональные" адаптации организмов в процессе фило- и онтогенеза, по Ж. Ламарку, могли бы означать систематическое и устойчивое увеличение и расширение диапазона проявления их морфофункциональных возможностей. Примерно такие же тенденции довольно часто еще наблюдаются в современной системе применения физических упражнений, прежде всего для подготовки спортсменов высокой квалификации. В специальной литературе существует определенное число рекомендаций по использованию упражнений как средств не только естественного расширения, но и доведения до определенных крайних функциональных и морфологических пределов развития отдельных систем и органов человека. Это касается, в первую очередь, сердечно-сосудистой, дыхательной и ряда других систем. Такое положение в методике применения физических упражнений характерно, прежде всего, для этапа ее экстенсивного развития.

На первый взгляд, что плохого в том, что функции и морфологические структуры отдельных органов и систем будут увеличены и гипертрофированы? А если допустить, чтобы были значительно расширены также возможные морфофункциональные границы всех органов и систем организма? Разве это не расширение возможностей человека в целом как биологического вида? Действительно, все это кажется заманчивым и логичным, но только до тех пор, пока не принимаются во внимание известные законы эволюции.

Гипертрофия отдельных систем, как правило, выводит из естественного динамического равновесия весь организм, нарушает взаимодействие между системами, и этим не только не увеличивает, а скорее напротив — снижает его жизнеспособность. Резервы двигательной активности человека заключаются не в гиперфункции отдельных органов, групп органов или даже всех его систем а, прежде всего, в увеличении согласованности между ними, в функционально-морфологической координации жизненно важных подсистем организма. В этом видятся безграничные возможности совершенствования приспособительных механизмов организма человека, которые требуют от специалистов такой стратегии применения физических

ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

упражнений, которая предусматривает оптимизацию двигательных взаимодействий человека со средой за счет использования внешних сил и экономного расходования ресурсов собственного организма. Такое использование упражнений, скорее всего, не приведет к значительным морфологическим сдвигам в организме. Напротив, оно будет способствовать длительной стабилизации морфологических структур в генотипических и фенотипических границах на том оптимальном уровне, который будет достаточным для поддержания требуемого уровня функциональной согласованности подсистем, обеспечивая в целом более высокий уровень двигательной функции человека.

Тело человека, в отличие от других живых организмов, формируется в процессе онтогенеза таким образом, что вся его масса в продольном направлении располагается параллельно вектору гравитации. Оно растет в направлении, противоположном действию силы земного притяжения. Такое явление, по-видимому, можно трактовать как проявление отрицательного геотропизма. При этом тело человека обладает двусторонне симметричным строением, относительно сагиттальной плоскости оно имеет две достаточно строго симметричные половины — правую и левую. Однако эта симметрия касается, в первую очередь, только органов, связанных с двигательной функцией и гравитационно-зависимых, в частности скелета, нервно-мышечной системы и органов чувств. В то же время внутреннее строение организма, непосредственно не обеспечивающее реализацию перемещений тела в гравитационном поле Земли, в основном не имеет такой строгой симметричности расположения масс. Из этого можно предположить, что симметричность биомеханической конструкции двигательной системы проявляется, по-видимому, благодаря тому, что именно такое распределение масс тела в пространстве позволяет человеку более эффективно управлять гравитационными взаимодействиями при перемещениях звеньев своего тела. В то же время вероятно, что те его части, которые имеют меньшую массу, располагаются в другом силовом поле, в частности в электромагнитном, имеют негеометрическую и не трехмерную, а какую-то другую, обусловленную другими силовыми взаимодействиями, симметрию.

Поднятие массы тела человека в процессе его развития над поверхностью Земли вызывает напряженность в его межклеточных, межтканевых и межорганных взаимодействиях. В этом случае, когда взаимодействующие массы тела достигают соответствующих величин, возрастает потребность организма в различных видах энергии, могущей обеспечить его затраты на удержание всего организма в определенном положении в пространстве относительно гравитационного поля Земли.

Одним из таких видов энергии, необходимой микроскопическим компонентам тканей организма для обеспечения их движений, является химическая энергия. Общее потребление химической энергии организма в таких условиях принято определять интенсивностью его метаболизма. В физиологии интенсивность окислительного метаболизма организма принято измерять скоростью потребления кислорода.

В биологии широко известна связь между интенсивностью метаболизма покоя (потребление кислорода) и размерами (массой) тела животных. Специалисты рассматривают интенсивность метаболизма как функцию массы тела млекопитающих. Однако она не пропорциональна площади поверхности их тела. В то же время известно, что так называемая удельная интенсивность метаболизма (его интенсивность на 1 кг массы) у живых организмов уменьшается с увеличением массы тела. В том случае, если графически в логарифмическом масштабе изобразить зависимость удельной интенсивности метаболизма от массы тела животных, то линия регрессии будет иметь отрицательный наклон.

Для организма человека так же, как и для организма всех других теплокровных млекопитающих, важным является поддержание постоянной температуры тела, на что направлена часть его метаболических ресурсов. У небольших животных поверхность тела больше относительно массы, поэтому для того, чтобы не снизилась температура их тела, они должны производить тепло со скоростью, соответствующей скорости его потери через поверхность тела. Таким образом, часть метаболизма расходуется организмом каждого теплокровного млекопитающего, в том числе человека, только на поддержание процессов нормального функционирования всех клеток, тканей и органов. Другая часть метаболизма затрачивается на создание собственного силового поля, необходимого человеку для поддержания вертикального положения тела в ответ на действие противоположно направленного вектора сил гравитации. Причем, при увеличении общей массы тела человека, геометрия его масс, как правило, не остается подобной изометрической.

По данным И. Шмальгаузена (1939), Г. Струкова (1987), общая интенсивность метаболизма человека и животных в покое складывается из интенсивности, обусловленной затратами организмом кислорода, расходуемого на поддержание жизни в поле силы тяжести Земли.

Мышцы и сухожилия являются накопителями гравитационной потенциальной энергии тела человека. Требуемая для перемещения тела в гравитационном поле мощность реализуется мышечной массой, которая, по данным Д. Никитина (1963), составляет примерно 40—50 % общей массы тела у всех млекопитающих.

Максимальная сила сокращения, которую может развивать отдельный мышечный филамент, не зависит от размеров тела человека. Максимальная

механическая работа при единичном сокращении мышцы в пересчете на единицу ее объема является неизменной и не зависит от размеров тела животного или человека. Количество филаментов мышцы на единицу площади ее поперечного сечения одинаково у крупных и мелких животных. Длины саркомеров и длины филаментов мышцы также у всех позвоночных примерно одинаковы. Однако в том случае, когда работа, производимая мышцей при одиночном сокращении, — величина постоянная, то ее выходная мощность прямо пропорциональна частоте ее сокращения. Частота сокращения скелетных мышц человека, реализующих его циклические монотонные акты, равномерно уменьшается с увеличением размеров его тела.

Организм человека — открытая биологическая система. Он неразрывно связан с окружающей средой и находится по отношению к ней в неравновесном термодинамическом состоянии. Это позволяет ему естественным образом утилизировать различные виды энергии из среды и таким образом формировать материальную структуру своего тела.

Организм человека, как всякий другой материальный объект, находится в глобальной мировой системе сил и взаимодействий. Одно из таких взаимодействий — гравитационное — формируется благодаря взаимодействию масс различных тел, расположенных по всему пространству Вселенной. К числу таких тел относятся и многочисленные космические тела — планеты и все другие тела, в том числе и живые, расположенные в атмосфере нашей планеты. Конечно же, человек, обладая определенной массой тела, также ощущает на себе и в себе гравитационные взаимодействия и взаимодействует таким образом с массами всех других тел на Земле.

Коль скоро человек существует в мире гравитационных взаимодействий, следовательно, вполне резонно предположить, что результаты этих взаимодействий каким-то образом должны быть видны и отражаться на фоне его морфологической структуры и на функциях его организма. Так оно и есть, большинство специалистов еще в середине и особенно к концу прошлого века пришли к заключению о том, что форма тела животных обусловлена силами земного притяжения.

В. Бровар (1960), например, считает, что с момента возникновения и на всем протяжении своего онтогенетического развития, связанного с изменением внешней формы и положением частей внутри целого, организм находится под влиянием тяготения.

Однако известно, что в условиях Земного обитания в жизни человека встречаются такие обстоятельства, при которых гравитационные взаимодействия его организма со средой не остаются постоянными. Действие сил гравитации на него то уменьшается (погружение в воду, полет в космическом корабле на орбите), то увеличивается (прыжки в высоту, взлет сверхзвукового истребителя или космического аппарата). Как показала практика, кратковременное изменение условий гравитационных взаимодействий в

определенных пределах чаще всего не оказывает существенного воздействия на организм человека. Совершенно иное дело, когда в таких условиях организм находится довольно длительное время. На вопросы о том, какие изменения могут произойти в организме, если гравитационные взаимодействия будут изменяться в течение достаточно продолжительного периода его жизни, пытаются ответить многие исследователи. Некоторые специалисты обращаются при этом вглубь тысячелетий к проблемам филогенеза и пытаются проследить те изменения в организме человека и других животных, которые происходили на протяжении многих этапов эволюции животного мира. На протяжении этого времени, по мнению многих исследователей, в истории Земли уже происходили существенные изменения ее гравитационного поля. Другие авторы пытаются изучить закономерности адаптации организма человека к условиям земной гравитации на протяжении его онтогенетического развития — от зарождения человеческого эмбриона, живущего в утробе матери почти в невесомости, до появления на свет и продолжительной жизни в условиях резко изменившихся воздействий на него сил земного притяжения и, наконец, до глубокой старости, когда эти силы вновь притянут его к Земле и возвратят в ее лоно.

Способность живых организмов строить скелет специалисты относят к событиям, происшедшим около 600 млн лет тому назад. В истории развития жизни на Земле этот период — граница докембрия и кембрия считается одним из поворотных этапов и его принято называть фанерозоем. Ему посвящены многие исследования, однако, к сожалению, до настоящего времени все еще неизвестны и не установлены причины того, почему многие организмы именно в этот период развития жизни на Земле из бесскелетного состояния стали преобразовываться в скелетные формы организации. Почему этот процесс произошел и каким образом осуществлялись эти преобразования? Сегодня на эти вопросы достоверно ответить, к сожалению, не может пока никто. Большинство исследователей посвящают свои работы в основном проблемам изучения механизмов собственно формирования скелета из тех или иных строительных материалов, которые имелись в окружающей среде. Так, в частности, одна из гипотез объясняет возникновение периода начала скелетообразования с появлением у живых организмов способности синтезировать коллаген. Для этого, по их мнению, в атмосфере Земли в то время должно было быть достаточно кислорода.

Анализируя все известные обстоятельства, по-нашему мнению, можно прийти к выводу о том, что причина столь интенсивного и одновременно скелетообразования у многих видов живых организмов может быть объяснена только изменившимися условиями каких-либо силовых, скорее всего, гравитационных, взаимодействий. К этому, в свою очередь, могло привести множество причин. Одна из них, как мы полагаем, наиболее

вероятная — столкновение Земли с другими небесными телами. Это могло повлечь за собой целую цепь событий.

Теоретически причинами глобальных изменений гравитационного поля могут быть:

- факторы, вызывающие неравномерность вращения Земли;
- перестройка земной коры;
- изменения положения оси вращения в теле Земли;
- гелиодинамические явления;
- сезонные колебания уровня Мирового океана;
- глобальные перемещения атмосферных масс.

С учетом изложенного следует признать, что наиболее важным обстоятельством было существование только одной глобальной причины — стимула возникновения у животных достаточно прочного скелета, необходимого им противостояния резко возросшей силе земного притяжения. С другой стороны, очевидно, что причин увеличения самой силы земного притяжения могло быть много. Также много могло быть у живых организмов и подручного строительного материала для формирования прочного скелета, защищающего их организм от гравитационных перегрузок не только в покое, но и, что особенно важно, в условиях активных земных перемещений.

В результате собственных теоретических изысканий нами установлено, что само появление прочного скелета у большинства млекопитающих было обусловлено адаптационными изменениями их организма к действиям изменяющихся сил гравитации. Однако благодаря тому, что в формировании живой материи наряду с гравитационными принимают участие и другие, например электромагнитные силовые взаимодействия, роль и значение скелета в организме, по нашему мнению, не ограничивается опорной и механической функцией и выходит за рамки его чисто антигравитационного назначения. Особое вещество кости — костный мозг, по мнению многих биологов, как орган кроветворения возник в скелете наземных позвоночных при их выходе из водной среды на сушу в процессе эволюции вследствие необходимости их повышенного энергообеспечения, для компенсации затрат на преодоление сил гравитации. Таким образом, скелет стал основным местом и источником синтеза красных кровяных клеток — эритроцитов и гемоглобина, что позволило решить для организма сложную проблему его дополнительного обеспечения кислородом. Поэтому совершенно очевидно, что величина гравитационной нагрузки на скелет фактически и служит своеобразным стимулом не только его укрепления как опоры, но и мощнейшим фактором стимуляции его кроветворной функции.

Наряду со скелетом важнейшей системой, обеспечивающей устойчивость и неравновесные термодинамические энергетические отношения организма с внешним гравитационным полем, является скелетная мускулатура человека и всех позвоночных.

От восприятия человеком гравитационного поля Земли органами чувств зависит качество его управленческих решений при построении движений и реализации всех жизненно важных программ двигательных действий. Этим, в конечном итоге, обусловлен правильный или неправильный, энергетически экономичный или расточительный, способ решения конкретных двигательных задач, а также определяется координационный уровень и точность движений. Таким образом, очевидно, что всякая тренировка или направленное приспособление человека к требуемым для эффективного выполнения заданных программ движений должны строиться, прежде всего, с учетом особенностей сенсорного отражения им гравитационного поля в любых проектируемых условиях решения двигательных задач.

По данным Г. Парфенова (1988), у индивидуальных одноклеточных организмов не было обнаружено каких-либо гравитационно-зависимых процессов и реакция на изменение силы тяжести является прерогативой, по меньшей мере, органа, а чаще организма как целого. По его мнению, принципиальные морфологические признаки, в частности дорсовентральная полярность строения организмов, являются адаптациями, имеющими только филогенетический смысл. Они возникли как адаптации к средам, сформированным силой тяжести, имеющим векторную физическую организацию. Поэтому он называет такое влияние силы тяжести влиянием первого порядка. В то же время значение силы тяжести как одной из абиотических составляющих естественного отбора следует считать фактором формирования организмов второго порядка. Изучение же физиологической роли силы тяжести на организм человека относится к факторам третьего порядка. Он считает, что в этой роли сила тяжести определяет верхний предел величины, по крайней мере у сухопутных организмов. Влияние изменений силы тяжести в физиологических опытах сопровождается ее перцепцией, а у людей перцепция к тому же сопровождается сознанием.

В нервной системе человека имеются специальные рецепторные клетки, чувствительные к различным формам энергии в окружающей среде, в том числе и к гравитационной энергии, которая служит для них важнейшим биологическим стимулом. Энергию гравитационного поля воспринимают нервные клетки, расположенные в коже и подкожных тканях, кровеносных сосудах, мышцах (поперечно-полосатые, гладкие), сухожильных органах, суставах (суставные поверхности, сумка, связки), вестибулярных органах. Процесс восприятия гравитационных взаимодействий осуществляется сенсорной системой на трех главных уровнях: рецепторном, путях, проводящих информацию, и в нервных сетях, находящихся в основе сенсорного восприятия. В сенсорных нервных клетках происходит преобразование энергии гравитационного поля в соответствующие нервные сигналы. Участки, где, собственно, происходит данное преобразование, в большинстве случаев находятся в окончаниях нервных волокон, которые иногда

располагаются свободно (например, в коже), а иногда заключены в своеобразные внешние структуры (например, мышечные веретена). Первый этап преобразования гравитационного стимула в рецепторном аппарате совершается на уровне молекулярных механизмов. Второй этап включает превращение изменений в молекулярном механизме рецептора в изменение мембранного потенциала рецепторной клетки. Растяжение мембраны механорецепторов приводит к расширению мембранного канала, пропускающего поток ионов, который деполяризует мембрану. В результате этого изменяется электрический заряд мембраны. Это изменение называют рецепторным потенциалом. Рецепторный потенциал распространяется через так называемые электротонические потенциалы. В рецепторных клетках растяжения силы гравитационных взаимодействий усиливают положительный ток, входящий через мембрану нервного окончания, что приводит к появлению в нервных окончаниях определенного рецепторного потенциала. Данный потенциал распространяется в клетке электротоническими токами в аксоне к месту возникновения импульса. На завершающем этапе в афферентных нервных волокнах происходит перекодирование ответа рецептора в импульсный разряд, передающий информацию о гравитационном поле остальным отделам нервной системы. При перемещениях тела человека с ускорением относительно гравитационного поля Земли возникает динамический эффект стимуляции рецепторного аппарата мышц (их растяжение увеличивается) и частота нервных импульсов возрастает. В положении равновесия тела наблюдается статический (или тонический) эффект реакции рецепторного аппарата, когда растяжение мышц не возрастает, а частота нервных импульсов снижается. Установлено, что амплитуда рецепторных потенциалов при изменениях гравитационных стимулов изменяется в соответствии с их интенсивностью. На этом участке сенсорной системы происходит преобразование непрерывных (аналоговых) сигналов гравитационного поля в прерывистые (дискретные) сигналы нервных импульсов. Изменение частоты и амплитуды нервных импульсов в результате изменения движения тела человека в гравитационном поле позволяет в нервной системе кодировать и транспортировать практически полный объем информации об этом процессе. Рецепторы, воспринимающие гравитационные взаимодействия, обладают определенной динамической чувствительностью (способностью воспринимать резкое изменение стимулов) и адаптацией, которая характеризуется их способностью снижать ответ на стимулы через некоторое время после его возникновения в условиях неизменной (статической) стимуляции. Различают медленно адаптирующиеся (тонические) и быстро адаптирующиеся (физические) рецепторы. Молекулярные механизмы чувствительного аппарата нервных клеток дифференцированы по отношению к гравитационному полю. Информация об интенсивности гравитационных взаимодействий кодируется путем преобразования градуальных рецептор-

ных потенциалов в частотный импульсный код. Тип ответа на гравитационный стимул среды в зависимости от масштаба времени определяется адаптацией рецепторного аппарата. Характеристики информации о пространственном распределении гравитационных воздействий определяются путем размещения соответствующих рецепторов в различных участках тела человека.

Сенсорная информация о гравитационном поле поступает в центральную нервную систему через определенные центры, в которых она перерабатывается и анализируется во взаимосвязи с другими порциями информации. Определенные нейронные сети в комплексе проводящих путей формируют соответствующую сенсорную систему. Сенсорные сети образуют специфические, неспецифические и центробежные нейронные пути. Комплексы взаимосвязанных рецепторов организованы в рецептивные поля. Считается, что специфические сенсорные пути служат для передачи конкретной информации, в то время как неспецифические — обеспечивают сенсорную интеграцию информации и управление поведенческими актами целостного организма. Восприятие гравитационного поля рассматривается как результирующий эффект соответствующей стимуляции сенсорной системы, благодаря которому у человека создается его своеобразный внутренний образ. Сам механизм этого восприятия включает несколько функциональных элементов: обнаружение гравитационных сигналов, оценка их величины, определение их пространственного размещения, выявление важнейших признаков, определение их качества, распознавание целостных образов и др. Свободные нервные окончания кожи способны воспринимать гравитационное поле. В глубоких слоях дермы располагаются крупные концевые органы — тельца Пачини. Они обнаруживаются также в соединительной ткани мышц, надкостнице и брыжейке. Это образование напоминает многослойную луковицу, между слоями клеточных оболочек которой имеется некоторое количество специфической жидкости. Внутренняя колба тельца имеет голое окончание нервного волокна с короткими отростками. Тельце Пачини представляет собой специализированное рецепторное образование, воспринимающее быстрые изменения давления на кожу, действие сил тяжести. На глубинной границе сосочков дермы находятся медленно адаптирующиеся рецепторы — диски Меркеля, а в волосяном покрове сходные элементы — клетки Меркеля. Они реагируют на статическое давление. Кроме этого, в коже у основания дермальных сосочков имеются умеренно быстро адаптирующиеся к давлению тельца Мейснера, которые чувствительны к легкому прикосновению и вибрации, связаны с волосяным стержнем и воспринимают даже незначительные отклонения от его естественного положения, возникающие под действием внешних сил. Рецепторная информация в преобразованном виде импульсным кодом поступает в спинной мозг для обеспечения местных рефлексов на уровне собственно

спинного мозга, для передачи (через восходящие пути) мозговому центру. Восходящие волокна образуют в таламусе синапсы с релейными клетками волокна, от которых, в свою очередь, направляются в кору большого мозга. В заднем центральном ядре таламуса волокна имеют геометрический порядок, который является как бы проекцией поверхности всего тела человека. Этот же порядок наблюдается при проецировании релейных клеток на соматосенсорную область коры.

Детальную информацию о силе земного тяготения нервная система получает от рецепторов (рецепторного аппарата), расположенных в суставах и сухожилиях мышц. Совокупность сенсорных сигналов от мышц и сухожилий получила название проприоцептивной чувствительности (мышечное чувство), благодаря которой человек ощущает действие сил гравитации на свое тело. Это ощущение часто бывает неосознанным, что обеспечивает, в частности, рефлекторную ответную реакцию человека на изменение условий равновесия и ориентации его тела относительно вектора гравитации. В мышцах человека имеются видоизмененные веретенообразные волокна, объединенные в пучки, покрытые капсулой. Эти веретенообразные волокна иннервируются сенсорными волокнами и имеют двигательную иннервацию от коллатералей моторных аксонов, направляющихся к мышцам. Наиболее густая сеть веретен располагается в мышцах кисти, стопы, шеи, что, вероятно, объясняется специфичностью их роли в обеспечении высших отделов мозга обширной информацией о сложных многоплоскостных перемещениях многозвенных систем двигательного аппарата в гравитационном поле при выполнении особо точных двигательных действий или решении сложнейших двигательных задач.

Значительное количество веретен имеется также в ряде мышц голени, что обусловлено их функциональной направленностью, связанной с обеспечением информационного обмена между периферией и центром при регуляции позы. Несколько меньше веретен в мышцах плеча и бедра, поскольку эти звенья тела при выполнении большинства сложных движений являются не ведущими, а ведомыми в двигательных механизмах конечностей, кроме того, незначительные ошибки или отклонения в программах их движений, вероятно, допустимы и, как правило, не оказывают существенного влияния на качество решения двигательной задачи.

Мышечные волокна, входящие в состав веретен, получили название интрафузальных, в отличие от экстрафузальных, формирующих основную массу мышцы, выполняющих основную механическую работу. Мышечные рецепторы подразделяются также на веретена и сухожильные органы. Веретена бывают двух видов: с ядерной сумкой и ядерной цепочкой. Их иннервация осуществляется собственными моторными аксонами с малым диаметром (гамма-волокнами). И те и другие веретена в центральной области иннервируются спиральным окончанием крупного нервного волокна (пер-

вичным окончанием). Кроме того, волокно с ядерной цепочкой имеет также менее крупные спиральные окончания (вторичные окончания). Сухожильные органы (органы Гольджи) располагаются в толще сухожилий мышц в местах их окончаний, наиболее чувствительных к действию сил тяготения. Сила (или момент силы) тяжести действует на каждое веретено, растягивая его вдоль продольной оси. В ответ на резкое изменение импульса этой силы реагируют первичные окончания веретен. На сравнительно медленные изменения внешней силы реагируют вторичные окончания веретен, имеющие малую динамическую чувствительность. Это позволяет сделать заключение о том, что через первичные окончания в высшие отделы нервной системы поступает информация о динамике растяжения мышцы в ответ на изменение внешних силовых воздействий, вторичные окончания сигнализируют о характере положения мышцы. Аппарат Гольджи имеет высокий порог и низкую чувствительность по отношению к изменению гравитационных взаимодействий. В период активного мышечного сокращения этот сухожильный рецепторный аппарат дает высокочастотный импульсный разряд, поскольку он образует с мышцей последовательную цепь соединений, в связи с чем в таких условиях на него воздействует большая сила. Веретена образуют в такой цепи ряд параллельных соединений, приводящих к тому, что равнодействующая сила реакции мышцы как бы разделяется на ряд составляющих, т.е. на каждый рецептор приходится меньшее силовое воздействие. Как следствие этого, — рецепторный аппарат веретен реагирует менее активно.

Важным центром сенсорной информации о положении отдельных звеньев и всего тела человека в гравитационном поле являются суставные рецепторы. Они в основном сосредоточены в области суставной сумки и морфологически напоминают аналогичные рецепторы кожи. Встречается несколько типов таких рецепторов. Рецепторы первого типа образованы мелкими тельцами, находящимися вокруг веточек тонких миелинизированных волокон. На растяжение реагируют медленной адаптацией. Рецепторы второго типа образованы более крупными тельцами (похожими на тельца Пачини), которые быстро адаптируются и имеют миелинизированные волокна средней толщины. Рецепторы третьего типа располагаются в сухожилиях мышц, вплетающихся в сумку. Они образованы плотной сетью относительно крупных миелинизированных волокон и по своему строению похожи на сухожильные рецепторы Гольджи. Рецепторы четвертого типа образованы свободными нервными окончаниями, состоящими из тонких немиелинизированных волокон. Разнообразие рецепторного аппарата суставов свидетельствует о разнообразии информации, поступающей от них по восходящим путям в высшие отделы нервной системы. Существуют гипотезы о том, что рецепторы первого типа реагируют на относительные угловые перемещения звеньев с небольшой амплитудой и позволяют осу-

ществить оценку взаимного расположения звеньев тела. Рецепторы второго типа позволяют воспринимать перемещения звеньев с ускорением. Кроме того, ряд суставных рецепторов посылает сигналы о крайних положениях общей амплитуды угловых перемещений звеньев, что позволяет контролировать суставные экскурсии. С восприятием параметров гравитационного поля связано так называемое кинестезическое чувство, благодаря которому человек может оценить положение и движение звеньев своих конечностей. Целостность такого восприятия достигается участием кожных рецепторов и проприорецепторов, а также сигналов, поступающих по нисходящим путям нервной системы. Это позволяет человеку получить осознанные ощущения усилий, прикладываемых извне к звеньям, и действие собственно силы тяжести. Информация от мышц и суставов по восходящим путям, через таламус поступает в те участки коры, которые имеют представительство соматосенсорной системы. В настоящее время установлено, что мышечная и суставная афферентация не только поступает в соматосенсорную часть коры, но и переключается на ее двигательную зону. В организме человека имеется специализированный рецепторный орган равновесия (гравирецептор). По существу, этот центральный гравитационный рецептор — специфический инерционный датчик. Он в той или иной форме имеется у большинства живых организмов. Принципиальная схема его устройства с различными вариациями встречается у всех видов. Обычно это полость, заполненная желеподобной жидкостью. В жидкость погружены плавающие кристаллоподобные образования определенной массы. В стенке полости располагаются нервные окончания. При перемещениях звена тела с ускорением, вместе с ним в данной полости перемещаются взвешенные в жидкости массы. В результате перемещения этих масс раздражаются нервные окончания, что вызывает изменение частоты импульсных разрядов в сенсорных волокнах.

Центральный гравирецептор человека — это парный отолитовый орган, расположенный в области пирамидки височной кости черепа. Он имеет две полости саккулус и утрикулус, в стенках которых имеется участок с сенсорными клетками — макула. Полости соединены друг с другом тремя полукруглыми каналами, расположенными в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. В каждом канале есть расширение — ампула с рецепторными образованиями — гребешками. Отолитовый орган с полукруглыми каналами называется вестибулярным аппаратом человека. Он морфологически связан с органом слуха (улиткой), имеющим своеобразный мембранный лабиринт. Полукруглые каналы вестибулярного аппарата жестко связаны со скелетом и поэтому одновременно со всем телом человека ориентированы в трехмерном пространстве относительно вектора силы тяжести. Полости этих каналов заполнены жидкостью (эндолимфой и перелимфой), в их стенках располагаются группы сенсорных клеток. В полость с жидкостью

погружены волоски этих клеток. Группировки клеток формируются в виде **гребешкового** выступа. Изменение положения головы в пространстве, а **также** движение с угловым ускорением приводит к движению жидкости и смещению волосков внутри гребешка. В результате механическая энергия движения волоска преобразуется в разряд нервных импульсов.

Волосковые клетки имеют ответвления — реснички (киноцилии) и тонкие более короткие отростки (стереоцилии). Такие **волосковые** клетки есть в обеих макулах отолитового органа и гребешка полукружных каналов. В макулах над волосками располагаются отолиты — плотные кристаллы карбоната кальция (отоконии), спаянные с желеподобной массой и образующие в целом отолитовую мембрану. Волоски гребешков образуют желеподобный **свод** от одной до другой стороны ампулы. Волоски различных типов строго «ориентированы в пространстве относительно системы отсчета, связанной с черепом человека (височной костью, полукружными каналами). Движение головы относительно вектора силы тяжести приводит к изменению положения **отолитовых** мембран и верхушек гребешков. Во множественных **рецепторных** клетках возникают возбуждения, что позволяет высшим отделам по совокупности многих сигналов точно-расположенных в пространстве полей клеток производить синтез афферентных сигналов в целях наиболее точной оценки положения перемещений головы и всего тела человека. Информация от волосковых клеток поступает в центральную нервную систему по аксонам в составе восьмого черепного нерва, проходит в ствол мозга в область скопления специализированных клеток — вестибулярных ядер. Волокна, проецирующие сигналы в спинной мозг, формируют две ветви (медиальную и латеральную) **вестибулоспинального** пути. Нисходящие волокна медиальных ветвей образуют контакты с мотонейронами, которые воздействуют на мышцы шеи и туловища. Нисходящие волокна латеральных ветвей иннервируют мускулатуру конечностей. Латеральный путь составляют **возбуждающие**, а медиальный — тормозящие и возбуждающие волокна. Важным обстоятельством в восприятии человеком гравитационного поля является тот факт, что сам гравирецептор находится в области пирамидки **височной** кости черепа. Функционально, морфологически и биомеханически тело человека представляет собой многозвенную систему, концевым звеном которой является голова, опорным — стопы. Всякая передача движений от опоры к голове и наоборот осуществляется через последовательную цепь промежуточных звеньев. Большинство двигательных реакций человека, как **известно**, носит рефлекторный характер. **Рецепторные** механизмы вестибулярного аппарата должны обеспечить стабилизацию положения звеньев головы в трехмерном пространстве относительно системы отсчета, связанной с телом человека, а также относительно внешних **инерциальных** и **неинерциальных** систем отсчета. Стабилизацией головы относительно туловища **управляют** шейные рефлексы. Эти рефлексы функционируют как замкнутая

система управления с отрицательной обратной связью. Мышцы, прикрепляющиеся к костям черепа, получают стимуляцию при изменении положения головы благодаря возбуждению **рецепторных** элементов лабиринта. Только возвращение головы в уравновешенное положение относительно туловища уменьшает стимуляцию мышц. Рефлексы такого типа в основном осуществляются неосознанно.

В восприятии гравитационного силового поля с вестибулярным аппаратом взаимодействует зрительный анализатор. В оценке пространственных параметров объектов окружающей среды информация от вестибулярного аппарата и проприорецепторов корректируется зрительной системой. Вестибулярная система, в частности благодаря шейному рефлексу, оказывает стабилизирующее влияние на пространственную настройку органа зрения при движениях с ускорением в поле силы тяжести. Шейный рефлекс позволяет сохранять стабильное изображение на сетчатке непосредственно в момент различных сложных в пространственном отношении движений звеньев тела человека.

Вестибулярный аппарат оказывает воздействие на скелетную мускулатуру через спинной мозг. Импульсы от периферии направляются к мотонейронам по нисходящим **вестибулоспинальному** и продольному путям. Через вставочные нейроны вестибулярные импульсы взаимодействуют с двигательными сигналами. Вестибулярные нервные центры тесно взаимосвязаны с ядрами мозжечка. Их взаимодействие с двигательными центрами коры больших полушарий осуществляется также через вставочные нейроны. Тонус мышц регулируется моторной зоной коры, согласуясь с частотой и силой восходящей **импульсации** от вестибулярного и двигательного аппаратов. Собственно тоническая регуляция скелетных мышц реализуется корой больших полушарий через средний мозг. Импульсы из коры, подкорковых ядер мозжечка, ретикулярной формации, стволовой части мозга поступают в средний мозг через красное ядро. При изменении ориентации тела человека относительно вектора силы тяжести происходит перераспределение мышечного тонуса. Механизмы этого перераспределения обеспечиваются согласованной деятельностью среднего и промежуточного мозга. **Рецепторный** аппарат, воспринимающий параметры гравитационного поля, имеет сложную систему нервных связей с центрами регуляции вегетативных функций организма. Эти связи имеют **нейрогуморальную** основу. Адаптация организма к тому или иному уровню гравитационных взаимодействий осуществляется благодаря афферентной импульсации из рецепторных отделов, в основном, двигательного анализатора. Управление гравитационными взаимодействиями человека согласовывается с состоянием внутренних органов его тела через механизмы **моторно-висцеральных** рефлексов. Поскольку мышечная система насыщена специализированным **рецепторным** аппаратом, воспринимающим внешние силовые поля, она

оказывает соответствующее стимуляционное действие через центральную нервную систему на все вегетативные функции организма человека. Это отражается на состоянии внутренних систем, которые, в свою очередь, посылая импульсы от собственных рецепторов, также могут оказывать существенное воздействие на функцию мышц через центральную нервную систему. Изложенное свидетельствует о том, что система специализированных биологических рецепторов позволяет человеку адекватно воспринимать физические параметры поля сил земного тяготения, ориентацию своего тела в нем, фиксировать все его относительные изменения при собственных перемещениях в пространстве как под действием гравитации, так и под воздействием всех других внешних сил. Благодаря разнообразию рецепторов такого рода человек может рефлекторно (на уровне отдельных звеньев тела и биокинематических пар), а также вполне осознанно (преимущественно на уровне биокинематических цепей и всего тела) управлять своими двигательными действиями. В основе этого управления лежит целый ряд нейромоторных механизмов восприятия гравитационных взаимодействий. Эффективность большинства из них определяется следующими особенностями гравирецепторов: локализация рецепторных полей практически во всех морфологических структурах всех относительно подвижных звеньев тела; ориентация чувствительных зон рецепторов относительно всех трех плоскостей пространства; наличие рецепторного аппарата, позволяющего воспринимать как силовые взаимодействия тела с внешней средой, так и силовые взаимодействия между отдельными звеньями; наличие узкоспециализированных рецепторов, позволяющих дифференцированно воспринимать отдельные параметры гравитационного поля; наличие центрального блока гравирецепторов, локализуемого в голове (вестибулярный аппарат), позволяющего как в автоматизированном режиме (рефлекторно), так и произвольно (с участием сознания) в ответ на возмущающие воздействия среды стабилизировать относительно вектора силы тяжести координаты рецепторов зрительного и слухового анализаторов, контролирующих, дублирующих и дополняющих информацию о пространственном положении и перемещениях тела человека, поступающую извне в высшие отделы его нервной системы. Наиболее полно и целостно отражает гравитационное поле специализированная функционально-морфологическая система организма — двигательный анализатор, обеспечивающий восприятие, обработку и оценку информации о гравитационных взаимодействиях тела человека. В его состав входит периферический отдел, в котором расположены рецепторные образования и комплекс промежуточных центров. Промежуточные центры локализируются в зрительном бугре, выполняющем роль своеобразного коллектора всех основных видов чувствительности, и в коре больших полушарий, где располагаются высшие отделы двигательного анализатора. Идущие в кору импульсы здесь постоянно обрабатываются,

анализируются и преобразуются в командные сигналы. Система управления гравитационными взаимодействиями двигательного анализатора обеспечивается непрерывной циркуляцией информации от рецепторов к промежуточным центрам, а затем снова к рецепторам. Промежуточные центры имеют выходы к эффекторам (исполнительным органам). Деятельность последних стимулирует появление новых рецепторных сигналов. В комплексе взаимодействия перечисленные функционально-морфологические элементы формируют специфическую систему регулирования гравитационными взаимодействиями организма, образующую своеобразную кольцевую связь по линии: рецепторы — промежуточные центры — эффекторы — рецепторы. Эта система имеет несколько уровней замыкания, высшим из которых является корковый уровень (передняя центральная извилина). Характерной особенностью двигательного анализатора является то, что его пути от правого и левого полушария взаимно перекрещиваются относительно продольной оси симметрии тела человека.

Гравитационное поле отражается нервной системой человека, организующей ответные реакции на его воздействие. Степень сложности этих реакций различна, однако в их основе лежит один рефлекторный принцип, обеспечивающий активную адаптацию организма к определенным условиям существования, в частности к постоянному воздействию сил земного тяготения. Эволюционное развитие человека привело к определенному совершенству и разнообразию рефлексов, которые реагируют на довольно широкий диапазон раздражителей, охватывают значительные площади тела — рефлексогенные зоны, и включают как минимум два основных функционально-морфологических компонента: воспринимающий (рецепторный) и исполнительный (эффекторный).

По данным многих авторов (Белинцев, 1991 и др.), чувствительность к восприятию человеком с помощью органов зрения электромагнитного излучения или с помощью органов слуха акустических колебаний значительно более высока, чем его чувствительность к восприятию массы в ответ на ее инерционные воздействия или в ответ на воздействия гравитационного поля.

Практические наблюдения различных аспектов управления двигательной активностью человека показывают, что чувствительность организма человека к восприятию гравитационного поля при управлении движениями все же является решающей при реализации тех двигательных задач, для которых необходимы движения с большой амплитудой и вовлечением больших мышечных массивов. Когда же двигательные задачи решаются на уровне так называемых точностных движений (микродвижений), первостепенная управленческая роль в восприятии внешней среды, несомненно, может принадлежать зрительному и слуховому анализаторам, более чувствительным к восприятию электромагнитного поля.

Кроме того, по утверждению С. Engelmeуer (1895), не будучи в состоянии вмешиваться в строение биологических молекул, сила тяжести обеспечивает для них субстрат, создав земную кору, океаны и атмосферу. Важно заметить, что субстрат, созданный силой тяжести, имеет полярную организацию — верх и низ. Отсюда следует значение силы тяжести первого порядка для жизненных процессов. Эта организация в конечном результате привела к **дорсовентральной, краниакаудальной** полярности строения многих живых организмов, в частности организма человека.

Сложные поведенческие программы движений человека осуществляются во многом благодаря интегративной деятельности нервной системы, которая объединяет организм в единое целое. Эта деятельность базируется на основе **эволюционно** закрепленных, генетически заложенных в нервной системе механизмов, не требующих предварительного обучения — безусловных рефлексов. Одним из самых существенных факторов, формирующих такие механизмы, являются гравитационные взаимодействия человека.

В процессе эволюции в организме человека выработались и более совершенные двигательные реакции, обусловленные функциональными проявлениями высшей нервной деятельности. Это значительно расширило диапазон его адаптации к окружающей среде, в частности, путем более активного преодоления сил земного тяготения. Это привело к появлению произвольных, осмысленных, целенаправленных двигательных действий. Пластичность высшей нервной деятельности и возможность образования временных нервных связей стимулировали появление у высших животных способностей к индивидуальному обучению и образованию условных рефлексов. Механизмы формирования условных рефлексов у человека содержат предпосылки к появлению своеобразной индивидуальной двигательной памяти параметров динамики гравитационных взаимодействий при разнообразных условиях перемещений и ориентации тела относительно вектора силы тяжести. Без этих явлений невозможно формирование сложнейших двигательных навыков. В связи с тем, что в работе нервной системы используется рефлекторный принцип, процесс адаптации организма к параметрам гравитационного поля отражается во всех основных звеньях рефлекторного механизма — в анализе идущей от рецепторов информации, ее обработке в промежуточных звеньях, построении специализированных программ двигательной деятельности.

Индивидуальный двигательный опыт влияет не только на характер переработки информации о гравитационных взаимодействиях человека с внешней средой, но и на синтез программ двигательной активности. В ходе отражения гравитационного поля в нервной системе происходит процесс опознания, сличения его действительных параметров с эталонными характеристиками, зафиксированными в соответствующих механизмах памяти. При некотором повторении ряда двигательных действий человека в его

нервной системе фиксируется определенная последовательность привычных реакций, которая получила название *динамического стереотипа*. Это придает экономичность работе нервной системы, способствует эффективной адаптации человека к меняющимся условиям среды, что имеет громадное общебиологическое значение. Реализация программ двигательной деятельности в гравитационном поле Земли происходит на фоне разнообразных помех или возмущающих воздействий, которые, как правило, носят вероятностный, непредсказуемый характер. Для их преодоления в нервной системе используются **коррекционные** управляющие стимулы, которые позволяют человеку направленно изменять конфигурацию звеньев своего тела, ориентацию их масс относительно вектора силы тяжести. Этим самым достигается оптимизация гравитационных взаимодействий его тела с критериями достижения заданной цели при решении каждой конкретной двигательной задачи. Собственно процессы распознавания сигналов (определение параметров) гравитационного поля, формирования на основании прошлого опыта программ решения двигательных задач и контроля за их выполнением органически входят в состав важнейших функций высшей нервной деятельности. Поскольку высшая нервная деятельность человека является нейрофизиологической основой психических процессов, очевидно, что гравитационные взаимодействия тела человека оказывают существенное влияние на весь комплекс его психомоторной деятельности. Управление процессом ориентации тела человека относительно гравитационного поля Земли в нервной системе осуществляется через систему эффекторов, конечным звеном которых являются **скелетно-мышечные** элементы, преобразующие энергию нервного импульса в механическую энергию движения масс тела.

ОСНОВЫ ТЕОРИИ УЧЕНИЯ ОБ ОСАНКЕ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

3.1. Сравнительно-морфологические особенности осевого скелета различных видов позвоночных

Различные виды млекопитающих в процессе эволюционного развития заняли свои экологические ниши, которые отличаются, кроме прочего, условиями взаимодействий их организма с гравитационным полем Земли. Именно поэтому в процессе эволюции осевой скелет позвоночных претерпел существенные изменения. Филогенетически исходной формой позвоночного столба служит хорда (спинальная струна) — клеточный тяж **энтomezодермального** происхождения, который у подавляющего числа позвоночных и у человека замещается скелетными элементами. Как постоянный орган хорда существует у некоторых низших позвоночных. У большинства позвоночных во взрослом состоянии хорда сохраняется внутри позвонков (у рыб), в телах позвонков (у земноводных) и в виде студенистого ядра (у млекопитающих). Осевой скелет в онтогенезе проходит три стадии развития:

- хордовые пластинки (зачаток струны);
- частичное замещение ее хрящевыми элементами;
- возникновение костного осевого скелета.

Так, у бесчерепных скелет представлен хордой и многочисленными стержнями из плотной студенистой ткани, образующими скелет непарных плавников и опоры жаберного аппарата. У ланцетника позвонки состоят из почти безволоконистой клеточной массы. У круглоротых хорда сохраняется на протяжении всей жизни, но появляются закладки позвонков, представляющие собой небольшие парные хрящевые образования, равномерно расположенные над хордой. Они называются верхними дугами. У примитивных рыб, кроме верхних дуг, появляются нижние дуги, а у высших рыб — тела позвонков. Тела позвонков у большинства рыб и животных вышестоящих классов формируются из тканей, окружающих хорду, а также из оснований дуг. С телами позвонков срастаются верхние и нижние дуги. Концы верхних дуг срастаются между собой, образуя канал, в котором находят-

ся спинной мозг. На нижних дугах возникают отростки, к которым прикрепляются ребра.

Остатки хорды сохраняются у рыб между телами позвонков. У рыб различают два отдела позвоночного столба: туловищный и хвостовой. Функция первого — поддержание внутренних органов, второго — участие в передвижении тела.

Тело позвонка развивалось у различных групп позвоночных независимо от хорды. Костное тело позвонка развивается в соединительной ткани сначала в виде тонкого цилиндра. У цельноголовых и двудышащих тела позвонков развиваются сразу как известковые отложения кольцевидной формы вокруг хорды.

Филогенетически соединительно-тканый внутренний скелет замещается хрящевым, а хрящевой — костным. Во время онтогенетического развития эта последовательность повторяется. Дальнейшие изменения позвоночного столба зависят от развития мускулатуры и осевого скелета при движениях тела. Позвоночный столб взрослого человека сохраняет следы пройденного пути развития.

У взрослого человека в отношении позвоночного столба наблюдаются специфические особенности приспособительного характера, связанные с вертикальным положением тела. При прямохождении тяжесть головы воздействует на позвоночный столб, а слабо развитый лицевой отдел не требует сильных затылочных мышц. Поэтому у человека слабо развиты затылочный бугор и другие возвышения и неровности на черепе.

Различие в строении верхних и нижних конечностей человека обусловлено различием функций рук и ног в связи с прямохождением. Передние конечности животных, как и задние, служат опорой для всего тела и являются органами движения, поэтому в их строении нет резкого различия. Кости передних и задних конечностей животных велики и массивны, их движения одинаково однообразны. Конечность животного совсем не способна к разнообразным, быстрым, ловким движениям, какие свойственны руке человека.

Наличие изгибов позвоночного столба у человека (шейный и поясничный лордозы, грудной и крестцово-копчиковый кифозы) связано с поддержанием равновесия и перемещением центра масс тела при вертикальном положении тела. У животных таких изгибов нет.

Человек по строению позвоночного столба (пять отделов, 33—34 позвонка) занимает определенное место среди млекопитающих. Располагаясь один за другим, позвонки образуют как бы два столба — передний, построенный за счет тел позвонков, и задний, образованный из дужек и межпозвоночных суставов. У человека голова хорошо уравновешена, а у четвероногих млекопитающих она подвешена на связках и мышцах, начинающихся главным образом на шейных позвонках и остистых отростках

грудных. У человека шейный отдел позвоночного столба состоит из 7 позвонков. За исключением первых двух, они характеризуются небольшими низкими телами, постепенно расширяющимися по направлению к последнему С₇. У других млекопитающих они чрезвычайно массивны и по направлению книзу постепенно укорачиваются, что связано с положением головы. Особенностью шейных позвонков человека является раздвоенный остистый отросток. От общего типа шейных позвонков отличаются: атлант, который не имеет тела и остистого отростка. Характерной особенностью позвонка С₂ эпистрофея (осевой позвонок) является наличие направленного вертикально вверх от тела позвонка зуба, вокруг которого, как вокруг оси, вращается атлант вместе с черепом. Седьмой шейный позвонок отличается длинным и нераздвоенным остистым отростком, который легко прощупывается через кожу, и поэтому называется выступающим. Кроме того, он имеет длинные поперечные отростки, а поперечные отверстия его очень малы.

Грудной отдел позвоночного столба человека состоит из 12 позвонков. Описаны случаи наличия у человека и 13-го ребра. Двенадцать пар ребер соединяют все отделы скелета грудной клетки в относительно жесткую систему, причем суставные поверхности ребер располагаются на сочленяющихся боковых поверхностях двух смежных позвонков и межпозвоночном диске. Межпозвоночные диски в грудном отделе сбоку прикрыты реберно-позвоночными суставами. Исключение составляет уровень 12-го позвонка, а иногда и 11-го, где сочленение происходит не на уровне диска, а непосредственно на теле позвонка. В грудном отделе межпозвоночные диски шире тел смежных позвонков и несколько выступают за их пределы в передней и боковых частях, тогда как в задней части этого не наблюдается.

В грудном отделе позвоночного столба поперечные отростки у взрослого человека сильно отклонены назад, и в связи с этим ребра выступают назад почти до уровня остистых отростков. Эта особенность строения, так же как увеличение по направлению книзу тел позвонков, специфична лишь для человека и является приспособлением к вертикальному положению. У животных этого не наблюдается.

Положение суставных отростков неодинаковое в различных отделах позвоночного столба. В связи с их косым расположением в шейном отделе тяжесть головы распределяется не только на тела, но и на суставные отростки. У млекопитающих в шейном отделе они расставлены далеко друг от друга и развиты чрезвычайно мощно, также как и тела шейных позвонков. У человека в грудном и поясничном отделах суставные отростки расположены соответственно во фронтальной и сагиттальной плоскостях. В этом случае тяжесть вышележащих частей распределяется преимущественно на тела позвонков, что и способствует увеличению их массы.

3.2. Формирование позвоночного столба и вертикальной позы тела человека в онтогенезе

Позвоночный столб человека последовательно проходит перепончатую, хрящевую и костную стадии развития. Его элементы появляются на ранних этапах развития зародыша. Вначале закладки тела позвонков располагаются далеко друг от друга, разделяясь прослойками зародышевой мезенхимы. Затем начинают развиваться дуги позвонков, формируются поперечные и суставные отростки, далее позвонки дифференцируются почти полностью, а остистые отростки еще отсутствуют.

Хорда у эмбриона редуцируется и сохраняется лишь в виде студенистого ядра межпозвоночных дисков. Характерной особенностью позвоночника на раннем этапе внутриутробного развития является сходство тел позвонков по их форме. В конце второго месяца внутриутробного развития резко увеличивается размер тел шейных позвонков. Увеличение тел поясничных и крестцовых позвонков не наблюдается даже у новорожденных в связи с отсутствием внутриутробных гравитационных воздействий.

Закладка продольной связки происходит у эмбрионов на дорсальной поверхности тел позвонков. Межпозвоночный диск у эмбрионов формируется из мезенхимы. Центры окостенения в позвоночнике эмбриона появляются вначале в нижних грудных и верхних поясничных позвонках, а затем прослеживаются и в других отделах.

После рождения ребенок сразу же начинает борьбу со многими внешними воздействиями. И самым главным стимулом, который будет формировать его осанку, является гравитация. С момента рождения и до формирования осанки, присущей взрослому человеку, каждый ребенок, по мнению А. Потапчука и М. Дидура (2001), проходит следующие уровни формирования движений:

уровень А — ребенок, лежа на животе, поднимает голову. При этом за счет шейно-тонических рефлексов формируется уровень, обеспечивающий равновесие тела и базовый порог напряжения мышц;

уровень В — формирование мышечно-суставных связей, предопределяющих развитие автоматизма двигательных циклов. Этот период соответствует этапу обучения ползанию и сидению; начинает формироваться механизм одностороннего, а затем и разностороннего включения мышц конечностей, что в дальнейшем обеспечивает формирование оптимального стереотипа ходьбы и стояния;

уровень С — формируется к концу первого года жизни и позволяет ребенку оперативно ориентироваться в пространстве с использованием имеющегося арсенала двигательных навыков;

уровень D — создается вертикальная поза тела, при которой мышечный баланс в положении стоя обеспечивается при минимальных мышечных затратах.

По мере изменения уровней формирования движения изменяется и форма позвоночного столба. Известно, что позвоночный столб новорожденного, за исключением небольшой крестцовой кривизны, почти не имеет физиологических изгибов. Высота головы в этот период соответствует примерно $\frac{1}{4}$ длины тела. Центр тяжести головы у младенцев расположен непосредственно впереди от синхондроза между клиновидной и затылочной костью и на сравнительно большом расстоянии кпереди от сустава между черепом и атлантом. Задние шейные мышцы развиты еще слабо. Поэтому тяжелая, большая (по отношению к остальным частям тела) голова отвисает вперед, и новорожденный не может ее поднять. Попытки поднять голову приводят через 6—7 нед к образованию шейного лордоза, который устанавливается в последующие месяцы как результат усилий, направленных на удержание тела в равновесии в сидячем положении. Шейный лордоз образуют все шейные позвонки и два верхних грудных, а его вершина находится на уровне пятого — шестого шейных позвонков.

В 6 мес, когда ребенок начинает сидеть, образуется изгиб в грудном отделе выпуклостью кзади (кифоз). В течение 1-го года, во время начала стояния и ходьбы у ребенка образуется изгиб в поясничном отделе, направленный вперед (лордоз).

Поясничный лордоз включает XI—XII грудные и все поясничные позвонки, а его вершина соответствует третьему—четвертому поясничному позвонку. Образование поясничного лордоза изменяет положение таза и способствует перемещению общего центра тяжести (ОЦТ) тела человека кзади от оси тазобедренного сустава, предупреждая таким образом падение тела в вертикальном положении. Форма позвоночного столба у ребенка 2—3 лет характеризуется недостаточно выраженным поясничным лордозом, который достигает своего наибольшего развития у взрослого.

Крестцово-копчиковый изгиб появляется еще у зародышей. Однако он начинает развиваться лишь при первых попытках прямохождения и с появлением поясничного лордоза. В образовании этого изгиба играет роль сила тяжести, передающаяся на основание крестца через свободный отдел позвоночника и стремящаяся вклинить крестец между подвздошными костями, и тяга связок, расположенных между крестцом и седалищной костью. Эти связки фиксируют нижнюю часть крестца к бугру и ости седалищной кости. Взаимодействие этих двух сил является главным фактором, обуславливающим развитие крестцово-копчикового изгиба.

По мере формирования физиологических изгибов позвоночного столба меняется и форма межпозвоночных дисков. Если у новорожденного диски имеют одинаковую высоту как спереди, так и сзади, то с образованием изгибов их форма меняется, и хрящи в сагитальном разрезе приобретают нес-

колько клиновидную форму. В области лордозов большая высота этого клина обращена кпереди, а меньшая — кзади. В области грудного кифоза, наоборот, большая высота находится сзади и меньшая спереди. В крестцовом и копчиковом отделах позвоночный столб имеет изгиб, обращенный кзади. Межпозвоночные диски крестцового отдела имеют временное значение и замещаются на 17—25-м году костной тканью, вследствие чего подвижность крестцовых позвонков относительно друг друга становится невозможной.

Рост позвоночного столба происходит особенно интенсивно в первые два года жизни. Его длина при этом достигается 30—34 % конечного размера. Разные отделы позвоночного столба растут неравномерно. Интенсивнее всего растет поясничный отдел, затем крестцовый, шейный, грудной и менее всех копчиковый. От 1,5 до 3 лет относительно замедляется рост шейных и верхних грудных позвонков. Дальнейший рост позвоночного столба наблюдается в 7—9 лет. В 10 лет усиленно растут поясничные и нижние грудные позвонки. Увеличение темпов роста позвоночного столба отмечается также в период полового созревания.

До 2 лет общая длина костной и хрящевой части позвоночного столба увеличивается с одинаковой интенсивностью; затем рост хрящевой части относительно замедляется.

Тела позвонков новорожденного относительно шире и короче, чем у взрослого. У детей от 3 до 15 лет размеры отдельных позвонков как в высоту, так и в ширину увеличиваются сверху вниз от верхних грудных к нижним поясничным. Эти различия (во всяком случае, связанные с ростом в ширину) зависят от увеличения весовой нагрузки, испытываемой расположенными ниже позвонками. К 6 годам в верхнем и нижнем отделах позвонков, а также на концах остистых и поперечных отростков имеются самостоятельные точки окостенения.

Общий рост позвонков в среднем от 3—6 лет протекает с одинаковой интенсивностью в высоту и ширину. В 5—7 лет увеличение позвонков в ширину несколько отстает от увеличения в высоту, а в последующих возрастах увеличение позвонков во всех направлениях повышается.

Процесс окостенения позвоночного столба происходит поэтапно. На 1—2-м году сливаются обе половины дуг, на 3-м году — дуги с телами позвонков. В 6—9 лет образуются самостоятельные центры окостенения верхней и нижней поверхности тел позвонков, а также концов остистых и поперечных отростков. К 14 годам окостеневают средние части тел позвонков. Полное окостенение отдельных позвонков заканчивается к 21—23 годам (Путилова, 1975).

По мере формирования изгибов позвоночного столба происходит увеличение размеров грудной и тазовой полостей, что, в свою очередь, способствует сохранению вертикальной позы и улучшению рессорных свойств позвоночника при ходьбе и прыжках.

На формирование позвоночного столба человека и его вертикальную позу, по мнению многих авторов (Болобан, 1990; Бретз, 1997; Алешина, 2000; Бычук, 2001 и др.), оказывает высота расположения ОЦТ тела.

Возрастные особенности расположения ОЦТ тела обусловлены неравномерным изменением размеров биозвеньев, изменением соотношения масс этих звеньев тела в период роста. Они связаны также с характерными особенностями, приобретаемыми в каждом возрастном периоде, начиная с момента первого стояния ребенка и заканчивая преклонным возрастом, когда в результате старческой инволюции одновременно с морфологическими изменениями происходят и биомеханические.

По данным Г. Козырева (1947), у новорожденных ОЦТ тела располагается на уровне V—VI грудных позвонков (определялся в положении максимально возможного выпрямления нижних конечностей путем бинтования). Такое краниальное расположение ОЦТ тела объясняется характерными пропорциями тела новорожденных.

По мере роста ОЦТ тела постепенно снижается. Так, у 6-месячного ребенка он располагается на уровне X грудного позвонка. В 9-месячном возрасте, когда большинство детей может самостоятельно стоять, ОЦТ тела опускается до уровня XI—XII грудных позвонков.

В биомеханическом отношении наиболее интересным является процесс перехода к вертикальному положению тела. Первое стояние характеризуется чрезмерным напряжением всей мускулатуры, не только той, которая непосредственно удерживает тело в вертикальном положении, но и той, которая в акте стояния совсем не играет роли или оказывает только посредственное влияние. Это указывает на недостаточность дифференцирования мускулатуры и отсутствие необходимой регуляции тонуса. Кроме того, неустойчивость обусловлена также высоким расположением ОЦТ и малой площадью опоры, затрудняющими сохранение равновесия.

У 9-месячного ребенка отмечается своеобразная осанка в сагиттальной плоскости. Она характерна тем, что нижние конечности ребенка находятся в полусогнутом положении (угол сгибания коленного сустава у 9-месячного ребенка достигает 162° , у годовалого — 165°), а туловище относительно вертикальной оси несколько наклонено кпереди ($7\text{--}10^\circ$). Полусогнутое положение нижних конечностей обусловлено не наклоном таза и не ограничением разгибания в тазобедренных суставах, а тем, что ребенок приспосабливается к удержанию тела в такой равновесии, при котором была бы исключена возможность неожиданного его нарушения и обеспечена безопасность падения. Возникновение своеобразной осанки в этом возрасте, прежде всего, вызвано отсутствием закрепленного навыка к стоянию. По мере приобретения такого навыка постепенно исчезает и неуверенность в статической устойчивости тела.

К двум годам ребенок стоит уже более уверенно и значительно свободнее перемещает центр тяжести в пределах площади опоры. Высота ОЦТ тела располагается на уровне I поясничного позвонка. Постепенно исчезает полусогнутость нижних конечностей (угол сгибания в коленных суставах достигает 170°).

Осанка трехлетнего ребенка при стоянии характеризуется вертикальным положением туловища и небольшим сгибанием нижних конечностей (угол сгибания в коленном суставе равен 175°). В области позвоночного столба отчетливо заметен грудной кифоз и намечающийся поясничный лордоз. Горизонтальная плоскость ОЦТ тела располагается на уровне II поясничного позвонка. Продольные оси стоп образуют угол примерно $25\text{--}30^\circ$, как у взрослых.

В осанке детей пятилетнего возраста уже отсутствуют признаки полусогнутое™ нижних конечностей (угол в коленном суставе равен 180°). Горизонтальная плоскость ОЦТ тела располагается на уровне III поясничного позвонка. В последующие годы изменения в локализации ОЦТ тела заключаются, главным образом, в постепенном его снижении и более устойчивой регуляции в сагиттальной плоскости.

В результате старения организма происходят как анатомо-физиологические, так и биомеханические изменения в опорно-двигательном аппарате.

Г. Козырев (1947) выделил три основных типа осанки с наиболее характерными морфологическими и биомеханическими признаками.

Первый тип старческой осанки (рис. 3.1, а) характеризуется резким смещением центра тяжести кпереди — настолько, что сагиттальная плоскость располагается впереди от центров трех основных суставов нижних конечностей. Опорой служит преимущественно передний отдел стоп, голова наклонена кпереди, шейный лордоз уплощен. В нижней части шейного и грудного отделов наблюдается резкий кифоз. Нижние конечности в коленном суставе полностью не разогнуты (угол сгибания колеблется от 172 до 177°).

Второй тип старческой осанки (рис. 3.1, б) характеризуется смещением центра тяжести кзади. Его сагиттальная плоскость проходит сзади центра тазобедренного сустава и замыкает последний пассивным способом, используя для этого натяжение повздошно-бедренной связки. Туловище наклонено кзади, опущенный живот выставлен кпереди. Позвоночный столб имеет форму "круглой спины".

Третий тип осанки (рис. 3.1, в) характеризуется общим оседанием тела без наклона туловища вперед или назад. Создается впечатление, что сила тяжести сжала тело по вертикальной оси; в результате шея как бы стала короче за счет увеличения шейного изгиба, туловище укоротилось за счет увеличения грудного кифоза, а нижние конечности — за счет сгибания в трех основных суставах. Сагиттальная плоскость ОЦТ проходит кзади от центра

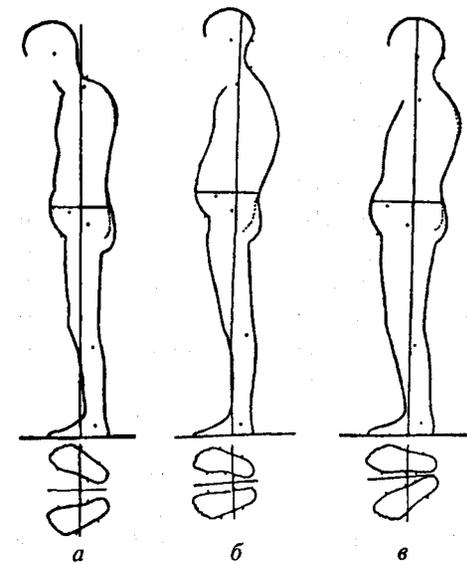


Рис. 3.1. Типы старческой осанки, характеризующиеся: смещением ОЦТ вперед (а) и назад (б); общим оседанием тела (в)

тазобедренного сустава, замыкая его пассивным способом сзади или через центр коленного сустава. В результате два последних сустава могут замыкаться только активно.

При осмотре человека пожилого или старческого возраста, прежде всего, обращает на себя внимание его осанка, которая часто характеризуется выраженностью шейного, поясничного лордоза и грудного кифоза.

У лиц пожилого и старческого возраста увеличивается кифоз позвоночного столба, постепенно формируется круглая спина, также увеличиваются шейный и поясничный лордозы. Даже при нормальной статической нагрузке в течение жизни происходит некоторое увеличение грудного кифоза. При длительных статических нагрузках (перегрузках) на стороне вогнутости происходит изменение межпозвонковых дисков и развивается фиксированное искривление (возрастной гиперкифоз) со всеми последствиями.

Пять типов осанки, присущие пожилому возрасту, на основании анализа рентгенограмм физиологических изгибов позвоночного столба были выделены Подрушняком и Остапчуком (1972) (рис. 3.2):

- 1) неизменная, угол изгиба грудного отдела более 159° ;
- 2) сутулая, угол изгиба грудного отдела $159-151^\circ$;
- 3) кифозная, угол изгиба грудного отдела менее 151° , поясничного — $155-164^\circ$;
- 4) кифозно-лордозная, угол изгиба грудного отдела менее 151° , поясничного — менее 155° ;
- 5) кифозно-уплощенная, угол изгиба грудного отдела менее 151° , поясничного — более 164° .

Авторами было установлено, что при старении наиболее выражены изменения изгибов в сагиттальной плоскости грудного отдела, достаточно четко — шейного и несколько меньше — поясничного отделов позвоночного столба.

До 60-ти лет сколиоз, грудной кифоз, шейный и поясничный лордозы чаще выявляются у женщин. С увеличением возраста число людей с неизменной осанкой в вертикальной позе резко уменьшается и увеличивается число лиц с кифозной осанкой.

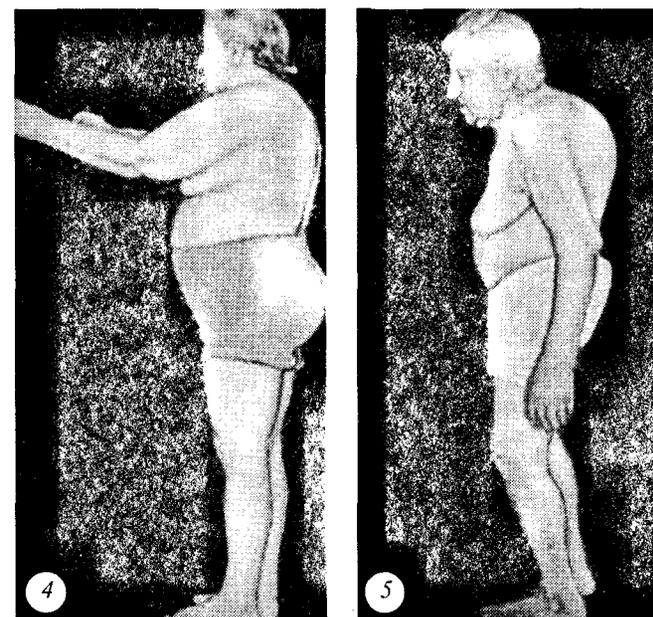
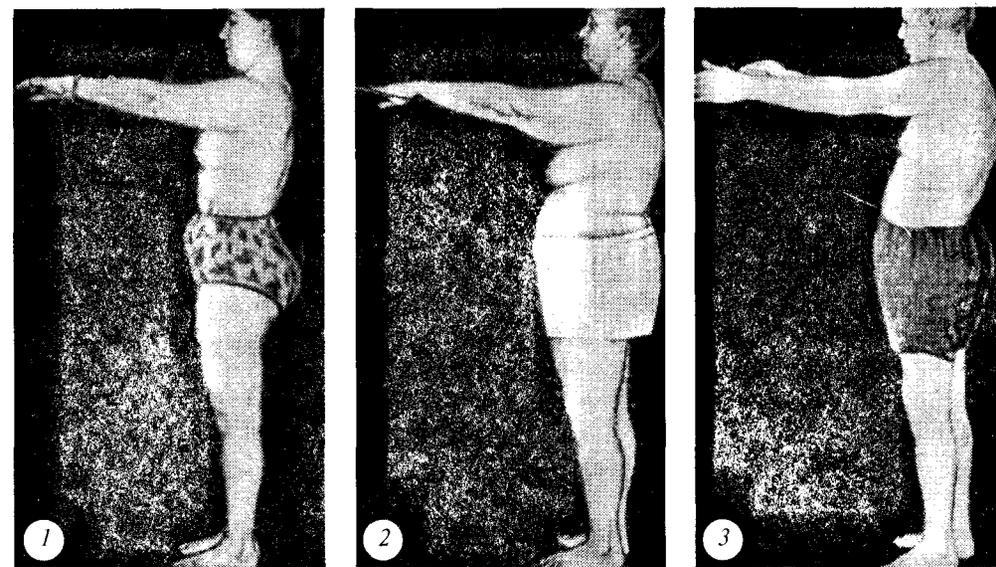


Рис. 3.2 Изменение осанки при старении:
1 — неизменная;
2 — сутулая; 3 — кифозная;
4 — кифозно-лордозная;
5 — кифозно-уплощенная

Среди различных изменений строения и функции позвоночного столба, развивающихся в процессе старения, смещения позвонков или торсия занимают особое место, так как увеличивается частота их выявления и степень выраженности по мере старения (рис. 3.3).

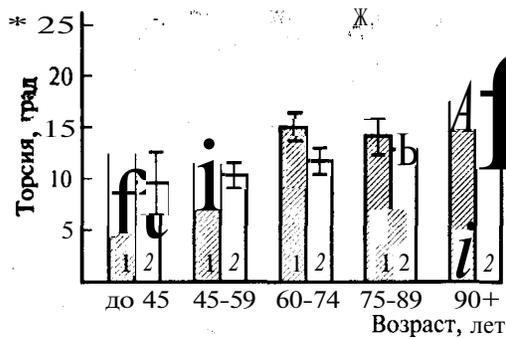


Рис. 3.3. Выявленность торсии позвоночного столба в разных возрастных группах: / — в грудном отделе; 2 — в поясничном отделе

По данным Остапчука (1974), торсионные искривления грудного и поясничного отделов позвоночного столба выявляются более чем у половины практически здоровых людей обоего пола и с возрастом обнаруживаются чаще (рис. 3.4). У большей части людей торсия позвоночного столба сочетается с искривлением его во фронтальной плоскости и направление ее тесно связано с формой сколиоза.

Развивающаяся при старении торсия тесно связана с нарушением функции длинной мышцы. Она усиливается при сочетании торсии с боковым искривлением позвоночного столба. Торсия и нарушение функции длинной мышцы развиваются на фоне дистрофически-деструктивных процессов позвоночного столба, усиливая отрицательное влияние на статику и динамику человека при старении.

3.3. О классификации позвоночного столба человека

Опорно-двигательный аппарат человека, с точки зрения биомеханики, представляет собой систему биокинематических цепей, все биозвенья которой объединены в биокинематические пары и имеют между собой связи, определяющие их внешнюю свободу движений.

Лапутиным (1986) была разработана первая биомеханическая классификация опорно-двигательного аппарата, принципы биомеханического моделирования его суставов и отдельных звеньев. В ней было выделено 246 биокинематических пар и 8 биокинематических цепей.

Аббревиатуру биокинематической цепи составляют латинские буквы ВКС (bios, kinesis, catena — биологически движущаяся цепь) и индекса, со-

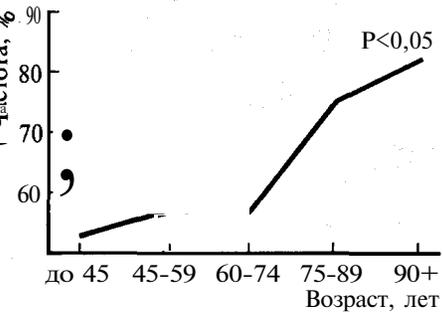


Рис. 3.4. Распространенность торсии позвоночного столба в разных возрастных группах

стоящего из латинской буквы Р (pars — часть) начальной буквы латинского названия части тела или скелета.

В записях биокинематических пар в аббревиатуре ВКС последнюю букву заменяют на Р. Для указания того, какой цепи принадлежит пара, при аббревиатуре сохраняют индекс соответствующей цепи (например, ВКР_{cv} — пара позвоночного столба). В данном случае, однако, нельзя установить, какая это пара: следует сообщить также ее порядковый номер, начиная от проксимального конца позвоночного столба — ВКР_{c10} (или же cv-10). Для краткости биокинематические звенья (ВКС) именуют по первым буквам латинских анатомических названий костей. Если два звена имеют одинаковое название, например, позвонки (vertebra) в позвоночном столбе, то их именуют от проксимального конца цепи.

Позвоночный столб представляет собой сложную многозвенную биокинематическую цепь (ВКС_{cv} — 1), образованную атлантозатылочным сочленением, объединяющим звено черепа и первого шейного позвонка). Таким образом, можно определить наименование всех биокинематических пар ВКС_{cv}: С-1 — собственная пара черепа; cv-1 — пара, образованная биозвеном черепа и I позвонком С₁; cv-2 — пара позвонков С₁ и С_{II} и т. д. Последняя 26-я пара (cv-26) включает биозвенья крестца и копчика (рис. 3.5).

Поскольку многообразные движения позвоночного столба автономны, то целесообразно в его общей биокинематической цепи выделить еще три цепи, определенные наличием трех подвижных отделов — шейного, грудного и поясничного: свс — биокинематическая цепь шейного отдела; свг — биокинематическая цепь грудного отдела; св/ — биокинематическая цепь пояснично-крестцово-копчикового отдела.

Грудная клетка состоит из многочисленных костных образований сложной формы, обладающих разными степенями подвижности. Тем не менее, она может быть представлена как единая биокинематическая цепь ВКС_{th}. Грудные позвонки относятся как к биокинематической цепи позвоночного столба, так и к биокинематической цепи грудной клетки. Соединения ВКС_{cv} и ВКС_{th} осуществляются в области сочленений ребер и позвонков. Поэтому по настоящей биомеханической номенклатуре эти образования

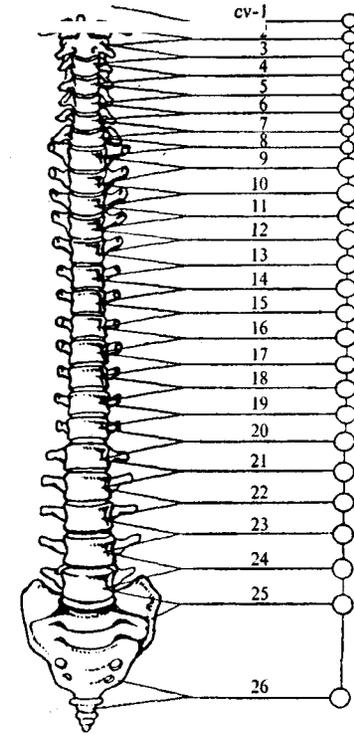


Рис. 3.5 Биокинематические пары позвоночного столба человека

обозначают как соединения двух относительно подвижных цепей, а сами сочленения, в целях более детального изучения движений, рассматривают отдельно при наблюдении за перемещениями ребер и грудины. По существу, такое разделение не представляет собой расчленение целостной области, а только облегчает ее изучение по сравнительно простым частям.

Четыре нижних свободных ребра практически могут перемещаться независимо от других биозвеньев грудной клетки, они соединены подвижно с позвонками, что позволяет иногда рассматривать их как самостоятельные биозвенья, связанные только с позвоночным столбом.

Согласно биомеханической классификации, в биокинематической цепи грудной клетки имеется 40 основных биокинематических пар и 4 дополнительных. Поскольку каждое ребро соединяется с грудиной своей грудной частью, а с позвонками — позвоночной, оно, в принципе, образует две пары (одну с позвонком, другую с грудиной). Ввиду этого к наименованию всех пар вместо порядковых цифр добавили индексы "a" (anterior — передний) и "p" (posterior — задний), "s" (sinister — левый), "d" (dexter — правый). Таким образом, первые четыре биокинематические пары грудной клетки обозначают соответственно $th_{da}-1, th_{dp}-1, th_{sa}-1, th_{sp}-1$; вторые — $th_s-2, th_{sa}-2, th_{dp}-2, th_{da}-2$; третьи — $th_{da}-3, th_{dp}-3, th_{sa}-3, th_{sp}-3$; четвертые — $th_{da}-4, th_{dp}-4, th_{sa}-4, th_{sp}-4$; пятые — $th_{da}-5, th_{dp}-5, th_{sa}-5, th_{sp}-5$; шестые — $th_{da}-6, th_{dp}-6, th_{sa}-6, th_{sp}-6$; седьмые — $th_{da}-7, th_{dp}-7, th_{sa}-7, th_{sp}-7$; восьмые — $th_{da}-8, th_{dp}-8, th_{sa}-8, th_{sp}-8$; девятые — $th_{da}-9, th_{dp}-9, th_{sa}-9, th_{sp}-9$; десятые — $th_{da}-10, th_{dp}-10, th_{sa}-10, th_{sp}-10$. Четыре дополнительных биокинематических пары обозначают: $th_{dp}-11, th_{sp}-11, th_{dp}-12, th_{sp}-12$.

3.4. Динамика позвоночного столба человека

Скелет позвоночного столба служит твердой опорой туловища и состоит из 33—34 позвонков (рис. 3.6). Позвонки включают две части — тело позвонка (спереди) и позвонковую дугу (сзади) (рис. 3.7). На позвонковое тело приходится основная масса позвонка. Позвонковая дуга состоит из четырех сегментов. Двумя из них являются ножки, формирующие опорные стенки. Две другие части — это тонкие пластинки, образующие своеобразную "крышу". От позвонковой дуги отходят три костных отростка. От каждого соединения "ножка-пластинка" отходят правый и левый поперечные отростки. Кроме того, на средней линии при наклоне человека вперед можно увидеть выступающий назад остистый отросток. В зависимости от расположения и функции позвонки разных отделов имеют специфические особенности в строении, а направление и степень движения позвонка определяются ориентацией суставных отростков.

Шейные позвонки (рис. 3.8). Суставные отростки имеют плоскую овальную форму и расположены в пространстве под углом к фронтальной плоскости 10—15° (рис. 3.8, а), к сагиттальной — 45° (рис. 3.8, б), к горизонтальной — 45° (рис. 3.8, в). Таким образом, любое смещение, производимое вышерасположенным суставом относительно нижерасположенного, будет происходить под углом одновременно к трем плоскостям (Carrera, 1980; Cyriax, 1984). Тело позвонка имеет вогнутость верхней и нижней поверхностей и многими авторами рассматривается как фактор, способствующий увеличению объема движения (Бохвардт, 1982; Селиванов, Никитин, 1987).

Грудные позвонки (рис. 3.9). Суставные отростки наклонены к фронтальной плоскости под углом 20° (рис. 3.9, а), к сагиттальной — под углом 60° (рис. 3.9, б), горизонтальной и фронтальной — под углом 20° (рис. 3.9, в).

Такое пространственное расположение суставов способствует перемещению вышерасположенного сустава относительно нижерасположенного одновременно вентрокраниально или дорсокаудально в сочетании с его медиальным или латеральным смещением. Преобладающий наклон суставных площадок имеют в сагиттальной плоскости.

Поясничные позвонки (рис. 3.10). Пространственное взаиморасположение их суставных площадок отличается от грудного и шейного отделов. Они

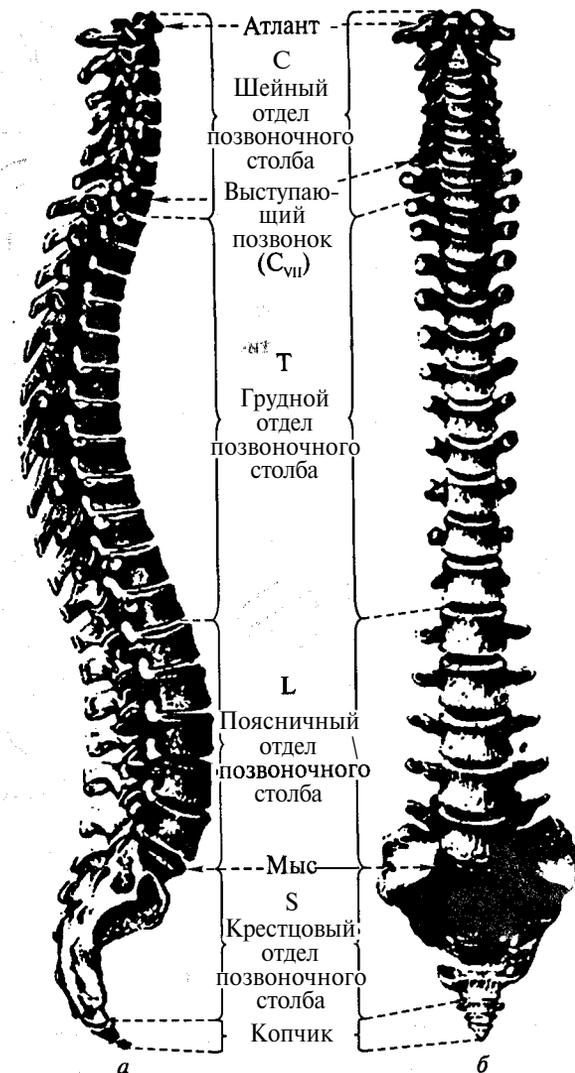


Рис. 3.6. Отделы позвоночного столба: вид относительно сагиттальной (а) и фронтальной плоскостей (б)

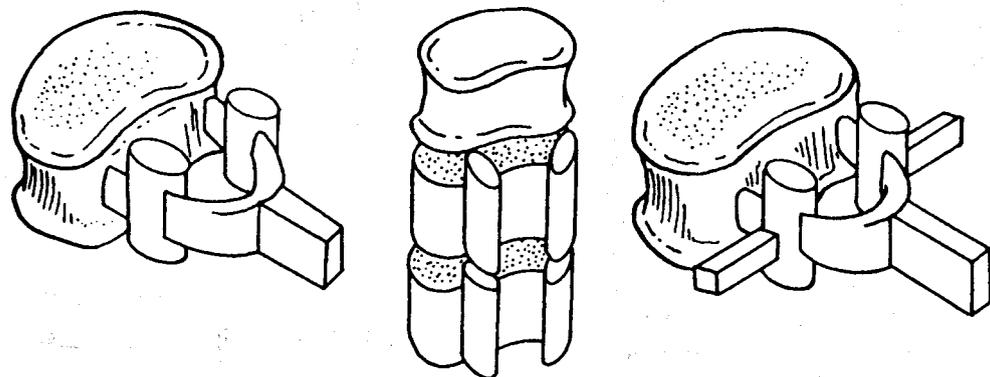
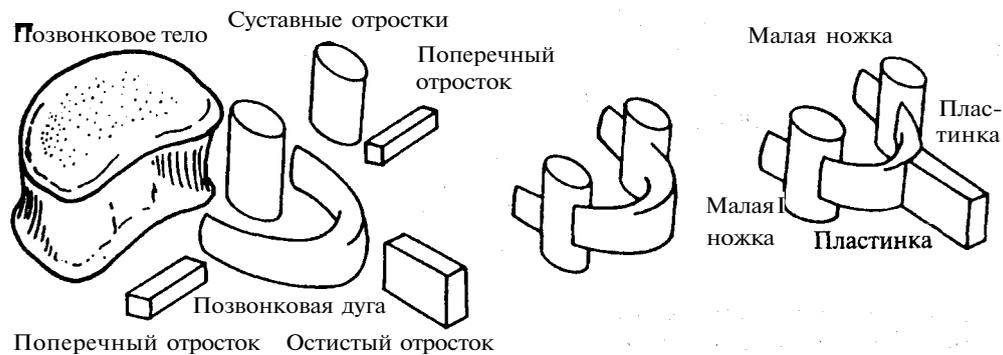


Рис. 3.7. Позвоночные сегменты (Каранджи, 1978)

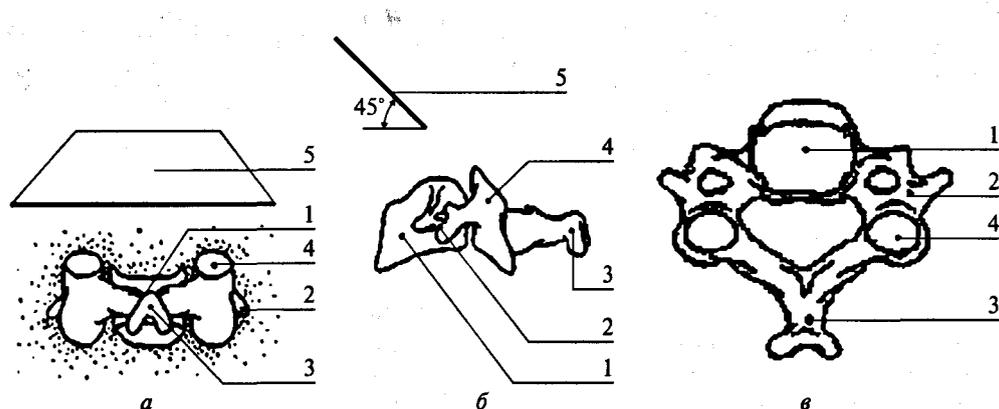


Рис. 3.8. Анатомическое строение шейного позвонка:

a — фронтальная плоскость, *б* — сагиттальная плоскость, *в* — горизонтальная плоскость, 1 — тело позвонка, 2 — поперечные отростки, 3 — остистый отросток, 4 — суставные отростки, 5 — наклон суставной площадки к плоскости проекции

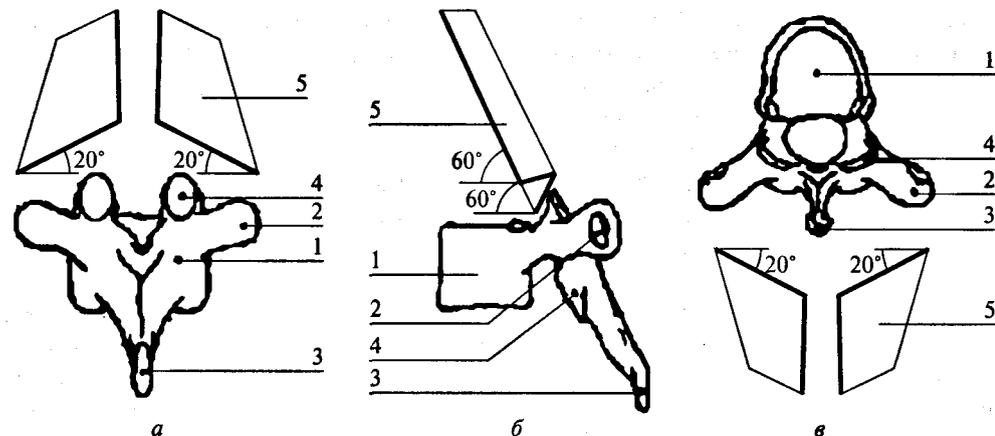


Рис 3.9. Анатомическое строение грудного позвонка:

a — фронтальная плоскость, *б* — сагиттальная плоскость, *в* — горизонтальная плоскость; 1 — тело позвонка, 2 — поперечные отростки, 3 — остистый отросток, 4 — суставные отростки, 5 — наклон суставной площадки к плоскости проекции

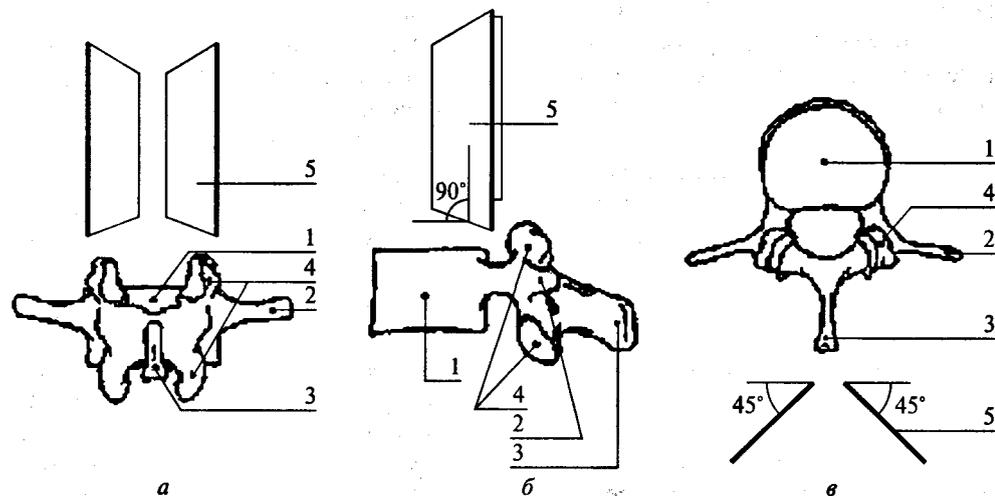


Рис 3.10. Анатомическое строение поясничного позвонка:

a — фронтальная плоскость, *б* — сагиттальная плоскость, *в* — горизонтальная плоскость; 1 — тело позвонка, 2 — поперечные отростки, 3 — остистый отросток, 4 — суставные отростки, 5 — наклон суставной площадки к плоскости проекции

имеют дугообразную форму и расположены к фронтальной плоскости под углом 45°, к горизонтальной — под углом 45° (см. рис. 3.10, *a*), к сагиттальной плоскости под углом 45° (рис. 3.10, *в*). Такое пространственное взаи-

морасположение способствует перемещению вышерасположенного сустава относительно нижерасположенного, как **дорсолатерально**, так и **вентромедиально** в сочетании с краниальным или каудальным смещением.

О важной роли межпозвоночных суставов в движении позвоночника свидетельствуют и широко известные работы Лесгафта (1951), в которых большое внимание уделено совпадению центров тяжести сферической поверхности суставов в сегментах $C_v - C_{VII}$. Этим и объясняется преобладающий объем движения в них. Кроме того, наклон суставных площадок одновременно к фронтальной, горизонтальной и вертикальной плоскостям способствует одномоментному линейному движению в каждой из этих трех плоскостей, исключая возможность одноплоскостного движения. Помимо этого, форма суставных площадок способствует скольжению одного сустава по плоскости другого, ограничивая возможность одновременного выполнения углового движения. Эти представления согласуются с исследованиями White (1978), в результате которых после удаления суставных отростков с дужками увеличился объем углового движения в позвоночном двигательном сегменте в сагиттальной плоскости на 20—80 %, фронтальной — на 7—50 %, горизонтальной — на 22—60 %. Данные рентгенологического исследования Jirout (1973) подтверждают эти результаты.

В позвоночном столбе имеются все виды соединений костей: непрерывные (синдесмозы, синхондрозы, синостозы) и прерывные (суставы между позвоночным столбом и черепом). Тела позвонков соединяются между собой при помощи межпозвоночных дисков, в совокупности составляющих примерно $\frac{1}{4}$ всей длины позвоночного столба. Они преимущественно выполняют функцию гидравлических амортизаторов.

Известно, что величина подвижности в любом участке позвоночного столба в значительной степени зависит от соотношения высоты межпозвоночных дисков и костной части позвоночного столба.

По мнению Karandji (1987), это отношение обуславливает подвижность определенного сегмента позвоночного столба: чем выше соотношение, тем больше подвижность. Шейный отдел позвоночного столба имеет наибольшую подвижность, так как указанное соотношение в нем составляет 2,5, или 40 %. Менее подвижен поясничный отдел (соотношение 1:3, или 33 %). Грудной отдел является еще менее подвижным (соотношение 1:5, или 20 %).

Каждый диск построен таким образом, что внутри имеет студенистое ядро и фиброзное кольцо (рис. 3.11).

Студенистое ядро состоит из несжимающегося гелеподобного материала, заключенного в эластичный "контейнер". Его химический состав представлен белками и полисахаридами. Ядро характеризуется мощной гидрофильностью, т.е. притяжением к воде.

По данным Puschel (1930), при рождении содержание жидкости в ядре составляет 88 %. С возрастом ядро утрачивает свою способность привязыв-

ать воду. К 70 годам содержание воды в нем сокращается до 66 %. Причины и последствия этой дегидратации имеют большое значение. Сокращение содержания воды в диске можно объяснить снижением концентрации белка, полисахарида, а также постепенной заменой гелеподобного материала ядра волокнистой хрящевой тканью (Алтер, 2001). Результаты исследований Adams и соавторов (1976) показали, что с возрастом происходит изменение молекулярного размера протеогликанов в студенистом ядре и фиброзном кольце. Содержание жидкости снижается. К 20 годам исчезает сосудистое обеспечение дисков. К 30 годам диск питается исключительно благодаря диффузии лимфы через концевые пластинки позвонков. Это объясняет утрату гибкости позвоночного столба с возрастом, а также нарушение способности у пожилых людей восстанавливать эластичность травмированного диска (Cailliet, 1988).

Студенистое ядро принимает вертикально действующие на теле позвонков силы и распределяет их радиально в горизонтальной плоскости. Чтобы лучше понять этот механизм, можно представить ядро в виде подвижного шарнирного соединения (рис. 3.12). Функции студенистого ядра представлены в табл. 3.1.

Фиброзное кольцо состоит приблизительно из 20 концентрических слоев волокон, они переплетаются таким образом, что один слой оказывается под углом к предыдущему. Такая структура обеспечивает контроль движения. Например, под действием сдвигающего усилия косые волокна, идущие в одном направлении, напрягаются, тогда как идущие в противоположном направлении — расслабляются (рис. 3.13).

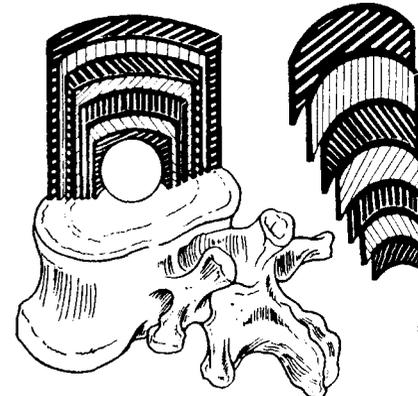
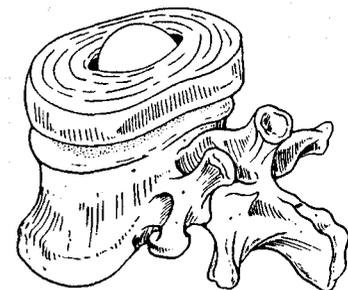


Рис. 3.11. Структура межпозвоночного диска (Karandji, 1978)

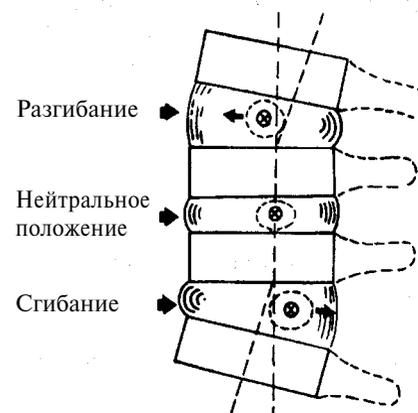


Рис. 3.12. Ось движения при сгибании и выпрямлении в поясничном отделе позвоночника (Fisk and Rose, 1977)

Таблица 3.1. Функции студенистого ядра (Алтер, 2001)

Действие	Сгибание	Разгибание	Латеральное сгибание
Верхний позвонок приподнимается	Переднее	Заднее	К стороне сгибания
Следовательно, диск выпрямляется	Переднее	Заднее	К стороне сгибания
Следовательно, диск увеличивается	Заднее	Переднее	К стороне, противоположной сгибанию
Следовательно, ядро направляется	Вперед	Назад	К стороне, противоположной сгибанию

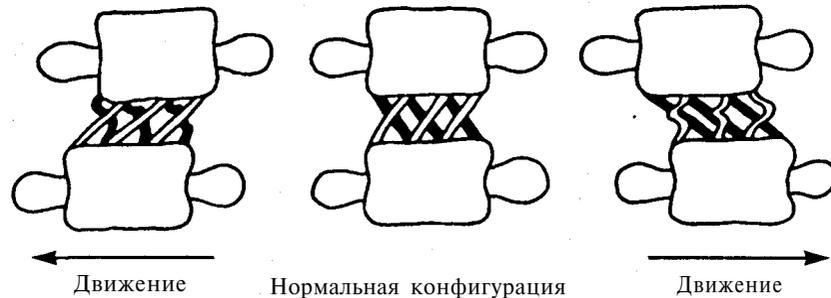


Рис. 3.13. Эластичные волокна фиброзного кольца частично отвечают за контролируемое движение позвоночного столба. При воздействии на позвонок горизонтальной силы косые волокна, идущие в одном направлении, напрягаются (натягиваются), а идущие в другом направлении — расслабляются (Alter, 1988)

Фиброзное кольцо с возрастом утрачивает свою эластичность и податливость. В молодом возрасте фиброэластичная ткань кольца является преимущественно эластичной. С возрастом или после травмы процент фиброзных элементов увеличивается и диск теряет эластичность. По мере утраты эластичности он становится более восприимчивым к травмам и повреждениям.

Каждый межпозвоноковый диск может укорачиваться по высоте в среднем на 1 мм под влиянием нагрузки 250 кг, что для позвоночного столба в целом дает укорочение примерно в 24 мм. При нагрузке 150 кг укорочение межпозвонокового диска между T_{VI} и T_{VII} составляет 0,45 мм, а нагрузка 200 кг обуславливает укорочение диска между T_{XI} и T_{XII} на 1,15 мм.

Эти изменения дисков от давления довольно быстро исчезают. При лежании в течение получаса длина тела человека, имеющего рост от 170 до 180 см, увеличивается на 0,44 см. Разница в длине тела одного и того же человека утром и вечером определяется в среднем в 2 см (рис. 3.14). По данным Leatt, Reilly, Group (1986), снижение роста на 38,4 % наблюдалось в первые 1,5 ч после пробуждения и на 60,8 % — в первые 2,5 ч после пробуждения. Восстановление роста на 68 % происходило в первую половину ночи.

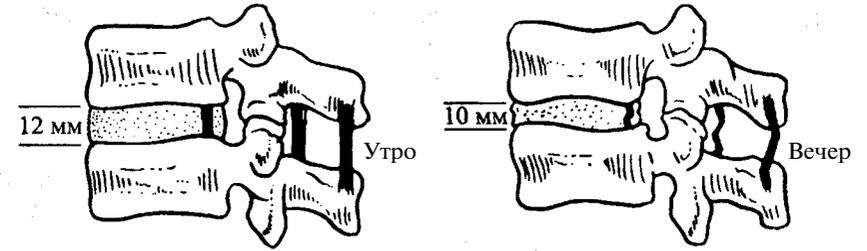


Рис. 3.14. Изменение высоты диска и расстояния между позвонками в течение дня (Adams и др., 1987)

Анализируя разницу в росте у детей в утренние и послеобеденные часы, Strickland и Shearin (1972) выявили среднее различие 1,54 см, а амплитуда колебаний составила 0,8—2,8 см.

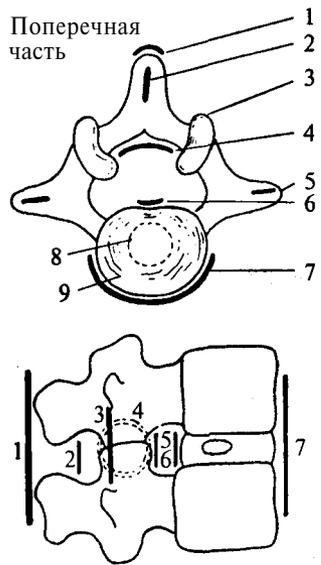
Во время сна нагрузка на позвоночный столб минимальная и диски как бы разбухают, абсорбируя жидкость из тканей. Adams, Dolan и Hatton (1987) определили три существенных последствия суточных колебаний величины нагрузки на поясничный отдел позвоночного столба: 1 — "разбухание" обуславливает повышенную тугоподвижность позвоночного столба во время сгибания в поясничном отделе после пробуждения; 2 — рано утром для связок дисков позвоночного столба характерна более высокая степень риска повреждений; 3 — амплитуда движений позвоночного столба увеличивается к середине дня. Разница в длине тела зависит не только от уменьшения в толщине межпозвоноковых дисков, но и от изменения высоты свода стопы и возможно также в некоторой степени от изменения толщины хрящей суставов нижних конечностей.

Диски могут изменять свою форму под влиянием силовых воздействий до наступления у человека половой зрелости. К этому времени толщина и форма дисков окончательно определяются, а конфигурация позвоночного столба и связанный с ней тип осанки приобретают постоянный характер. Однако именно потому, что осанка зависит преимущественно от особенностей межпозвоноковых дисков, она не является вполне стойким признаком и может в некоторой мере изменяться под влиянием внешних и внутренних силовых воздействий, в частности физических упражнений, особенно в молодом возрасте.

Важную роль в определении динамических свойств позвоночного столба играют связочные структуры и другие соединительные ткани (рис. 3.15). Их задача заключается в ограничении или видоизменении движения сустава.

По передней и задней поверхности тел позвонков и межпозвоноковых дисков проходят передняя и задняя продольные связки.

Между дугами позвонков располагаются очень крепкие связки, состоящие из эластиновых волокон, которые придают им желтый цвет, ввиду че-



Латеральная часть

Рис. 3.15. Связки, стабилизирующие позвоночный столб (вид сверху; Fisk, Rose, 1977): 1 — надостная; 2 — межостная; 3 — межпоперечная; 4 — капсула суставной поверхности; 5 — желтая; 6 — задняя продольная; 7 — передняя продольная; 8 — ядро; 9 — кольцо

го и сами связки называются междугловыми, или желтыми. При движениях позвоночного столба, особенно при сгибании, эти связки растягиваются и напрягаются.

Между остистыми отростками позвонков находятся межостистые, а между поперечными — межпоперечные связки. Над остистыми отростками по всей длине позвоночного столба проходит надостная связка, которая, подходя к черепу, увеличивается в сагиттальном направлении и носит название **выйной** связки. У человека эта связка имеет вид широкой пластинки, образующей своего рода перегородку между правой и левой группами мышц выйной области. Суставные отростки позвонков соединяются между собой при помощи суставов, которые в верхних отделах позвоночного столба имеют плоскую форму, а в нижнем, в частности в поясничном отделе, цилиндрическую.

Соединение между затылочной костью и атлантом имеет свои особенности. Здесь, как и между суставными отростками позвонков, имеется комбинированный сустав, состоящий из двух анатомически обособленных суставов. Форма суставных поверхностей атлантозатылочного сочленения эллипсоидная или яйцевидная.

Три сустава между атлантом и эпистрофеем объединяются в комбинированный атлантоосевой сустав с одной вертикальной осью вращения; из них непарным является сустав цилиндрической формы между зубом эпистрофея и передней дугой

атланта и парным — плоский сустав между нижней суставной поверхностью атланта и верхней суставной поверхностью эпистрофея.

Два сустава, атлантозатылочный и атлантоосевой, расположенные выше и ниже атланта, дополняя друг друга, образуют соединения, дающие голове подвижность вокруг трех взаимно перпендикулярных осей вращения. Оба названных сустава могут быть объединены в один комбинированный сустав. При вращении головы вокруг вертикальной оси атлант движется вместе с затылочной костью, играя роль как бы вставочного мениска между черепом и остальной частью позвоночного столба. В укреплении этих суставов принимает участие довольно сложно построенный связочный аппарат, в состав которого входят крестообразная и крыловидные связки. В свою очередь, крестообразная связка состоит из поперечной связки и двух

ножек — верхней и нижней. Поперечная связка проходит сзади зуба эпистрофея и укрепляет положение этого зуба на своем месте, будучи натянута между правой и левой боковыми массами атланта. Верхняя и нижняя ножки отходят от поперечной связки. Из них верхняя прикрепляется к затылочной кости, а нижняя к телу второго шейного позвонка. Крыловидные связки, правая и левая, идут от боковых поверхностей зуба вверх и наружу, прикрепляясь к затылочной кости. Между атлантом и затылочной костью находятся две перепонки (мембраны) — передняя и задняя, закрывающие отверстие между этими костями.

Соединение крестца с копчиком происходит при помощи синхондроза, в котором копчик может смещаться главным образом в **переднезаднем** направлении. Амплитуда подвижности верхушки копчика в этом направлении у женщин составляет приблизительно 2 см. В укреплении этого синхондроза принимает участие и связочный аппарат.

Вследствие того что позвоночный столб у взрослого человека образует два лордотических (шейный и поясничный) и два кифотических (грудной и крестцово-копчиковый) изгиба, вертикальная линия, исходящая из центра тяжести тела, пересекает его лишь в двух местах, чаще всего на уровне C_{VII} и L_V позвонков. Эти соотношения, однако, могут изменяться в зависимости от особенностей осанки человека.

Тяжесть верхней половины тела не только оказывает давление на позвонки, но и действует на некоторые из них в виде силы, формирующей изгибы позвоночного столба. В грудном отделе линия тяжести тела проходит впереди тел позвонков, в связи с чем существует силовое воздействие, направленное на увеличение кифотического изгиба позвоночного столба. Этому препятствует его связочный аппарат, в частности, задняя продольная связка, межостные связки, а также тонус разгибательной мускулатуры туловища.

В поясничном отделе позвоночного столба соотношения обратные, линия тяжести тела обычно проходит так, что сила тяжести стремится уменьшить поясничный лордоз. С возрастом как сопротивление связочного аппарата, так и тонус разгибательной мускулатуры уменьшаются, в связи с чем под действием тяжести, позвоночный столб чаще всего изменяет свою конфигурацию и образует один общий изгиб, направленный вперед.

Установлено, что смещение центра тяжести верхней половины тела вперед происходит под влиянием ряда факторов: массы головы и плечевого пояса, верхних конечностей, грудной клетки, грудных и брюшных органов.

Фронтальная плоскость, в которой находится центр тяжести тела, у взрослых сравнительно мало отклоняется вперед от атлантозатылочного сустава. У детей младшего возраста масса головы имеет большое значение, потому что ее отношение к массе всего тела более значительно, поэтому фронтальная плоскость центра тяжести головы оказывается обычно более смещенной кпереди. Масса верхних конечностей человека в определенной

степени влияет на формирование изгибов позвоночного столба в зависимости от смещения плечевого пояса вперед или назад, поскольку специалисты заметили некоторую корреляцию между сутулостью и степенью смещения вперед плечевого пояса и верхних конечностей. Однако при выпрямленной осанке плечевой пояс оказывается обычно смещенным назад. Масса грудной клетки человека тем больше влияет на смещение центра тяжести туловища вперед, чем сильнее развит ее **переднезадний** диаметр. При плоской грудной клетке ее центр масс расположен сравнительно близко от позвоночного столба. Грудные органы и особенно сердце не только способствуют своей массой смещению центра масс туловища вперед, но и действуют в виде прямой тяги на краниальную часть грудного отдела позвоночника, усиливая тем самым его кифотический изгиб. Вес брюшных органов варьирует в зависимости от возраста и конституции человека.

Морфологические особенности позвоночного столба определяют его прочность на сжатие и растяжение. В специальной литературе есть указания на то, что он может выдержать давление на сжатие около 350 кг. Сопrotивление на сжатие для шейного отдела равно примерно 50 кг, для грудного — 75 кг и для поясничного — 125 кг. Известно, что сопротивление на растяжение составляет около 113 кг для шейного, 210 кг — для грудного и 410 кг — для поясничного отделов. Соединения между V поясничным позвонком и крестцом разрывается при тяге в 262 кг.

Прочность отдельных позвонков на сжатие шейного отдела примерно следующая: C_{III} — 150 кг, C_{IV} — 150 кг, C_V — 190 кг, C_{VI} — 170 кг, C_{VII} — 170 кг.

Для грудного отдела характерны такие показатели: T_I — 200 кг, T_{II} — 200 кг, T_{III} — 190 кг, T_{IV} — 210 кг, T_V — 210 кг, T_{VI} — 220 кг, T_{VII} — 250 кг, T_{VIII} — 250 кг, T_{IX} — 320 кг, T_X — 360 кг, T_{XI} — 400 кг, T_{XII} — 375 кг. Поясничной отдел выдерживает примерно следующие нагрузки: L_I — 400 кг, L_{II} — 425 кг, L_{III} — 350 кг, L_{IV} — 400 кг, L_V — 425 кг.

Между телами двух смежных позвонков возможны следующие виды движений. Движения вдоль вертикальной оси в результате сдавливания и растяжения межпозвонковых дисков. Эти движения очень ограничены, так как сдавление возможно лишь в пределах эластичности межпозвонковых дисков, а растяжение тормозится продольными связками. Для позвоночного столба в целом пределы сдавливания и растяжения незначительны.

Движения между телами двух смежных позвонков могут частично происходить в форме ротации вокруг вертикальной оси. Это движение тормозится преимущественно напряжением концентрических волокон фиброзного кольца межпозвонкового диска.

Между позвонками возможны также вращения вокруг фронтальной оси при сгибании и разгибании. При этих движениях форма межпозвонкового диска изменяется. При сгибании сдавливается его передняя часть и растя-

живается задняя; при разгибании наблюдается обратное явление. При этом меняет свое положение студенистое ядро. При сгибании оно перемещается назад, а при разгибании — вперед, т. е. в сторону растянутой части фиброзного кольца.

Еще одним выраженным видом движений является вращение вокруг сагиттальной оси, которое приводит к боковому наклону туловища. При этом одна боковая поверхность диска сдавливается, а другая растягивается, и студенистое ядро перемещается в сторону растяжения, т. е. в сторону выпуклости.

Движения, происходящие в суставах между двумя смежными позвонками, зависят от формы суставных поверхностей, располагающихся различно в разных отделах позвоночного столба.

Наиболее подвижным является шейный отдел. В этом отделе суставные отростки имеют плоские суставные поверхности, направленные назад примерно под углом в 45—65°. Такой вид сочленения дает три степени свободы, а именно: возможны сгибательно-разгибательные движения во фронтальной плоскости, боковые перемещения — в сагиттальной плоскости и ротационные движения — в горизонтальной плоскости.

В промежутке между C_{II} и C_{III} позвонками амплитуды движений несколько меньше, чем между другими позвонками. Это объясняется тем, что межпозвонковый диск между этими двумя позвонками очень тонкий и тем, что передняя часть нижнего края эпистрофея образует выступ, ограничивающий движения. Амплитуда сгибательно-разгибательного движения в шейном отделе равняется примерно 90°. Выпуклость вперед, образуемая передним контуром шейного отдела, переходит во время сгибания в вогнутость. Образующаяся таким образом вогнутость имеет радиус 16,5 см. Если провести радиусы от переднего и заднего конца этой вогнутости, получается угол, открытый назад и равный 44°. При максимальном разгибании образуется угол, открытый вперед и вверх и равный 124°. Хорды этих двух дуг соединяются под углом 99°. Наибольшая амплитуда движения отмечается между C_{III} , C_{IV} и C_V позвонками, несколько меньшая — между C_{VI} и C_{VII} и еще меньшая — между C_{VII} и T_I позвонками.

Боковые движения между телами первых шести шейных позвонков имеют также довольно большую амплитуду. Позвонки C_{VII} значительно менее подвижны в этом направлении.

Седловидные суставные поверхности между телами шейных позвонков не благоприятствуют торсионным движениям. В целом по данным различных авторов амплитуды движений в шейном отделе составляют в среднем такие величины: сгибание — 90°, разгибание — 90°; боковой наклон — 30°, ротация в одну сторону — 45°.

Атлантозатылочное сочленение и сустав между атлантом и эпистрофеем в комплексе имеют три степени свободы движений. В первом из них воз-

можно наклоны головы **вперед—назад**. Во втором возможно вращение атланта вокруг зубовидного отростка, причем череп вращается вместе с атлантом. Наклон головы вперед в суставе между черепом и атлантом возможен лишь на 20° , наклон назад — на 30° . Движение назад тормозится напряжением передней и задней **атлантозатылочными** перепонками и происходит вокруг фронтальной оси, проходящей сзади наружного слухового отверстия и непосредственно впереди от сосцевидных отростков височной кости. Большая, чем на 20° степень наклона черепа вперед и на 30° назад возможна только вместе с шейным отделом позвоночного столба. Наклон вперед возможен до соприкосновения подбородка с грудиной. Подобная степень наклона осуществляется лишь при активном сокращении мышц, сгибающих шейный отдел и наклоняющих голову на туловище. Когда голова опускается вперед под действием силы тяжести, подбородок обычно не касается грудины, потому что голова удерживается напряжением растянутых мышц задней поверхности шеи и **выйной** связки. Тяжесть наклоняющейся вперед головы при ее действии на рычаг первого рода недостаточна, чтобы преодолеть пассивность задних мышц шеи и эластичность выйной связки. При сокращении **грудиноподъязычной** и **подбородочно-подъязычной** мышц их сила вместе с тяжестью головы вызывает более значительное растяжение мышц задней поверхности шеи и выйной связки, в результате чего голова наклоняется вперед до соприкосновения подбородка с грудиной.

В суставе между атлантом и эпистрофеем возможен поворот на 30° вправо и влево. Ротация в суставе между атлантом и эпистрофеем ограничена напряжением крыловидных связок, берущих начало на боковых поверхностях мышечков затылочной кости и прикрепляющихся на боковых поверхностях зубовидного отростка.

Благодаря тому, что нижняя поверхность шейных позвонков вогнута в **переднезаднем** направлении, возможны движения между позвонками в сагиттальной плоскости. В шейном отделе связочный аппарат наименее мощный, что также способствует его подвижности. Шейный отдел значительно меньше (сравнительно с грудным и поясничным отделами) подвержен действию сжимающих нагрузок. Он является местом крепления для большого числа мышц, обуславливающих движения головы, позвоночного столба и плечевого пояса. На шее динамическое действие мышечной тяги относительно больше в сравнении с действием статических нагрузок. Шейный отдел мало подвержен деформирующим нагрузкам, поскольку окружающие мышцы как бы защищают его от избыточных статических воздействий. Одна из характерных особенностей шейного отдела заключается в том, что плоские поверхности суставных отростков при вертикальном положении тела находятся под углом 45° . При наклоне головы и шеи вперед этот угол увеличивается до 90° . В таком положении суставные поверхности шейных

позвонков накладываются друг на друга в горизонтальном направлении и фиксируются вследствие действия мускулатуры. При согнутом положении шеи действие мышц особенно значительно. Однако согнутое положение шеи привычно для человека во время работы, поскольку орган зрения должен контролировать движения рук. Многие виды работ, а также чтение книги обычно осуществляются при наклонном положении головы и шеи. Поэтому мышцам, в частности, задней поверхности шеи, приходится включаться в работу для удержания головы в равновесии. Факторы, ограничивающие движения в шейном отделе позвоночного столба, представлены в табл. 3.2.

В грудном отделе суставные отростки также имеют плоские суставные поверхности, но они ориентированы почти вертикально и располагаются в основном во фронтальной плоскости. При таком расположении отростков возможны **сгибательные** движения и ротация, а разгибание ограничено. Боковые наклоны осуществляются лишь в незначительных пределах.

В грудном отделе подвижность позвоночного столба наименьшая, что обусловлено малой толщиной межпозвонковых дисков.

Подвижность в верхней части грудного отдела (от первого до седьмого позвонка) незначительна. Она увеличивается в **каудальном** направлении. Боковые наклоны в грудном отделе возможны примерно на 100° вправо и несколько меньше — влево. Ротационные движения ограничиваются положением суставных отростков. Амплитуда движений довольно значительна: вокруг фронтальной оси составляет 90° , разгибание — 45° , ротация — 80° . Факторы, ограничивающие движения в грудном отделе позвоночного столба, представлены в табл. 3.3.

В поясничном отделе суставные отростки имеют сочленяющиеся поверхности, ориентированные почти в сагиттальной плоскости, причем их верхневнутренняя суставная поверхность вогнута, а нижненааружная выпукла. Такое расположение суставных отростков исключает возможность их взаимной ротации, а движения производятся лишь в сагиттальной и во фронтальных плоскостях. При этом разгибательное движение возможно в больших пределах, чем сгибательное.

В поясничном отделе степень подвижности между различными позвонками неодинакова. Во всех направлениях она оказывается наибольшей между позвонками L_{III} и L_{IV} , а также между L_{IV} и L_V . Наименьшая подвижность отмечается между L_{II} и L_{III} .

Подвижность поясничного отдела позвоночника характеризуется следующими показателями: сгибание — 23° , разгибание — 90° , боковой наклон в каждую сторону — 35° , ротация — 50° . Наибольшей подвижностью характеризуется межпозвоночное пространство между L_{III} и L_{IV} , что следует сопоставить с фактом центрального положения позвонка L_{III} . Действительно, этот позвонок соответствует центру брюшной области у мужчин (у женщин

Таблица 3.2. Факторы, ограничивающие движения в шейном отделе позвоночного столба (Алтер, 2001)

Фактор	Движение
<i>Сгибание</i>	
Ориентация суставной поверхности	45° между фронтальной и горизонтальной плоскостью (незначительное скольжение при сгибании)
Отношение толщины дисков к толщине позвонковых тел	Среднее соотношение (средняя степень «расклинивания» дисков перед передним соприкосновением позвонкового тела)
Грудная клетка	—
Напряжение соединительных тканей	Все задние связки, задние капсулы суставных поверхностей
Мышечное напряжение	Мышцы—разгибатели шеи (выпрямляющая позвоночный столб поперечноостистые и группа подзатылочных)
<i>Разгибание</i>	
Ориентация суставной поверхности	45° между фронтальной и горизонтальной плоскостью (незначительное скольжение при чрезмерном выпрямлении)
Длина остистого отростка	Средний отросток выступает почти назад (обеспечивает среднюю степень чрезмерного выпрямления до защемления)
Отношение толщины дисков к толщине позвонковых тел	Среднее соотношение (средняя степень «расклинивания» дисков перед задним контактом тел позвонков)
Грудная клетка	—
Напряжение соединительных тканей	Передняя продольная связка, передние капсулы суставной поверхности
Мышечное напряжение	Мышцы—сгибатели шеи
<i>Латеральное сгибание (наклоны в стороны)</i>	
Ориентация суставной поверхности	45° между фронтальной и горизонтальной плоскостью (незначительное скольжение при латеральном сгибании)
Отношение толщины дисков к толщине позвонковых тел	Среднее соотношение (средняя степень «расклинивания» до латерального контакта тела позвонка)
Грудная клетка	—
Напряжение соединительных тканей	Межпоперечные связки, латеральные капсулы суставных поверхностей
Мышечное напряжение	Латеральные мышцы шеи (много) на удлинённой стороне тела
<i>Вращение</i>	
Ориентация суставной поверхности	45° между фронтальной и горизонтальной плоскостью (отсутствие контакта или защемления при вращении)
Грудная клетка	—
Напряжение соединительных тканей	Все связки спины в той или иной мере и капсулы суставных поверхностей
Мышечное напряжение	Мышцы—вращатели шеи (спереди — грудино-ключично-сосцевидная; сзади: ремённая, нижняя и верхняя косые мышцы головы)

Таблица 3.3. Факторы, ограничивающие движения в грудном отделе позвоночного столба (Алтер, 2001)

Фактор	Движение
<i>Сгибание</i>	
Ориентация суставной поверхности	Фронтальная плоскость (соприкосновение или защемление при сгибании)
Отношение толщины дисков к толщине позвонковых тел	Тонкие диски (обеспечивают минимальное «расклинивание» дисков перед передним соприкосновением позвонковых тел)
Грудная клетка	Контакт 12-го ребра с животом и грудиной
Напряжение соединительных тканей	Все задние связки, задние капсулы суставных поверхностей
Мышечное напряжение	Мышцы—разгибатели спины
<i>Разгибание</i>	
Ориентация суставной поверхности	Фронтальная плоскость (контакт или защемление при чрезмерном выпрямлении)
Длина остистого отростка	Длинный отросток выступает вниз (чрезмерное выпрямление невозможно)
Отношение толщины дисков к толщине позвонковых тел	Тонкие диски (обеспечивают минимальное «расклинивание» перед задним контактом тел позвонков)
Грудная клетка	Прикрепление ребер к груди
Напряжение соединительных тканей	Передняя продольная связка, передние капсулы суставной поверхности
<i>Латеральное сгибание (наклоны в стороны)</i>	
Мышечное напряжение	Мышцы—сгибатели туловища (прямая мышца живота)
Ориентация суставной поверхности	Фронтальная плоскость (отсутствие контакта или защемления при латеральном сгибании)
Отношение толщины дисков к толщине позвонковых тел	Тонкие диски (обеспечивают минимальное «расклинивание» перед латеральным контактом тел позвонков)
Грудная клетка	Контакт между соседними ребрами на укороченной стороне туловища
Напряжение соединительных тканей	Межпоперечные связки, латеральные капсулы суставных поверхностей и реберно-позвонковые связки
Мышечное напряжение	Мышцы—разгибатели позвоночника , межреберные мышцы на удлинённой стороне тела
<i>Вращение</i>	
Ориентация суставной поверхности	Фронтальная плоскость (контакт или защемление при вращении)
Грудная клетка	Прикрепление ребер к позвоночнику и груди ограничивает относительное движение между соседними ребрами
Напряжение соединительных тканей	Все связки спины в той или иной мере и капсулы суставных поверхностей
Мышечное напряжение	Группа косых разгибателей спины / группа поперечно-остистых мышц (многораздельные, полуостистые, мышцы-вращатели)

Таблица 3.4. Факторы, ограничивающие движения в поясничном отделе позвоночного столба (Алтер, 2001)

Фактор	Движение
	<i>Сгибание</i>
Ориентация суставной поверхности	Сагиттальная плоскость (отсутствие соприкосновения или защемления при сгибании)
Отношение толщины дисков к толщине позвонковых тел	Толстые диски (обеспечивают существенное «расклинивание» дисков перед передним соприкосновением тела позвонка)
Грудная клетка	—
Напряжение соединительных тканей	Все задние связки, задние капсулы суставных поверхностей
Мышечное напряжение	Мышцы—разгибатели спины (мышца, выпрямляющая позвоночник и группа поперечно-остистых мышц)
	<i>Разгибание</i>
Ориентация суставной поверхности	Сагиттальная плоскость (отсутствие контакта или защемления при чрезмерном выпрямлении)
Длина остистого отростка	Короткий отросток выступает назад (обеспечивает значительное чрезмерное выпрямление до защемления)
Отношение толщины дисков к толщине позвонковых тел	Толстые диски (обеспечивают существенное «расклинивание» перед задним контактом тел позвонков)
Грудная клетка	—
Напряжение соединительных тканей	Передняя продольная связка, передние капсулы суставной поверхности
Мышечное напряжение	Мышцы—сгибатели туловища (прямая мышца живота)
	<i>Латеральное сгибание (наклоны в стороны)</i>
Ориентация суставной поверхности	Сагиттальная плоскость (контакт или защемление при латеральном сгибании)
Отношение толщины дисков к толщине позвонковых тел	Толстые диски (обеспечивают значительное «расклинивание» перед латеральным контактом тела позвонка)
Грудная клетка	—
Напряжение соединительных тканей	Межпоперечные связки, латеральные капсулы суставных поверхностей
Мышечное напряжение	Межпоперечные мышцы—разгибатели спины, квадратная мышца поясницы, косая мышца живота на удлинённой стороне тела
	<i>Вращение</i>
Ориентация суставной поверхности	Сагиттальная плоскость (контакт или защемление при вращении)
Грудная клетка	—
Напряжение соединительных тканей	Все связки спины в той или иной мере и капсулы суставных поверхностей
Мышечное напряжение	Группа косых разгибателей спины / группа поперечно-остистых мышц (многораздельные, полуостистые, мышцы-вращатели)

L_{III} расположен несколько более каудально). Известны случаи, при которых крестец у человека располагался почти горизонтально, а пояснично-крестцовый угол уменьшался до $100-105^\circ$. Факторы, ограничивающие движения в поясничном отделе позвоночного столба, представлены в табл. 3.4.

Во фронтальной плоскости сгибание позвоночника возможно преимущественно в шейном и верхнегрудном отделах; разгибание осуществляется, главным образом, в шейном и поясничном отделах, в грудном отделе эти движения незначительны. В сагиттальной плоскости наибольшая подвижность отмечается в шейном отделе; в грудном отделе она незначительна и увеличивается вновь в поясничной части позвоночника. Ротация возможна в больших пределах в шейном отделе; в каудальном направлении ее амплитуда уменьшается и очень незначительна в поясничной части.

При изучении подвижности позвоночника в целом не имеет арифметического смысла, суммировать цифры, характеризующие амплитуду движений в различных отделах, так как при движениях всей свободной части позвоночника (как на анатомических препаратах, так и на живых субъектах) возникают компенсаторные движения благодаря изгибам позвоночного столба. В частности, дорсальное сгибание в одном отделе может обусловить вентральное разгибание в другом. Поэтому целесообразно дополнить изучение подвижности различных отделов данными о подвижности позвоночного столба в целом. При исследовании изолированного позвоночного столба в этом отношении рядом авторов получены следующие данные: сгибание — 225° , разгибание — 203° , наклон в сторону — 165° , ротация — 125° .

В грудном отделе боковое сгибание позвоночного столба возможно только при расположении суставных отростков точно во фронтальной плоскости. Однако они наклонены несколько вперед. В результате участвуют в боковом наклоне лишь те межпозвоночные суставы, фасетки которых оказываются ориентированными примерно во фронтальной плоскости.

Ротационные движения позвоночного столба вокруг вертикальной оси возможны в наибольшей степени в области шеи. Голова и шея могут быть ротированы по отношению к туловищу примерно на $60-70^\circ$ в обе стороны (т.е. в общей сложности примерно на 140°). В грудном отделе позвоночника ротация невозможна. В поясничном отделе она практически равна нулю. Наибольшая ротация возможна между грудным и поясничным отделами в области 17-й и 18-й биокинематических пар.

Общая ротационная подвижность позвоночного столба в целом, таким образом, равна 212° (132° для головы и шеи и 80° — для 17-й и 18-й биокинематических пар).

Интерес представляет определение возможной степени поворота тела вокруг его вертикальной оси. При стоянии на одной ноге возможна рота-

ция в полусогнутом тазобедренном суставе на 140°; при опоре на обе ноги амплитуда этого движения уменьшается до 30°. В сумме это увеличивает ротационную способность нашего тела примерно до 250° при стоянии на двух ногах и до 365° — при стоянии на одной ноге. Ротационные движения, производимые от головы до ног, обуславливают уменьшение длины тела на 1—2 см. Однако у некоторых людей это уменьшение оказывается значительно большим.

Торсионное движение позвоночного столба осуществляется на четырех уровнях, свойственных различным видам сколиотических изгибов. Каждый из этих уровней скручивания зависит от функции определенной мышечной группы. Нижний уровень ротации соответствует нижней апертуре (уровень XII ложных ребер) грудной клетки. Ротационное движение на этом уровне обусловлено функцией внутренней кривой мышцы одной стороны и наружной кривой мышцы противоположной стороны, действующих как синергисты. Это движение может быть продолжено вверх благодаря сокращению внутренних межреберных мышц с одной стороны и наружных межреберных — с другой. Второй уровень ротационных движений находится у плечевого пояса. Если он фиксирован, то ротация грудной клетки и позвоночного столба обуславливается сокращением передней зубчатой и грудных мышц. Ротацию также обеспечивают некоторые мышцы спины — задние зубчатые (верхняя и нижняя), **подвздошно-реберная** и **полуостистая**. **Грудино-ключично-сосцевидная** мышца при двустороннем сокращении удерживает голову в вертикальном положении, запрокидывает ее назад, а также сгибает шейный отдел позвоночного столба. При одностороннем сокращении наклоняет голову в свою сторону и поворачивает в противоположную. Ременная мышца головы разгибает шейный отдел позвоночного столба и поворачивает голову в ту же сторону. Ременная мышца шеи разгибает шейный отдел позвоночного столба и поворачивает шею в сторону сокращения.

Наклоны в сторону часто сочетаются с его ротацией, потому что этому благоприятствует расположение межпозвоноковых суставов. Движение совершается вокруг оси, которая не располагается точно в сагиттальном направлении, а наклонена вперед и вниз, вследствие чего наклон в сторону сопровождается ротацией туловища назад на той стороне, где образуется выпуклость позвоночного столба при наклоне. Сочетание наклонов в стороны с ротацией является очень существенной особенностью, объясняющей некоторые свойства сколиотических изгибов. В области 17-й и 18-й биокинематических пар наклоны в стороны позвоночного столба сочетаются с его ротацией в выпуклую или вогнутую сторону. При этом обычным для него является осуществление такой триады движений: наклон в сторону, сгибание вперед и ротация в сторону выпуклости. Эти три движения реализуются обычно и при сколиотических изгибах.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ МЫШЦ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ДВИЖЕНИЯ ПОЗВОНОЧНОГО СТОЛБА

Шейный отдел:

движения вокруг фронтальной оси

Сгибание

1. Грудино-ключично-сосцевидная мышца
2. Передняя лестничная мышца
3. Задняя лестничная мышца
4. Длинная мышца шеи
5. Длинная мышца головы
6. Передняя прямая мышца головы
7. Подкожная мышца шеи
8. Лопаточно-подъязычная мышца
9. Грудино-подъязычная мышца
10. Грудино-щитовидная мышца
11. Щитоподъязычная мышца
12. Двубрюшная мышца
13. Шилоподъязычная мышца
14. Челюстно-подъязычная мышца
15. Подбородочно-подъязычная мышца

Разгибание

1. Трапециевидная мышца
2. Мышца, поднимающая лопатку
3. Мышца, выпрямляющая позвоночник
4. Поперечноостистая мышца
5. Ременная мышца шеи
6. Большая задняя прямая мышца головы
7. Малая задняя прямая мышца головы
8. Верхняя косая мышца головы
9. Нижняя косая мышца головы

Движения вокруг сагиттальной оси

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------|
| 1. Трапециевидная мышца | 6. Длинная мышца шеи |
| 2. Грудино-ключично-сосцевидная мышца | 7. Передняя лестничная мышца |
| 3. Мышца, выпрямляющая позвоночник | 8. Средняя лестничная мышца |
| 4. Ременная мышца шеи | 9. Задняя лестничная мышца |
| 5. Длинная мышца головы | |

Движения вокруг вертикальной оси — скручивание

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------|
| 1. Грудино-ключично-сосцевидная мышца | 5. Передняя лестничная мышца |
| 2. Верхняя часть трапециевидной мышцы | 6. Средняя лестничная мышца |
| 3. Ременная мышца шеи | 7. Задняя лестничная мышца |
| 4. Мышца, поднимающая лопатку | |

Круговые движения в шейном отделе (**циркумдукция**):

при поочередном участии всех групп мышц, производящих сгибание, наклон в сторону и разгибание позвоночника в шейном отделе.

Поясничный отдел: движения вокруг фронтальной оси

Сгибание

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1. Прямая мышца живота | 3. Подвздошно-поясничная мышца |
| 2. Наружная косая мышца живота | 4. Квадратная мышца поясницы |

Разгибание (грудной и поясничных отделов)

- | | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| 1. Трапецевидная мышца | 7. Мышца, выпрямляющая позвоночник |
| 2. Широчайшая мышца спины | 8. Поперечноостистая мышца |
| 3. Большая ромбовидная мышца | 9. Межостистые мышцы |
| 4. Малая ромбовидная мышца | 10. Межпоперечные мышцы |
| 5. Верхняя задняя зубчатая мышца | 11. Мышцы, поднимающие ребра |
| 6. Нижняя задняя зубчатая мышца | |

Движения в стороны (латеральное сгибание) вокруг сагиттальной оси (грудной и поясничных отделов)

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Трапецевидная мышца | 8. Межпоперечные мышцы |
| 2. Широчайшая мышца спины | 9. Мышцы, поднимающие ребра |
| 3. Большая ромбовидная мышца | 10. Наружная косая мышца живота |
| 4. Верхняя задняя зубчатая мышца | 11. Внутренняя косая мышца живота |
| 5. Нижняя задняя зубчатая мышца | 12. Поперечная мышца живота |
| 6. Мышца, выпрямляющая позвоночник | 13. Прямая мышца живота |
| 7. Поперечно-остистая мышца | 14. Квадратная мышца поясницы |

Движения вокруг вертикальной оси — скручивание

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Трапецевидная мышца | 8. Подвздошнопоясничная мышца |
| 2. Большая ромбовидная мышца | 9. Мышцы, поднимающие ребра |
| 3. Широчайшая мышца спины | 10. Квадратная мышца поясницы |
| 4. Верхняя задняя зубчатая мышца | 11. Наружная косая мышца живота |
| 5. Нижняя задняя зубчатая мышца | 12. Внутренняя косая мышца живота |
| 6. Мышца, выпрямляющая позвоночник | 13. Наружная межреберная мышца |
| 7. Поперечноостистая мышца | 14. Внутренняя межреберная мышца |

Круговые вращательные движения со смешанными осями (циркумдукция):

при поочередном сокращении всех мышц туловища, производящих разгибание, наклон в сторону и сгибание позвоночного столба.

3.5. Геометрия масс тела человека

В настоящее время одним из показателей социально-экономического развития современного общества является продолжительность жизни граждан, которая во многом зависит от состояния здоровья, двигательной активности и физического воспитания. К сожалению, за последние годы в Украине наблюдаются тенденции к снижению основных показателей здоровья населения, особенно детей и молодежи. Как свидетельствуют статистические данные, сегодня 80 % школьников имеют существенные отклонения в физическом развитии. При этом резко сокращается число людей, регулярно занимающихся физической культурой и спортом.

Нарушения осанки представляют одну из наиболее актуальных проблем детского здоровья. Эти нарушения возникают, как правило, из-за нерационального двигательного режима детей и создают неблагоприятные условия для функционирования различных органов и систем человека.

В специальных медицинских руководствах **осанка** определяется как привычная поза непринужденно стоящего человека без активного мышечного напряжения.

Морфологически осанка определяется как привычная поза непринужденно стоящего человека, которую он принимает без излишнего мышечного напряжения. С точки зрения физиологии, осанка — это навык или система определенных двигательных рефлексов, обеспечивающая в статике и динамике правильное положение тела в пространстве. В биомеханике осанка рассматривается как непринужденная поза тела человека, находящегося в ортоградном положении, оцениваемая с учетом геометрии масс тела человека (Лапутин, Кашуба, 1999).

В вертикальной позе голова удерживается разгибателями головы против момента ее силы тяжести. Вследствие шейного лордоза масса головы направлена на сгибание шейного отдела позвоночного столба, при этом удерживающую работу совершают и мышцы шеи. Удерживание головы, при некотором опускании ее вперед рефлекторно способствует увеличению грудного кифоза. Удерживание головы при небольшом сгибании шейного отдела позвоночного столба способствует уменьшению грудного кифоза.

Осанку можно оценивать по геометрии масс тела человека, так как одной из причин ее нарушений является возникновение чрезмерно большого опрокидывающего момента относительно одной или двух плоскостей пространства, занимаемого телом человека. Это вызывает излишнее напряжение мышц-разгибателей и деформацию продольной оси позвоночного столба.

Термин "геометрия масс" был предложен французом Антоном де ля Гупийером в 1857 г. В настоящее время геометрия масс тела характеризует распределение биомассы тела человека в пространстве относительно соматической системы отсчета, включает данные о месте локализации общего центра масс, моментов инерции биомассы относительно их осей и плоскостей вращения, эллипсоидов инерции и ряда других показателей.

С разной степенью строгости, достоверности и объективности геометрию масс тела человека уже длительное время изучают многие авторы.

Стремление к изучению и выявлению закономерностей в размерах человеческого тела возникло в глубокой древности в Египте, усилилось в эпоху расцвета греческого классического искусства и достигло наибольших результатов в эпоху Возрождения.

В разное время предлагалось много систем расчета размеров и пропорций тела — так называемых канонов. При пользовании каноном за еди-

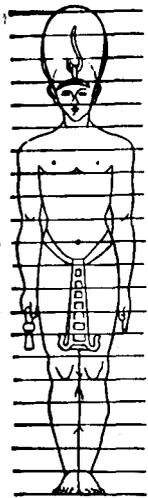


Рис. 3.16. Египетский канон (канон фараонов)

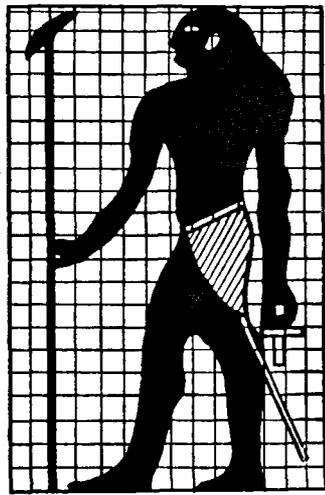


Рис. 3.17. Древний египетский канон

ницу меры обычно принималась длина какой-либо отдельной части тела (модуля). Используя эту единицу измерений, через нее можно выразить размер каждой части тела, считая, что в среднем она кратна размерам этого модуля.

В качестве модуля предлагали высоту головы, длину среднего пальца кисти, длину позвоночного столба.

Еще древние египтяне считали, что длина среднего пальца кисти укладывается в длине всего тела 19 раз.

Первый из известных канонов был создан в V в. до н.э. Поликлетом. В качестве

модуля он брал ширину ладони на уровне корня пальцев (рис. 3.16, 3.17).

В эпоху Возрождения внес много нового в учение о пропорциях тела человека Леонардо да Винчи. За модуль он брал высоту головы, которая 8 раз укладывалась в росте тела человека (рис. 3.18).

Мы почти ничего не знаем о пропорциях тела человека, установленных Микеланджело. Однако известно, что он постоянно занимался изучением пропорций тела человека, о чем говорят его рисунки и этюды.

Кольманом был предложен канон, в котором человеческое тело делилось на 100 равных частей. При этой десятичной системе пропорций размеры отдельных частей тела могли быть выражены в процентах от всего роста. Так, высота головы составила 13 %, длина туловища — 52—53 %, длина ноги — 47 % и руки — 44 % длины всего тела (рис. 3.19).

Большинство предложенных в более позднее время канонов было построено по другому принципу. За модуль принималась наиболее постоянная в своих размерах часть скелета — позвоночный столб, причем не весь целиком, а 1/4 его часть (канон Фрич-Штраца) (рис. 3.20).

Большой интерес представляют исследования пропорций Карузина (1921). В основе созданного им канона лежит геометрическое построение фигуры по Фрич-Штрацу. Дополняя пропорции нижних конечностей, Карузин внес в систему их измерений и размер длины стопы, а также наметил ширину таза (межвертельный диаметр). При учете размеров верхних конечностей автором была добавлена ширина плеч (рис. 3.21).

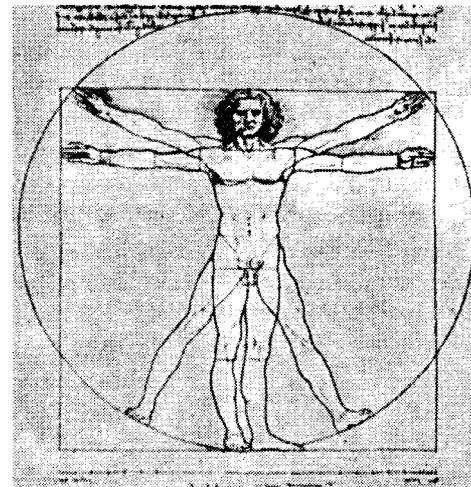


Рис. 3.18. Леонардо да Винчи. Пропорции тела человека

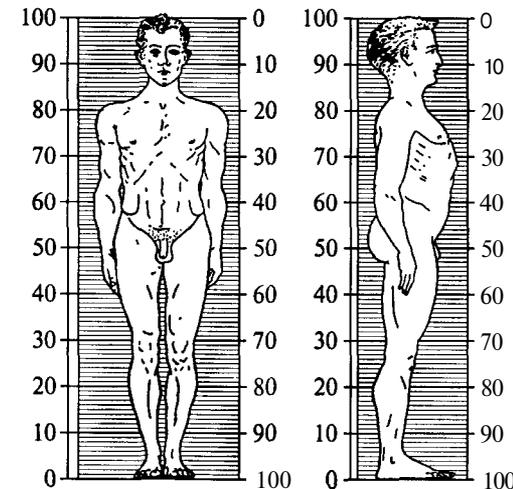


Рис. 3.19. Канон Кольмана

Для определения связи между линейными размерами сегментов тела человека и его ростом была введена величина "парс", равная 1/56 роста человека.

Как известно, пропорции живого тела весьма изменчивы, в частности, они зависят от типа телосложения. В настоящее время насчитывается более ста классификаций конституции человека, основанных на различных признаках. Поэтому существуют конституциональные схемы, в основу которых положены морфологические, физиологические, нервно-психические и другие критерии. Попытки деления людей на типы по телосложению предпринимались в практической антропологии так же давно, как существует и сама антропология.

Еще Гиппократ (460—377 г. до н. э.) различал конституцию плохую и хорошую, сильную и слабую, сухую и влажную, упругую и вялую. В древнеиндийской медицине имеются такие типологические характеристики людей, как "газель", "лань", "слоноподобная корова" и др.

Позднее Гален разработал понятие о габитусе, имея в виду совокупность морфологических признаков, которые характеризуют внешний вид человека.

В 1914 г. Сиго предложил определять конституцию человека по четырем основным системам органов — пищеварительной, дыхательной, мышечной и нервной. В зависимости от того, какая система превалирует, автор выделил четыре типа конституции человека (рис. 3.22): дыхательный (респираторный), пищеварительный (дигестивный), мышечный (мускульный) и мозговой (церебральный).

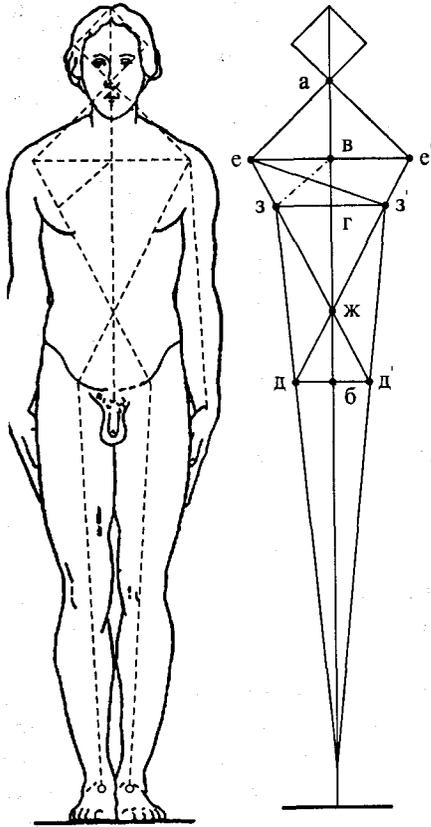


Рис. 3.20. Канон Фрич-Штраца:
 аб — длина позвоночного столба (модуль), ав, вг, гж, жб — подмодули, ее¹ — расстояние между центрами суставов, равное двум подмодулям, дд¹ — расстояние между центрами тазобедренных суставов, равное одному подмодулю, ж — пупок, зз¹ — соски, ез¹ — длина плеча, жд¹ — длина предплечья, жл¹ — длина кисти, з¹д¹ — длина бедра, зд¹ — длина голени

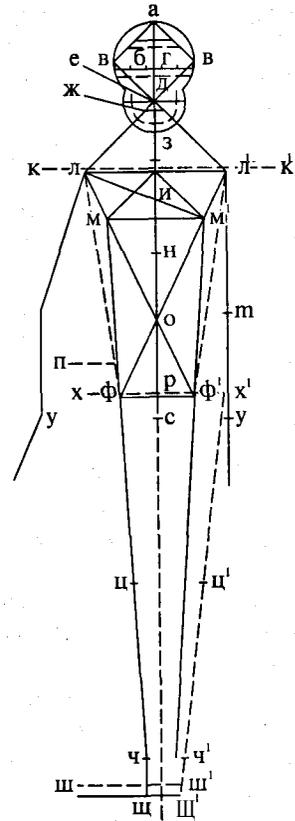


Рис. 3.21. Канон Карузина:
 а — темя, б — граница роста волос, вв — ширина головы, г — линия бровей, д — зрачковая линия, е — нижняя граница носа, ж — ротовая щель, з — подбородок, и — верхний край грудины, кк¹ — ширина плеч, лл¹ — центры головок плечевых костей, мм¹ — соски, н — нижний конец грудины, о — пупок, п — передняя верхняя ось подвздошной кости, р — лобок, с — центр фигуры, м — локтевой сустав, у — сустав кисти, фф¹ — центры головок бедренных костей, хх¹ — ширина таза, ц — коленный сустав, ч — внутренняя лодыжка, шш¹ — длина стопы, ш¹¹ — высота стопы

У представителей *респираторного типа* все воздухоносные пазухи и дыхательные пути хорошо развиты, у них длинная грудная клетка, небольшой живот, рост выше среднего.

Представители *дигестивного типа* имеют большой живот, коническую, расширенную книзу форму грудной клетки, тупой подгрудный угол, невысокий рост, сильно развитую нижнюю часть головы. У них сильно развиты отделы, связанные с органами пищеварения. Высокое положение диафрагмы обуславливает горизонтальное расположение сердца.

Для *мускульного типа* характерен хорошо развитый опорно-двигательный аппарат. Грудная клетка у людей этого типа цилиндрическая, более широкая, чем у людей респираторного типа.

Для *церебрального типа* характерно развитие мозгового черепа. Телосложение стройное, подгрудный угол острый.

Шевкуненко и Геселевич (1926) на основе соотношения форм отдельных частей тела выделили три типа конституции человека:

Долихоморфный тип — отличают продольные размеры тела, рост выше среднего, длинная и узкая грудная клетка, узкие плечи, длинные конечности, короткое туловище.

Брахиморфный тип — приземистый, широкий, с хорошо выраженными поперечными размерами, длинным туловищем, короткими конечностями, шеей и грудной клеткой.

Мезоморфный тип — характеризуется промежуточными признаками (между долихоморфным и брахиморфным типами).

Немецкий психиатр Кречмер (1930) выделил близкие к классификации Сиго типы конституции человека по морфологическим признакам. Он различал три типа: *пикнический* (дигестивный тип по Сиго), *астенический* (церебральный) и *атлетический* (мускульный). Кречмер предполагал, что по этим категориям можно классифицировать всех людей к предрасположенности к определенному психическому заболеванию.

Черноруцкий (1927) на основе изучения расположения органов, их формы, особенностей метаболизма предложил различать три типа конституции: *астенический*, *нормостенический* и *гиперстенический* (рис. 3.23). При определении конституциональных типов автор использовал индекс Пинье:

$$I = L - (P+T), \quad (3.1)$$

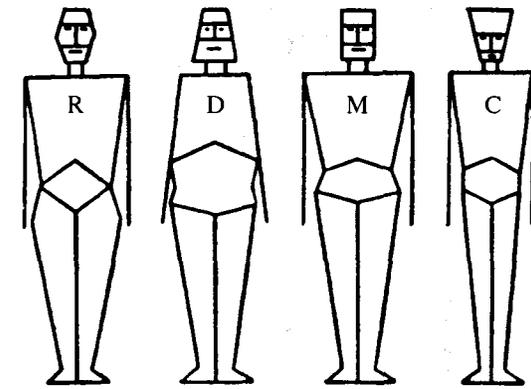


Рис. 3.22. Конституциональные типы по Сиго:
 R — респираторный, D — дигестивный,
 M — мускульный, C — церебральный

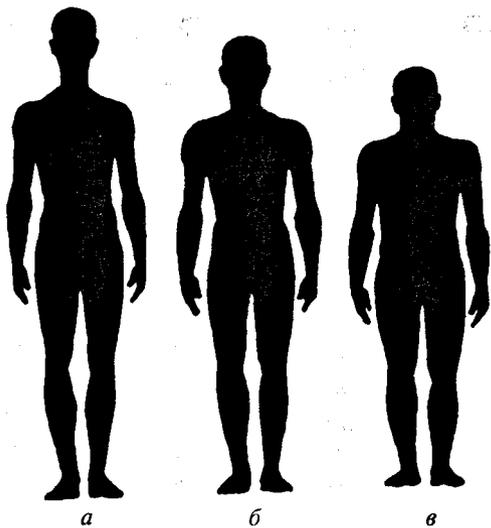


Рис. 3.23. Схема конституциональных типов по Черноруцкому: а — астеник, б — нормостеник, в — гиперстеник

где I — безразмерный индекс; L — длина тела, см; P — масса тела, кг; T — обхват груди, см. Эта схема имела широкое применение в медицинской практике.

У *астеников* обычно более длинные легкие, малое сердце, пониженное артериальное давление, высокий обмен веществ, повышенные функции гипофиза, щитовидной и половых желез, пониженная функция надпочечников, склонность к смещению органов вниз.

Для *гиперстеников* характерно высокое стояние диафрагмы, горизонтальное расположение сердца, короткие, но широкие легкие, гиперсекреция надпочечников, повышенное кровяное давление, высокое содержание в крови гемоглобина и эритроцитов.

У *нормостеников* все показатели колеблются в пределах средних величин.

На основании развития соединительной ткани (гистологический принцип) Богомолец (1928) выделил четыре типа конституции человека:

Астенический тип характеризуется развитием преимущественно рыхлой соединительной ткани, обладающей способностью к высокой реактивности и сопротивляемости.

Фиброзный тип — большим развитием плотной волокнистой соединительной ткани.

Пастозный тип — рыхлой "сырой", "отечной" соединительной тканью, склонной к задержке жидкости.

Липоматозный тип — сильно развитой жировой тканью.

Все рассмотренные конституциональные схемы были применительны в основном к мужчинам.

Шкерли (1938) разработал классификацию конституциональных типов для женщин на основании количества и характера жиросотложения. Он выделил два основных типа с подтипами:

I тип — с равномерным распределением подкожного жирового слоя: а) нормально развитый, б) усиленно развитый, в) слабо развитый жировой слой.

II тип — с неравномерным жиросотложением: а) в верхней половине тела — верхний подтип, б) в нижней половине тела — нижний подтип.

Жировые отложения могут локализоваться или в области туловища (обычно в областях грудных желез или на животе), или в ягодичной области и в области большого вертела.

Несколько иная классификация конституциональных типов для женщин была предложена Галантом. В ее основу положены как морфологические особенности, так и психофизические различия. Автор предложил выделить 7 конституций, объединив их в три группы (рис. 3.24).

I группа: *лептосомные конституции* с тенденцией роста в длину. 1. Астенический тип характеризуется худым телосложением, длинными конечностями, узким тазом, втянутым животом, слабо развитой мус-

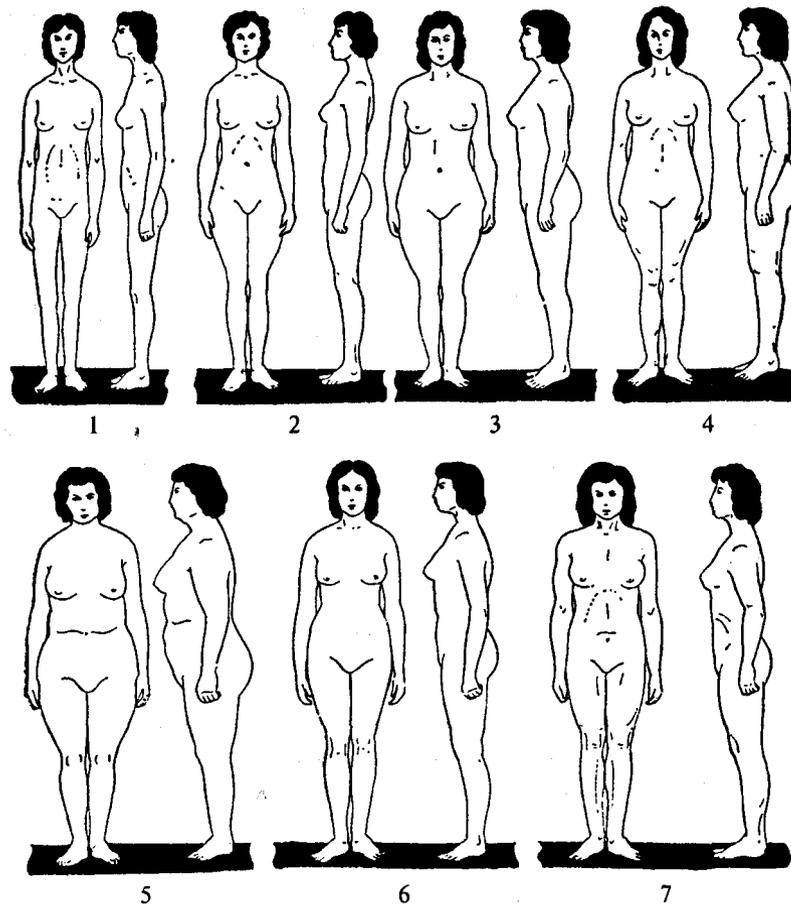


Рис. 3.24. Типы телосложения женщин (по Галанту):

1 — астенический, 2 — стенопластический, 3 — пикнический, 4 — мезопластический, 5 — эурипластический, 6 — субатлетический, 7 — атлетический

кулатурой, узким длинным лицом. Стенопластический тип — это узкосложенный, обладающий хорошей общей упитанностью, умеренным развитием всех тканей, приближающийся к идеалу женской красоты.

II группа: *мезосомные конституции* с тенденцией роста в ширину. 1. Пикнический тип характеризуется относительно укороченными конечностями, округлой головой и лицом, широким тазом с характерным отложением жира, сравнительно широкими и округлыми плечами. Мезопластический тип отличается приземистой, коренастой фигурой, широким лицом, умеренно развитой мускулатурой.

III группа: *мегалосомные конституции* — одинаковый рост в длину и ширину. 1. Эурипластический тип — "тип тучной атлетички". Для этого типа характерно сильное развитие жира при выраженных особенностях атлетического типа в строении скелета и мускулатуры. Субатлетический тип, или настоящий женственный тип конституции при атлетическом строении тела. Это высокие стройные женщины крепкого сложения при умеренном развитии мускулатуры и жира. Для атлетического типа характерно исключительно сильное развитие мускулатуры и скелета, слабое развитие жира, узкий таз, мужские черты лица.

В 1929 г. Штефко и Островский предложили схему конституциональной диагностики для детей. В основу этой конституциональной схемы положены жиротложение, степень развития мускулатуры и форма грудной клетки. Схема применима как для мальчиков, так и для девочек. Авторы выделили пять нормальных типов: астеноидный, дигестивный, торакальный, мышечный, абдоминальный и кроме них смешанные типы: астеноидно-торакальный, мышечно-дигестивный и др.

Астеноидный тип характеризуется тонким и нежным костяком. Преимущественно развиты нижние конечности, тонкая суживающаяся книзу грудная клетка, острый подгрудный угол, живот слабо развит.

Дигестивный (пищеварительный) тип характеризуется сильно развитым животом, который, выпячиваясь, образует складки над лобковой поверхностью. Подгрудный угол тупой.

Торакальный (грудной) тип характеризуется сильным развитием грудной клетки (преимущественно в длину) с одновременным развитием тех частей лица, которые принимают участие в дыхании. Грудная клетка длинная, подгрудный угол острый, живот относительно небольшой, по форме напоминающий грушу, обращенную основанием книзу, жизненная емкость легких большая.

Мышечный тип характеризуется равномерно развитым туловищем. Грудная клетка средней длины, подгрудный угол средней величины, плечи высокие и широкие, живот имеет форму груши, обращенной основанием кверху. Сильно развиты мышцы, особенно на конечностях. Жиротложение незначительное.

Абдоминальный (брюшной) тип — это особая модификация дигестивного типа. Он характеризуется значительным развитием живота при малой грудной клетке, не сильно развитым жировым слоем, значительным развитием всех отделов толстого кишечника.

Исследования, проведенные Давыдовым (1994), позволили выявить возрастные особенности распределения детей дошкольного и младшего школьного возраста по конституциональным типам (табл. 3.5—3.10).

Данные, полученные автором, свидетельствуют о том, что в процессе физической активности происходят существенные изменения морфологического и функционального порядка, при этом характер их влияния неоднозначен для различных систем организма и неодинаков в разные периоды онтогенеза. Автором были выделены консервативные (ритм развития, линейные размерные признаки, гистологические характеристики) и лабильные (функциональные системы, масса тела) компоненты морфологии и функций организма человека в отношении воздействий физических упражнений. На основании полученных данных определена допустимая возможность использования физической нагрузки как регулятора и стимулятора морфофункционального развития в онтогенезе человека.

Следует отметить, что единого подхода к определению конституции человека не существует. Это относится как к определению самого понятия "конституция человека", так и к конституциональной диагностике — характеристике конституциональных типов. В специальной литературе большинство специалистов склоняются к использованию для характеристики конституции термина "соматотип".

Таблица 3.5. Распределение детей 3—6-летнего возраста по конституциональным типам (по Давыдову, 1994)

Возраст, лет	Конституциональные типы							
	астеноидный		торакальный		мышечный		дигестивный	
	п	%	п	%	п	%	п	%
<i>Мальчики</i>								
3	8	18,18	16	36,36	9	20,46	11	25,00
4	6	11,32	34	64,15	4	7,55	9	16,98
5	21	20,79	52	51,49	9	8,91	19	18,81
6	8	12,90	37	59,68	9	14,52	8	12,90
<i>Девочки</i>								
3	9	20,46	15	34,09	12	27,27	8	18,18
4	8	15,09	28	52,84	9	16,98	8	15,09
5	18	16,67	58	53,70	12	11,11	20	18,52
6	12	15,79	47	61,84	9	11,84	8	10,53

Таблица 3.6. Тотальные размеры тела мальчиков 3—6-летнего возраста разных типов конституции (по Давыдову, 1994), М±σ

Показатель	Возраст, лет	Конституциональные типы			
		астеноидный	торакальный	мышечный	дигестивный
Длина тела, см	3	92,8±4,2	101,2±3,4	104,7±5,3	106,8±6,1
	4	105,3±5,5	106,2±5,0	107,5±6,7	113,5±9,8
	5	111,5±4,7	112,2±5,6	115,1±3,9	113,3±5,3
	6	115,8±2,0	117,6±5,2	119,5±6,7	122,9±3,5
Масса тела, кг	3	12,5±1,7	15,0±2,1	19,8±3,1	21,4±2,8
	4	16,5±2,4	17,6±1,9	18,9±2,5	24,6±3,6
	5	18,4±3,1	19,5±3,8	22,1±2,1	24,6±4,1
	6	19,6±1,3	20,7±2,1	24,3±2,0	29,1±3,7
Обхват грудной клетки, см	3	50,2±0,6	54,1±0,8	56,4±1,4	59,3±2,2
	4	53,3±2,8	55,1±2,1	58,3±3,1	60,5±4,5
	5	55,2±2,5	56,3±2,5	59,7±1,4	63,0±3,4
	6	56,1±1,2	57,8±2,5	60,3±2,8	67,3±4,9
Абсолютная поверхность тела, м ²	3	0,45±0,06	0,56±0,05	0,58±0,07	0,63±0,09
	4	0,62±0,08	0,64±0,07	0,67±0,09	0,79±0,15
	5	0,70±0,08	0,72±0,09	0,77±0,06	0,76±0,08
	6	0,77±0,06	0,778±0,06	0,78±0,07	0,84±0,07

Таблица 3.7. Тотальные размеры тела девочек 3—6-летнего возраста разных типов конституции (по Давыдову, 1994), М±σ

Показатель	Возраст, лет	Конституциональные типы			
		астеноидный	торакальный	мышечный	дигестивный
Длина тела, см	3	98,3±2,4	100,1±4,3	101,0±2,6	103,1±2,4
	4	100,3±5,4	105,7±4,3	108,9±1,4	106,6±1,1
	5	110,9±5,9	110,6±4,6	112,1±1,4	113,0±4,4
	6	116,8±5,3	117,2±5,1	121,6±3,1	126,3±5,4
Масса тела, кг	3	13,7±2,4	15,0±1,3	16,0±1,0	18,0±2,3
	4	14,0±1,9	17,0±1,9	18,6±2,1	20,1±2,3
	5	17,9±2,9	18,6±2,2	19,0±2,3	22,8±3,1
	6	18,7±1,9	20,2±2,3	23,0±1,5	28,1±4,2
Обхват грудной клетки, см	3	49,6±2,1	51,4±1,6	52,6±1,0	54,0±2,4
	4	51,4±2,3	53,2±2,3	55,6±1,1	56,2±3,4
	5	54,1±3,0	54,6±2,3	56,8±2,4	57,0±2,9
	6	55,0±1,2	56,2±2,6	57,8±3,3	59,0±4,1
Абсолютная поверхность тела, м ²	3	0,48±0,06	0,55±0,05	0,58±0,07	0,60±0,06
	4	0,55±0,08	0,63±0,06	0,67±0,09	0,71±0,03
	5	0,63±0,06	0,69±0,06	0,77±0,06	0,74±0,06
	6	0,76±0,07	0,77±0,07	0,78±0,05	0,83±0,09

Таблица 3.8. Распределение детей 7—10-летнего возраста по конституциональным типам (по Давыдову, 1994)

Возраст, лет	Конституциональные типы							
	астеноидный		торакальный		мышечный		дигестивный	
	п	%	п	%	п	%	п	%
<i>Мальчики</i>								
7	6	10,53	45	78,96	3	5,26	3	5,26
8	14	11,86	84	71,19	7	5,93	13	11,02
9	13	10,08	95	73,64	9	6,98	12	9,30
10	8	7,41	79	73,15	9	8,33	12	11,11
<i>Девочки</i>								
7	11	20,46	49	67,12	2	2,74	11	15,07
8	14	15,09	81	62,79	5	3,88	29	22,48
9	13	16,67	84	66,67	5	3,97	27	21,42
10	8	15,79	71	64,55	4	3,64	25	22,73

Таблица 3.9. Тотальные размеры тела мальчиков 7—10-летнего возраста разных типов конституции (по Давыдову, 1994), М±σ

Показатель	Возраст, лет	Конституциональные типы			
		астеноидный	торакальный	мышечный	дигестивный
Длина тела, см	7	125,2±4,1	124,5±5,1	124,0±4,9	127,1±1,8
	8	129,4±6,5	127,8±5,6	127,8±5,8	130,7±5,8
	9	137,2±5,3	134,0±6,4	131,1±5,3	140,3±4,6
	10	139,6±4,7	139,4±6,3	139,9±5,5	142,6±5,3
Масса тела, кг	7	21,3±2,5	22,9±2,6	25,3±1,8	26,2±0,9
	8	24,4±3,5	25,1±3,6	25,8±3,7	31,3±4,1
	9	28,4±3,7	29,2±4,3	29,8±3,3	37,2±5,5
	10	29,4±3,6	31,5±4,5	34,4±4,0	36,6±5,9
Обхват грудной клетки, см	7	59,3±3,2	59,7±3,0	62,0±1,5	63,5±1,1
	8	60,1±2,4	61,3±3,0	64,0±2,8	65,5±3,9
	9	62,4±3,5	63,6±4,0	64,5±3,1	70,6±5,1
	10	63,1±3,2	65,6±3,2	66,4±2,5	71,9±4,2
Абсолютная поверхность тела, м ²	7	0,86±0,06	0,87±0,08	0,90±0,05	0,92±0,02
	8	0,91±0,10	0,93±0,09	0,94±0,09	1,02±0,11
	9	1,07±0,08	1,03±0,10	1,04±0,08	1,17±0,08
	10	1,099±0,08	1,11±0,10	1,13±0,09	1,16±0,11

В настоящее время среди множества схем нормальных конституций исследователи обычно выделяют три конституциональных типа телосложения:

- *пикнический эндоморфный тип* — выпуклая грудная клетка, мягкие округлые формы вследствие развития подкожной основы, относительно короткие конечности, короткие и широкие кости и стопы, большая печень;

Таблица 3.10. Тотальные размеры тела девочек 7—10-летнего возраста разных типов конституции (по Давыдову, 1994), $M \pm \sigma$

Показатель	Возраст, лет	Конституциональные типы			
		астеноидный	торакальный	мышечный	дигестивный
Длина тела, см	7	123,0±7,1	121,4±5,5	121,4±3,4	132,0±4,6
	8	125,8±3,3	127,0±6,5	122,7±1,3	129,4±4,7
	9	130,3±3,6	131,8±5,1	132,6±3,3	134,5±5,8
	10	137,8±6,9	135,7±6,2	135,9±4,4	139,5±6,0
Масса тела, кг	7	20,8±3,4	21,9±2,7	23,0±2,5	30,3±4,4
	8	20,9±2,0	25,0±4,0	22,5±2,4	29,8±4,6
	9	23,1±2,9	28,6±4,4	30,8±0,6	33,6±4,4
	10	27,6±2,6	29,2±4,6	30,2±3,5	36,1±3,6
Обхват грудной клетки, см	7	56,3±3,4	58,1±2,8	59,3±0,3	64,0±3,6
	8	55,9±1,2	59,4±4,7	59,9±3,2	62,9±5,9
	9	57,1±4,3	61,1±4,0	62,1±3,4	66,4±4,1
	10	60,4±4,2	62,8±3,7	62,4±4,4	68,5±3,7
Абсолютная поверхность тела, м ²	7	0,84±0,10	0,83±0,08	0,85±0,06	1,02±0,09
	8	0,87±0,05	0,92±0,11	0,85±0,02	0,99±0,11
	9	0,93±0,06	1,01±0,08	1,04±0,04	1,08±0,08
	10	1,05±0,07	1,05±0,10	1,06±0,07	1,10±0,09

• *атлетический мезоморфный тип* — трапециевидная форма туловища, узкий таз, мощный плечевой пояс, хорошо развитая мускулатура, грубое строение костей;

• *астенический экторморфный тип* — плоская и длинная грудная клетка, относительно широкий таз, худое тело и слабое развитие подкожной основы, длинные тонкие конечности, узкие стопы и кисти, минимальное количество подкожного жира.

Естественно, что конституциональные особенности большинства индивидов невозможно было свести к этим трем типам. Такое деление дает лишь общее представление о диапазоне колебаний конституции человека. Поэтому, например, в практике спортивного отбора ориентируются не на крайние типы, а на непрерывно распределенные компоненты телосложения, которых может быть выделено три: *эндоморфный, мезоморфный и экторморфный* (рис. 3.25). Степень выраженности компонентов различна у разных индивидов и может быть оценена по семибалльной системе (7—1). Самому высокому баллу (7) соответствует максимальная степень выраженности компонента. Описание соматического типа производится тремя цифрами. Например, соматотипу, выраженному цифрами 7—1—1, присуща округлая форма, сильное развитие подкожной основы, слабая мускулатура, крупные внутренности (пикнический тип) при слабой выраженности мезоморфного и экторморфного компонентов (мезоморфия свидетельствует об

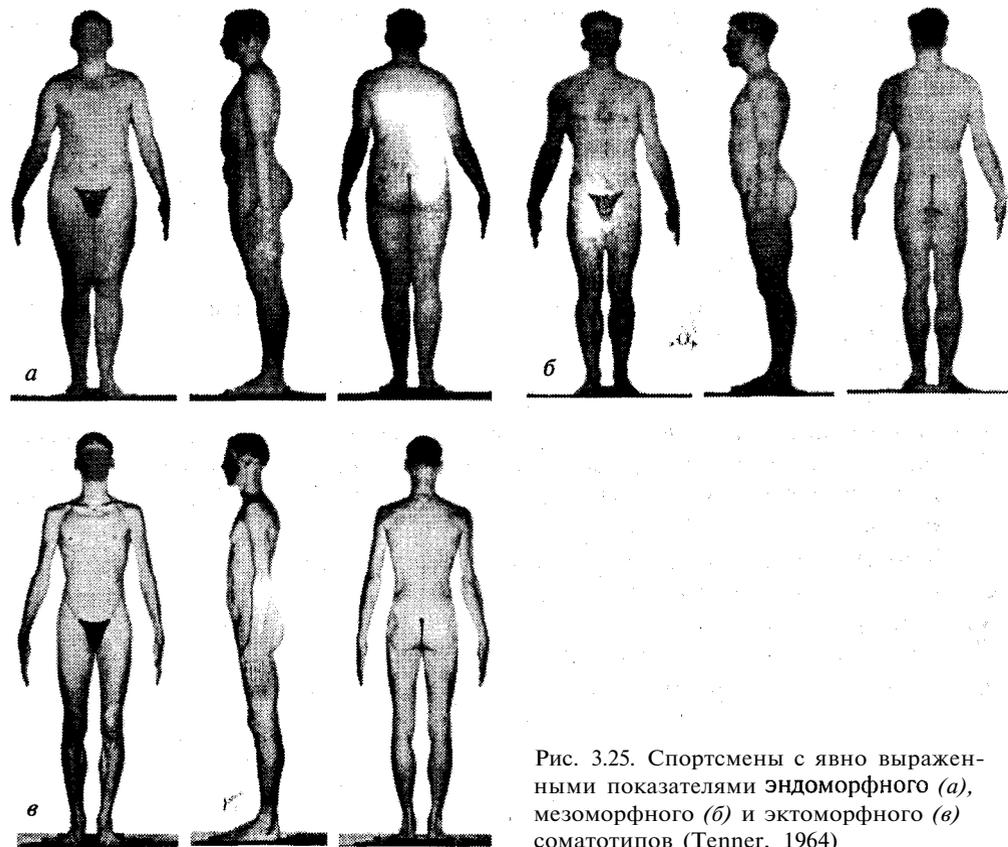


Рис. 3.25. Спортсмены с явно выраженными показателями *эндоморфного (а), мезоморфного (б) и экторморфного (в)* соматотипов (Tenner, 1964)

атлетическом, а экторморфия — астеническом телосложении). Крайние варианты типа 1—7—1, 2—1—7 встречаются редко, наиболее распространены соматотипы 3—5—2, 4—3—3, 3—4—4. Следует отметить взаимозависимость всех трех компонентов: увеличение одного приводит к снижению других. Поэтому высокие значения одного компонента практически исключают высокие значения двух других. При оценке соматотипа сумма трех оценок не должна превышать 12 и не может быть менее 9 баллов (Чтецов, 1979).

На современном уровне знаний термин "конституция" отражает единство морфологической и функциональной организации человека, отражающееся в индивидуальных особенностях его структуры и функций. Их изменения — это ответная реакция организма на постоянно меняющиеся факторы внешней среды. Они выражаются в особенностях развития компенсаторно-приспособительных механизмов, сформировавшихся в итоге индивидуальной реализации генетической программы под воздействием конкретных средовых факторов (в том числе социальных).

Для того чтобы объективизировать методику измерений геометрии тела человека с учетом относительности его пространственных координат была введена в практику исследования движений соматическая система координат тела человека Лапутина (1976).

Наиболее удобным местом размещения центра соматического координатного трехгранника является антропометрическая поясничная точка lu , расположенная на вершине остистого отростка L_v позвонка (а-5). В этом случае числовая координатная ось z соответствует направлению истинной вертикали, оси x и y располагаются под прямым углом в горизонтальной плоскости и определяют движение в сагиттальном (y) и фронтальном (x) направлениях (рис. 3.26, 3.27).

В настоящее время за рубежом, в частности в Северной Америке, активно развивается новое направление — кинантропометрия. Это новая научная специализация, использующая измерения для оценки величины, формы, пропорции, структуры, развития и общей функции человека, изучающая проблемы, связанные с ростом, физической нагрузкой, работоспособностью и питанием.

Кинантропометрия ставит человека в центр изучения, позволяет определить его структурный статус и различные количественные характеристики геометрии масс тела.

Для объективной оценки многих биологических процессов в организме, связанных с его геометрией масс, необходимо знать удельный вес вещества, из которого состоит тело человека.

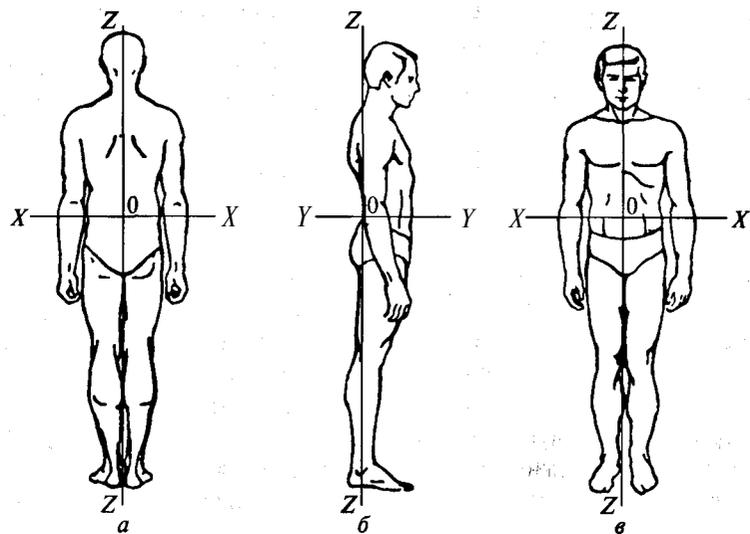
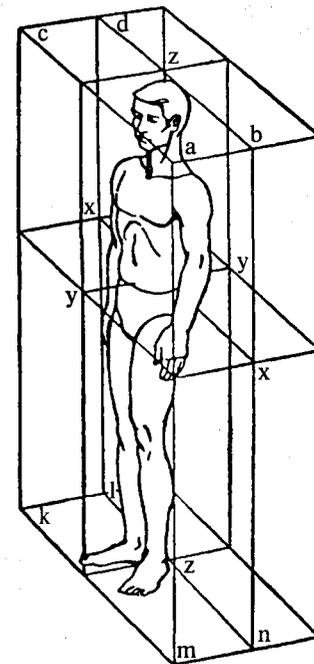


Рис. 3.26. Соматическая система координат: а — вид сзади; б — вид сбоку; в — вид спереди

Рис. 3.27. Пространство, занимаемое телом человека в соматической системе координат:

ab — первый квадрант; cd — второй квадрант; kl — третий квадрант; mn — четвертый квадрант; a — первый октант; c — второй октант; k — третий октант; m — четвертый октант; b — пятый октант; d — шестой октант; l — седьмой октант; n — восьмой октант



Денситометрия — это метод оценки общей плотности тела человека. Плотность часто используется в качестве средства оценки жировой и обезжиренной массы (Мак-Дугал, Уэнгер и др., 1998) и является важным параметром. Плотность (D) определяют делением массы на объем тела:

$$D_{\text{тела}} = \text{масса тела} / \text{объем тела.} \quad (3.2)$$

Для определения объема тела используются различные методы, чаще всего применяют метод гидростатического взвешивания либо манометр для измерения вытесняемой воды (рис. 3.28).

При вычислении объема посредством гидростатического взвешивания необходимо сделать поправку на плотность воды, поэтому уравнение (3.2) будет иметь следующий вид:

$$D_{\text{тела}} = p_1 / [(p_1 - p_2) / x_1 - (x_2 + G_{\text{газ}})], \quad (3.3)$$

где p_1 — масса тела в обычных условиях, p_2 — масса тела в воде, x_1 — плотность воды, x_2 — остаточный объем.

Количество воздуха, который находится в желудочно-кишечном тракте, трудно измерить, однако ввиду небольшого объема (около 100 мл) им можно пренебречь. Для совместимости с другими шкалами измерений эту величину можно приспособить для роста посредством умножения на $(170,18 / \text{Рост})^3$.

Метод денситометрии на протяжении многих лет остается лучшим для определения состава тела. Новые методы, как правило, сравнивают с ним для определения их точности. Слабым местом этого метода является зависимость показателя плотности тела от относительного количества жира в организме.

При использовании двухкомпонентной модели состава тела требуется высокая точность определения плотности жировой и чистой массы тела. Стандартное уравнение Сири чаще всего используют для превращения показателя плотности тела с целью определить количество жира в организме:

$$\% \text{ жира в организме} = (495 / D_{\text{тела}}) - 450. \quad (3.4)$$

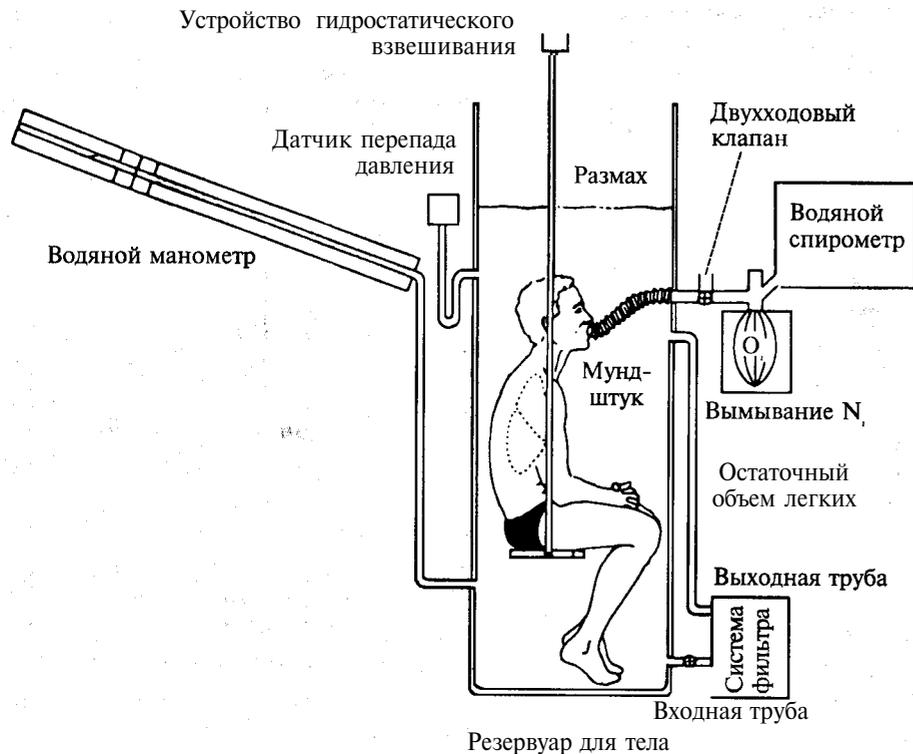


Рис. 3.28. Одновременное гидростатическое взвешивание и волюмометр перемещения воды

Это уравнение предполагает относительно постоянную плотность жировой и чистой массы тела у всех людей. Действительно, плотность жира в различных участках тела практически идентична, общепринятый показатель равен $0,9007 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$. Вместе с тем более проблематично определение плотности чистой массы тела ($D_{\text{чмт}}$), которая, согласно уравнению Сири, составляет 1,1. Для определения этой плотности допускается, что:

- плотность каждой ткани, включающей чистую массу тела, известна и остается неизменной;
- в каждом виде ткани пропорция чистой массы тела постоянна (например, допускается, что кость составляет 17 % чистой массы тела).

Существует также ряд полевых методов определения состава тела. Метод *биоэлектрического импеданса* — простая процедура, на которую уходит всего 5 мин. Четыре электрода устанавливаются на теле испытуемого — на лодыжке, стопе, запястье и тыльной стороне кисти (рис. 3.29). По дистальным электродам (на кисти и стопе) через ткани проходит неощущаемый

ток к проксимальным электродам (запястье и лодыжка). Электропроводимость ткани между электродами зависит от распределения воды и электролитов в ней. Чистая масса тела включает почти всю воду и электролиты. В результате этого проводимость чистой массы тела значительно превышает проводимость жировой массы. Жировая масса характеризуется большим импедансом. Таким образом, величина проходящего через ткани тока отражает относительное количество жира, содержащегося в данной ткани.

С помощью данного метода показатели импеданса преобразуют в показатели относительного содержания жира в организме.

Метод взаимодействия инфракрасного излучения представляет собой процедуру, основанную на принципах поглощения и отражения света с использованием инфракрасной спектроскопии. На коже над местом измерения устанавливается датчик, посылающий электромагнитное излучение через центральный пучок оптических волокон. Оптические волокна на периферии этого же датчика поглощают энергию, отражаемую тканями, которая затем измеряется с помощью спектрофотометра. Количество отраженной энергии показывает состав ткани, находящейся непосредственно под датчиком. Метод отличается достаточно высокой степенью точности при проведении измерений в нескольких участках.

Многие измерения пространственного расположения биозвеньев тела проводились исследователями на трупах. Для изучения параметров сегментов тела человека за последние 100 лет было рассечено около 50 трупов. В этих исследованиях трупы замораживались, рассекались по осям вращения в суставах, после чего сегменты взвешивались, определялись положения центров масс (ЦМ) звеньев и их моменты инерции преимущественно с использованием известного метода физического маятника. Кроме этого определялись объемы и средние плотности тканей сегментов. Исследования в таком направлении проводились также и на живых людях. В настоящее время для прижизненного определения геометрии масс тела человека используются ряд методов: водного погружения; фотограмметрии; внезапного освобождения; взвешивания тела человека в различных изменяющихся позах; механических колебаний; радиоизотопный; физического моделирования; метод математического моделирования.

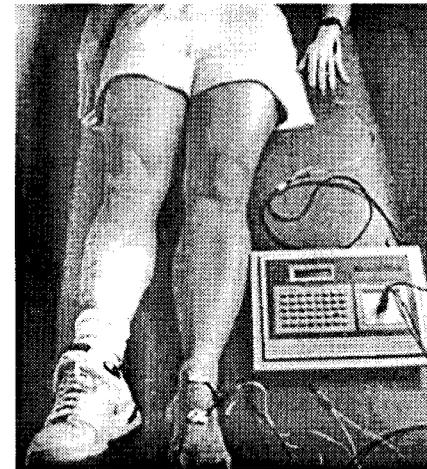


Рис. 3.29. Метод биоэлектрического импеданса для определения относительного содержания жира в организме

Метод водного погружения позволяет определить объем сегментов и центр их объема. Путем умножения на среднюю плотность тканей сегментов специалисты вычисляют затем массу и локализацию центра масс тела. Такое вычисление производится с учетом допущения о том, что тело человека обладает одинаковой плотностью тканей во всех частях каждого сегмента. Аналогичные условия обычно применяются при использовании метода фотограмметрии.

В методах внезапного освобождения и механических колебаний тот или иной сегмент тела человека перемещается под действием внешних сил, а пассивные силы связок и мышц-антагонистов принимаются равными нулю.

Метод взвешивания тела человека в различных изменяющихся позах подвергался критике, так как ошибки, вносимые данными, взятыми из результатов исследований на трупах (относительное положение центра масс на продольной оси сегмента), из-за помех, возникающих в результате дыхательных движений, а также неточности воспроизведения поз при повторных измерениях и определения центров вращения в суставах, достигают больших величин. При повторных измерениях коэффициент вариации в таких измерениях обычно превышает 18 %.

В основе радиоизотопного метода (метода гамма-сканирования) лежит известная в физике закономерность ослабления интенсивности узкого моноэнергетического пучка гамма-излучения при прохождении его через определенный слой какого-либо материала (Зациорский, Аруин, Селуянов, 1981).

В варианте радиоизотопного метода были положены две идеи:

1) увеличение толщины кристалла детектора для повышения чувствительности прибора;

2) отказ от узкого пучка гамма-излучения. У испытуемых в ходе эксперимента определялись массинерционные характеристики 10 сегментов (рис. 3.30).

По мере сканирования регистрировались координаты антропометрических точек, которые являются указателем границ сегментов, местами прохождения плоскостей, отделяющих один сегмент от другого.

Метод физического моделирования использовался путем изготовления слепков конечностей испытуемых. Затем на их гипсовых моделях определялись не только моменты инерции, но и локализация центров масс.

Математическое моделирование используется для приближенной оценки параметров сегментов или всего тела в целом. При этом подходе человеческое тело представляется как набор геометрических компонентов, таких, как сферы, цилиндры, конусы и т.п.

Harless (1860) был первым, кто предложил использовать геометрические фигуры как аналоги сегментов тела человека.

Hanavan (1964) предложил модель, которая разделяет тело человека на 15 простых геометрических фигур однородной плотности (рис. 3.31). Пре-

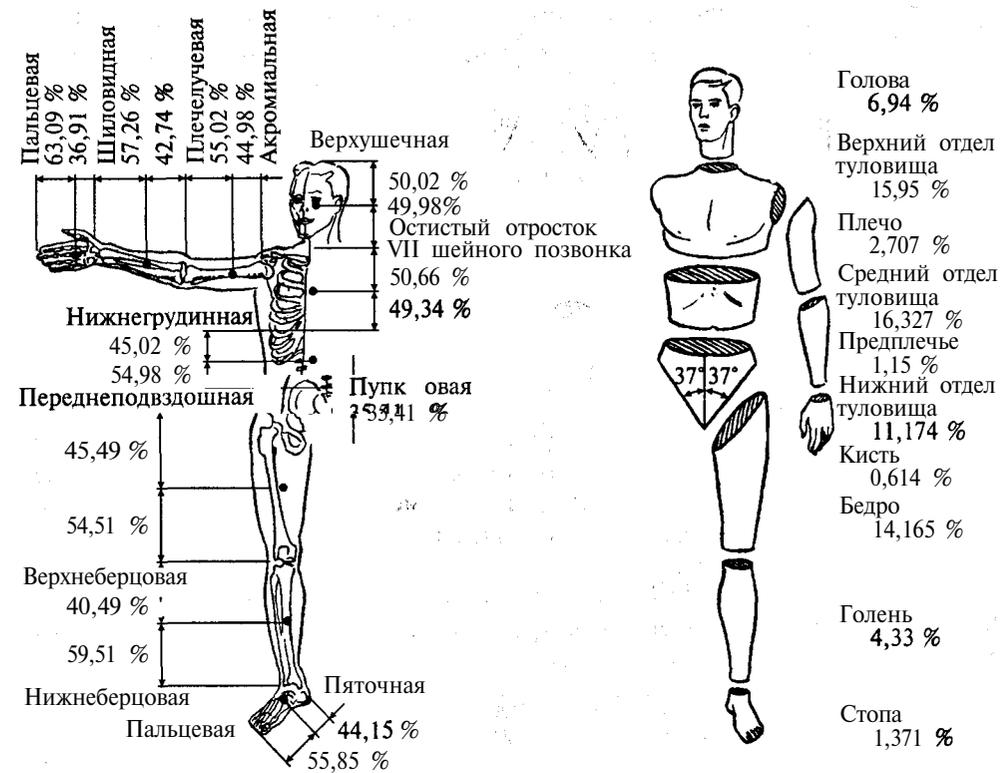


Рис. 3.30. Способ сегментирования тела человека: обозначены антропометрические точки, определяющие границы сегментов (слева); приведены также координаты положений центров масс сегментов на их продольных осях (в % длин сегментов, слева) и относительные массы сегментов (справа). Выборка 100 мужчин

имуществом этой модели является то, что она требует небольшого числа простых антропометрических измерений (26), необходимых для определения положения общего центра масс (ОЦМ) и моментов инерции при любых положениях звеньев. Однако три допущения, как правило, при моделировании сегментов тела ограничивают точность оценок: сегменты принимаются жесткими, границы между сегментами принимаются четкими, и считается, что сегменты имеют однородную плотность. Основываясь на том же подходе, Natze (1976) разработал более детальную модель человеческого тела (рис. 3.32). Предложенная им 17-звенная модель для учета индивидуализации строения тела каждого человека требует 242 антропометрических измерения. Модель подразделяет сегменты на элементы небольшой массы с различной геометрической структурой, позво-

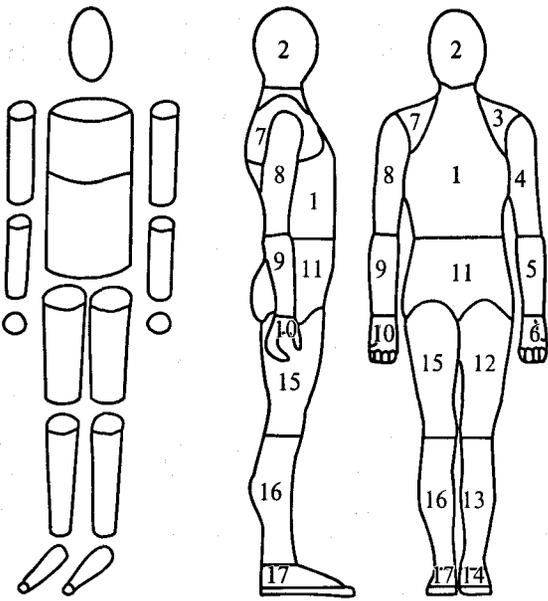


Рис. 3.31. Модель человеческого тела по Nanavan (1964)

Рис. 3.32. Модель человеческого тела по Hatzte (1976): 1 — грудобрюшной отдел; 2 — головной; 3 — левая дельтовидная и подключичная области; 4 — левое плечо; 5 — левое предплечье; 6 — левая кисть; 7 — правая дельтовидная и подключичная области; 8 — правое плечо; 9 — правое предплечье; 10 — правая кисть; 11 — паховая и лобковая области; 12 — левое бедро; 13 — левая голень; 14 — левая стопа; 15 — правое бедро; 16 — правая голень; 17 — правая стопа

проведенных при препаровке и диоптрографии трупного материала, а также проверены при наблюдениях выполнения типичных движений спортсменами.

На нижней конечности автор рекомендует проводить следующие реперные линии. На бедре — три реперные линии, отделяющие группы мышц, разгибающие и сгибающие коленный сустав, сгибающие и приводящие бедро в тазобедренном суставе.

Наружная вертикаль (НВ) соответствует проекции переднего края двуглавой мышцы бедра. Проводится вдоль заднего края большого вертела по наружной поверхности бедра до середины наружного надмышелка бедренной кости.

для детально моделировать форму и вариации плотности сегментов. Более того, в модели не делается допущений относительно билатеральной симметрии, и учитываются особенности строения мужского и женского тела путем регулирования плотности некоторых частей сегментов (в соответствии с содержанием подкожной основы). Модель учитывает изменения в морфологии тела, например, вызванные ожирением или беременностью, а также позволяет имитировать особенности строения тела детей.

Для определения парциальных (частичных, от латинского слова парс — часть) размеров тела человека Губа (2000) рекомендует на его биозвеньях проводить опорные реперные (репер — ориентир) линии, разграничивающие функционально различные мышечные группы. Эти линии проводятся между костными точками, определенными автором при измерениях,

Передняя вертикаль (ПВ) соответствует переднему краю длинной приводящей мышцы в верхней и средней трети бедра и портняжной мышцы в нижней трети бедра. Проводится от локтевого бугорка к внутреннему надмышелку бедренной кости по **передневнутренней** поверхности бедра.

Задняя вертикаль (ЗВ) соответствует проекции переднего края полусухожильной мышцы. Проводится от середины седалищного бугра к внутреннему надмышелку бедренной кости по **задневнутренней** поверхности бедра.

На голени проводятся три реперные линии.

Наружная вертикаль голени (НВГ) соответствует переднему краю длинной малоберцовой мышцы в ее нижней трети. Проводится от верхушки головки малоберцовой кости к переднему краю наружной лодыжки по наружной поверхности голени.

Передняя вертикаль голени (ПВГ) соответствует гребню большеберцовой кости.

Задняя вертикаль голени (ЗВГ) соответствует внутреннему краю большеберцовой кости.

На плече и предплечье проводятся по две реперные линии. Они отделяют сгибатели плеча (предплечья) от разгибателей.

Наружная вертикаль плеча (НВП) соответствует наружной борозде между двуглавой и трехглавой мышцами плеча. Проводится при опущенной руке от середины **акромиального** отростка к наружному надмышелку плечевой кости.

Внутренняя вертикаль плеча (ВВП) соответствует медиальной плечевой борозде.

Наружная вертикаль предплечья (НВПП) проводится от наружного надмышелка плечевой кости к шиловидному отростку лучевой кости по ее наружной поверхности.

Внутренняя вертикаль предплечья (ВВПП) проводится от внутреннего надмышелка плечевой кости к шиловидному отростку локтевой кости по ее внутренней поверхности.

Расстояния, измеренные между реперными линиями, позволяют судить о выраженности отдельных мышечных групп. Так, расстояния между **ПВ** и **НВ**, измеренные в верхней трети бедра, позволяют судить о выраженности сгибателей бедра. Расстояния между этими же линиями в нижней трети позволяют судить о выраженности разгибателей коленного сустава. Расстояния между линиями на голени характеризуют выраженность сгибателей и разгибателей стопы. Используя эти дуговые размеры и длину биозвена, можно определить объемные характеристики мышечных масс.

Положение ОЦМ тела человека изучалось многими исследователями. Как известно, его локализация зависит от размещения масс отдельных час-

тей тела. Любые изменения в теле, связанные с перемещением его масс и нарушением прежнего их соотношения, изменяют и положение центра масс.

Впервые положение общего центра масс определил Джованни Альфонсо Борелли (1680), который в своей книге "О локомоциях животных" отметил, что центр масс человеческого тела, находящегося в выпрямленном положении, располагается между ягодицами и лобком. Пользуясь методом уравновешивания (рычагом первого рода), он определял расположение ОЦМ на трупах, положив их на доску и уравновесив ее на остром клине (рис. 3.33).

Harless (1860) определил положение общего центра масс на отдельных частях трупа при помощи способа Борелли. Далее, зная положение центров масс отдельных частей тела, он геометрическим путем суммировал силы тяжести этих частей и определял по рисунку положение центра масс всего тела при данном его положении. Этим же методом для определения фронтальной плоскости ОЦМ тела пользовался Бернштейн (1926), который для этой же цели применил профильное фотографирование. Для определения положения ОЦМ тела человека использовал рычаг второго рода (рис. 3.34).

Для изучения положения центра масс было много сделано Braune и Fischer (1889), которые проводили свои исследования на трупах. На основании этих исследований они определили, что центр масс тела человека рас-

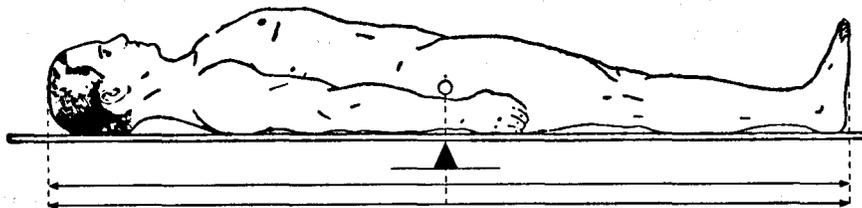


Рис. 3.33. Метод определения горизонтальной плоскости общего центра масс тела путем использования уравновешенной доски в качестве рычага первого рода

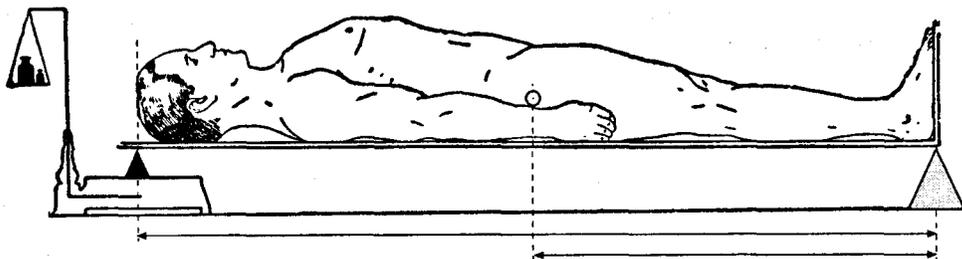


Рис. 3.34. Метод определения горизонтальной плоскости общего центра масс тела путем использования уравновешенной доски в качестве рычага второго рода. Точка в центре кружка с проходящей через нее вниз прерывистой линией показывает искомое положение плоскости общего центра масс тела

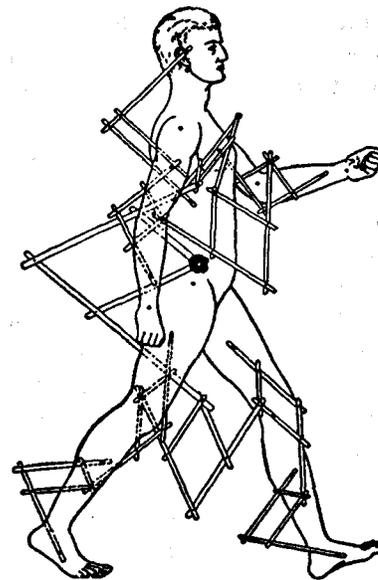


Рис. 3.35. Модель, сконструированная способом главных точек

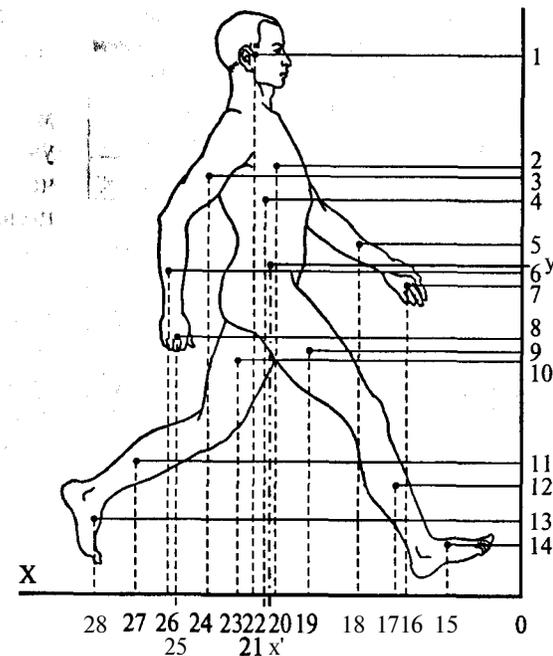


Рис. 3.36. Схема определения положения центра тяжести тела путем вычислений с использованием системы прямоугольных координат (OX — ось абсцисс, OY — ось ординат)

положен в области малого таза в среднем на 2,5 см ниже мыса крестца и на 4—5 см выше поперечной оси тазобедренного сустава. Если при стоянии туловище выдвинуто вперед, то вертикаль ОЦМ тела проходит впереди поперечных осей вращения тазобедренного, коленного и голеностопного сочленений.

Для определения положения ОЦМ тела при различных положениях тела была сконструирована специальная модель, основанная на принципе использования способа главных точек. Сущность этого способа заключается в том, что оси сопряженных звеньев принимаются за оси косоугольной системы координат, а соединяющие эти звенья сочленения принимаются своим центром за начало координат (рис. 3.35). Бернштейном (1973) был предложен метод вычислений ОЦМ тела с использованием относительного веса его отдельных частей и положения центров масс отдельных звеньев тела (табл. 3.11, рис. 3.36).

Иваницким (1956) были обобщены методы определения ОЦМ тела человека, предложенные Абалаковым (1956) и основанные на использовании специальной модели (рис. 3.37).

Таблица 3.11. Определение массы биозвеньев тела человека с использованием коэффициентов (Бернштейн, 1934)

Часть тела	Относительный вес части тела	
	Мужчины	Женщины
Голова	0,0672	0,0812
Туловище	0,4630	0,4390
Плечо	0,0650	0,0260
Предплечье	0,0182	0,0182
Кисть	0,0070	0,0055
Бедро	0,1221	0,1289
Голень	0,0465	0,0484
Стопа	0,0146	0,0129
Туловище + голова	0,5302	0,5202
Вся рука	0,0517	0,0497
Вся нога	0,1832	0,1902
Голова + туловище + две руки	0,6336	0,6196

тела (x_1) и отношение среднегрудинного переднезаднего диаметра к тазогребневому (x_2). Уравнение имеет вид:

$$y = 52,11 + 10,308x_1 + 0,949x_2. \quad (3.5)$$

Райчиной (1976) для определения высоты положения ОЦМ у женщин-спортсменок было предложено уравнение множественной регрессии ($R = 0,937$; $G = 1,5$), включающее в качестве независимых переменных данные о длине ноги (x_1 , см), длине тела в положении лежа (x_2 , см) и ширине таза (x_3 , см):

$$y = -4,667x_1 + 0,289x_2 + 0,301x_3. \quad (3.6)$$

Расчет относительных значений веса сегментов тела используется в биомеханике, начиная с XIX ст.

В табл. 3.12. представлены уравнения Регрессии, необходимые для расчета веса сегмента на основе веса всего тела и местоположения ЦМ

Стукалов (1956) предложил другой метод определения ОЦМ тела человека. Согласно этому методу модель человека изготовлялась без учета относительной массы частей человеческого тела, но с указанием положения центра тяжести отдельных звеньев модели (рис. 3.38).

Козыревым (1963) был разработан прибор для определения ОЦМ тела человека, в основу конструкции которого был положен принцип действия замкнутой системы рычагов первого рода (рис. 3.39, 3.40).

Для вычисления относительного положения ОЦМ Зацiorский (1981) предложил уравнение регрессии, в котором аргументами являются отношение массы туловища к массе

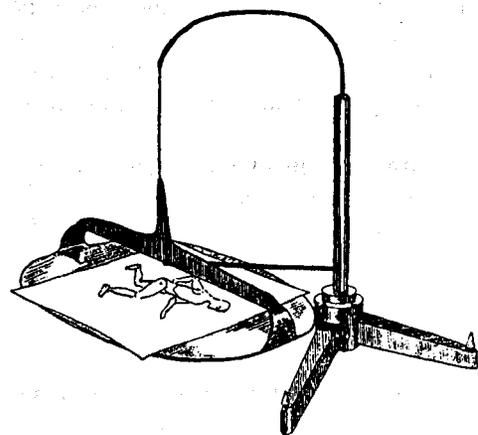


Рис. 3.37. Прибор Абалакова для определения положения ОЦМ тела человека по модели

каждого сегмента на основе данных о длине сегментов.

Для определения величины массы сегментов можно использовать уравнения регрессии, приведенные в табл. 3.13.

Как известно, момент инерции системы материальных точек относительно оси вращения равен сумме произведений масс этих точек на квадраты их расстояний до оси вращения:

$$I = mr^2. \quad (3.7)$$

К показателям, характеризующим геометрию масс тела, относят также центр объема тела и центр поверхности тела. Центр объема тела — точка приложения равнодействующей силы гидростатического давления. На рис. 3.41 представлен прибор Иваницкого (1956) для определения горизонтальной плоскости центра объема тела.

Центр поверхности тела — точка приложения равнодействующей сил действия среды. Центр поверхности тела зависит от позы и направления воздействия среды.

Организм человека — сложная динамическая система, поэтому пропорции, соотношения размеров и масс его тела на протяжении всей жизни постоянно изменяется в соответствии с закономерностями проявления генетических механизмов его развития, а также под влиянием внешней среды, техно-биосоциальных условий жизни и т.д.

Неравномерность роста и развития детей отмечают многие авторы (Аршавский, 1975; Бальсевич, Запорожанов, 1987—2002; Grimm, 1967; Куц, 1993, Круцевич, 1999—2002), которые обычно связывают это с биологическими ритмами развития организма. Согласно их данным, в период

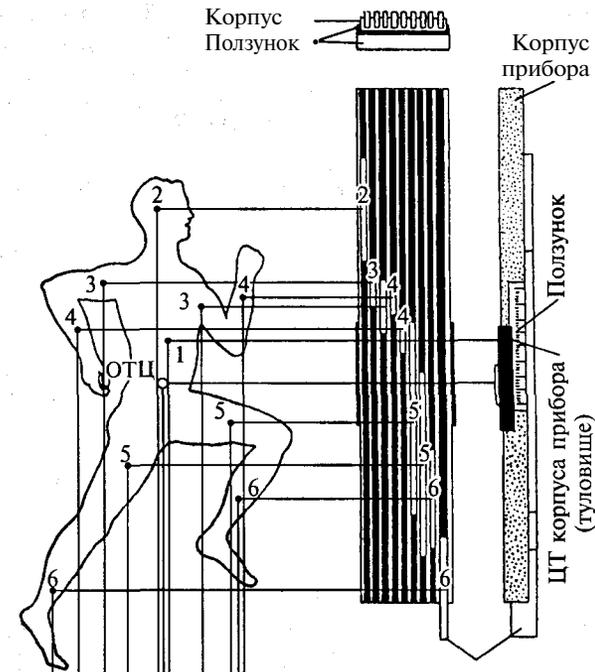


Рис. 3.38. Метод Стукалова для определения положения ОЦМ тела по модели. 1, 2, 3, 4, 5, 6 — положения ЦМ отдельных биозвеньев и соответствующие этим биозвеньям по их относительному весу металлические пластинки, находящиеся в желобках корпуса прибора

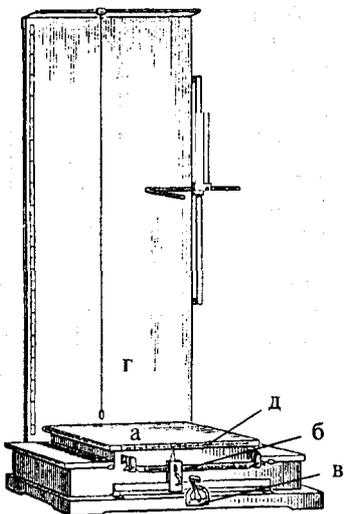
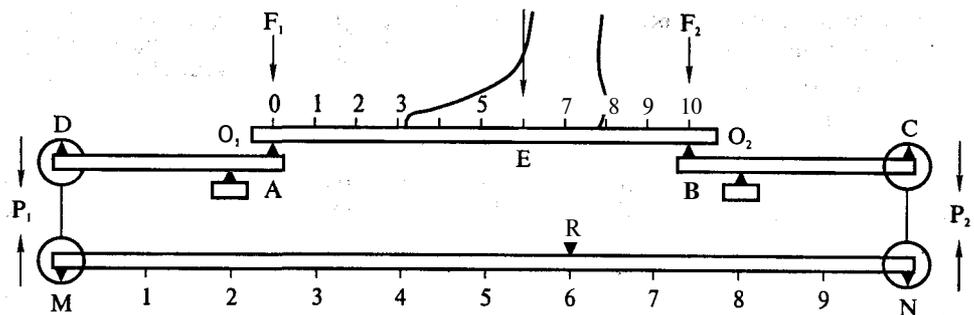


Рис. 3.39. Прибор Козырева для определения положения общего центра тяжести тела: а — горизонтальная опорная доска; б — планка и держатель точки опоры; в — ручка арретира; г — вертикальная доска с фиксатором и отвесом; д — цифровая шкала опорной доски

Рис. 3.40. Принципиальная схема действия прибора Козырева для определения положения общего центра тяжести: Е — опорная доска; ДА и ВС — промежуточные рычаги; O_1 и O_2 — точки опоры промежуточных рычагов; MN — уравновешивающая планка с подвижной точкой опоры (R); W — отвесная центра тяжести; F_1 и F_2 — силы давления опорной доски; P_1 и P_2 — силы тяги



наибольшего увеличения антропометрических показателей физического развития у детей наблюдается повышение утомляемости, относительное снижение работоспособности, двигательной активности и ослабление общей иммунологической реактивности организма. Очевидно, в процессе развития молодого организма в нем сохраняется закрепленная генетически последовательность структурно-функционального взаимодействия в определенные временные (возрастные) интервалы. Считается, что именно этим должна быть обусловлена необходимость усиленного внимания врачей, педагогов, родителей к детям в такие возрастные периоды.

Процесс биологического созревания человека охватывает длительный период — от рождения до 20—22 лет, когда завершается рост тела, происходит окончательное формирование скелета и внутренних органов. Биологическое созревание человека не является плановым процессом, а протекает гетерохронно, что наиболее ярко проявляется уже при анализе фор-

мирования тела. Например, сравнение темпов роста головы и ног новорожденного и взрослого человека показывает, что длина головы увеличивается вдвое, а длина ног в пять раз (табл. 3.14, рис. 3.42).

Обобщение результатов исследований, проведенных различными авторами, позволяет представить некоторые более или менее конкретные данные о возрастных изменениях длины тела. Так, по данным специальной литературы, считается, что продольные размеры человеческого зародыша составляют к концу первого месяца внутриутробного периода приблизительно 10 мм, к концу третьего — 90 мм, а к концу девятого — 470 мм. В 8—9 месяцев плод заполняет полость матки и его рост замедляется. Средняя длина тела новорожденных мальчиков составляет 51,6 см (колебания в разных группах от 50,0 до 53,3 см), девочек — 50,9 см (49,7—52,2 см). Как правило, индивидуальные различия в длине тела новорожденных при нормальной по срокам беременности лежат в пределах 49—54 см.

Наибольший прирост длины тела детей наблюдается на первом году жизни. В разных группах он колеблется от 21 до 25 см (в среднем 23,5 см). К году жизни длина тела достигает в среднем 74—75 см (Куц, 1993).

В период от 1 года до 7 лет, как у мальчиков, так и у девочек, годовичные прибавки длины тела постепенно уменьшаются от 10,5 до 5,5 см в год. От

Таблица 3.12. Уравнения регрессии, позволяющие определить вес сегментов тела и положение их ЦМ (Энока, 2000)

Сегмент	Вес, Н	Положение ЦМ, %
Голова	$0,032 ВТ + 18,70$	66,3
Туловища	$0,532 ВТ - 6,93$	52,2
Плечо	$0,022 ВТ + 4,76$	50,7
Предплечье	$0,013 ВТ + 2,41$	41,7
Кисть	$0,005 ВТ + 0,75$	51,5
Бедро	$0,127 ВТ - 14,82$	39,8
Голень	$0,044 ВТ - 1,75$	41,3
Стопа	$0,009 ВТ + 2,48$	40,0

Примечание. ВТ — вес тела.

Таблица 3.13. Уравнения регрессии, позволяющие рассчитать массу сегментов тела и положение ЦМ (Зациорский, 1981)

Сегмент	Коэффициент массы, кг			Коэффициент положения ЦМ, %		
	B_0	B_1	B_2	B_0	B_1	B_2
Стопа	-0,8290	0,0077	0,0073	3,7670	0,0650	0,0330
Голень	-1,5920	0,0362	0,0121	-6,0500	-0,0390	0,1420
Бедро	-2,6490	0,1463	0,0137	-2,4200	0,0380	0,1350
Кисть	-0,1165	0,0036	0,0017	4,1100	0,0260	0,0330
Предплечье	0,3185	0,0144	-0,0011	0,1920	-0,0280	0,0930
Плечо	0,2500	0,0301	-0,0027	0,6700	0,0300	0,0540
Голова	1,2960	0,0170	0,0143	8,3570	-0,0025	0,0230
Верхняя часть туловища	8,2144	0,1862	0,0584	3,3200	0,0076	0,0470
Средняя часть туловища	7,1810	0,2234	-0,0663	1,3980	0,0058	0,0450
Нижняя часть туловища	-7,4980	0,0976	0,0490	1,1820	0,0018	0,0434

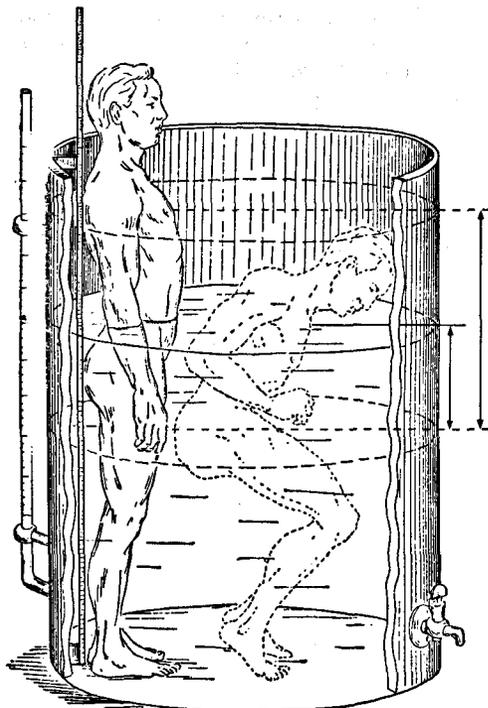


Рис. 3.41. Прибор для определения горизонтальной плоскости центра объема тела.

Нижний уровень воды обозначает тот уровень, который имелся до начала опыта, верхний уровень — когда тело полностью погружено в воду; средний уровень обозначает тот уровень, при котором половина тела в отношении его объема находится над водой, а половина под водой

девочки становятся выше мальчиков. Позднее, когда мальчики вступают в фазу пубертатного ускорения роста, они вновь обгоняют девочек по длине тела ("второй перекрест"). В среднем, для детей, проживающих в городах, перекресты кривых роста приходятся на 10 лет 4 месяца и 13 лет 10 мес. Сопоставляя ростовые кривые, характеризующие длину тела мальчиков и девочек, Куц (1993) указывал, что они имеют двукратное перекрещивание. Первый перекрест наблюдается от 10 до 13 лет, второй — в 13—14. В целом, закономерности процесса роста едины в разных группах и дети достигают определенного уровня дефинитивной величины тела примерно в одни и те же сроки.

7 до 10 лет длина тела увеличивается в среднем на 5 см в год. С 9-летнего возраста начинают проявляться половые различия в скорости роста. У девочек особенно заметное ускорение роста наблюдается в возрасте от 10 до 13 лет, затем продольный рост замедляется, а после 15 лет резко тормозится. У мальчиков наиболее интенсивный прирост тела происходит от 13 до 15 лет, а затем также наступает замедление процессов роста (таблицы 3.15-3.18, рис. 3.43).

Максимальная скорость роста отмечается в пубертатный период у девочек между 11 и 12 годами, а у мальчиков — на 2 года позже. Вследствие одновременности наступления пубертатного ускорения роста у отдельных детей средняя величина максимальной скорости получается несколько заниженной (6—7 см в год). При индивидуальных наблюдениях видно, что максимальная скорость роста достигает у большинства мальчиков — 8—10 см, а у девочек — 7—9 см в год. Поскольку пубертатное ускорение роста девочек начинается раньше, происходит так называемый "первый перекрест" кривых роста — девочки становятся выше мальчиков.

Таблица 3.14. Возрастные этапы развития человека (Griman, 1966)

Этап развития	Период времени	Возраст, лет
Новорожденный	До заживания пуповины	
Грудной возраст	До появления первого молочного зуба	6 мес
Ползунковый возраст	До умения ходить	1—1,5 года
Возраст ребенка	До появления первого постоянного зуба	6 лет
Младший школьный возраст	До появления первого признака полового созревания	9 лет (девочки) 11 лет (мальчики)
Препубертатный период	Начало ускоренного роста тела, быстрое развитие половых органов, начало развития грудных желез	11—12 (девочки) 13—14 (мальчики)
Пубертатный период	Время между появлением волосяного покрова на лобке и первой менструацией (девочки) или развитии зрелых сперматозоидов (мальчики)	13—14 (девушки) 14—15 (юноши)
Возраст завершения биологического созревания	Период между половой зрелостью и завершением роста тела	17—18 (девушки) 22 (юноши)

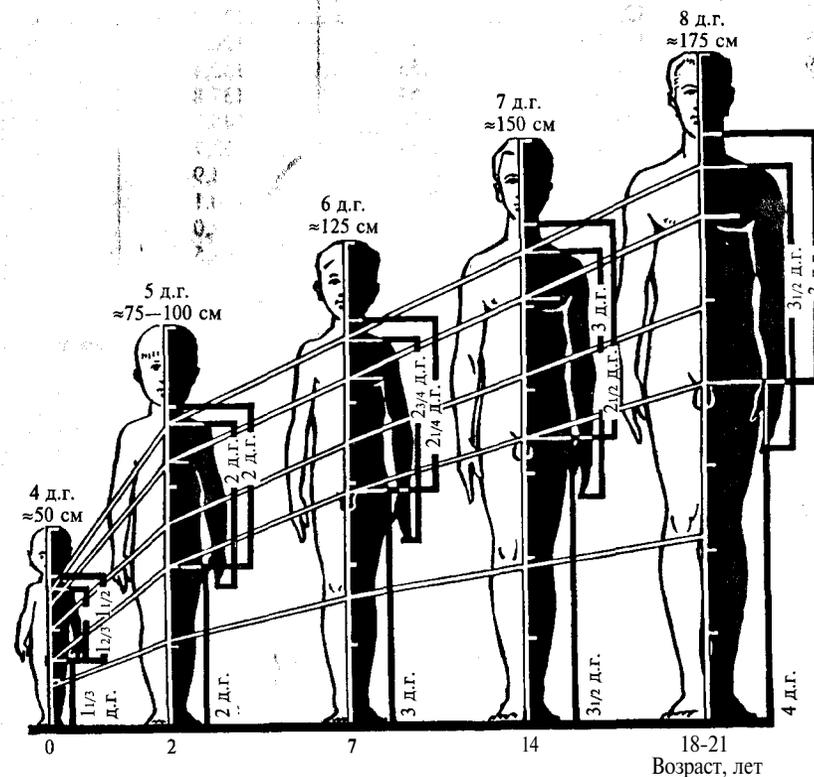


Рис. 3.42. Изменения пропорций тела в процессе онтогенеза: д.г. — длина головы

Таблица 3.15. Средние величины годовых прибавок длины тела русских городских детей (Никитюк, 1980)

Возрастные периоды по годам	Мальчики			Девочки		
	Конечная величина	Прибавка за период	Годичная прибавка	Конечная величина	Прибавка за период	Годичная прибавка
Новорожденные	51,6	—	—	50,9	—	—
До 1 года	75,0	23,4	23,4	73,8	22,9	22,9
1—4	100,7	25,7	8,6	100,1	26,3	8,8
4—7	118,9	18,1	6,0	118,2	18,1	6,0
7—10	133,8	14,9	5,0	133,4	15,2	5,1
10—13	148,2	14,4	4,8	150,5	17,1	5,7
13—16	165,6	17,4	5,8	158,0	7,5	2,5
16—17	168,8	3,2	3,2	158,6	0,6	0,6

Таблица 3.16. Показатели роста детей школ Украины (Куц, 1993)

Возраст, лет	М		±m	
	Мальчики		Девочки	
6	118,8	0,49	117,3	0,60
7	122,4	0,62	125,8	0,51
8	127,5	0,52	126,7	0,48
9	132,5	0,55	132,4	0,60
10	139,3	0,64	137,8	0,67
11	144,6	0,76	145,7	0,54
12	148,4	0,53	153,7	0,72
13	153,1	0,66	154,9	0,75
14	160,6	0,79	160,1	0,65
15	164,9	0,65	162,0	0,58
16	167,9	0,62	164,5	0,48
17	170,8	0,46	165,9	0,51

Таблица 3.17. Показатели роста мальчиков г. Киева с учетом сигмальных отклонений (Круевич, 1999)

Возраст, лет	M-2σ	M-σ	M	Д	M+σ	M+2σ
1	68,8	73,7	78,6	4,9	83,5	88,4
2	75,3	82,7	90,1	7,4	97,5	104,9
3	80,6	88	95,4	7,4	102,8	100,2
4	92,8	99,2	105,6	6,4	112	188,4
5	100,9	107,5	114,1	6,6	120,7	127,3
6	105,6	112,1	118,6	6,5	125,1	131,6
7	110,5	116,7	122,9	6,2	129,1	135,3
8	112,1	119,1	126,1	7	133,1	140,1
9	117,5	125,1	132,7	7,6	140,3	147,9
10	124	131,4	138,8	7,4	146,2	153,6
11	126,8	136	145,2	9,2	154,4	163,6
12	134,2	141,8	149,4	7,6	157	164,6
13	136,3	146,2	156,1	9,9	166	175,9
14	148,2	156,5	164,8	8,3	173,1	181,4

Таблица 3.18. Показатели роста девочек г. Киева с учетом сигмальных отклонений (Круевич, 1999)

Возраст, лет	M-2σ	M-σ	M	Д	M+σ	M+2σ
1	64	69	74	5	79	84
2	76,1	82,3	88,5	6,2	94,7	100,9
3	84	90,8	97,6	6,8	104,4	111,2
4	89,1	96,9	104,7	7,8	112,5	120,3
5	98,3	104,9	111,5	6,6	118,1	124,7
6	105,6	110,7	115,8	5,1	120,9	126
7	122,6	117,5	122,4	4,9	127,3	132,3
8	122,2	119	125,8	6,8	132,6	139,4
9	120,6	127	133,4	6,4	139,8	146,2
10	128,5	134,6	140,7	6,1	146,8	152,9
11	132,4	139,7	147	7,3	154,3	161,6
12	133,6	141,8	150	8,2	158,2	166,4
13	143,2	150,1	157	6,9	163,9	170,8
14	148,8	155	161,2	6,2	167,4	173,6

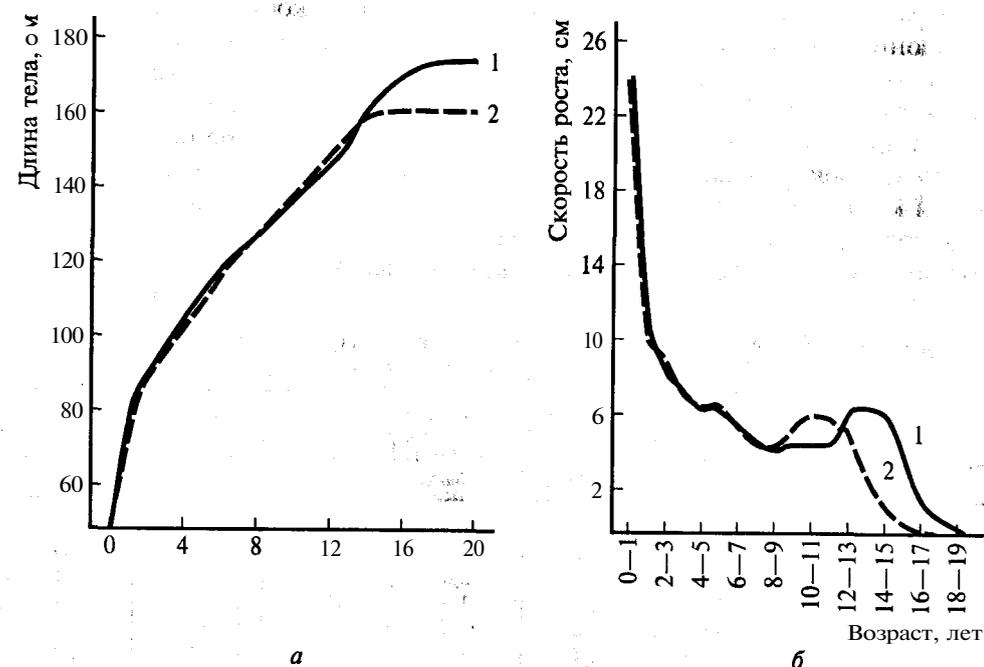


Рис. 3.43. Динамика роста (а) и скорости роста (б) человека: 1 — мужчины, 2 — женщины

В отличие от длины масса тела является весьма лабильным показателем, сравнительно быстро реагирующим и изменяющимся под влиянием экзо- и эндогенных факторов.

Значительный прирост массы тела отмечается у мальчиков и девочек в период полового созревания. В этот период (от 10—11 до 14—15 лет) масса тела девочек больше, чем масса тела мальчиков, а приросты массы тела у мальчиков становятся значительными. Максимум прироста массы тела обоих полов совпадает с наибольшим увеличением длины тела. По данным Чтецова (1983), от 4 до 20 лет масса тела мальчиков увеличивается на 41,1 кг, тогда как масса тела девочек — на 37,6 кг. До 11 лет масса тела мальчиков больше, чем масса тела девочек, а от 11 до 15 — девочки тяжелее мальчиков. Кривые изменения массы тела мальчиков и девочек дважды перекрещиваются. Первый перекрест приходится на 10—11 лет и второй на 14—15.

У мальчиков наблюдается интенсивный прирост массы тела в период 12—15 лет (10—15%), у девочек — между 10 и 11 годами. У девочек интенсивность прироста массы тела происходит более энергично во всех возрастных группах (табл. 3.19—3.22, рис. 3.44).

Исследования, проведенные Губой (2000), позволили автору выявить ряд особенностей прироста биоэвентуры тела человека в период от 3 до 18 лет:

- размеры тела, расположенные в разных плоскостях, увеличиваются синхронно. Особенно четко это прослеживается при анализе интенсивности ростовых процессов или по показателю прибавки длины за год, отнесенной к тотальной прибавке за ростовой период от 3 до 18 лет;

- в пределах одной конечности наблюдается чередование интенсивности прироста проксимальных и дистальных концов биоэвентуры. По мере приближения к зрелому возрасту разность интенсивности прироста проксимальных и дистальных концов биоэвентуры неуклонно снижается. Эта же закономерность была выявлена автором в ростовых процессах кисти человека;

Таблица 3.19. Средние величины годовых прибавок массы тела русских городских детей, кг (Никитюк, 1980)

Возрастные периоды по годам	Мальчики			Девочки		
	Конечная величина	Прибавка за период	Годичная прибавка	Конечная величина	Прибавка за период	Годичная прибавка
Новорожденные	3,5	—	—	3,4	—	—
До 1 года	10,3	6,8	6,8	9,8	6,4	6,4
1—4	16,4	6,1	2,0	16,0	6,2	2,1
4—7	22,6	6,2	2,1	22,2	6,2	2,1
7—10	30,0	7,4	2,5	29,4	7,2	2,4
10—13	39,5	9,5	3,2	42,2	12,8	4,3
13—16	55,9	16,4	5,5	53,2	11,0	3,7
16—17	59,7	3,8	3,8	54,6	1,4	1,4

Таблица 3.20. Показатели массы тела детей школ Украины, кг (Куц, 1993)

Возраст, лет	М	±г	М	±г
	Мальчики		Девочки	
6	22,4	0,52	21,3	0,36
7	24,8	0,39	21,3	0,36
8	28,0	0,41	26,8	0,36
9	30,2	0,43	29,7	0,50
10	34,7	0,44	32,8	0,64
11	36,1	0,45	38,4	0,39
12	42,8	0,69	44,9	0,99
13	43,6	0,44	45,0	0,65
14	50,7	0,75	51,7	0,65
15	56,9	0,78	59,5	0,65
16	63,1	0,83	60,4	0,99

Таблица 3.21. Показатели массы тела мальчиков г. Киева с учетом сигмальных отклонений, кг (Круцевич, 1999)

Возраст, лет	М-2σ	М-S	М	Д	М+5	М+2σ
1	9,2	10,4	11,6	1,2	12,8	14
2	10,3	12	13,7	1,7	15,4	17,1
3	10,5	12,5	14,5	2	16,5	18,5
4	12,9	15,3	17,7	2,4	20,7	22,5
5	10,1	15,4	20,7	5,3	26	37,3
6	16,3	19,5	22,7	3,2	25,6	29,1
7	16	20	24	4	28	32
8	16,7	21,8	26,9	5,1	32	37,1
9	19,2	24,6	30	5,4	35,4	40,8
10	21,8	28,1	34,4	6,3	40,7	47
11	24,1	32,7	41,3	8,6	49,9	58,5
12	28,9	36,6	44,3	7,7	52	59,7
13	28,9	39,2	49,5	10,3	59,8	70,1
14	33,8	45,9	58	12,1	70,1	82,2

Таблица 3.22. Показатели массы тела девочек г. Киева с учетом сигмальных отклонений, кг (Круцевич, 1999)

Возраст, лет	М-2σ	М-σ	М	Д	М+5	М+2σ
1	8,2	9,6	11,0	1,4	12,4	13,8
2	9,3	11,2	13,1	1,9	15,0	16,9
3	11,8	13,7	15,6	1,9	17,5	19,4
4	10,4	13,8	17,2	3,4	20,6	24,0
5	13,2	16,4	19,6	3,2	22,8	26,0
6	15,7	18,1	20,5	2,4	22,9	25,3
7	17,2	20,5	23,8	3,3	27,1	30,5
8	17,4	21,8	26,2	4,4	30,6	35,0

Возраст, лет	M-2δ	M-δ	M	Д	M+8	M+28
9	19,1	25,3	31,5	6,2	37,7	43,9
10	22,2	29,5	36,8	7,3	44,1	51,4
11	27,2	34,8	42,4	7,6	50,0	57,6
12	27,4	36,4	45,4	9,0	54,4	63,4
13	32,4	41,4	50,4	9,0	59,4	68,4
14	37,9	46,4	54,9	8,5	63,4	71,9

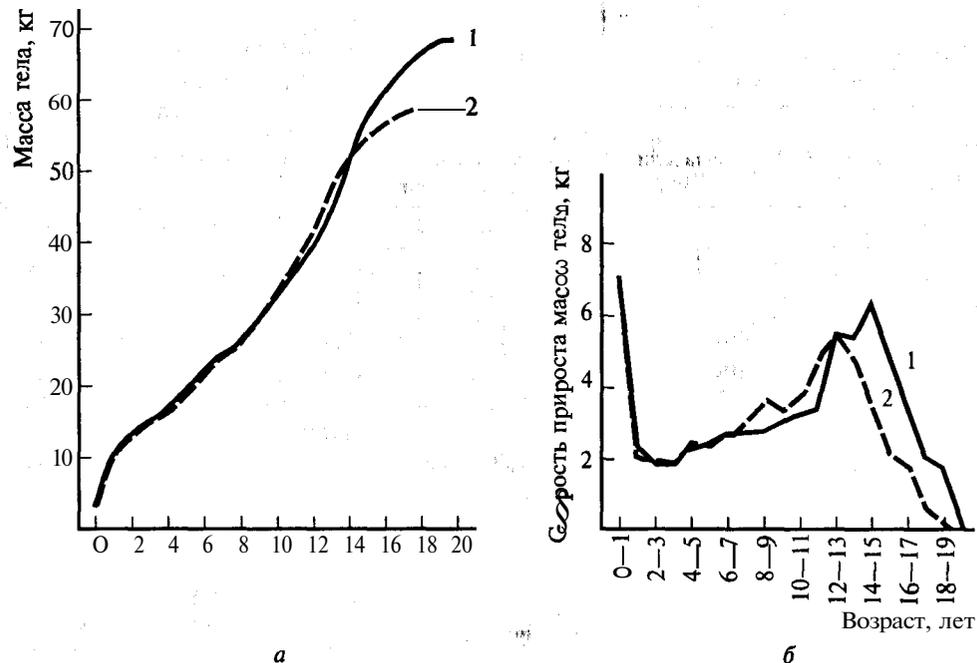


Рис. 3.44. Динамика роста (а) и скорости роста (б) человека:
1 — мужчины, 2 — женщины

• выявлены два ростовых скачка, свойственных проксимальным и дистальным концам биозвеньев, они совпадают по величине прироста, но не совпадают по времени. Сравнение роста проксимальных концов биозвеньев верхней и нижней конечности показало, что от 3 до 7 лет более интенсивно растет верхняя конечность, а от 11 до 15 лет — нижняя. Выявлена гетерохронность роста конечностей, то есть подтверждается в постнатальном онтогенезе наличие краниокаудального эффекта роста, который четко выявлялся в эмбриональный период.

3.6. Методологические особенности изучения и оценки осанки человека

Нормальная осанка является одним из критериев, который определяет состояние здоровья человека. При осмотре спереди относительно фронтальной плоскости она характеризуется следующими признаками: положение головы прямое; плечи, ключицы, реберные дуги, гребни подвздошных костей симметричны; живот плоский, подтянут; нижние конечности прямые (углы тазобедренных и коленных суставов около 180°); при осмотре сзади: контуры плеч и нижние углы лопаток располагаются на одном уровне, а внутренние края — на одинаковом расстоянии от позвоночного столба; при осмотре сбоку относительно сагиттальной плоскости: позвоночный столб имеет умеренные физиологические изгибы (шейный и поясничный лордозы, грудной и крестцово-копчиковый кифозы). Линия, условно проведенная через центр тяжести головы, плечевой сустав, большой вертел, головку малоберцовой кости, наружную сторону голеностопного сустава, должна быть непрерывной вертикальной (рис. 3.45).

С момента изучения осанки человека было предложено большое количество ее классификаций (Kasperczyk, 2000). Одна из первых была разработана во второй половине XIX века в Германии. Она отражала веяния того времени, и основным критерием ее оценки являлась "военная" стойка. С учетом этого осанку человека определяли как нормальную, свободную и непринужденную. В начале 1880-х годов Fischer разработал несколько иную классификацию, выделив военную, правильную и неправильную осанки. Позднее эта классификация неоднократно повторялась многими специалистами в различных интерпретациях.

Немецкий ортопед Staffel (1889), с учетом особенностей изгибов позвоночного столба человека относительно сагиттальной плоскости, выделил пять типов осанки: нормальную, круглую спину (*dorsum rotundum*), плоскую спину (*dorsum planum*), вогнутую спину (*dorsum cavum*) и плоско-вогнутую спину (*dorsum rotundo-cavum*).

В 1927 г. Dudzinski, опираясь на классификацию Staffel, разработал четыре типа нарушений осанки, присущие детям: выпуклая, кругло-вогнутая, с боковым искривлением позвоночного столба и с выраженными комбинированными нарушениями позвоночника.

Stafford (1932) разработал классификацию, состоящую из трех типов осанок:

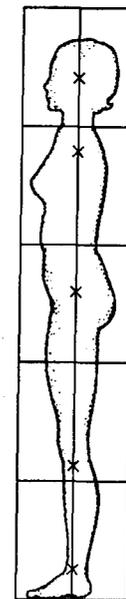


Рис. 3.45. Нормальная осанка. Вид сбоку относительно сагиттальной плоскости

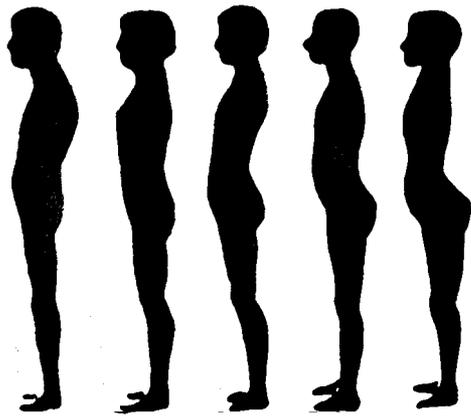


Рис. 3.46. Классификация осанки человека (Haglund, Falk, 1923)

1. Осанка с выраженным переднезадним искривлением позвоночного столба:

- спина круглая;
- спина плоская;
- спина выгнутая;
- спина выпукло-вогнутая;

2. Осанка чересчур напряженная.
3. Осанка с боковым искривлением позвоночного столба.

И в других попытках разработки классификаций осанок (Haglund и Falk, 1923, рис. 3.46; Stasienkow, 1955; Wolanski, 1957) отмечается большее влияние на них классификации Staffel.

Начало XX в. в Америке было отмечено большим количеством работ по изучению осанки человека.

Так, в 1917 г. Brown, ортопед из Гарвардского университета, разработал так называемую гарвардскую классификацию осанки тела человека, критерием оценки которой служила величина физиологических изгибов позвоночного столба относительно сагиттальной плоскости. Исследовав 746 студентов университета, автор выделил четыре типа осанок (рис. 3.47), обозначив их заглавными буквами алфавита: А — осанка совершенная; В — осанка хорошая; С — осанка с незначительными нарушениями; D — осанка плохая. В дальнейшем эта классификация неоднократно модифицировалась и изменялась разными специалистами. Так, в Бостоне Klein и Thomas (1926) на основании систематизации результатов исследований школьников выделили три типа осанки: сильную, среднюю и слабую.

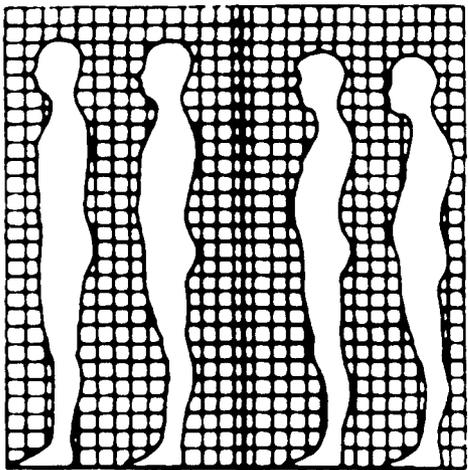


Рис. 3.47. Классификация осанки человека (Brown, 1917)

Разработанная в университете Южной Калифорнии классификация типов осанки человека Wilson (рис. 3.48) также опиралась на типологию Brown.

На основании анализа ста фотограмм вертикальных поз человека Brownell в 1927 г. разработал классификацию, включающую 13 типов

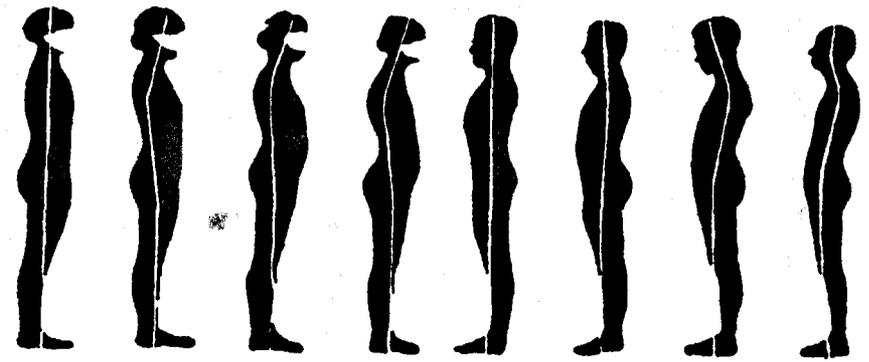


Рис. 3.48. Классификация осанки человека (Wilson)

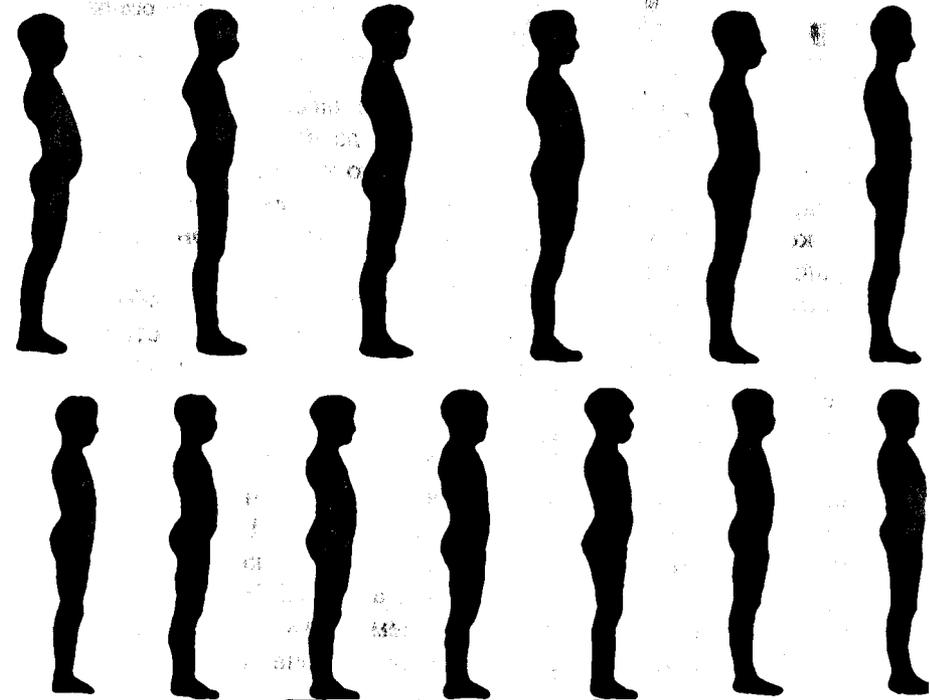


Рис. 3.49. Классификация осанки человека (Brownell, 1927)

осанок (рис. 3.49). Осанка анализировалась по специальной шкале с учетом 120 характеристик тела человека.

В 1936 г. Crook разработал классификацию для детей дошкольного возраста (рис. 3.50). Анализируя данные 100 детей, автор выделил 13 наиболее типичных для этого возраста типов осанок, оценивая их от 0 (самая плохая

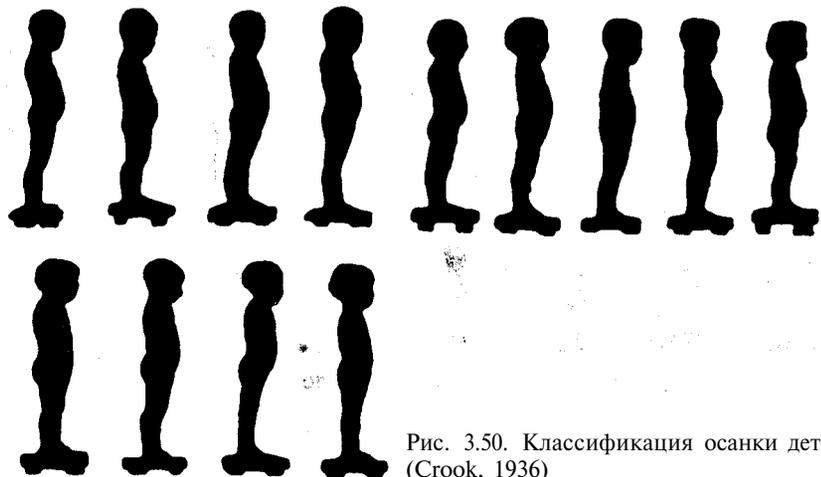


Рис. 3.50. Классификация осанки детей (Crook, 1936)

осанка) до 100 (отличная). В разработанной классификации осанка в среднем была выражена 50 характеристиками тела человека. При этом критерии оценки осанки не ограничивались только характеристиками позвоночного столба, а учитывали также различные показатели ОДА — степень выпрямления коленных суставов, угол наклона таза, наклон головы вперед, степень равновесия тела и др.

Польский вариант классификации осанки человека разработал Wolanski (1957). С учетом физиологических изгибов позвоночного столба автором было выделено три типа осанки:

1. К — кифотическая осанка;
2. Л — лордотическая осанка;
3. R — равномерная осанка.

Классификация Wolanski возникла в результате проведения автором измерений осанок 1300 детей Варшавы в возрасте от 11 до 17 лет. В дальнейшем, на основании проведения исследований, в которых участвовало 3500 испытуемых в возрасте от 3 до 20 лет, автором была расширена разработанная им классификация с включением в каждый тип еще два подтипа. Таким образом, получилась типология, включающая 9 типов осанок человека (рис. 3.51).

С учетом выраженности физиологических изгибов позвоночного столба Николаевым (1954) была предложена классификация осанки, включающая пять типов: нормальную, выпрямленную, сутуловатую, лордотическую и кифотическую.

При *нормальной осанке* величина изгибов позвоночного столба находится в пределах средних значений. При *выпрямленной осанке* позвоночный столб прямой, его изгибы плохо выражены. *Сутуловатая осанка* характери-

Осанки	Правильная		Неправильная	
	Очень хорошая	Хорошая	С недостатками	Плохая
Кифозная				
Равномерная				
Лордозная				

Рис. 3.51. Типы осанок тела человека по Wolanski (1957): К — кифозная; Р — равномерная; Л — лордозная

зается увеличенным шейным лордозом, в связи с чем голова несколько выдвинута вперед, грудной кифоз увеличен. *Лордотическая осанка* отличается сильно выраженным поясничным лордозом. При *кифотической осанке* резко увеличен грудной кифоз.

Недригайлова (1962) в зависимости от способа фиксирования суставов и положения сегментов нижней конечности в норме предлагает различать четыре типа осанки:

- *симметричный активный сгибательный тип* с полусогнутыми тазобедренными и коленными суставами, которые активно фиксируются напряжением мышц. Туловище наклонено вперед и ОЦТ тела смещен впереди. Такой "защитный" тип вертикальной позы наблюдается преимущественно у детей младшего возраста, начинающих ходить, и у пожилых людей с недостаточно устойчивым равновесием тела;

- *симметричный активно-пассивный тип* с вертикальным расположением туловища и нижних конечностей. ОЦТ тела располагается несколько кзади или на уровне оси движения тазобедренного сустава и несколько впереди или на уровне оси движения коленного сустава. Оба сустава фиксируются в основном пассивно, но мышцы находятся в состоянии постоянного тонического напряжения для более надежной блокировки суставов;

- *симметричный, разгибательный, преимущественно пассивный тип* — тазобедренный и коленный суставы находятся в положении переразгиба, локализация ОЦТ тела смещена на 3—4 см кзади от оси вращения тазобедренного сустава и впереди от оси вращения разогнутого коленного сустава. Оба сочленения пассивно фиксируются напряжением связочного аппарата, голеностопный сустав — активно.

- *асимметричный тип* характеризуется тем, что опорная нога устанавливается в положении разгибания в тазобедренном и коленном суставах и эти сочленения замыкаются пассивно. Другая нога принимает на себя значительно меньшую нагрузку, ее биозвенья находятся в сгибательном положении и сочленения фиксируются активно.

Основываясь на результатах гониометрии позвоночного столба, Гамбурцев (1973) классифицировал тип осанки с учетом трех признаков — угла наклона таза к вертикали (x_1), показателя поясничного лордоза ($a + p$), угла наклона верхнегрудного отдела позвоночного столба к вертикали (y), по которым выделил 27 типов осанки (табл. 3.23, рис. 3.52).

Функциональные смещения позвоночного столба Путилова (1975) сгруппировала в 3 группы: 1 — смещения во фронтальной плоскости; 2 — смещения в сагиттальной плоскости; 3 — комбинированные смещения. Нарушение осанки во фронтальной плоскости (сколиотическая осанка) характеризуется смещением оси позвоночного столба вправо и влево от срединного положения.

Таблица 3.23. Классификация типов осанки (Гамбурцев, 1973)

Угол наклона таза к вертикали (x_1)	Показатель поясничного лордоза ($a + p$)	Угол наклона верхнегрудного отдела позвоночного столба к вертикали (y)		
		1-я категория	2-я категория	3-я категория
1-я категория	1-я категория	1	2	3
	2-я категория	4	5	6
	3-я категория	7	8	9
2-я категория	1-я категория	10	11	12
	2-я категория	13	14	15
	3-я категория	16	17	18
3-я категория	1-я категория	19	20	21
	2-я категория	22	23	24
	3-я категория	25	26	27

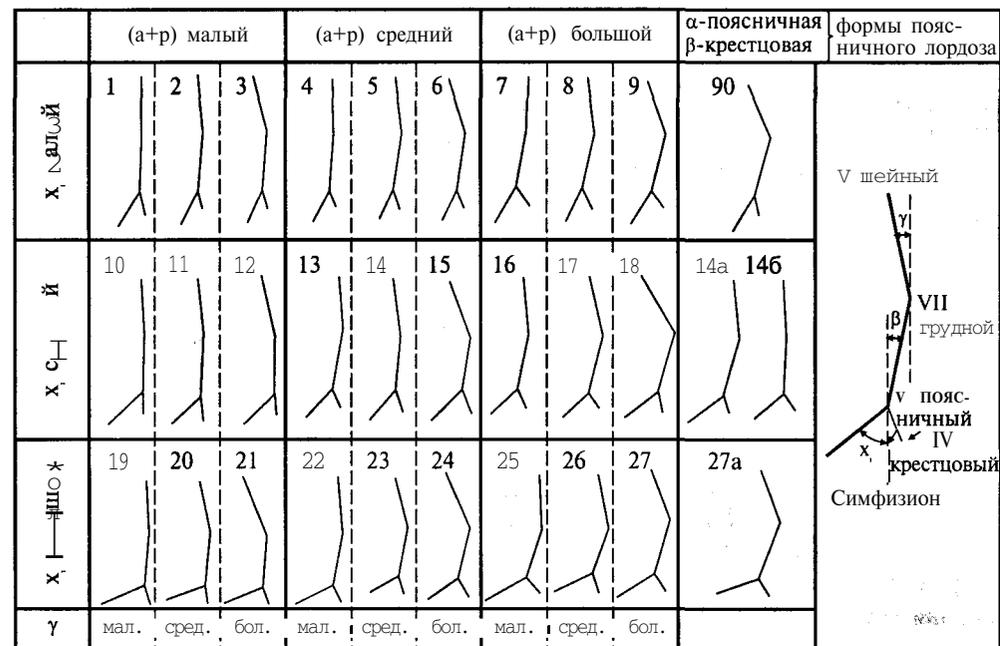


Рис. 3.52. Типы осанки человеческого тела (Гамбурцев, 1973)

Нарушения осанки в сагиттальной плоскости делятся на 2 группы: 1-я группа — с увеличением физиологических кривизн, 2-я — с их уплощением. При увеличении грудного кифоза и поясничного лордоза формируется *осанка с кругловогнутой спиной*. Тотальное увеличение грудного кифоза ведет к образованию *осанки с круглой спиной*, а увеличение поясничного

лордоза — к *лордотической*. При уплощении физиологических изгибов развивается *плоская осанка*.

Комбинированная осанка в сагиттальной и во фронтальной плоскостях характеризуется увеличением или уменьшением физиологических изгибов в сочетании с первичным боковым смещением оси позвоночного столба (влево, вправо) на различных уровнях. *Сколиотическая осанка* может быть в сочетании с *кругловогнутой*, круглой, плоской и лордотической спиной.

Умение и неумение правильно держать свое тело в пространстве влияет не только на внешний вид человека, но и на состояние его внутренних органов и здоровье. Осанка формируется в процессе роста ребенка, изменяясь в зависимости от условий быта, учебы, занятий физической культурой.

Смагина (1979), принимая во внимание положение позвоночного столба, состояние стоп, учитывая различные нарушения, характерные для неправильной осанки детей школьного возраста, разработала другой подход относительно ее классификации и выделила пять групп.

К первой группе относятся здоровые дети, у которых позвоночный столб расположен симметрично, но имеется несколько нарушений, характерных для неправильной осанки: опущенные вперед плечи, крыловидные лопатки, незначительная деформация грудной клетки. Стопа у таких детей — нормальная.

Ко второй группе относятся дети с искривлениями позвоночного столба во фронтальной плоскости вправо или влево на величину до 1 см, которые могут быть исправлены самим ребенком путем напряжения мышц спины. Наблюдается: асимметрия плечевых линий, опущение плеча и одноименной лопатки, крыловидные лопатки и разные по форме треугольники талии, стопа уплощена (расширение поверхности подошвенной стороны стопы, незначительное опущение продольного свода).

У детей третьей группы отмечается уменьшение или увеличение физиологических изгибов позвоночного столба в сагиттальной плоскости, в одном или нескольких отделах. В зависимости от изменения изгибов спина ребенка принимает плоскую, круглую, *кругловогнутую* или плосковогнутую форму. Частыми элементами нарушения осанки являются уплощенная или впалая грудная клетка, слабые мышцы груди, крыловидные лопатки, уплощенные ягодицы.

К четвертой группе относят детей с органическими поражениями костной системы (искривление позвоночного столба во фронтальной плоскости в одном или нескольких отделах, в виде дуги или дуг, обращенных вправо или влево на величину, превышающую 1 см (сколиоз), со скручиванием позвонков вокруг вертикальной оси, наличием реберного горба, асимметрии плечевого пояса, грудной клетки и треугольников талии).

К пятой группе относятся дети, у которых наблюдается стойкая деформация позвоночного столба в сагиттальной плоскости (кифоз и кифосколиоз). Обнаруживаются торчащие крыловидные лопатки, выступающие вперед плечевые суставы, грудная клетка уплощена.

Гладышева (1984) на основании соотношения плоскостей грудной клетки и живота предлагает различать четыре типа осанки: очень хорошую, хорошую, среднюю и плохую.

При *очень хорошей осанке* передняя поверхность грудной клетки несколько выступает вперед по отношению к передней поверхности живота (он как бы втянут).

Хорошая осанка характеризуется тем, что передние поверхности грудной клетки и живота лежат в одной плоскости, голова немного наклонена вперед.

При *средней осанке* передняя поверхность живота несколько выступает вперед по отношению к передней поверхности груди, поясничный лордоз увеличен, продольные оси нижних конечностей наклонены вперед.

При *плохой осанке* передняя поверхность живота сильно выдается вперед, грудная клетка уплощена, грудной кифоз и поясничный лордоз увеличены.

Потапчук и Дидур (2001), принимая во внимание особенности физического развития детей, предлагают выделять осанку дошкольника, младшего школьника, юноши и девушки.

Оптимальная осанка дошкольника: туловище расположено вертикально, грудная клетка симметрична, плечи развернуты, лопатки слегка выступают, живот выдается вперед, намечается поясничный лордоз. Нижние конечности выпрямлены, угол наклона таза — от 22 до 25°.

Нормальная осанка школьника характеризуется следующими признаками: голова и туловище расположены вертикально, плечевой пояс горизонтально, лопатки прижаты к спине. Физиологические изгибы позвоночного столба относительно сагиттальной плоскости умеренно выражены, остистые отростки расположены по одной линии. Выпячивание живота уменьшается, но передняя поверхность брюшной стенки расположена впереди от грудной клетки, угол наклона таза увеличивается.

Оптимальная осанка юноши и девушки, по мнению авторов, следующая: голова и туловище расположены вертикально при выпрямленных ногах. Плечи слегка опущены и находятся на одном уровне. Лопатки прижаты к спине. Грудная клетка симметрична. Молочные железы у девушек и околососковые кружки у юношей симметричны и находятся на одном уровне. Живот плоский, втянут по отношению к грудной клетке. Физиологические изгибы позвоночного столба хорошо выражены, у девушек подчеркнут лордоз, у юношей — кифоз.

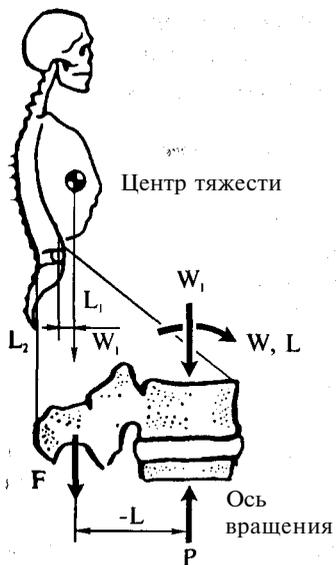


Рис. 3.53. Механизм создания механической нагрузки на межпозвонковые диски:
 W_1 — вес вышележащих частей тела; L_1 — плечо силы тяжести; F — сила мышц, разгибающих позвоночный столб; L_2 — их плечо. Поскольку система находится в равновесии, $W_1 L_1 = F L_2$, откуда $F = W_1 L_1 / L_2$. Сила, действующая на межпозвонковый диск, $P = W_1 + F$ или $P = W_1 (1 + L_1 / L_2)$ (Аруин, Зациорский, 1989)

При вертикальной позе механические нагрузки, действующие на межпозвонковые диски, могут превышать массу тела человека. Рассмотрим механизм (возникновения этих нагрузок, рис. 3.53). ОЦМ тела стоящего человека расположен примерно в области позвонка L_{IV} . Поэтому на данный позвонок действует масса вышележащих частей тела, равная примерно половине массы тела.

Однако ОЦМ вышележащей части тела расположен не непосредственно над межпозвонковым диском, а несколько впереди от него (это касается и позвонка L_{IV} , который наиболее выступает вперед), поэтому возникает момент силы вращения, под действием которого тело сгибалось бы вперед, если бы моменту силы тяжести не был противопоставлен момент силы, создаваемый мышцами-разгибателями позвоночного столба. Эти мышцы расположены близко от оси вращения (которая находится приблизительно в области студенистого ядра межпозвонкового диска), и поэтому плечо их силы тяги небольшое. Чтобы создать необходимый момент силы, эти мышцы обычно должны развивать большую силу (действует закон рычага: чем меньше расстояние, тем больше сила).

Поскольку линия действия силы мышечной тяги идет практически параллельно позвоночному столбу, то она, суммируясь с силой тяжести, резко увеличивает давление на межпозвонковые диски. Поэтому сила, действующая на позвонок Ц, при обычном положении стоя составляет не половину массы тела, а вдвое большую величину. При наклонах, поднимании тяжестей и некоторых других движениях внешние силы создают большой момент относительно оси вращения, проходящей через поясничные межпозвонковые диски. Мышцы и особенно связки позвоночного столба расположены близко от оси вращения, и поэтому проявляемая ими сила должна в несколько раз превосходить вес поднимаемого груза и вышележащих частей тела. Именно эта сила влияет на механическую нагрузку, которая приходится на межпозвонковые диски. Например, сила, действующая на позвонок L_{III} у человека весом 700 Н, в разных условиях следующая (Nachemson, 1975):

Поза или движение	Сила, Н
Лежа на спине вытяжение 300 Н	100
Лежа на спине ноги прямые	300
Положение стоя	700
Ходьба	850
Наклон туловища в сторону	950
Сидя без поддержки	1000
Изометрические упражнения для мышц живота	1100
Смех	1200
Наклон вперед 20°	1200
Подъем в сед из положения лежа на спине, ноги выпрямлены	1750
Поднимание груза 200 Н, спина прямая, колени согнуты	2100
Поднимание груза 200 Н из наклона вперед, ноги выпрямлены	3400

У большинства женщин в положении стоя, из-за особенностей телосложения, возникает еще пара сил, действующих относительно тазобедренного сустава. При этом основание крестцовой кости (место соединения крестца с нижней поверхностью позвонка L_V) у женщин располагается кзади от фронтальной оси тазобедренных суставов (у мужчин их вертикальные проекции практически совпадают, рис. 3.54). Это создает для них дополнительные трудности при подъеме тяжестей — поднимаемый груз для женщин примерно на 15 % тяжелее.

При обычной стойке проекция ОЦМ тела расположена на $7,5 \pm 2,5$ мм кзади от вертельной точки (10—30 мм от фронтальной оси тазобедренных суставов), на $8,7 \pm 0,9$ мм кпереди от оси коленного сустава и на $42 \pm 1,8$ мм кпереди от оси голеностопного сустава (рис. 3.55) (Аруин, Зациорский, 1989).

Adams, Hutton (1986) определили, что в вертикальном положении человека поясничный отдел позвоночного столба оказывается согнутым примерно на 10° меньше своего эластичного предела. По мнению исследователей, такое ограничение движения, вероятно, обусловлено защитным действием мышц и тыльно-поясничной фасции. Они также подчеркнули, что предел безопасности может снижаться или исчезать полностью при быстрых движениях.

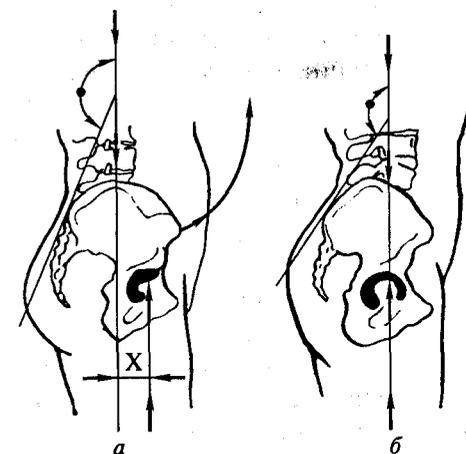


Рис. 3.54 Анатомическое строение пояснично-крестцового сочленения и тазобедренного сустава у женщин (а) и у мужчин (б) (Tichauer, 1978)

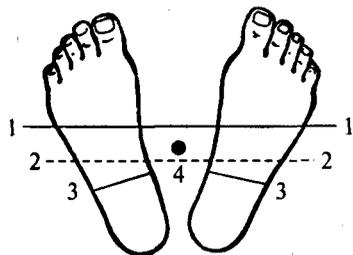


Рис. 3.55. Схема положения проекции общего центра масс по отношению к суставным линиям нижних конечностей в удобной стойке; 1—1 — проекция оси тазобедренных суставов; 2—2 — проекция оси коленных суставов; 3—3 — проекция осей голеностопных суставов; 4 — проекция общего центра масс (Гурфинкель, Коц, Шик, 1965)

Отклонения от нормальной осанки обозначают как нарушения осанки в том случае, если по результатам углубленного обследования не выявлены заболевания позвоночного столба или других отделов ОДА. Следовательно, нарушения осанки занимают промежуточное положение между нормой и патологией, а, по сути, являются состоянием предболезни. Принято считать, что нарушения осанки не являются заболеванием, так как они сопровождаются только функциональными нарушениями ОДА. В то же время они могут быть первыми проявлениями серьезных заболеваний.

Этапы развития нарушений осанки. *Неблагоприятный фон* — этап наличия биологических дефектов или неблагоприятных условий, способствующих нарушению осанки (при отсутствии динамических и статических отклонений).

Предболезнь — этап нефиксированных изменений ОДА. Имеются начальные проявления функциональной недостаточности систем обеспечения нормальной осанки, определяются симптомы нарушения осанки, отмечается ухудшение показателей физического развития. Изменения обратимы при нормализации процесса физического воспитания или направленной кинезитерапии.

Болезнь — этап статических деформаций ОДА соответствует наличию необратимых или трудно обратимых нарушений осанки.

Нарушения осанки бывают функциональными и фиксированными. При функциональном нарушении ребенок может принять положение правильной осанки по заданию, при фиксированном — не может. Функциональные нарушения чаще всего возникают из-за слабого мышечного корсета туловища.

Нарушение осанки в дошкольном и школьном возрасте приводит к ухудшению работы органов и систем растущего организма.

Нарушение осанки у детей встречается как в сагиттальной, так и во фронтальной плоскостях.

В сагиттальной плоскости различают нарушение осанки с увеличением или уменьшением физиологических изгибов позвоночного столба (рис. 3.56).

Увеличение физиологической кривизны позвоночного столба. *Круглая спина (сутулость)* — это наиболее часто встречающееся отклонение, при котором

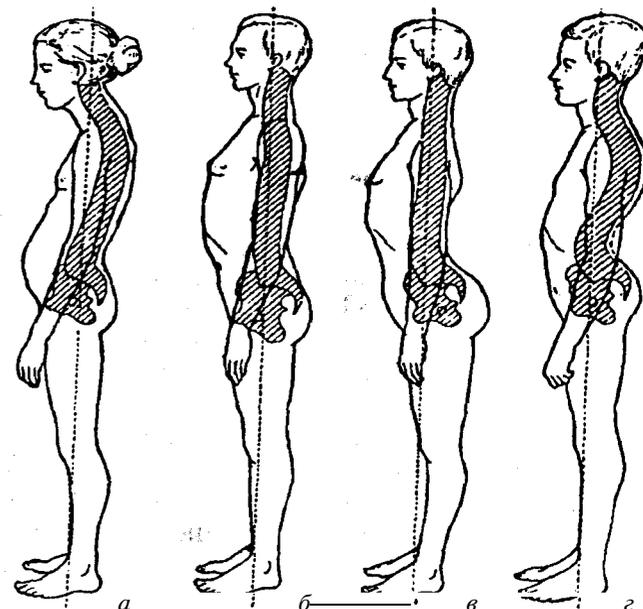


Рис. 3.56. Нарушения осанки в сагиттальной плоскости: а — круглая спина; б — плоская спина; в — сколиогнутая спина; з — кругловогнутая спина

наблюдается сильно выраженный грудной кифоз (который захватывает часть поясничного отдела позвоночного столба) и значительное уменьшение поясничного лордоза. При круглой спине голова обычно наклонена вперед; грудная клетка уплощена; плечи опущены вперед; лопатки имеют крыловидную форму; спина округлая; живот выпячен или отвисает; ягодицы уплощены; колени полусогнуты. Мышцы туловища в таком положении ослаблены, поэтому принять правильную осанку можно лишь на короткое время.

Данное нарушение осанки необходимо дифференцировать, особенно в препубертатном и пубертатном возрасте, с такой серьезной патологией позвоночного столба, как болезнь Шейерманна-Мау.

Отличительными особенностями болезни Шейерманна-Мау являются болевой синдром (отсутствующий в случае круглой спины), а также резкое ограничение подвижности позвоночного столба в груднопоясничном отделе. Кроме того, при болезни Шейерманна-Мау на рентгенограмме сагиттального профиля позвоночного столба выявляется клиновидная деформация тел позвонков, грыжи Шморля, сужение межпозвонковых промежутков в зоне кифоза.

При кругловогнутой спине значительно выражен грудной кифоз и поясничный лордоз; увеличен угол наклона таза; ягодицы резко выпячены

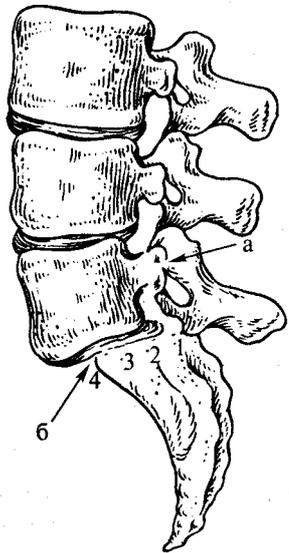


Рис. 3.57. Схема спондилолиза и спондилолистеза: а — спондилолиз; б — спондилолистез II степени. Цифры 1—4 обозначают величину смещения (степень выраженности)

назад, живот выпячен; талия укорочена; голова, шея и плечи наклонены вперед; грудная клетка уплощена. Наблюдается недоразвитие мышц живота, что обуславливает опускание внутренних органов.

Данное нарушение необходимо дифференцировать при выраженном поясничном лордозе со спондилолистезом (соскальзыванием тела позвонков кпереди вместе с вышележащим отделом позвоночного столба. Чаще всего соскальзывает позвонок L_5 ; рис. 3.57).

Отличительными особенностями спондилолистеза, встречающегося у детей, являются: болевой синдром и ограничение подвижности в поясничном отделе позвоночного столба; симптом "вожжей" — дефанс длинных разгибателей спины в поясничной области; симптом "телескопа" — приближение реберной дуги к тазовым костям и ряд других симптомов.

Уменьшение физиологической кривизны позвоночного столба. *Плоская спина* характеризуется сглаженностью физиологических изгибов позвоночного столба; лопатки имеют крыловидную форму (внутренние края и нижние углы лопаток расходятся в стороны). Грудная клетка недостаточно выпуклая, смещена вперед; нижняя часть

живота выдается вперед.

Определив у ребенка данный тип нарушения осанки, необходимо обязательно осмотреть его спину в горизонтальной плоскости (проба с наклоном вперед), чтобы определить наличие или отсутствие признаков поворота позвоночного столба вокруг вертикальной оси (ротации), проявляющихся мышечным или реберно-мышечным валиком.

Плосковогнутая спина — этот тип осанки встречается редко. У детей с такой осанкой при сравнительно плоской спине ягодицы выступают резко назад; таз сильно наклонен вперед; линия ОЦТ туловища проходит впереди тазобедренных суставов; шейный лордоз и грудной кифоз уплощены, а поясничная область позвоночного столба втянута.

При возникновении нарушений осанки, в частности, круглой и кругловогнутой спины, у детей наблюдается снижение функции сердечно-сосудистой и дыхательной систем, пищеварения, ретардация физического развития, а при плоской и плосковогнутой спине — еще и нарушение рессорной функции позвоночного столба.

К нарушениям осанки во фронтальной плоскости относится сколиоз. Это тяжелое прогрессирующее заболевание позвоночного столба, характеризующееся его боковым искривлением и скручиванием позвонков вокруг вертикальной оси — торсией. В зависимости от дуги искривления позвоночного столба различают несколько типов сколиоза.

Шейно-грудной сколиоз. Вершина искривления позвоночного столба находится на уровне T_{IV} — T_V позвонков, сопровождается ранними деформациями в области грудной клетки, изменениями лицевого скелета.

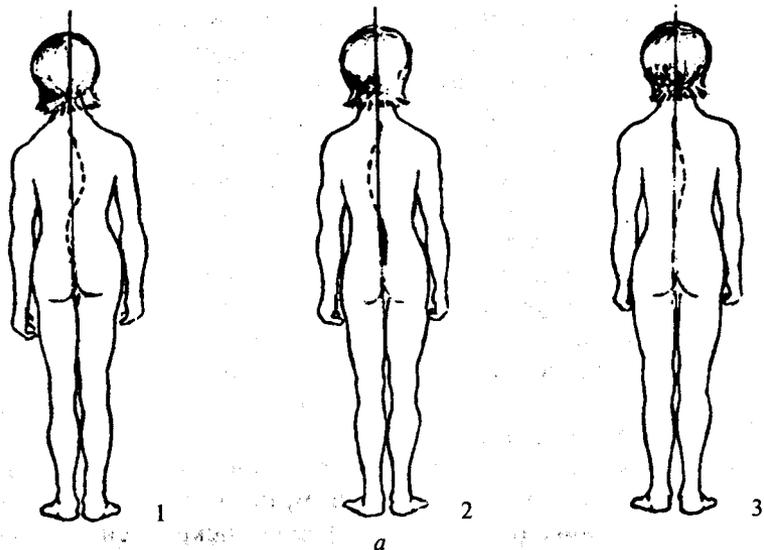
Грудной сколиоз. Вершина искривления позвоночника при грудном сколиозе располагается на уровне T_{VIII} — T_{IX} позвонков. Искривления бывают право- и левосторонние (рис. 3.58). Как правило, грудной сколиоз у большинства больных сопровождается деформациями грудной клетки, развитием реберного горба, выраженными функциональными нарушениями внешнего дыхания и кровообращения. Характерными признаками такого типа сколиоза являются: плечо со стороны выпуклости приподнято, лопатка расположена выше, позвоночный столб в грудном отделе искривлен, реберные дуги асимметричны, таз смещен в сторону искривления, живот выпячен вперед.

На рис. 3.59 представлен С-образный сколиоз верхнепоясничного и грудного отделов, при котором поясничный отдел имеет латерофлексию в направлении выпуклости сколиоза (вправо), а грудной отдел — в направлении наклона сколиоза (влево).

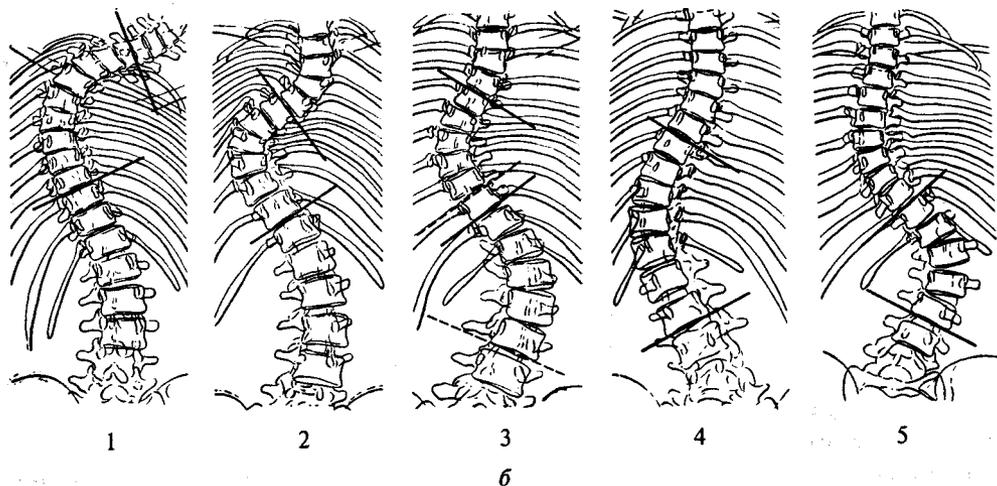
С-образные сколиозы формируются при укорочении мышц, имеющих места прикрепления на обширной области позвоночного столба и ребер. Так, например, наружная косая мышца прикрепляется от подвздошной кости до VI ребра. Такая форма сколиоза сопровождается выраженной асимметричностью (латерофлексией) границ отделов С-образного сколиоза и меньшей деформацией ребер.

Комбинированный, или S-образный сколиоз характеризуется двумя первичными дугами искривления — на уровне T_{VIII} — T_{IX} и L_I — L_{II} позвонков (см. рис. 3.57). Это прогрессирующее заболевание проявляется не только в деформации позвоночного столба, но также в нарушении функции внешнего дыхания, кровообращения и характерной боли в крестцово-поясничной области.

На рис. 3.60 представлен S-образный сколиоз, при котором поясничный отдел формирует выпуклость сколиоза вправо, а грудной — влево при укорочении внутренней кривой мышцы живота. Такой сколиоз позвоночного столба часто сопровождается реберным сколиозом, так называемый "реберный горб", который особенно хорошо диагностируется в сагиттальной плоскости, в то время как S-образная деформация сопровождается незначительной латерофлексией границ отделов позвоночного столба.



a



b

Рис. 3.58. Нарушение осанки во фронтальной плоскости:

- а) 1 — комбинированный, 2, 3 — право- и левосторонний грудной сколиоз;
 б) 1 — верхнегрудной; 2 — грудной; 3 — комбинированный; 4 — груднопоясничной;
 5 — поясничной сколиоз

Часто S-образный сколиоз формируется при сочетании C-образных сколиозов соседних отделов при их противоположной направленности. Так, на рис. 3.59 у пациента с укорочением наружной косой мышцы живота сформирован S-образный сколиоз выпуклостью вправо, который

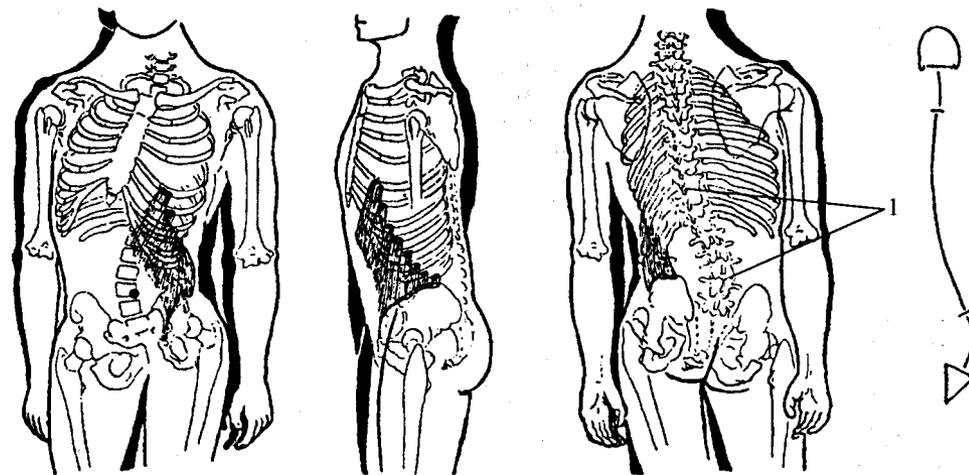


Рис. 3.59. Визуальные критерии деформации контуров тела при укорочении наружной косой мышцы живота (С-образный сколиоз выпуклостью вправо на грудном и поясничном отделах позвоночного столба), 1 — уровень максимальной выраженности сколиоза)

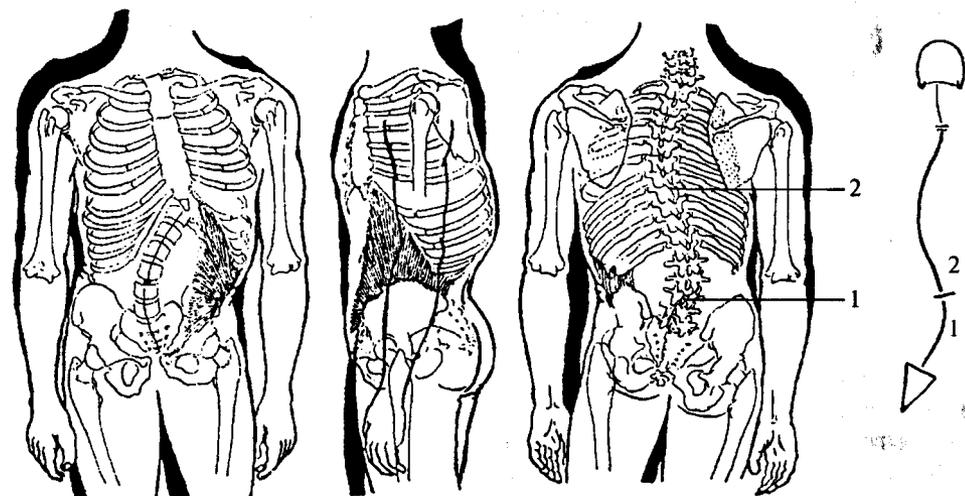


Рис. 3.60. Визуальные критерии деформации контуров тела при укорочении внутренней косой мышцы живота: S-образный сколиоз выпуклостью вправо на уровне поясничного отдела (1) и на уровне грудного отдела (2) позвоночного столба

состоит из C-образного сколиоза верхнепоясничного и грудного отделов выпуклостью влево и C-образного сколиоза крестцового и нижнепоясничного отделов выпуклостью вправо.

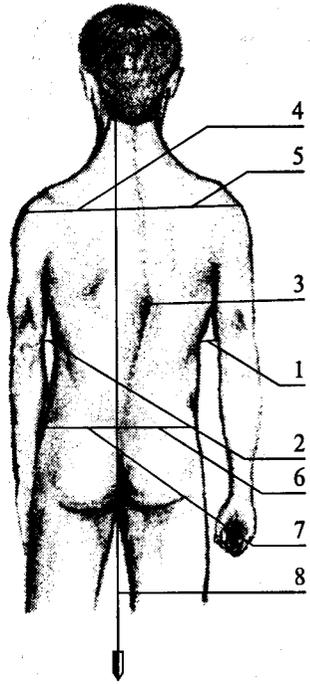


Рис. 3.61. Визуальные критерии деформации контуров тела при функциональном сколиозе вследствие тонусно-силового дисбаланса укороченной косой мышцы живота справа и растяжении квадратной мышцы поясницы слева: 1 — расстояние между боковой поверхностью тела и рукой справа большее; 2 — расстояние между боковой поверхностью тела и рукой слева меньшее; 3 — максимальная выпуклость сколиоза в сочетании с гипокифозом на уровне $T_{VIII}-T_{IX}$; 4 — горизонтальный размер левой половины грудной клетки увеличен; 5 — горизонтальный размер правой половины грудной клетки уменьшен; 6 — горизонтальный размер правой половины таза уменьшен; 7 — горизонтальный размер левой половины таза увеличен; 8 — проекция срединного отвеса смещена вправо

При осмотре особое внимание обращают на то, что максимальная разница в величине расстояния между рукой и боковой поверхностью тела выражена на высоте выпуклости сколиоза (рис. 3.61). Именно на этом уровне деформация позвоночного столба в сагиттальной плоскости (изменение формы лордоза и кифоза) выражена максимально. Так, на рис. 3.60 на высоте сколиоза на уровне $T_{VIII}-T_{IX}$ диагностируется гипокифоз.

Различают врожденные и приобретенные сколиозы.

Врожденный сколиоз редко обнаруживается до пятилетнего возраста, при этом, как правило, изменения позвоночного столба локализуются в переходных областях: пояснично-крестцовом, пояснично-грудном, шейно-грудном; захватывает небольшое количество позвонков, имеет небольшой радиус искривления; вызывает небольшие компенсаторные деформации.

Казьмин и соавторы (1989) предлагают классифицировать сколиозы на две группы:

1-я группа — **дискогенные** сколиозы, возникающие на основе диспластического синдрома;

2-я группа — **гравитационные** сколиозы.

На основании анализа данных гониометрических и клинических исследований Гамбурцев (1973) рекомендует выделять пять степеней сколиоза:

I степень — незначительные нарушения осанки во фронтальной плоскости (сколиотическая осанка). Искривление неустойчиво, едва намечается, суммарный показатель сколиоза — $1-4^\circ$. При слабом мышечном корсете и неблагоприятных условиях позы (например, длительное сидение за партой, не соответствующей росту) эти изменения могут стать более устойчивыми.

II степень — нефиксированный (нестойкий) сколиоз. Фронтальная кривизна позвоночного столба более выражена, однако устраняется разгрузкой (при поднятии рук или повисании), наблюдается разница в подвижности позвоночного столба вправо и влево, суммарный показатель сколиоза — $5-8^\circ$.

III степень — фиксированный сколиоз. При разгрузке получается только частичная коррекция (имеет место остаточная деформация). Намечается ротация позвонков, деформация тел позвонков еще не выражена и реберный горб отсутствует, суммарный показатель сколиоза — $9-15^\circ$.

IV степень — резко выраженный фиксированный сколиоз, не поддающийся коррекции. Тела позвонков деформированы, нередко имеют место выраженный реберный горб и поясничный валик. Разница при наклонах вправо и влево значительна, суммарный показатель сколиоза — $16-23^\circ$.

V степень — тяжелые осложненные формы сколиоза со значительной деформацией тел позвонков, резко выражены торсии позвонков, реберный горб и поясничный валик, суммарный показатель сколиоза — более 24° (может достигать 45° и больше).

В практической работе чаще всего пользуются делением сколиозов на три степени: I степень — нефиксированный сколиоз ($5-8^\circ$); II степень — фиксированный сколиоз ($9-15^\circ$); III степень — резко выраженный фиксированный сколиоз (более 16°).

Классифицировать выраженность сколиоза можно с помощью методов Чаклина и Кобба (табл. 3.24).

Используя методику Чаклина, на рентгенограмме проводят несколько прямых линий между позвонками, как показано на рис. 3.62, а затем измеряют углы между ними.

По методике Кобба на рентгеновском снимке позвоночного столба измеряется S-образное двойное искривление. В верхнем участке искривления с помощью линейки проводят две горизонтальные линии: одна над верхним позвонком, от которого идет кривизна, другая — над нижним. Если провести две линии, идущие перпендикулярно первым, то образуется угол, который и измеряется. При сравнении этих методов можно заметить, что принцип измерения у них практически одинаков. Разница состоит в том, что по методу Чаклина, чем больше градусов в исследуемом угле, тем легче степень болезни, а по методу Кобба — наоборот.

Обобщенная схема классификации сколиозов представлена на рис. 3.63.

Таблица 3.24. Степени тяжести сколиоза (углы искривления позвоночного столба в градусах)

Степени тяжести сколиоза	По Чаклину (1973)	По Коббу (1973)
I	180—175	Меньше 15
II	175—155	20—40
III	155—100	40—60
IV	Меньше 100	Больше 60

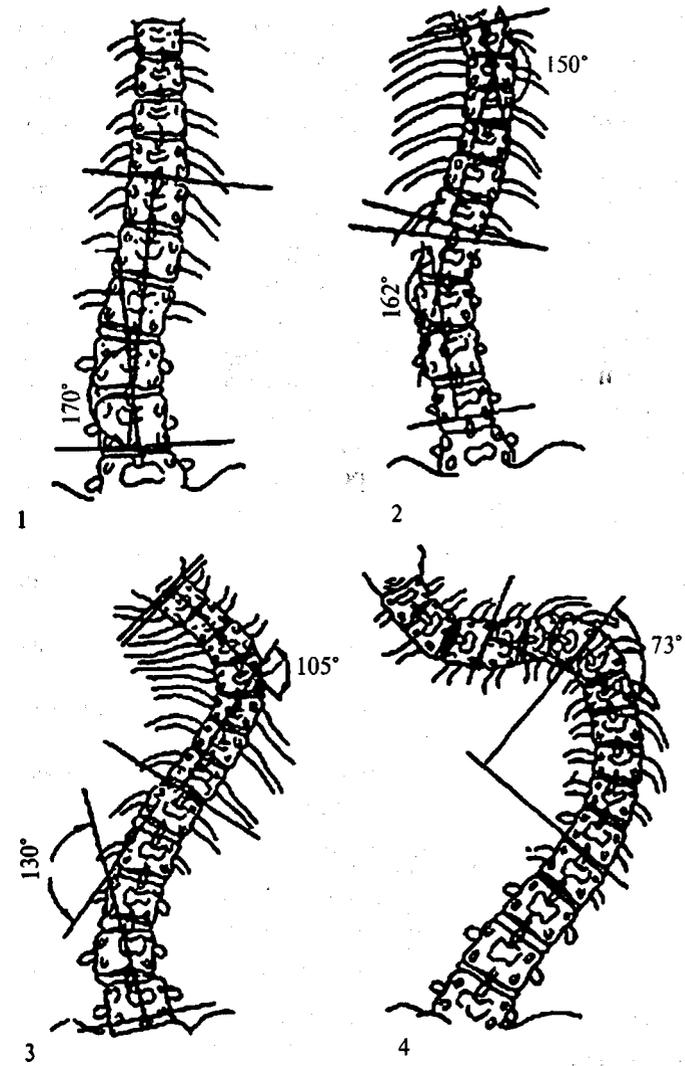


Рис. 3.62. Классификация выраженности сколиоза по Чаплину (а): 1 — I степень, 2 — II степень, 3 — III степень, 4 — IV степень; по Коббу (б)

Нарушения осанки во фронтальной плоскости приводят к изменению геометрии масс тела человека. Исследования, проведенные Беленьким (1984), позволили определить локализацию ЦТ сегментов туловища относительно фронтальной плоскости наиболее типичных больных с различными искривлениями позвоночного столба. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что ЦТ горизонтальных сегментов туловища группируются на вогнутой стороне искривлений. В области вершин искривлений расстояние между центром тяжести сегмента и центром позвонка

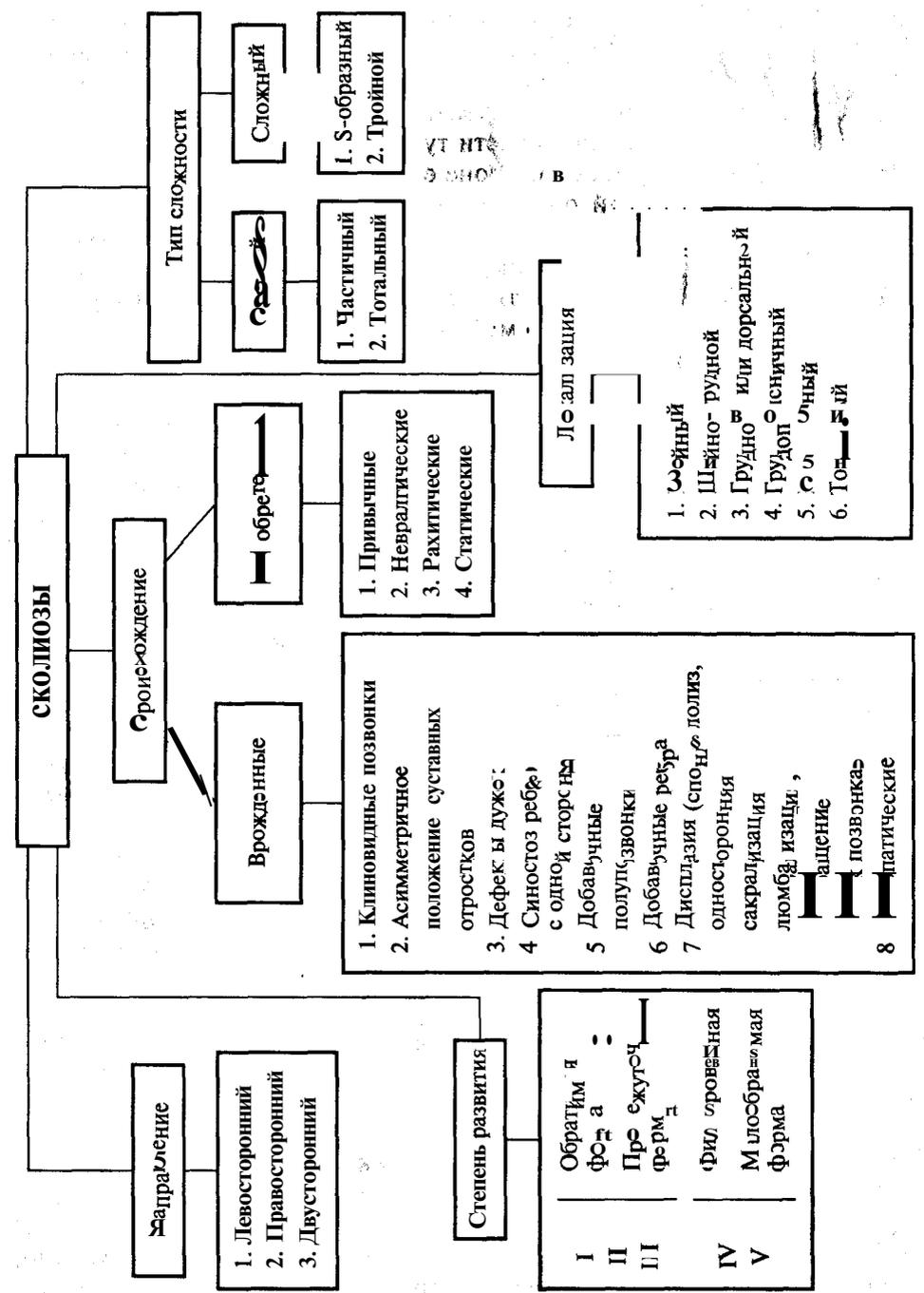


Рис. 3.63. Классификация сколиозов (Мартынов, 1982)

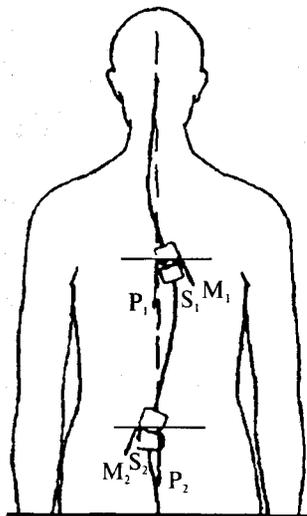


Рис. 3.64. Равновесные системы сил, действующие на уровне деформированных участков позвоночного столба: P_1 — суммарный вес головы, рук и верхнегрудной части туловища; P_2 — суммарный вес головы, рук и грудной части туловища; S_1 и S_2 — силы связок; M_1 и M_2 — силы мышцы

во фронтальной плоскости наибольшее — 10—30 мм, а в соседних сегментах по мере удаления от вершин это расстояние уменьшается. Кроме того, ЦТ сегментов, сохранив свое положение в средней части туловища, в то же время оказываются в стороне от продольной оси тела, на которой они размещались до болезни. Дальше всего размещаются ЦТ тел сегментов, где расположены вершины искривлений (расстояние между центром тяжести сегмента и осью тела достигает 5—15 мм).

Изучение соотношения масс тела у больных сколиозом позволило автору выявить тот факт, что ЦТ сегментов туловища, несмотря на существенное боковое смещение позвоночного столба, локализуется около продольной оси тела, вследствие чего линия, вдоль которой действует вес тела, занимает центральное положение, она проходит в стороне от сколиотических искривлений позвоночного столба, пересекая его только в области "нейтральных" позвонков. Это значит, что во фронтальной плоскости на уровне искривлений вес тела создает статические моменты, которые стремятся увеличить деформацию позвоночного столба (рис. 3.64).

Исследования, проведенные автором, позволили определить биомеханические особенности вертикальной позы больного сколиозом, сущ-

ность которой заключается в следующем. Искривление позвоночного столба сопровождается постоянным напряжением мышц на стороне выпуклости (рис. 3.65, а). Для того чтобы работа мышц в грудной области была бы не столь интенсивной, больной, как правило, смещает голову в сторону выпуклости грудного искривления (рис. 3.65, б). Чтобы облегчить работу мышц поясничного отдела, противодействующих силам гравитации, необходимо сместить линию действия веса тела к поясничным позвонкам. Это достигается за счет девиации туловища в сторону выпуклости поясничного искривления (рис. 3.65, в), а благодаря фронтальному перемещению таза ОЦМ тела проецируется на середину опорного контура, вследствие чего обе ноги нагружаются одинаково (рис. 3.65, г). В итоге больной принимает типичную для сколиоза удобную стойку.

К нефиксированным изменениям ОДА, происходящих при нарушениях осанки, относится также функциональная недостаточность стоп:

- вальгирование (прогибание внутрь) стоп под нагрузкой;
- слабость мышц свода стопы;
- ухудшение эластических свойств связок;
- быстрая утомляемость стоп и голени, особенно при статических нагрузках;
- ощущение тяжести в ногах;
- пастозность (отечность) голени;
- болевые ощущения.

Нарушение осанки можно определить визуально и при помощи различных измерений.

При наружном осмотре проверяют высоту размещения плечевых линий, нижних углов лопаток и отставание их от грудной клетки, форму просветов, образованных внутренними поверхностями рук и туловища. Асимметрию лопаток определяют, измерив сантиметровой лентой "треугольник" (расстояние от позвонка C_{VII} до нижнего угла левой лопатки и от позвонка C_{VII} до нижнего угла правой лопатки). При нормальной осанке эти расстояния равны. Плечевой индекс определяет степень кифотической осанки:

$$\text{Плечевой индекс} = \frac{\text{Ширина плеч, см}}{\text{Плечевая дуга, см}} \cdot 100\% \quad (3.8)$$

При этом ширина плеч измеряется сантиметровой лентой спереди по прямой между плечевыми точками; плечевая дуга измеряется сзади по дуге между этими же точками; оценка плечевого индекса: до 89,9 % и ниже — сутулость, от 90 до 100 % — нормальная осанка.

Значительное количество способов изучения осанки человека было предложено Гамбурцевым (1973). Он разработал ряд сравнительно простых приспособлений гониометрического типа. Например, предложенный им штангенциркуль состоит из штанги с прикрепленной перпендикулярно к ее концу ножкой; другая ножка прикреплена к скользящей по штанге рамке (рис. 3.66).

Для измерений в сагиттальной плоскости кривизны позвоночного столба (кифозы и лордозы и др.) гониометр устанавливается на шарнире в одной плоскости с ножками циркуля. Кроме того, гониометр может быть скомбинирован также с большим толстотным циркулем (рис. 3.67).

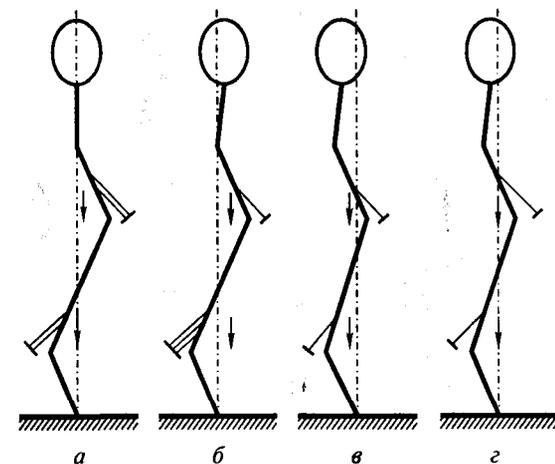


Рис. 3.65. Схема построения удобной стойки больного сколиозом. Вес тела в области искривлений показан стрелками, мышцы изображены в виде нитей (связей), удерживающих позвоночный столб от падения

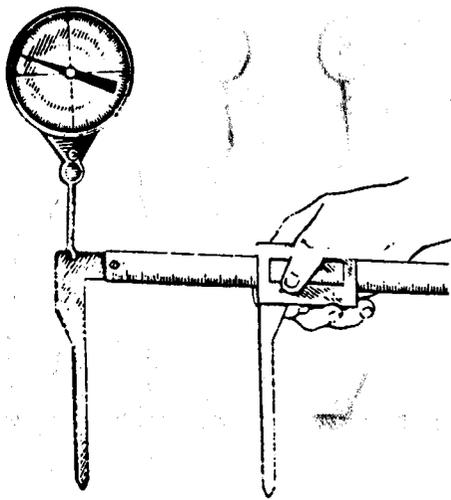


Рис. 3.66. Скользящий циркуль-гонометр Гамбурцева

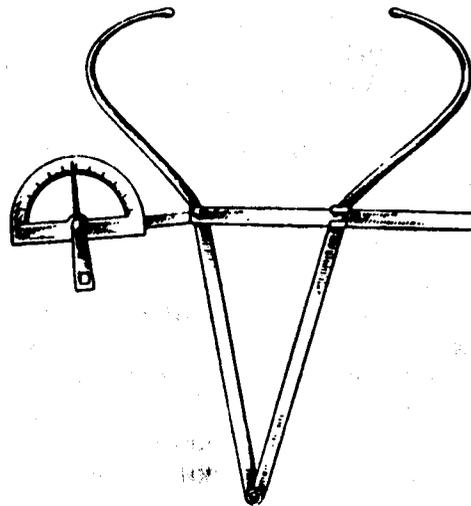


Рис. 3.67. Большой толстотный циркуль-гонометр

При измерении сагиттальных кривизн позвоночного столба измеряются углы наклона к вертикали, соединяющие следующие точки (рис. 3.68, 3.69):

а) 1-ю и 2-ю точки (угол g); б) 2-ю и 4-ю (угол y); в) 4-ю и 5-ю (угол p); г) 5-ю и 6-ю (угол a).

Зная углы наклона к вертикали отделов позвоночного столба (y , p , a), можно дать характеристику шейного лордоза, грудного кифоза и поясничного лордоза:

$$D\text{-угол шейного лордоза} = 180^\circ - (\gamma + g), \quad (3.9)$$

где $(\gamma + g)$ — показатель шейного лордоза. Величина угла g мало варьирует, а величина угла γ в большей степени определяет показатель шейного лордоза.

$$K \text{ — угол грудного кифоза. } K = 180^\circ - (p + y), \quad (3.10)$$

где $(p + y)$ — показатель грудного кифоза. При больших величинах этого показателя грудной кифоз сильно выражен, при очень малых — наблюдается уплощение грудного отдела позвоночного столба.

$$L \text{ — угол поясничного лордоза. } L = 180^\circ - (a + p), \quad (3.11)$$

где $(a + p)$ — показатель поясничного лордоза. Чем больше этот показатель, тем сильнее выражен поясничный лордоз. В зависимости от соотношения углов различают формы поясничного лордоза.

$$\text{Показатель формы поясничного лордоза } L = a / p - 100 \%. \quad (3.12)$$

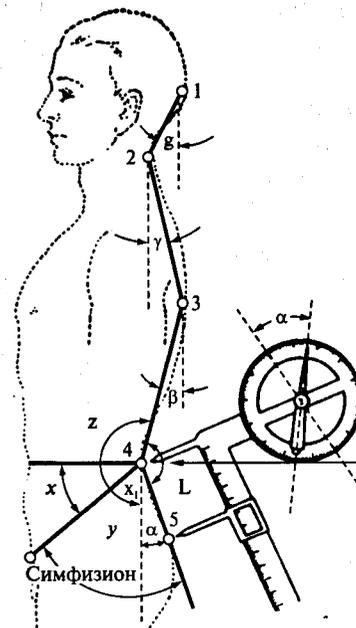


Рис. 3.68. Схема измерения сагиттальных кривизн позвоночного столба при помощи циркуля-гонометра: 1 — инион; 2 — позвонок C_v ; 3 — позвонок T_{VII} ; 4 — позвонок L_v ; 5 — позвонок S_{IV}

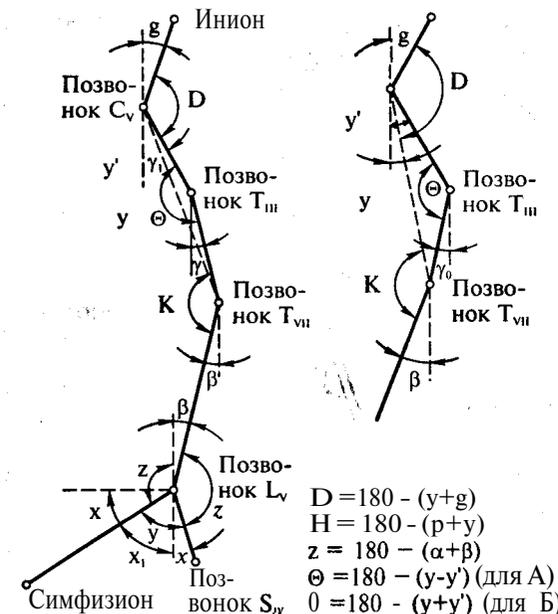


Рис. 3.69. Схема элементарных и суммарных углов, составляющих сагиттальные кривизны позвоночного столба в зависимости от положения таза

$$\begin{aligned} D &= 180 - (\gamma + g) \\ H &= 180 - (p + y) \\ z &= 180 - (\alpha + \beta) \\ \Theta &= 180 - (\gamma - \gamma') \text{ (для А)} \\ \theta &= 180 - (\gamma + \gamma') \text{ (для Б)} \end{aligned}$$

Если L больше 100 %, имеет место крестцовая форма (более характерная для женщин), а если меньше 100 % — поясничная форма (более характерная для мужчин).

Углы, характеризующие сколиоз, также можно определить гониметрическим методом. Оценку сколиоза производят на основании комплекса статических и динамических показателей (рис. 3.70).

Для измерения фронтальных кривизн позвоночного столба ножки циркуля-гонометра приставляют к основанию и вершине составляющих сколиоз отрезков. При этом гониометр устанавливают в плоскости, перпендикулярной ножкам циркуля, и определяют угол бокового (фронтального) наклона каждого из этих отрезков позвоночного столба к вертикали. Измеряют также углы наклона плеч, нижних углов лопаток и треугольников талии и таза к горизонтали.

Физиологические изгибы позвоночного столба можно измерить и оценить с помощью палочкового **контурографа** (рис. 3.71).

Для определения начальных форм нарушения осанки Минский (1978) рекомендует использовать усовершенствованный прибор кифосколиозометр

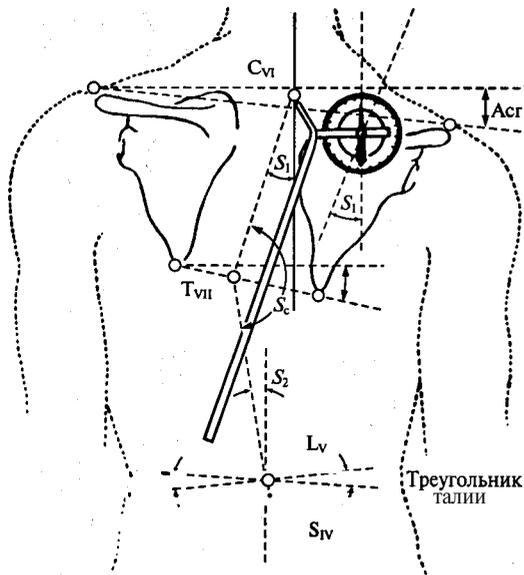


Рис. 3.70. Гониометрия фронтальных кривизн позвоночного столба

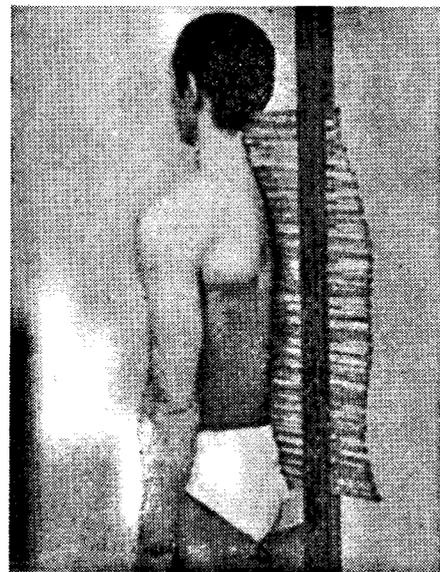


Рис. 3.71. Палочковый контурграф

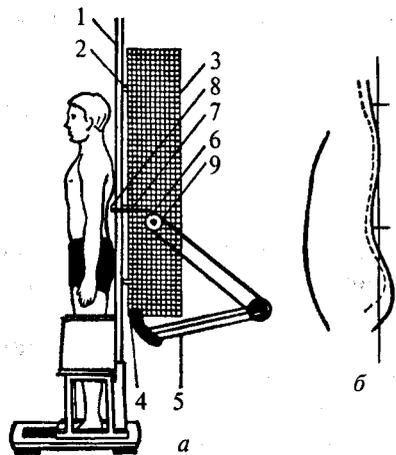


Рис. 3.72. Измерение физиологических изгибов позвоночного столба при помощи кифосколиозометра с графическим изображением линии остистых отростков: *а* — внешний вид кифосколиозометра, 1 — стойка ростомера, 2 — зажим подвижного металлического щита, 3 — подвижный металлический щит с делениями в 1 см, 4 — зажим двухплечевой рычага, 5 — двухплечевой рычаг, 6 — писчик, 7 — металлический стержень, 8 — резиновый наконечник, 9 — рукоятка; *б* — точки измерения величины шейного и поясничного изгибов позвоночного столба; *в* — измерение кифосколиозометром величины фронтального искривления позвоночного столба

с графическим изображением линии остистых отростков позвоночного столба. Он позволяет определять глубину шейного и поясничного лордозов (рис. 3.72).

Для анализа двигательной функции позвоночного столба Лапутиным (1986) был предложен электромеханический гониометр, изготовленный в виде металлического экзоскелета (рис. 3.73).

Ковалькова (1988) для установления типа осанки рекомендует производить три измерения в сагиттальной плоскости: 1) глубины шейной точки, 2) глубины поясничного лордоза, 3) длины позвоночного столба, применяя металлический или деревянный антропометр. Обследуемому, стоящему в привычной позе, приставляют антропометр так, чтобы он был в строго вертикальном положении и касался позвоночного столба в одной точке. Расстояние до наиболее отдаленной точки поясничного отдела и будет показателем глубины поясничного лордоза.

Для предоставления графического изображения взаиморасположения остистых отростков шейного отдела позвоночного столба, изменения их взаиморасположения при его движениях используют позвоночный кинезиограф (АС № 4372034/30—14 - Коган, Володарский, Васильева, 1988). Кинезиограф выполнен в виде жесткого незамкнутого кольца, надеваемого на пальпирующий палец (рис. 3.74). В месте разъема кольца выполнен вырез для подушечки пальпирующего пальца, а на диаметрально противоположной стороне кольца закреплено гнездо для фиксации карандаша. Палец фиксирует остистый отросток и следует за его движением, тогда как карандаш, вставленный в гнездо, вычерчивает траекторию на листе бумаги. Для удобства регистрации дополнительно используют подставку, выполненную из поливика,

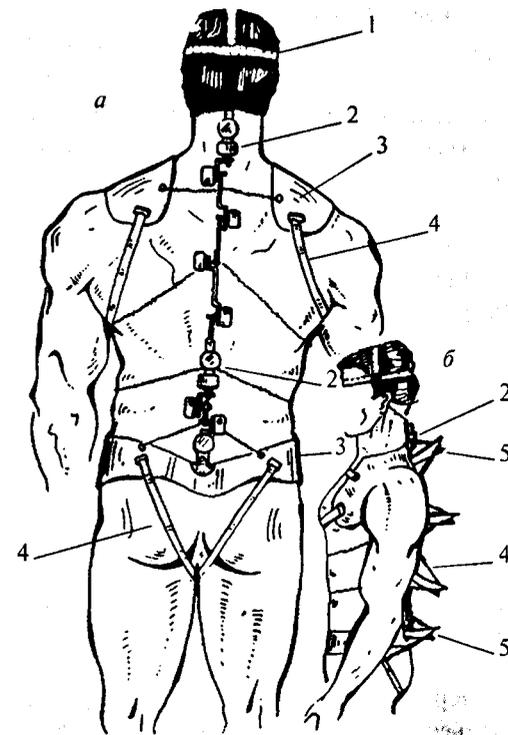


Рис. 3.73. Электронно-механическая модель позвоночного столба: *а* — вид относительно фронтальной плоскости; *б* — вид относительно сагиттальной плоскости; 1 — крепление в области головы; 2 — группа датчиков; 3 — металлическое крепление; 4 — ременное крепление; 5 — опорная стойка ремennого крепления

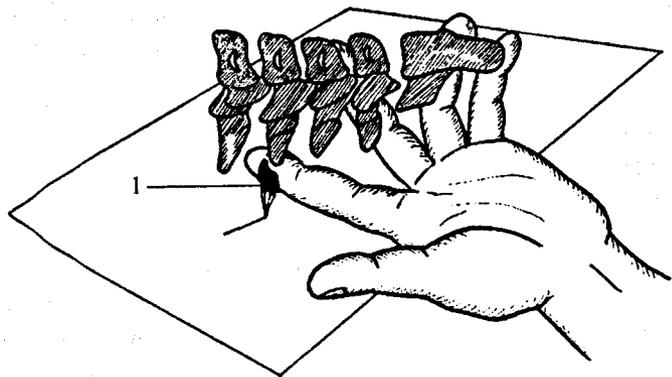


Рис. 3.74. Схема использования кинезиографа (1) для оценки шейного отдела позвоночного столба

с фиксаторами для бумаги и набором ремней, крепящих подставку к позвоночному столбу. Форма подставки зависит от конфигурации исследуемого отдела позвоночного столба.

Храмцовым и Федоровым для определения нарушений осанки был разработан метод, основанный на принципе радиолокации. Его суть состоит в следующем. С помощью доплеровского локатора на область спины воздействуют электромагнитной волной сверхвысокой частоты в диапазоне 35,0—90 ГГц. Радиоотклик принимается антенной локатора, обрабатывается приемным устройством и передается в персональный компьютер для дальнейшего анализа. С помощью разработанной программы рассчитываются величины шейного и поясничного лордозов, а также показатели асимметрии в грудном и поясничном отделах позвоночного столба.

Новосибирским НИИТО на основе оптических методов измерения поверхности спины для определения деформаций позвоночного столба разработан метод компьютерной оптической топографии. Преобразование информации о форме поверхности спины в изображение интерферограммы с фазовой кодировкой измерительной информации в топографе осуществляется методом проекции полос со скрещивающимися оптическими осями камеры и проектора, который представляет собой графическое описание рельефа поверхности спины пациента в виде изолиний. Такая топограмма (рис. 3.75) обеспечивает общее представление о рельефе поверхности спины и может использоваться для анализа ее формы.

Качественная интерпретация изображения топограмм позволяет определить вершину сколиотической дуги, сторону выпуклости, оценить степень деформации.

Предложенный метод позволяет производить измерения в трех плоскостях (сагиттальной, фронтальной и горизонтальной).

Осанка имеет определенное значение при выборе физических упражнений. С помощью визуального скрининга (рис. 3.76) можно выявить факторы, которые иным путем определить невозможно (Хоули, Френке, 2000).

Потапчук и Дидур (2001) предлагают оценивать основные статические и динамические характеристики опорно-двигательного аппарата, влияющие на формирование осанки, в упрощенном варианте в виде трех градаций.

I зона — нарушений ОДА при осмотре не выявлено, количественные показатели — на уровне от 80 до 100 % должной величины с учетом возраста.

II зона — умеренные нарушения отдельных характеристик ОДА, количественные показатели — на уровне от 60 до 80 % должной величины с учетом возраста.

III зона — выраженные нарушения осанки и физического развития, количественные показатели — менее 60 % должной величины с учетом возраста.

Методику углубленного обследования детей для выявления нарушений осанки авторы рекомендуют проводить по этапам табл. 3.25.

Для дифференцированной оценки динамики мышечно-суставных соединений позвоночного столба может использоваться диагностический комплекс "REV 9000" итальянской фирмы "Technogym" (рис. 3.77), а для определения и оценки сколиоза — диагностический комплекс итальянской фирмы "BTS" (рис. 3.78).

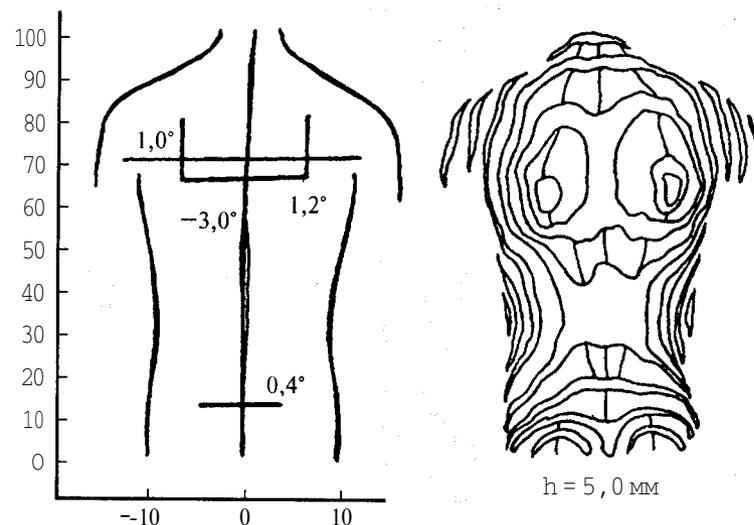


Рис. 3.75. Топограмма поверхности спины

Показатели осанки	Фамилия _____			Дата проведения теста			
	Хорошо — 10	Удовлетв. — 5	Плохо — 0				
Голова левая правая часть	 Прямое положение линия силы тяжести проходит по центру	 Слегка повернута или наклонена в одну сторону	 Значительно повернута или наклонена в одну сторону				
Плечи левое правое	 Уровень плечей (горизонтально)	 Одно плечо чуть приподнято	 Одно плечо заметно выше другого				
Позвоночник левая правая часть	 Прямой	 Незначительный латеральный изгиб	 Значительный латеральный изгиб				
Бедра левое правое	 Уровень бедер (горизонтально)	 Одно бедро слегка выше другого	 Одно бедро значительно выше другого				
Лодыжки	 Ступни направлены точно вперед	 Ступни направлены в стороны	 Ступни заметно направлены в стороны, лодыжки выгнуты (пронация)				
Шея	 Шея прямая, подбородок подбородок голова исходно над плечами	 Шея слегка выдвинута вперед, подбородок слегка выдвинут наружу	 Шея заметно выдвинута вперед, подбородок заметно выдвинут наружу				
Верхняя часть спины	 Верхняя часть спины нормально изогнута	 Слегка изогнута	 Заметно изогнута				
Туловище	 Прямое	 Туловище слегка наклонено назад	 Туловище заметно наклонено назад				
Живот	 Плоский	 Выдающийся вперед	 Выдающийся вперед и провисший				
Поясница	 Нормально изогнута	 Слегка вогнута	 Заметно вогнута				
			Итоговый показатель				

Рис. 3.76. Карта рейтинга осанки (Хоули и Френке, 2000)

Таблица 3.25. Последовательность и содержание этапов углубленного обследования осанки у детей с целью выявления нарушений (Потапчук, Дидур, 2001)

Название этапа (кто проводит)	Содержание этапа
Соматоскопия, (педагоги, медперсонал)	Осмотр туловища и конечностей по специальной схеме
Антропометрия (родители, педагоги, медперсонал)	Выполнение простейших антропометрических измерений по специальной схеме
Визуализация и формирование диагноза (врачи-специалисты)	Выполнение аппаратных измерений и исследований (компьютерная оптическая топография, рентгенография, компьютерная томография и пр.); установление диагноза и проведение первичного дифференциального диагностирования
Интегральная оценка (педагоги, медперсонал)	Оценка функционального состояния ОДА, двигательных навыков и физических качеств в соответствии с паспортным и биологическим возрастом
Разработка индивидуальной программы реабилитации (медперсонал)	Проведение дифференциальной диагностики между нарушениями осанки и сколиозом; определение необходимости направления ребенка на консультацию к специалисту (ортопеду, врачу ЛФК, невропатологу и др.)

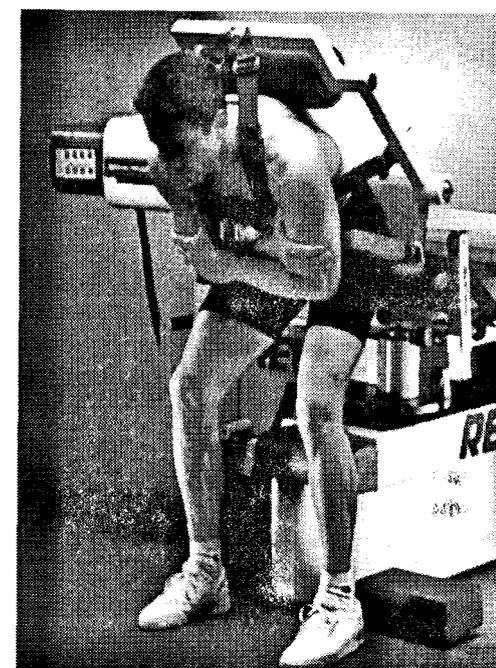


Рис. 3.77. Диагностический комплекс REV 9000



Рис. 3.78. Диагностический комплекс фирмы «BTS»

Оценку изгибов позвоночного столба во фронтальной плоскости (латерофлексия) можно проводить с помощью усовершенствованного Васильевой (2001) транспорта с удлиненным основанием, в центре которого расположена стрелка-отвес. Стрелка имеет широкое основание и узкую вершину. Своеобразная форма и слабая фиксация позволяют стрелке исполнять роль отвеса при любом отклонении транспорта во фронтальной плоскости, указывая своей вершиной на угол наклона транспорта. Основание транспорта располагают на условных горизонтальных линиях-ориентирах границ каждого отдела позвоночного столба.

Результаты анализа статической деформации позвоночного столба у

260 пациентов с различной локализацией болевых мышечных синдромов позволили автору выявить наиболее частые комбинации изменений выраженности лордоза и кифоза (рис. 3.79).

Комбинация деформаций лордоза и кифоза может быть представлена следующими сочетаниями:

- шейный гиполордоз, грудной гиперкифоз, поясничный гиполордоз;
- шейный гиполордоз, грудной гиперкифоз, поясничный гиперлордоз;
- шейный и поясничный гиперлордоз, грудной гипокифоз;
- шейный и поясничный гиполордоз, грудной гипокифоз;
- шейный и поясничный гиперлордоз, с грудной гиперкифоз;
- шейный гиперлордоз, грудной гипокифоз и поясничный гиперлордоз.

Для расширения возможностей визуальной диагностики изменения проекции ОЦМ и ЦМ тела отдельных биоэвеньев тела человека и повышения диагностики статических нарушений опорно-двигательного аппарата Васильевой и Шмидт (АС № 96109393, 2001) разработан метод визуальной диагностики вертикального положения тела человека.

Диагностика проводится в два этапа:

- на первом этапе на фотографии, рентгенограммы или непосредственно на тело испытуемого с помощью маркерного карандаша наносят маркеры-ориентиры границ биоэвеньев, через которые проводятся горизонтальные линии (рис. 3.80—3.82);

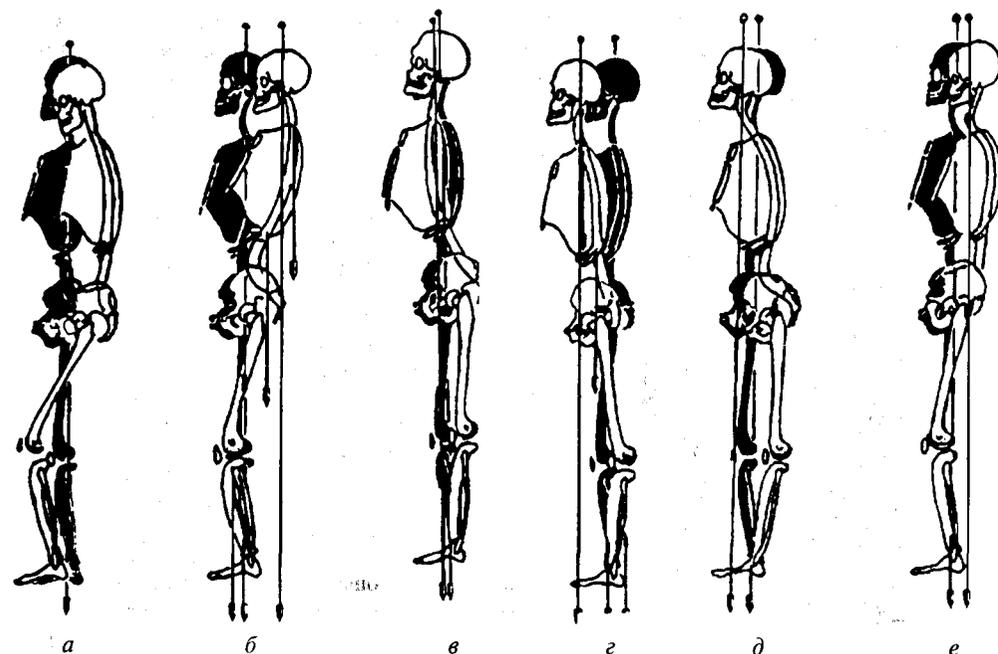


Рис. 3.79. Варианты комбинации изменения выраженности изгибов отделов позвоночника в сагиттальной плоскости (линиями указагы границы регионов):
a — сочетание поясничного и шейного гиперлордоза с грудным гиперкифозом;
б — сочетание поясничного гиперлордоза с грудным гиперкифозом и шейным гиполордозом;
в — сочетание поясничного и шейного гиперлордоза с грудным гипокифозом;
г — сочетание шейного и поясничного гиполордоза с грудным гипокифозом;
д — сочетание шейного и поясничного гиперлордоза с грудным гиперкифозом;
е — сочетание шейного гиперлордоза с грудным гипокифозом и поясничным гиперлордозом

- на втором этапе проводят анализ полученных данных и составление патобиомеханического анализа (рис. 3.83).

Оценка функционального состояния ОДА включает оценку состояния позвоночного столба и мышечного корсета туловища, а также определение основных физических качеств, связанных с уровнем физического развития.

По мнению Каптелина (1986), оценка функционального состояния позвоночного столба должна включать определение таких параметров, как гибкость (амплитуда движения в различных плоскостях и различных отделах позвоночного столба), стабильность (устойчивость), определяемая абсолютной силой, силовой выносливостью и состоянием связочного аппарата; равновесие, характеризуемое правильным направлением проекции общего центра масс тела и симметричностью; гармоничность — выраженность физиологических изгибов позвоночного столба в сагиттальной плоскости.

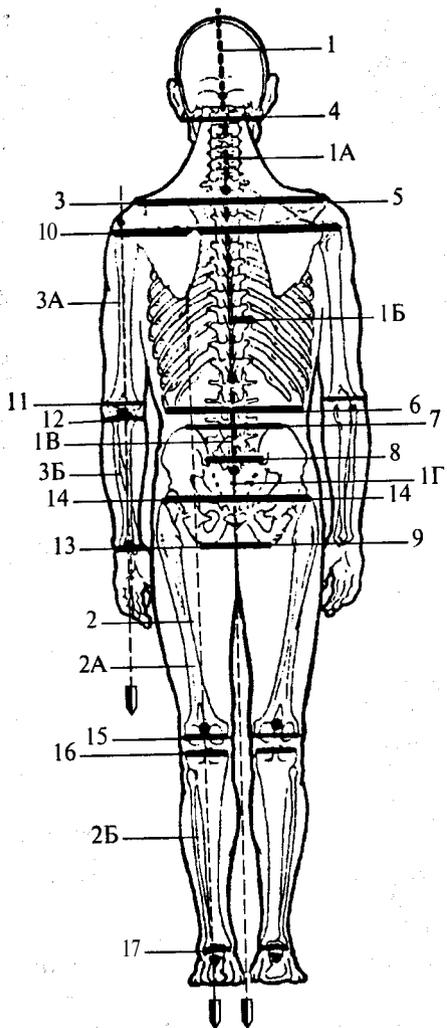


Рис. 3.80. Визуальные критерии нормативной модели оптимальной вертикальной позы. Вид сзади относительно фронтальной оси (Васильева, 2001):

1 — положение отвеса для вертикального положения в целом во фронтальной плоскости; 1А — для пострального баланса мышц шейного отдела позвоночного столба; 1Б — грудного отдела позвоночного столба; 1В — поясничного отдела позвоночного столба; 1Г — тазового пояса; 2 — положение отвеса для пострального баланса мышц нижней конечности: 2А — бедра; 2Б — голени; 3 — положение отвеса для пострального баланса мышц верхней конечности: 3А — плеча; 3Б — предплечья.

Линии-ориентиры: 4 — биаурикулярная; 5 — биакромиальная; 6 — бикостальная линия, соединяющая концы последних ребер; 7 — бикристоилиакальная, соединяющая гребни подвздошных костей; 8 — задняя биспиноилиальная, соединяющая задневерхние подвздошные кости; 9 — биисшиальная, соединяющая бугристы седлашных костей; 10 — битуберкулярная, соединяющая большие бугорки плечевых костей; 11 — биэпикондиллярная, соединяющая надмышелки плечевой кости; 12 — радиоульнарная, соединяющая головку лучевой кости и венечный отросток локтевой кости; 13 — бистилоидальная, соединяющая шиловидные отростки; 14 — битрахантериальная, соединяющая большие вертелы бедренных костей; 15 — верхняя бикондиллярная, соединяющая мышелки бедренной кости; 16 — нижняя бикондиллярная, соединяющая мышелки большеберцовой кости; 17 — бималлеолярная, соединяющая лодыжки берцовых костей

Оценка движений таза и поясничного отдела позвоночного столба.
Тест. Положение испытуемого — сидя на табурете. Изучается положение стоп, уровень гребня подвздошной кости, положение поясничного отдела позвоночного столба, тонус мышц живота, паравертебральных и ягодичных.

Оценка. При правильной осанке сидя стопы испытуемого располагаются плашмя на полу, гребень подвздошной кости с обеих сторон на одинаковом уровне, поясничный лордоз уплощен, мышцы слегка равномерно напряжены (рис. 3.84).

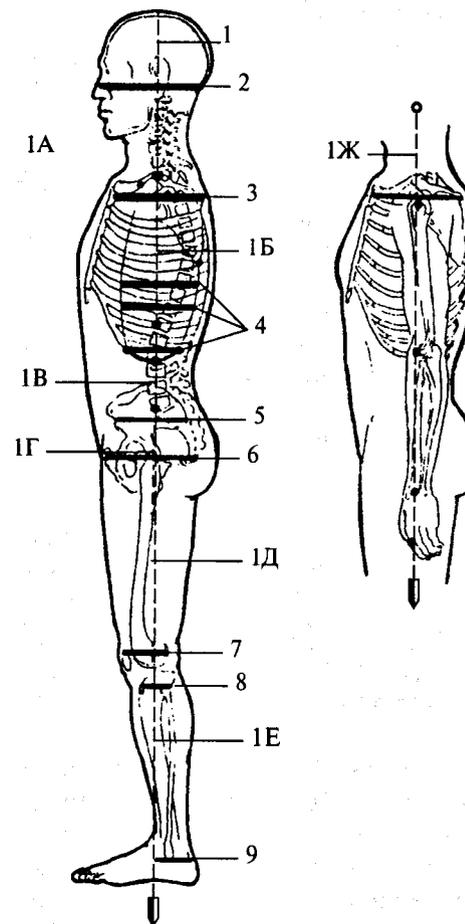


Рис. 3.81. Визуальные критерии нормативной модели оптимальной вертикальной позы. Вид сбоку относительно сагиттальной плоскости (Васильева, 2001):

1 — положение отвеса для статики в целом в сагиттальной плоскости; положение отвеса для пострального баланса мышц:

1А — шейного отдела позвоночного столба; 1Б — грудного отдела; 1В — поясничного отдела; 1Г — тазового пояса; 1Д — бедра; 1Е — голени; 1Ж — верхней конечности.

Линии-ориентиры: 2 — затылочно-скуловая; 3 — ключично-лопаточная; 4 — бикостальная; 5 — надколенно-мышелковая; 6 — межберцовая; 7 — мышелково-пяточная

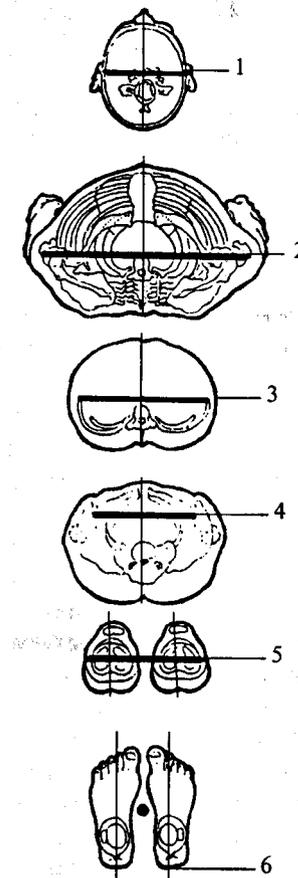


Рис. 3.82. Визуальные критерии нормативной модели оптимального статического стереотипа.

Вид сверху относительно горизонтальной плоскости (Васильева, 2001).

Линии-ориентиры: 1 — биаурикулярная, соединяющая наружные края слуховых проходов; 2 — биакромиальная, соединяющая акромиально-ключичные суставы; 3 — бикостальная, соединяющая передние концы ребер; 4 — битрахантериальная, соединяющая большие вертелы бедренных костей; 5 — бикондиллярная, соединяющая головки малоберцовых костей; 6 — пальцепяточная линия, соединяющая середину пяточного бугра и второй палец стопы

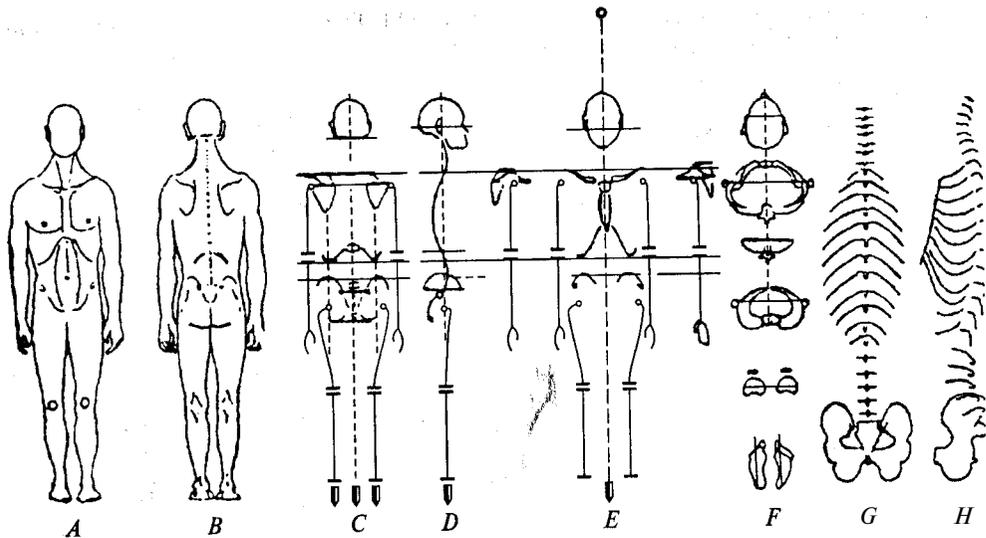


Рис. 3.83. Диагностическая карта регистрации оптимальности статики:

A—B — регистрация локализации болевых ощущений и деформации контуров человека; *C, D, E, F* — анализ оптимальности статического стереотипа в трех плоскостях (оценка смещения проекции ОЦМ тела в целом и его отделов, нарушение параллельности между границами отделов); *G, H* — анализ суставной дисфункции, регистрация локализации и направления функциональных блоков, локальной гипермобильности

Оценка движений грудного отдела позвоночного столба. Тест. Испытуемый сидит на табурете, на коленях лежит тетрадь. Обращается внимание на правильное положение поясничного отдела позвоночного столба, затем на положение рук, соотношение паравертебральных мышц грудного отдела позвоночного столба и плечевых суставов. Наблюдается реакция грудного отдела на любые изменения положения головы и конечностей.

Оценка. При правильной осанке тетрадь лежит на коленях, руки свободно опущены, грудной отдел слегка кифозирован, нижние фиксаторы плечевого пояса и верхние квадранты мышц живота слегка напряжены. Плечи не должны выдаваться вперед, а верхняя часть трапециевидной мышцы и мышца, поднимающая лопатку, не должны напрягаться.

Тест. После этого испытуемый поднимает тетрадь на уровень головы с поворотом назад. При повороте туловища исследуется состояние мышц живота и спины, положение лопаток, грудного отдела позвоночного столба, напряжение шейной мускулатуры и верхней части трапециевидной мышцы (рис. 3.85).

Оценка. При правильном выполнении движения происходит плавная ротация грудного отдела. Ноги стоят прямо, косые мышцы живота, верхние квадранты мышц живота и мышцы спины напряжены примерно одинаково. При этом движении не должны происходить наклон в сторону и раз-

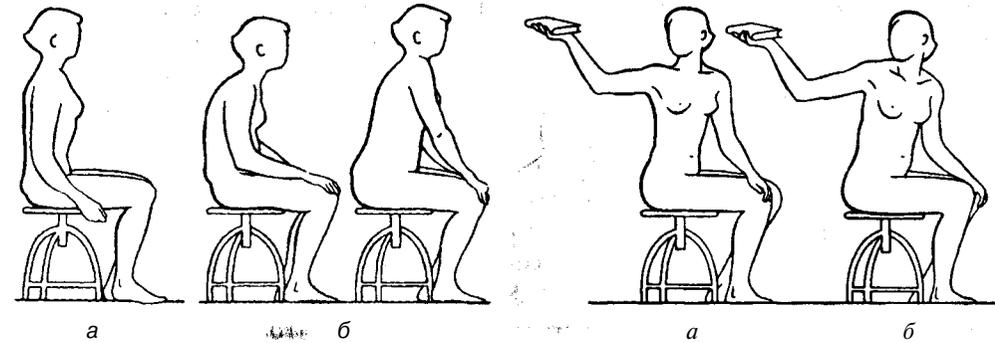


Рис. 3.84. Оценка осанки в положении сидя:

a — правильно, *б* — неправильно

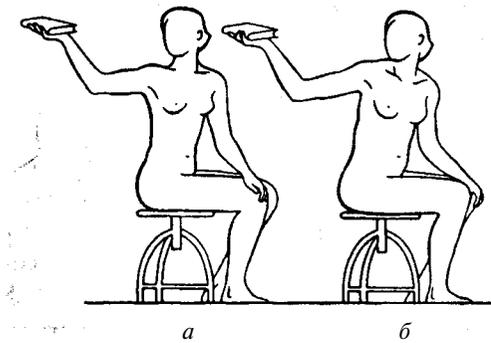


Рис. 3.85. Оценка движений грудного отдела позвоночника:

a — в норме, *б* — при нарушениях подвижности (Иваничев, 1997)

двигаться нижние углы лопаток, мышцы шеи и мышца, поднимающая лопатку, остаются расслабленными.

Оценка сложных движений. Тест. Испытуемый стоит на одной ноге. Оценивается положение всех суставов опорной ноги, оси и ОЦТ тела, таза и позвоночного столба, напряжение мышц, особенно стабилизирующих тазобедренный сустав (большая и средняя ягодичные мышцы).

Оценка. При правильном стоянии все суставы опорной ноги расположены в проекции вертикального отвеса. ОЦТ тела смещается вперед относительно головок 2-й и 3-й плюсневых костей по сравнению с положением стойки на двух ногах. Гребни подвздошных костей расположены горизонтально, физиологический изгиб позвоночного столба не изменен, не происходит также сколиозирования. Стабилизирующие тазобедренный сустав мышцы, в особенности отводящие, напряжены на стороне опорной ноги. Сгибатели и разгибатели поясничного отдела позвоночного столба (мышцы живота, мышца, выпрямляющая позвоночник) и тазобедренного сустава равномерно напряжены, в том числе мышцы живота и квадратная мышца поясницы (рис. 3.86).

При расслаблении отводящих мышц при неправильных положениях приподнимается гребень подвздошной кости на стороне, противоположной опорной ноге.

Взаимосвязь между гибкостью позвоночного столба и осанкой раскрывается, главным образом, в теоретическом и клиническом аспектах.

По мнению Corbin, Noble (1980), Holland, Davis (1975), дисбаланс в мышечном развитии и отсутствие растяжимости в определенных группах мышц могут способствовать нарушению осанки. Так, сутулость, например, может быть связана с недостаточной эластичностью грудных мышц и низ-

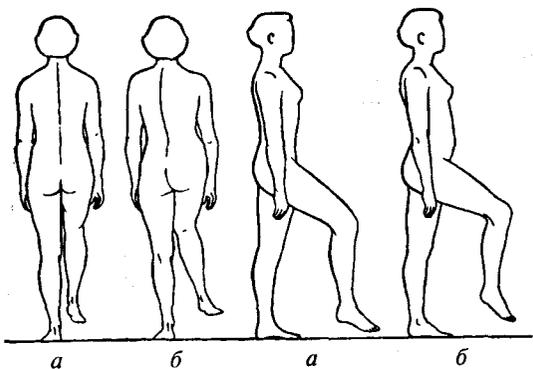


Рис. 3.86. Оценка сложных движений:
а — в норме, б — при нарушениях осанки
(Иваничев, 1997)

кой выносливостью приводящих мышц лопаточной области. Положительное влияние в этом случае может оказать выполнение упражнений на растягивание соединительнотканых компонентов мышц с одновременным укреплением ее мышечных элементов (Holland, Davis, 1975). Crawford, Jull (1993) установили, что значительный кифоз у пожилых людей связан со сниженной амплитудой поднимания рук.

На боль в области нижней части спины жалуются многие.

Тысячи людей ежегодно ищут способы избавления от нее. Ученые пока не пришли к единому мнению относительно этиологии этого заболевания, тем не менее, необходимость сохранения адекватной подвижности позвоночного столба является бесспорной. Как показывают результаты исследований, адекватный уровень гибкости позвоночного столба способствует снижению риска возникновения болевых ощущений в области нижней части спины, а также уменьшает серьезность недомогания (Cailliet, 1988; Deyo и др., 1990, Russell, Highland, 1990). Вместе с тем некоторые ученые высказывают сомнения по поводу взаимосвязи между гибкостью и болевыми ощущениями в области нижней части спины (Battie и др., 1987, 1990).

Одним из факторов, связанным с болевыми ощущениями в области нижней части спины, является скорость движения позвоночного столба, а именно, его поясничного отдела. Marras и Wongsam (1986) установили различия в показателях угла наклона и скорости движения позвоночного столба у лиц, испытывающих боль в нижней части спины, и у испытуемых контрольной группы. По мнению авторов, показатель скорости движения позвоночного столба может использоваться в качестве контроля восстановления функции нижней части спины больных.

Активная гибкость позвоночного столба может определяться по результатам измерения амплитуды движений в сагиттальной и фронтальной плоскостях.

Методика определения активной гибкости в положении стоя

Испытуемый стоит на краю скамейки или небольшого возвышения. Плавно выполняется наклон вперед, не сгибая коленей. За ноль принимается уровень опоры, на которой стоит исследуемый. По положению сред-

них пальцев рук определяют результат пробы. Выполняют три попытки. Засчитывается лучший результат. Если испытуемый не достает до пальцев ног, то результат записывают со знаком минус (например, — 5 см), если достает — со знаком плюс (например, +7 см).

При выполнении наклонов туловища нужно следить за правильным дыханием, облегчающим их выполнение.

Во время наклона мышцы нижней части спины подвергаются пассивному напряжению. Чем больше напряжение, тем труднее сгибать верхнюю часть туловища по направлению к бедрам. Главная задача в этот момент — свести к минимуму напряжение мышц. Расслабление может быть достигнуто в результате медленного выдоха. Результаты исследований (Campbell, 1970; Roaf, 1977) убедительно показывают, что глубокий вдох, при котором грудная клетка расширяется, а мышцы живота втягиваются, сопровождается активным сокращением мышц нижней части спины. Однако сокращение этих мышц является нежелательным, поскольку еще больше увеличивает сопротивление наклону вперед и инициирует вытяжение нижней части туловища, которое представляет собой движение, противодействующее наклону.

Во время вдоха легкие наполняются воздухом, т.е. создается эффект "поднимания" (рис. 3.87). Если во время наклона легкие будут наполнены воздухом, то создаваемый эффект "поднимания" будет мешать выполнению необходимого движения. Когда из легких выпущен воздух, подъемная сила отсутствует и, таким образом, ничто не препятствует силе тяжести действовать на верхнюю часть туловища, способствуя ее опусканию к бедрам.

Во время наклона основной процесс сгибания спины происходит к моменту, когда туловище наклонено вперед под углом 45°. Дальнейший наклон вперед осуществляется благодаря вращению таза вокруг оси тазобедренных суставов. Mithell и Pruzzo (1971) установили, что во время выдоха верхушка крестца движется назад, а ее противоположная часть — вперед, т.е. выдох способствует выполнению этого движения и, следовательно, наклону (рис. 3.88).

По данным De Trover, Loring (1986), в вертикальном положении диафрагма оказывает вдыхающее воздействие на нижнюю часть грудной клетки, а в положении лежа на спине — выдыхающее. При сгибании туловища, под действием силы тяжести, диафрагма постепенно поднимается и в процессе выдоха, давит на сердце, замедляя частоту его сокращений. Поэтому медленное дыхание, при котором фаза выдоха более продолжительная, чем фаза вдоха вызывает снижение частоты сердечных сокращений и артериального давления.

Подвижность позвоночного столба при наклоне назад также определяется из положения стоя (см. рис. 3.87, б) сантиметровая лента накладывается от остистого отростка позвонка C_{VII} (наиболее выступающего при наклоне вперед) до начала межъягодичной складки.

Повторное измерение проводится при максимальном наклоне назад с выпрямленными в коленных суставах ногами. Разница между измерениями является показателем подвижности позвоночного столба назад. У детей от 7 до 12 лет подвижность должна быть не менее 6 см, а от 12 лет и старше — не менее 4 см.

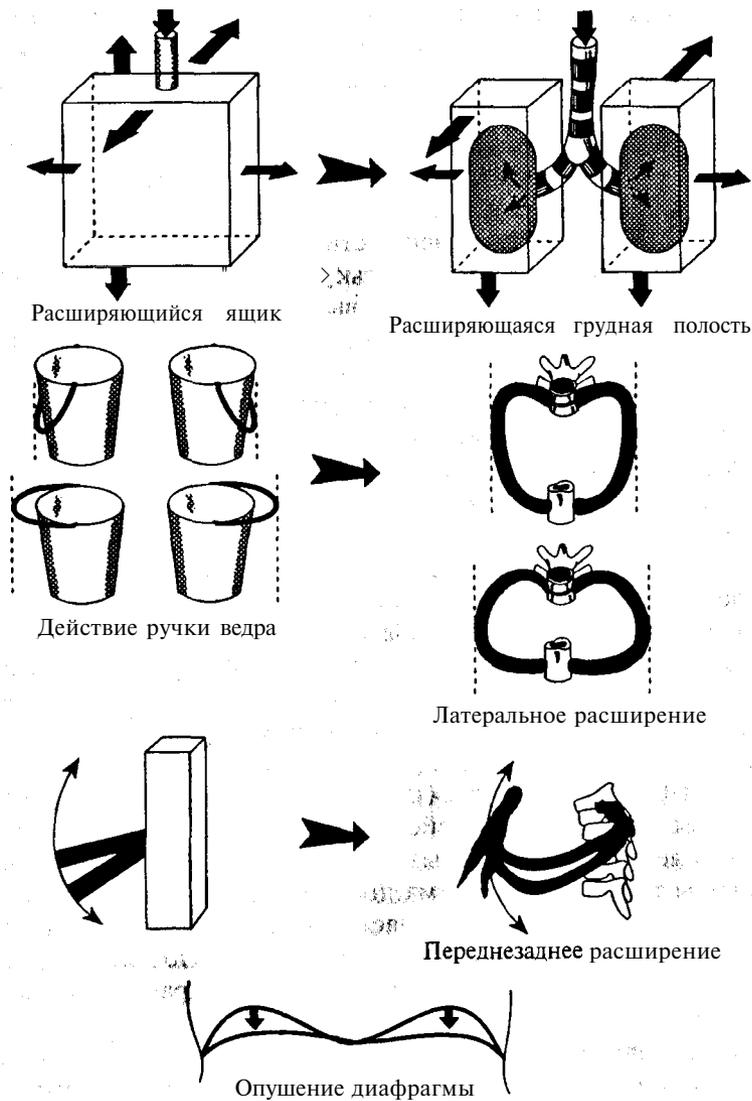


Рис. 3.87. Различные способы увеличения емкости грудной полости во время вдоха (Snell, 1992)

Тест для оценки гибкости при наклоне спины назад состоит в следующем. Выполняющий тест из положения лежа на животе кладет руки под плечи, как для отжимания от пола, таз не должен отрываться от пола, когда тестируемый приподнимает вверх грудь. Это и есть тестирование пассивной гибкости позвоночного столба, поскольку мускулатура спины не "используется". Показателем служит расстояние от надгрудной выемки до пола.

Результаты и оценка выполнения теста приведены в табл. 3.26.

Подвижность в различных отделах позвоночного столба определяется с помощью теста Шобера. Сантиметровой лентой измеряют расстояние между остистым отростком позвонка L_1 и крестцом, а затем предлагают обследуемому наклониться вперед. Смещение сантиметровой ленты (удлинение ее) при наклоне указывает на нормальную гибкость в поясничном отделе. Если смещение ленты отсутствует, то это указывает на "блокирование" движений в сагиттальной плоскости в поясничном отделе.

Можно применять и другой способ определения подвижности при наклоне туловища вперед Платонов (1997). Испытуемый сидит на гимнастической скамейке с выпрямленными ногами без хвата руками. Туловище и голова активно наклонены вперед—вниз. С помощью гониометра измеряется угол между вертикальной осью и линией, соединяющей подвздошный гребень таза с остистым отростком позвонка C_{VII} . Хорошая подвижность отмечается, когда голова испытуемого касается коленей (угол не менее 150°); если кисти рук не дотягивают до голеностопных суставов (угол менее 120°) — подвижность плохая.

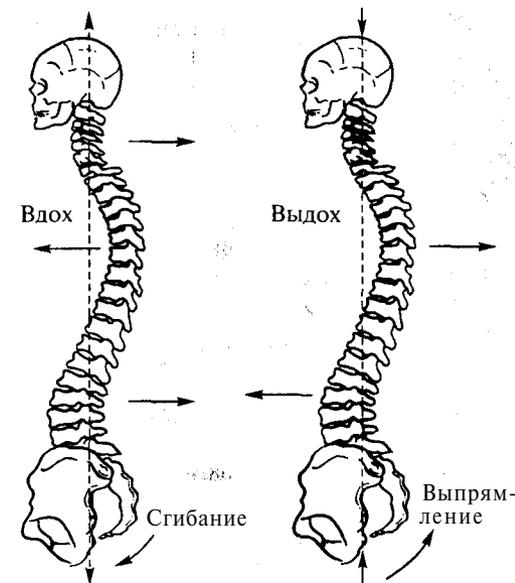


Рис. 3.88. Стандартное сгибание и выпрямление, имеющие место во время вдоха и выдоха (Faucret, 1980)

Таблица 3.26. Нормативы выполнения теста "растягивание позвоночного столба назад" (по Имри и Барбуто 1988)

Результат, см	Оценка
>30	Отлично
20—29	Хорошо
10—19	Удовлетворительно
<9	Плохо

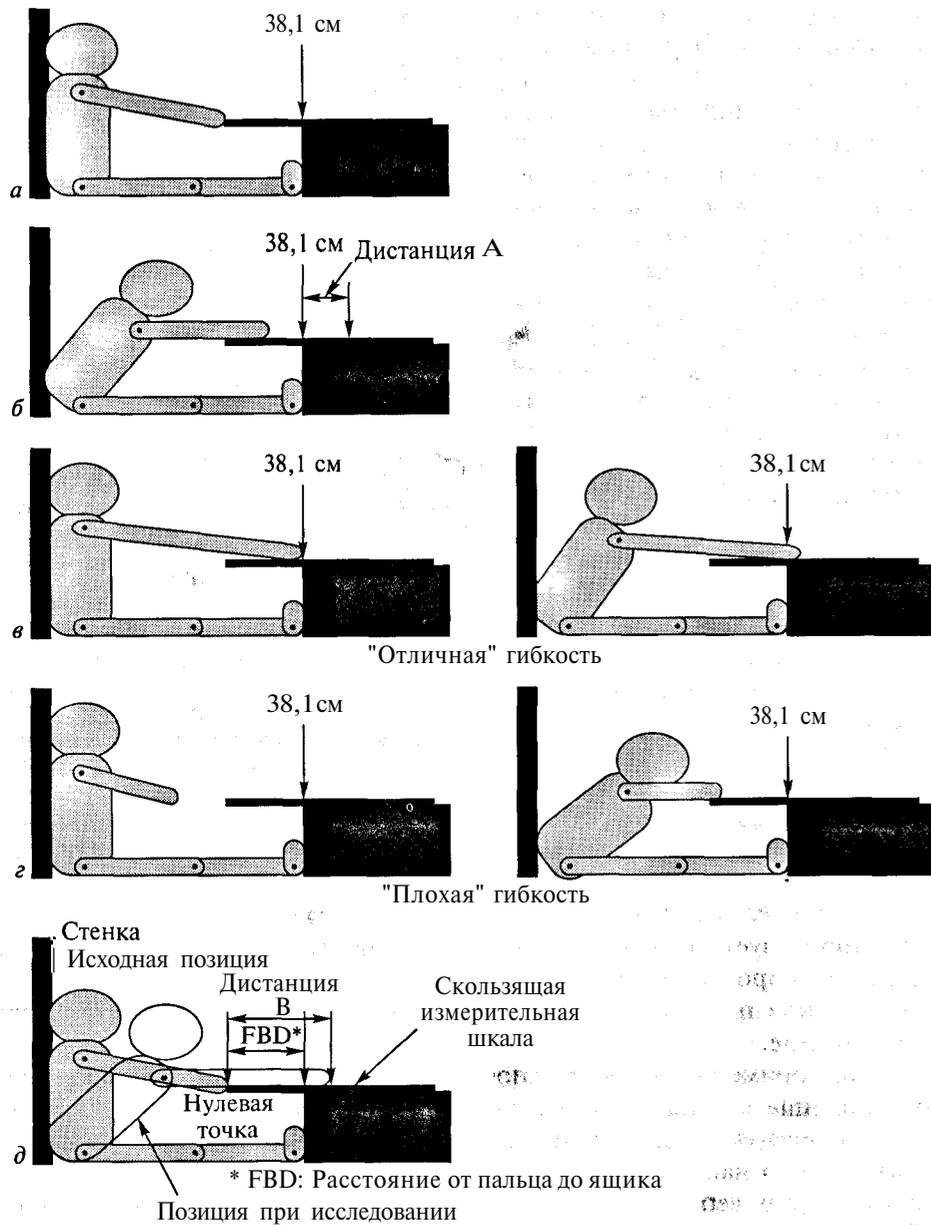


Рис. 3.89. Сопоставление оригинального и модифицированного теста "сесть и дотянуться": а — исходная позиция теста; б — стандартный тест; в — "отличная" гибкость (стандартный тест); г — "плохая" гибкость (стандартный тест); д — модифицированный тест (Ноегер, Норкинс, 1992)

Для определения уровня гибкости нижней части спины и подколенных сухожилий используют тест "сесть и дотянуться". Норкинс (1981) и Норкинс и Ноегер (1986) предложили несколько модифицированный вариант теста, устраняющий влияние недостаточной подвижности плечевого пояса и пропорциональных различий между длиной рук и ног. Как видно из рис. 3.89, для каждого испытуемого устанавливается нулевая точка на отрезке расстояния пальца к ящику, основанная на пропорциональных различиях в длине конечностей. Исследования, проведенные Ноегер и коллегами (1990) и Ноегер и Норкинс (1992), подтвердили более высокую надежность этого модифицированного теста.

При наклоне туловища вперед из вертикального положения Сермеев (1969), для определения подвижности отделов позвоночного столба, предлагает устанавливать гониометр в четырех точках: C_{II} , T_1 , T_{VII} и L_V позвонков (рис. 3.90).

Нормативные оценки некоторых показателей подвижности в отделах позвоночного столба при наклоне туловища вперед для детей школьного возраста представлены в табл. 3.27—28 (Сермеев, 1969).

Таблица 3.27. Нормативные оценки показателей подвижности в суставах позвоночного столба для школьников 7—17 лет, град

Возраст, лет	Оценка	Наклон туловища вперед (активные движения)		
		Шейный отдел	Верхнегрудной отдел	Нижнегрудной поясничный отделы
7	Выше средней	62—56	43—37	42—36
	Средняя	55—49	36—30	35—29
	Ниже средней	48—41	29—22	28—21
8	Выше средней	64—57	50—43	44—37
	Средняя	56—49	42—35	36—29
	Ниже средней	48—40	34—26	28—20
9	Выше средней	67—61	50—43	44—37
	Средняя	60—54	42—35	36—29
	Ниже средней	53—46	34—26	28—20
10	Выше средней	69—64	50—44	45—39
	Средняя	63—58	43—37	38—32
	Ниже средней	57—51	36—29	31—24

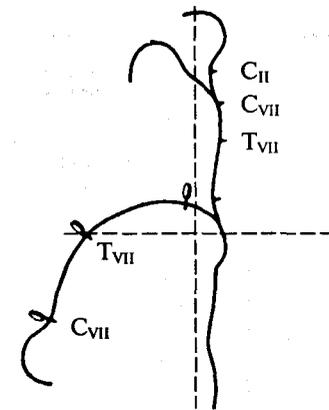


Рис. 3.90. Измерение подвижности при сгибании позвоночного столба: места установки гравитационного гониометра

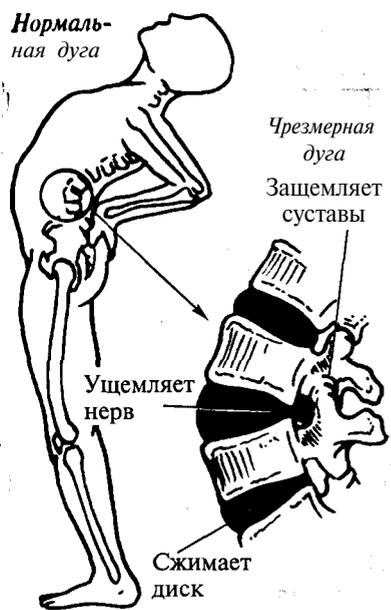
Возраст, лет	Оценка	Наклон туловища вперед (активные движения)		
		Шейный отдел	Верхнегрудной отдел	Нижнегрудной и поясничные отделы
11	Выше средней	74—69	50—45	46—40
	Средняя	68—63	44—39	39—33
	Ниже средней	62—56	38—32	32—25
12	Выше средней	74—69	55—49	46—40
	Средняя	68—63	48—42	39—33
	Ниже средней	62—56	41—34	32—25
13	Выше средней	74—69	56—50	46—40
	Средняя	68—63	49—43	39—33
	Ниже средней	62—56	42—35	32—25
14	Выше средней	75—69	57—51	48—41
	Средняя	68—62	50—44	40—33
	Ниже средней	61—54	43—36	32—24
15	Выше средней	75—70	57—52	48—42
	Средняя	69—64	51—45	41—35
	Ниже средней	63—57	44—39	34—27
16	Выше средней	70—63	49—44	49—43
	Средняя	62—55	43—38	42—36
	Ниже средней	54—46	37—31	32—28
17	Выше средней	65—61	45—41	43—38
	Средняя	60—56	40—36	37—31
	Ниже средней	55—50	35—30	30—23

Таблица 3.28. Нормативные оценки показателей подвижности в суставах позвоночного столба у школьников 7—17 лет, град

Возраст, лет	Оценка	Наклон туловища вперед					
		Активные движения			Пассивные движения		
		Шейный отдел	Верхнегрудной отдел	Нижнегрудной и поясничные отделы	Шейный отдел	Верхнегрудной отдел	Нижнегрудной и поясничные отделы
7	Выше средней	74—60	49—42	43—36	86—74	62—50	53—45
	Средняя	59—46	41—33	35—26	73—62	49—38	44—35
	Ниже средней	45—30	32—23	25—16	61—50	37—30	34—25
8	Выше средней	72—66	53—44	46—37	82—76	65—56	58—49
	Средняя	65—60	43—35	36—27	75—69	55—46	48—39
	Ниже средней	59—53	34—25	26—18	68—59	45—36	38—27
9	Выше средней	75—69	56—48	48—39	86—76	70—59	60—51
	Средняя	68—61	47—39	38—29	75—69	58—47	50—40
	Ниже средней	60—53	38—30	28—20	68—60	46—36	39—28

Возраст, лет	Оценка	Наклон туловища вперед					
		Активные движения			Пассивные движения		
		Шейный отдел	Верхнегрудной отдел	Нижнегрудной и поясничные отделы	Шейный отдел	Верхнегрудной отдел	Нижнегрудной и поясничные отделы
10	Выше средней	78—71	62—52	50—41	86—80	74—62	60—51
	Средняя	70—63	51—42	40—31	79—74	61—52	50—40
	Ниже средней	62—56	41—30	30—21	73—67	51—40	39—29
11	Выше средней	78—75	65—54	48—41	88—83	76—65	63—55
	Средняя	74—71	53—44	40—33	82—77	64—53	54—46
	Ниже средней	70—66	43—30	32—23	76—70	52—39	45—36
12	Выше средней	84—78	64—56	48—41	92—87	73—65	64—56
	Средняя	77—71	55—46	40—34	86—83	64—55	55—46
	Ниже средней	70—66	45—36	33—26	82—78	54—48	44—36
13	Выше средней	86—80	67—59	50—43	101—89	78—66	60—55
	Средняя	79—71	58—47	42—36	88—80	65—56	54—46
	Ниже средней	70—66	46—36	35—27	72—67	55—46	45—38
14	Выше средней	90—80	62—58	60—54	104—94	72—64	70—64
	Средняя	79—70	57—46	48—40	93—82	63—54	62—52
	Ниже средней	69—62	45—38	38—30	81—72	53—46	50—36
15	Выше средней	86—82	64—56	65—52	98—90	70—62	68—58
	Средняя	81—76	55—48	51—40	89—82	61—54	57—46
	Ниже средней	75—68	47—38	39—28	81—74	53—46	45—36
16	Выше средней	82—76	61—53	48—40	93—81	71—61	60—54
	Средняя	75—68	52—43	39—32	80—75	60—49	53—42
	Ниже средней	67—62	42—31	31—24	74—67	48—39	41—32
17	Выше средней	82—74	56—48	50—46	93—80	68—66	57—49
	Средняя	73—64	47—42	45—36	79—72	59—49	48—40
	Ниже средней	63—56	41—30	35—20	71—63	48—36	39—31

Для определения подвижности в отделах позвоночного столба при разгибании часто используют тест "Мост". Его можно выполнять с прямыми и с согнутыми в коленях ногами. Определяют минимальное расстояние в сантиметрах между пятками и ладонями (дистальной фаланги третьего пальца кисти). Однако выполнение этого теста связано с определенной степенью риска. Calliet и Gross (1987) считают, что чрезмерное прогибание является опасным. По их мнению, *гипервыпрямление* поясницы может привести к травме вследствие чрезмерного сжатия дисков позвоночного столба и нервных волокон, образующих седалищный нерв (рис. 3.91). По мнению Алтера (2001), выполнение этого упражнения со временем может привести к появлению болевых ощущений и хроническому повреждению.



Боковая подвижность позвоночного столба оценивается по глубине наклона в сторону (степень латерофлексии), не сгибая коленей. Кроме того, измеряется расстояние от третьего пальца руки до пола. Боковая подвижность у детей школьного возраста должна быть в пределах от 15 до 20 см. Сравнивается симметричность измерений при наклоне в обе стороны.

Для определения подвижности позвоночного столба при вращениях туловища относительно вертикальной оси, чаще всего используется тест, предложенный Fleischmann.

Проведение теста. На стояке закрепляется измерительная шкала длиной 30 дюймов (1 дюйм = 2,5 см). От 12-дюймовой отметки под прямым углом до стены на полу проводится прямая линия (рис. 3.92). Если испытуемый имеет латентное доминирование правой конечности, то он встает левым боком к разметке на стене на расстоянии вытянутой руки, носки на линии, ступни вместе. Из такого исходного положения испытуемый поворачивает туловище, пытаясь пальцами вытянутой руки достать как можно дальше разметки. Для испытуемых с левосторонней доминантой используется другая шкала, и поворот туловища выполняется в обратном направлении. Амплитуда подвижности туловища определяется в сантиметрах, а результат фиксируется при условии, если крайнее положение при вращениях туловища сохраняется не меньше 2 с.

Для определения статической силовой выносливости мышц спины ребенка укладывают на живот. Он производит разгибание туловища примерно до угла 30° (рис. 3.93, а). Этот вариант применяется в том случае, если ребенок не может выполнить тест с удержанием верхней части туловища на весу. Определяют время удержания туловища до появления признаков покачивания или самостоятельного прекращения теста.

У детей в возрасте 12—15 лет средняя продолжительность удержания такого положения составляет 1,5—2,5 мин.

Оценка силовой выносливости мышц спины также производится из исходного положения лежа на животе на кушетке, при этом верхняя часть туловища до гребней подвздошных костей находится на весу, руки на поясе.

Оценка силовой выносливости мышц живота производится из исходного положения лежа на спине, ноги фиксированы, руки на поясе — определяется количество переходов из положения лежа в положение сидя в темпе 16—20 раз в минуту (рис. 3.93, б). Норматив для детей 7—11 лет 15—20 раз, а для более старшего возраста — 25—30 раз.

2) лежа на спине, руки на поясе, прямые ноги под углом 45° удерживаются на весу (рис. 3.93, в). Норматив для детей 7—11 лет равен — 1—1,5 мин, а старше 11 лет — 1,5—2 мин.

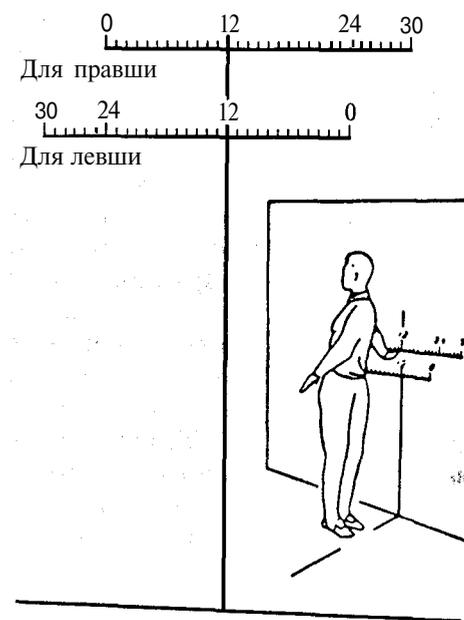


Рис. 3.92. Тест Fleischmann (1964)

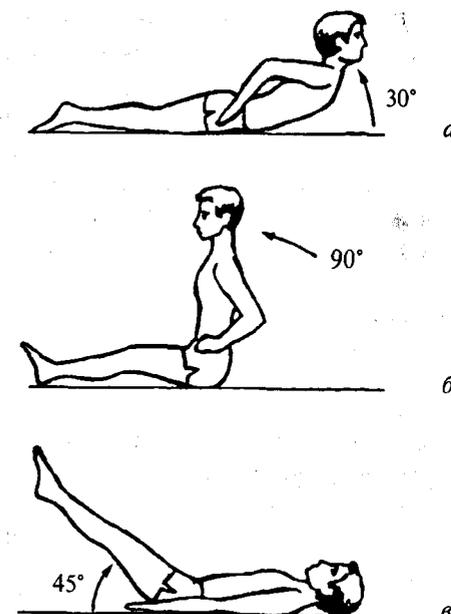


Рис. 3.93. Определение силовой выносливости мышц спины и живота

Время удержания туловища определяется по секундомеру и составляет для детей 7—11 лет 1—1,5 мин, а для детей старше 11 лет — 1,5—2 мин.

Для оценки силовой выносливости мышц правой и левой сторон туловища используют следующий тест. Ребенок ложится поперек кушетки на бок таким образом, чтобы гребни подвздошных костей находились на краю кушетки, верхняя часть туловища на весу, ноги удерживает обследуемый. Время удержания туловища в горизонтальном положении для детей 7—11 лет составляет в норме 1—1,5 мин, для детей 12—14 лет — 1,5—2 мин.

Оценка динамической силовой выносливости мышц живота производится двумя способами:

1) лежа на спине, ноги фиксированы, руки на поясе — определяется количество переходов из положения лежа в положение сидя в темпе 16—20 раз в минуту (рис. 3.93, б). Норматив для детей 7—11 лет 15—20 раз, а для более старшего возраста — 25—30 раз.

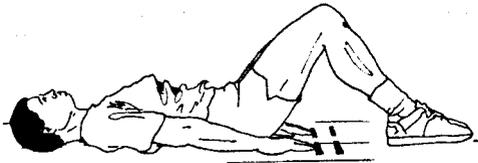
2) лежа на спине, руки на поясе, прямые ноги под углом 45° удерживаются на весу (рис. 3.93, в). Норматив для детей 7—11 лет равен — 1—1,5 мин, а старше 11 лет — 1,5—2 мин.

Для оценки силовой выносливости мышц живота и спины применяют также следующие тесты.

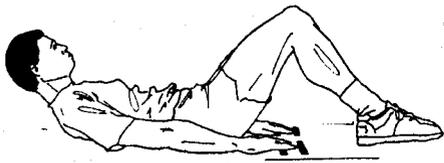
Для мышц живота. Ребенка усаживают на кушетку или на пол с полу-согнутыми в тазобедренных и коленных суставах ногами и отклоненным назад (под углом 60°) туловищем; руки согнуты в локтях и положены на затылок. Определяют время удержания туловища в таком положении до появления признаков покачивания или самостоятельного прекращения теста.

Для определения силовой выносливости правой наружной косой мышцы живота ребенка укладывают на спину со скрещенными на груди руками и разведенными в стороны ногами (для устойчивого положения таза). Ему предлагают, приподняв голову и туловище, повернуть туловище влево и максимально долго удерживать его в этом положении.

При необходимости включить компонент выносливости и силы при тестировании брюшной мускулатуры целесообразно использовать метод, разработанный Фолкнером (1988). В этом тесте испытуемый занимает такое положение лежа, при котором колени образуют угол 90°, руки вытянуты ладонями вниз, пальцы касаются полосок ленты, расположенных перпендикулярно к телу с обеих сторон. Две дополнительные полоски ленты размещают параллельно первым на расстоянии 8 см. При поднимании туловища вверх вначале наблюдается "выпрямление" участка поясницы с последующим медленным "сгибанием вверх" верхней части спины и скольжением пальцев вдоль пола до касания ими вторых полосок; после этого туловище возвращается в исходное положение до тех пор, пока тыльная часть головы испытуемого не коснется рук проводящего тест.



а



б

Рис. 3.94. Канадский тест для определения силы мышц туловища. Из положения лежа на спине колени согнуты под углом 90°, кончики пальцев касаются полосок ленты, расположенных перпендикулярно туловищу (а). После выпрямления области поясницы испытуемый сгибает верхнюю часть спины до тех пор, пока кончики пальцев не коснутся двух расположенных дальше полосок ленты (8 см от первых) (б)

Движения должны выполняться медленно, без остановок и под постоянным контролем инструктора; выполняется 20 "сгибаний вверх" в минуту. Испытуемые могут выполнять упражнение столько раз, сколько смогут без пауз, до 75 (рис. 3.94). В табл. 3.29 приводятся **нормативы для мужчин и женщин** разного возраста.

Диагностика осанки человека не была бы полной без измерения и оценки состояния опорно-рессорных свойств его стопы.

Выделяют три основные функции, присущие нормальной стопе:

Таблица 3.28. Нормативы выполнения теста "частичное сгибание вверх" (по данным Фолкнера и др., 1988)

Оценка	Количество раз					
	Мужчины, лет			Женщины, лет		
	<35	35—44	>45	<35	35—44	>45
Отлично	60	50	40	50	40	30
Хорошо	45	40	25	40	25	15
Удовлетворительно	30	25	15	25	15	10
Плохо	15	10	5	10	6	4

Примечание. Испытуемым старше 45 лет рекомендуется выполнять упражнение на расстоянии 8, а не 12 см.

- *рессорная* — способность к упругому распластыванию под действием нагрузки;
- *балансировочная* — участие в регуляции позной активности при стоянии и ходьбе;
- *толчковая* — сообщении ускорения ОЦМ тела при локомоциях.

Важнейшей конструктивной особенностью стопы человека является ее сводчатое строение (рис. 3.95). Сводчатость стопы поддерживается и укрепляется мышцами голени, поэтому ее демпфирующие свойства определяются не только анатомическими особенностями костей, но и активной работой мышц.

Так как продольные и поперечные своды стопы обращены выпуклостью кверху, то при вертикальной позе давление на подошву распределяется в основном на 3 точки (пяточный бугор, головки I и V плюсневых костей) и наружный край подошвы. Поэтому площадь эффективной опоры стопы оказывается меньше, чем площадь ее подошвы.

Нагрузка на стопу распределяется следующим образом: через тело таранной кости на пяточный бугор, ладьевидную и клиновидные кости на головки I—III плюсневых костей, образуя внутреннюю продольную дугу, а также через пяточную и кубовидную кости на головки IV—V плюсневых костей, образуя при этом наружную продольную

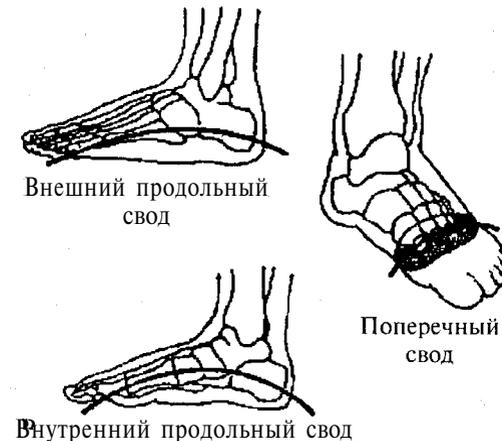


Рис. 3.95. Своды стопы человека

дугу. Таким образом, можно представить две продольные оси стопы. Одна, проходящая через середину пятки и промежуток между I и II плюсневыми костями, — это ось силы, по которой передаются основные нагрузки при ходьбе, и другая, проходящая через середину пятки и промежуток между II и III плюсневыми костями, — ось равновесия или баланса, в которой происходят движения стопы при стоянии. Положение этой оси определяется как равная длина рычагов от этой оси до головок I и V плюсневых костей.

Исследованиями Гурфинкеля (1965) установлено, что при вертикальной позе в норме масса тела на стопу распределяется следующим образом: 20,5 % — на **передне-внутренний** отдел стопы, 18,4 % — на передне-наружный отдел, 5,5% — на область свода, а на пятку — 55,6 %.

По данным Давыдовой, при ходьбе масса тела человека распределяется следующим образом: на пятку приходится 33,2 %, на среднюю часть — 5 %, на **передне-наружную** часть стопы — 26 %, на **передне-внутреннюю** часть — 35,8 %.

Формы патологии стопы. Существует множество заболеваний стоп, вызывающих крайне неблагоприятные изменения в организме человека. Касперчик (2000) предлагает их классифицировать следующим образом:

- *плоскостопие;*
- *плоско искривленная стопа;*
- *косолапая стопа;*
- *пустотелая стопа (полая);*
- *стопа с поперечным плоскостопием.*

Плоскостопие (плоская стопа). Под этим плоскостопием понимают процесс постоянного снижения продольного свода стопы как следствие ее статодинамической недостаточности (рис. 3.96). Все это характеризует ее как мышечно слабую стопу, но это самая легкая форма плоскостопия. Нагрузка стопы со слабой мышечно-связочной системой приводит к деформации ОДА, нарушению различных функций организма (рис. 3.97).

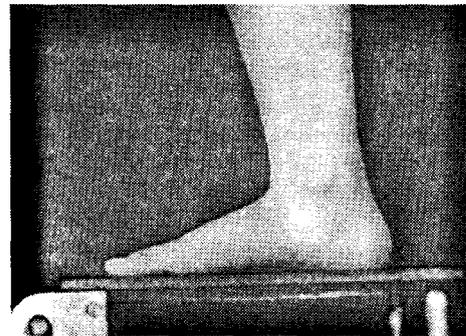


Рис. 3.96. Плоская стопа (плоскостопие) является причиной усугубления недуга.

Плоско искривленная стопа. При нормальной стопе (осмотр проводится сзади) ось пятки является продолжением оси голени. Физиологическое отклонение составляет около 5°. При искривлении стопы пятка поворачивается наружу и опирается на плоскость внутренним краем (рис. 3.98). Человек с подобным отклонением стирает каблук с внутренней стороны. Чаще всего такие изменения сопровождаются искривлением колен, что в дальнейшем

Косолапая стопа. Противоположностью плоско искривленной стопы является косолапая стопа. Она характеризуется искривлением пятки вовнутрь и ее опорой на внешний край. При косолапости каблук стирается с внешней стороны.

Полая стопа характеризуется в изменении полости стопы на отрезке между пяточным бугром и головками плюсневой кости и одновременным искривлением этой части. Такой дефект характеризуется так называемым высоким подъемом.

Среди различных деформаций нижних конечностей наиболее часто встречается косолапость и плоскостопие, которое связано с искривлением стопы, преимущественно выражающееся в уплощении ее продольного или поперечного свода. Плоскостопие — самый распространенный вид патологии нижних конечностей у детей и школьников.

Поперечное плоскостопие — деформация стопы, характеризующаяся понижением поперечного свода (рис. 3.99).

В происхождении поперечного плоскостопия кроме мышц стопы и межкостной фасции основную роль играет подошвенный апоневроз, поэтому поперечную распластанность стопы следует считать проявлением недостаточности связочного аппарата.

При развитии поперечного плоскостопия длина стоп уменьшается за счет веерообразного

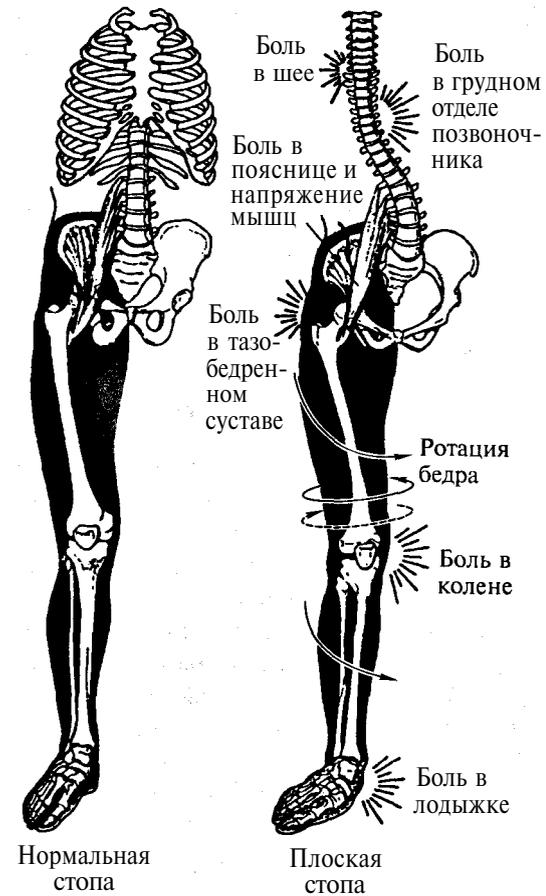


Рис. 3.97. Возможные изменения ОДА человека, возникающие при нарушении статодинамической функции стопы (Очерет, 2000)

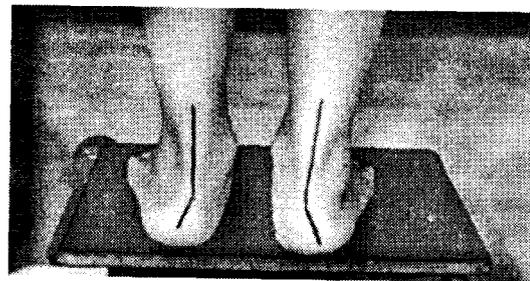


Рис. 3.98. Плоско искривленная стопа

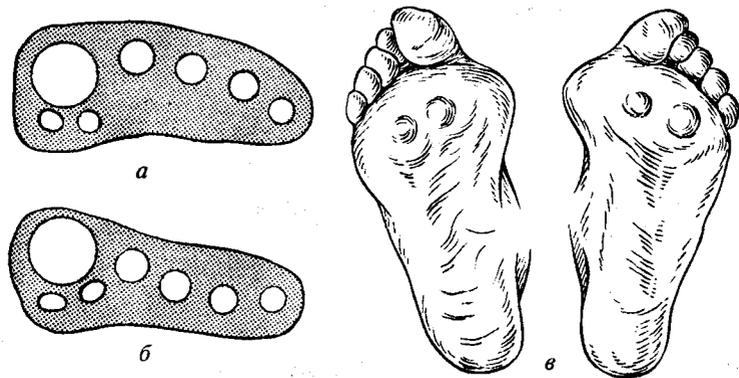


Рис. 3.99. Поперечная стопа:

а — схема расположения плюсневых костей в нормальной стопе; *б* — схема расположения плюсневых костей при поперечной стопе; *в* — натоптыши

расхождения плюсневых костей, отклонения I пальца кнаружи и молоткообразной деформации среднего пальца.

Основные признаки: распластанность переднего отдела стопы, боль и омозоленность кожи подошвы под головками плюсневых костей, натяжение сухожилий разгибателей пальцев. С увеличением степени поперечного плоскостопия появляются молоткообразные пальцы.

Плоскостопие бывает *врожденное*, оно встречается крайне редко, комбинируется с другими деформациями и является следствием первичных внутриутробных пороков развития тканей эмбриона, и *приобретенное*. В зависимости от причинного фактора, последнее подразделяется на *рахитическое, травматическое, паралитическое* и *статическое*.

Патогенез *рахитического* плоскостопия развивается на почве рахита, при котором кости становятся мягкими, податливыми и легко деформируются под действием нагрузки.

Травматическое плоскостопие является результатом неправильно сросшихся переломов лодыжек, костей предплюсны и плюсны, повреждения мышечно-связочного аппарата, особенно задней большеберцовой мышцы.

Паралитическое плоскостопие образуется при параличе мышц, поддерживающих своды стопы. Очень часто встречается после полиомиелита.

Причина образования *статического* плоскостопия прослеживается в нарушении упругих элементов стопы, переутомлении мышц, и, следовательно, в нарушении мышечного тонуса и сократительной способности мышц. Многочисленными исследованиями установлена зависимость плоскостопия с функциональной недостаточностью мышечно-связочного аппарата нижних конечностей и физической перегрузкой стоп, что в подавляющем большинстве случаев является следствием постепенно развивающихся

изменений в скелете стопы, в системе связок, мышц и при значительной недостаточности кровообращения и иннервации голени и стопы. При этом кости стопы, образующие свод, смещаются относительно друг друга, и стопа теряет упругость. Так как упругие силы стопы нарушены, то свод стопы не возвращается в свое нормальное положение и рессорность стопы постепенно исчезает.

Различные заболевания и повреждения органов опоры нередко сопровождаются серьезными функциональными нарушениями двигательного аппарата человека, снижением силы и тонуса мышц, утратой способности к нормальному передвижению, что в конечном итоге приводит к инвалидности и стойкой потере трудоспособности.

Изучение патологических изменений в суставах стопы является сложной задачей, ввиду специфической пространственной ориентации их осей и небольших габаритов изучаемого сегмента, что затрудняет установку специальных регистрирующих устройств. Данные трудности заставляют использовать сложные устройства, зачастую нарушающие нормальную биомеханику суставов стопы.

На сегодняшний день в практике медицинских и педагогических исследований накоплен огромный опыт использования специальных методов измерения и оценки двигательной функции стопы человека.

Визуальные методы считаются наиболее простыми и распространенными. Как правило, используются при профосмотрах, заключаются в осмотре медиального (внутреннего) свода стопы и подошвенной поверхности обеих стоп.

При осмотре обследуемый стоит на твердой опорной поверхности, стопы располагаются параллельно на расстоянии 15—20 см друг от друга. С медиальной стороны нормальный продольный свод просматривается в виде дуги, идущей от головки 1-й плюсневой кости до пяточной кости. Если внутренние части стопы не касаются пола, то это свидетельствует о нормальном своде стопы. При плоскостопии дуга свода очень пологая и расположена близко к опорной поверхности.

При осмотре стопы с подошвенной стороны обследуемый становится на стул на колени так, чтобы стопы свободно свисали с края стула (опорная часть стопы отличается от неопорной более темной окраской). При нормальном продольном своде опорная часть расположена на середине стоп в области перешейка и составляет примерно 1/3—1/2 ширины стопы. Если это расстояние составляет более половины ширины стопы, то стопа считается уплощенной, а более 2/3 — плоской.

Для визуальной оценки сводов стопы можно использовать функциональные пробы. Это, прежде всего, приподнимание на носки и поднимание пальцев стопы без отрыва от поверхности опоры. Как правило, при поднимании на носки стопа характеризуется углублением продольного свода, а

при поднимании пальцев стопы характерно увеличение медиальной части продольного свода.

Дополнением этого метода является опрашивание пациента, на основании которого определяется время и характер нагрузки на стопы на протяжении дня, можно узнать вероятные беспокоящие проблемы, в частности, особенности носимой обуви.

Проводят осмотр не только поверхности стоп обследуемого, но и его обуви. В норме, снашивание каблука происходит по наружному краю, а носка — по внутреннему. При плоскостопии быстрее снашивается внутренний край подошвы и каблука. При полувальгусной стопе — наружный край подошвы. Сравнение обеих подошвенных поверхностей может охарактеризовать неравномерность износа и укорочения ноги. То, что длиннее, несет большую нагрузку, потому и обувь на ней скорее снашивается. Смятая пяточная часть говорит о неустойчивости, повышенной подвижности пятки, что свидетельствует о нестабильности вследствие слабости связочного аппарата стопы.

Антропометрические методы являются наиболее традиционными и позволяют производить замеры непосредственно на исследуемом. Их наибольшим достоинством является простота конструкции измерительных приспособлений (антропометр, измерительная лента, циркуль), легкость работы, быстрота получения данных, а помимо всего — их всеобщая доступность.

Диагностику рессорных свойств стопы Очерет (2000) предлагает проводить используя следующий вариант измерения. Для определения относительной высоты свода стопы необходимо нащупать на внутренней поверхности продольного свода нижнюю бугристость ладьевидной кости, поставить на этом бугорке точку фломастером, обследуемый в это время находится в положении сидя на стуле так, чтобы ноги свободно касались пола. Затем измеряют высоту свода специальной линейкой от пола до отмеченной точки, удерживая линейку вертикально (то есть без нагрузки на стопу), полученный результат записывают. Не меняя положения стопы, обследуемый встает, а исследователь снова измеряет высоту свода. Разница между высотой свода без нагрузки и в положении стоя под нагрузкой является важной диагностической величиной. Изменение этой высоты более чем на 3—4 мм говорит о слабости свода вследствие недостаточности связочного и мышечного аппаратов, о нестабильности, и следовательно, о плоскостопии в той или иной форме. Измерение проводится на обеих ногах, учитывая разницу между высотой свода на левой и правой ноге. В норме она также не должна превышать 3—4 мм. Большое расхождение говорит об укорочении ноги (той, где свод выше, так как нагрузка меньше).

В основе метода **подометрии** лежит измерение стоп с помощью специального прибора стопометра или толстотного циркуля и треугольника.

Метод удобен для обследования, может дать достаточно точные данные о подлинном состоянии формы стопы, выявить начальные степени плос-

костопия. И хотя он не позволяет учитывать такие отклонения, как вальгирование (степень отклонения пятки) и величину отклонения большого пальца, тем не менее, благодаря своей простоте и объективности, широко применяется в практике массовых медицинских обследований.

С помощью стопометра измеряют длину стопы — расстояние между пяточной и конечной точками, и ширину — расстояние между плюсневыми точками. Для оценки медиальной части продольного свода стопы находят расстояние от опорной поверхности до бугристости ладьевидной кости. Таким же способом регистрируют высоту подъема стопы — расстояние от опорной поверхности до наиболее высокой точки тыльной поверхности ладьевидной кости. Высота медиальной части продольного свода стопы в норме колеблется в пределах 50—70 мм.

Полученные данные можно использовать для расчета индекса стопы. Индекс стопы по методу Фридланд равен:

$$I = \frac{h_n}{l} \cdot 100 \%, \quad (3.13)$$

где I — искомый индекс, %; h_n — высота подъема стопы, см; l — длина стопы, см.

Характеристика индекса стопы: более 33 % — очень высокий свод, 33—31 % — умеренно высокий; 31—29 % — нормальный; 29—27 % — умеренное плоскостопие; 27—25 % — резкое плоскостопие.

Плантоконтурографические методы. Плантоконтурография является наиболее распространенным методом исследования стоп. Плантоконтурограмма — это отпечаток подошвенной части стопы с определенным очертанием — контуром стопы.

Графико-расчетный метод плантографии является наиболее удобным для обследований в полевых условиях и позволяет более точно определить форму и степень уплощения стопы. Суть этого метода заключается в снятии отпечатков подошвенной поверхности стоп (плантограммы) с помощью специального устройства плантографа и последующей обработке этих отпечатков.

Плантограф представляет собой большую штемпельную подушку размером 400 x 400 мм, на которую помещают лист бумаги, прикрытый сверху целлофановой пленкой с предварительно нанесенной на нее типографской краской.

Исследуемый садится на стул или высокий табурет и аккуратно всей подошвенной поверхностью стоп ставит ноги на плантограф, при этом масса тела обследуемого распределяется равномерно на обе стопы. Положение головок плюсневых костей первого и пятого пальцев обозначается на отпечатке точками.

При отсутствии указанного прибора подошвенные поверхности стоп обследуемого смазываются глицерином или растительным маслом, затем он



Рис. 3.100. Типы плантограмм стоп по Бохенку

становится на положенную, на пол бумагу. При этом следует учитывать, что жир быстро расплзается по бумаге, поэтому полученный след подошвы стопы необходимо немедленно обвести карандашом.

Существует два способа исследования отпечатков стоп:

- сравнение плантограммы исследуемого с образцовыми типами стоп, которое разработали Бохенек и Кларк;
- расчет соответствующих углов

и индексов, характеризующих строение стопы (угол Кларка, индекс Балакирева, Штритера-Годунова, Вейсфлога и др.).

По классификации Бохенка различают 4 типа стоп:

изогнутая (I), *идеальная* (II), *плюснутая* (III), *плоская* (IV) (рис. 3.100).

Аналогичным образом можно определить тип стопы, используя классификацию Кларка, который для анализа подошвенных поверхностей стоп предложил использовать 10 характерных отпечатков: 1—3 изогнутая стопа, 4—6 идеальная стопа, 7—10 различные виды плоскостопия (рис. 3.101).

Угловой индекс Кларка (O). Угол Кларка определяет состояние подошвенного изгиба стопы и лежит между касательной медиального края отпечатка стопы и линией, соединяющей наиболее выпуклую точку, пересекающуюся с касательной медиального края плюсны (рис. 3.102).

Полученные отпечатки оценивают с помощью специальных графико-расчетных методов и индексов.

Для расчета **индекса Балакирева** рисуют две касательные линии *a*, *b* к внешнему и внутреннему краю стопы. Касательные линии пересекаются вне пятки, образуя угол. Биссектриса угла, образованного прямыми *a* и *b*, пересекает контур пятки в точке *A* (центр отягощения стопы) (рис. 3.103, т. А). Крайние точки головок I и V плюсневых костей соединяет поперечно-внут-



Рис. 3.101. Типы плантограмм стоп по Кларку

ренняя линия **ZW**. Разделив ее на 6 равных частей, определяют проекции центров головок пяти плюсневых костей. От точки *A* проводят через головку II плюсневой кости линию **AO** (измерение основания подошвы).

На одной трети линии **AO** от точки *A* находят точку *N*. Линия **CN**, проходящая перпендикулярно к линии **AO**, характеризует длину заднего поперечника окрашенной части отпечатка стопы на уровне Шопарова сустава.

Изменения в соединениях суставов стопы влекут за собой увеличение или уменьшение отношений длин окрашенной и неокрашенной частей отпечатка стопы. Эти изменения Балакирев относит к количественным показателям, характеризующим рессорные свойства стопы, и определяет их как соотношение поперечно окрашенной части Шопарова сустава (**CN**) и максимальной длины неокрашенной части (**EF**). Таким образом, вычисляется индекс, равный

$$B = CN / EF, \quad (3.14)$$

величина которого может охарактеризовать состояние деформации стопы.

Для детального определения величины индекса деформации Балакирев предлагает проводить направляющую линию **AB** от точки отягощения стопы через центр Шопарова сустава к ее основанию.

На основании этого он предложил классифицировать стопы, как:

- *нормальные* — направляющая линия проходит между головками IV и V кости плюсны;
- *супинированные* — направляющая линия выходит наружу головки V кости плюсны;
- *пронированные* — направляющая линия падает на поверхность I—III костей плюсны.

При оценке стопы человека индекс Балакирева имеет следующие значения:

- индекс возрастает до бесконечности от 1,0 — стопа плоская;
- индекс уменьшается от 1,0 до 0,0 — стопа изогнутая;
- индекс величины равняется 1,0 — стопа нормальная.

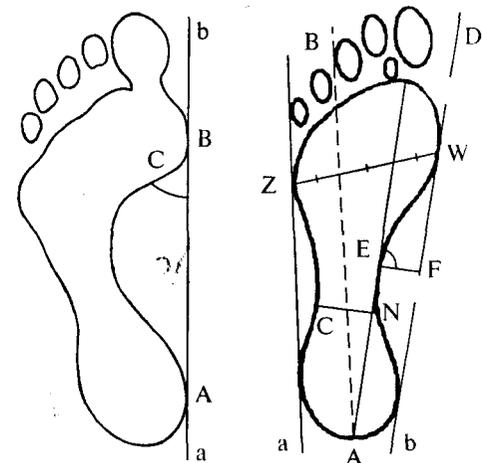


Рис. 3.102. Схема измерения угла Кларка

Рис. 3.103. Схема расчета индекса Балакирева

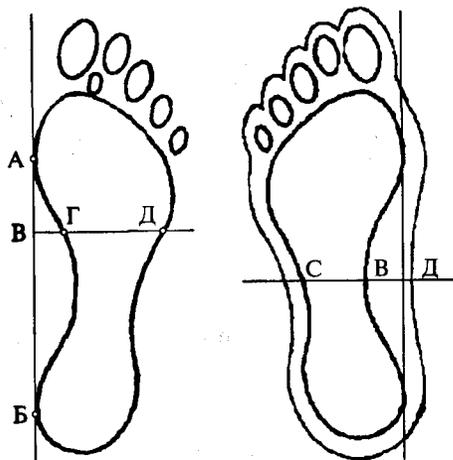


Рис. 3.104. Схема расчета индекса Штритера

Рис. 3.105. Схема измерения индекса «К»

При оценке отпечатков стоп с помощью **индекса Штритера** к наиболее выступающим точкам медиального края отпечатка стопы проводится касательная линия (АВ), из середины которой (точка В) восстанавливается перпендикуляр, пересекающий медиальный край отпечатка в точке Г, а латеральный — в точке Д (рис. 3.104).

Для оценки продольного свода стопы используют формулу

$$I = \frac{ГД}{ВД} \cdot 100 \%, \quad (3.15)$$

где I — индекс Штритера в %, ГД и ВД — длины отрезков.

При нормальной форме стопы это соотношение составляет от 43 до

50 %. Стопы, дающие на отпечатке более 60,1 % касания с полом, считаются плоскими, 50,1 — 6 % — начинающееся плоскостопие (табл. 3.30).

Индекс "К" (Штритера-Годунова) определяет отношение длины отрезка, идущего в центр соединения продольной дуги через затененную часть следа к длине отрезка, находящегося на затененной и незатененной части плантоконтуры (рис. 3.105).

$$K = \frac{B - C}{A - C}, \quad (3.16)$$

где В - С — затененная часть А - С — затененная и незатененная часть.

Классификация стоп, согласно индексу "К", для взрослых:

- изогнутая стопа 0,00—0,25;
- нормальная стопа 0,26—0,45;
- пониженная стопа I 0,46—0,49;
- пониженная стопа II 0,50—0,75;
- плоская стопа 0,76—1,00.

Значения индекса "К" в массовых исследованиях можно также рассчитать с помощью метода подоскопии.

На основе графического анализа отпечатков стоп может также определяться **индекс Чижина**, с помощью которого, вычисляется соотношение частей перпендикуляра, расположенных в светлой и темной части отпечатка (рис. 3.106).

Для этого на отпечатке проводят следующие линии: касательная АВ к наиболее выступающим точкам медиального края стопы. Линия CD — прямая, проходящая через основание 2-го пальца и крайнюю заднюю точку пятки. Через середину отрезка CD восстанавливают перпендикуляр к касательной АВ, который пересекает ее в точке "Г". Перпендикуляр пересекает также отпечаток стопы в точке "b" (по медиальному краю стопы) и в точке "Г" (по ее латеральному краю).

Оценку сводов стопы проводят используя индекс Чижина, равный:

$$I = \frac{ГС \text{ (ширина закрашенной части)}}{bf \text{ (ширина не закрашенной части)}} \cdot (3.17)$$

Если индекс колеблется от 0 до 1, то сводчатость стопы оценивается как нормальная; если индекс от 1,1 до 2 — уплощенная стопа; если более 2 — имеется плоскостопие.

При диагностике состояния отделов стопы применяют метод, разработанный Потихановой, Годуновым и Черпиной (1982).

Обработку плантограммы проводят с помощью графико-расчетного метода (рис. 3.107).

Точки А и В, соответствующие головкам 1-й и 5-й плюсневых костей, соединяют прямой линией. На наружной стороне отпечатка через точки В (головка 5 плюсневой кости) и С (наиболее выступающая снаружи точка пятки) проводят прямую линию, к которой восстанавливают перпендикуляр из точки Д (крайняя задняя точка отпечатка пятки). Длину отпечатка измеряют от точки Д до более длинного пальца. От точки Е по прямой ВЕ откладывают отрезки, равные 0,16, 0,30, 0,46 и 0,60 длины отпечатка.

Из вновь найденных точек восстанавливают перпендикуляры к прямой ВЕ (cc', ии', vv', WW'). Кроме того, проводят: линию, отсекаю-

Таблица 3.30. Определение степени плоскостопия по Штритеру

От 0 до 36 %	Высокосводчатая
От 43 до 50 %	Нормальный свод
От 60,1 до 70 %	Плоскостопие
От 36,1 до 43 %	Повышенный свод
От 50,1 до 60 %	Уплощенный свод

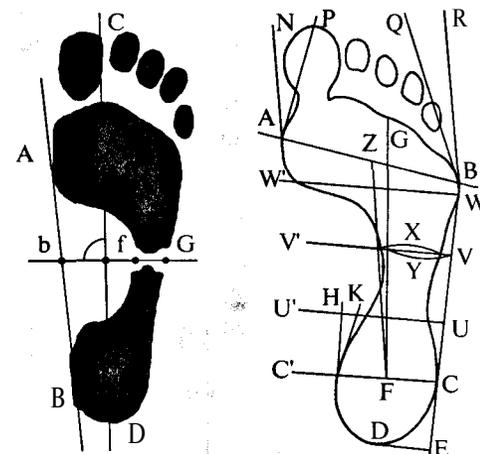


Рис. 3.106. Схема расчета плантограммы по Чижину

Рис. 3.107. Схема измерения плантограммы

шую наружную часть продольного свода, которая соединяет середину линии **сс'** (точка F) с точкой G (точка между основаниями 3-го и 4-го пальцев); перпендикуляр с'Н к линии **сс'**; линию, соединяющую точки **с'** и K (по отпечатку вверх и вперед на 1 см от **с'**); условную ось стопы — линию, соединяющую точки F и Z (середина линии **AB**); линии AP и BQ из точек A и B через крайние передние точки отпечатков 1-го и 5-го пальцев; линии AN и BR, параллельные условной оси стопы.

Оценку плантограммы проводят по показателям продольного плоскостопия и поперечного распластывания. Продольное плоскостопие характеризуется следующие показатели.

1. Коэффициент K, определяющий состояние среднего отдела продольного свода стопы:

$$K = x / y_1, \quad (3.18)$$

где x — ширина закрашенной части отпечатка по линии **vw'**, y — ширина наружной части продольного свода стопы.

- K от 0 до 0,5 — стопа полая;
- K от 0,51 до 1,10 — стопа с нормальным сводом;
- K от 1,11 до 1,20 — стопа с пониженным сводом;
- K от 1,21 до 1,30 — 1-я степень плоскостопия;
- K от 1,31 до 1,50 — 2-я степень плоскостопия;
- K от 1,50 и выше — 3-я степень плоскостопия.

2. Пяточный угол **Нс'К**, определяющий состояние заднего отдела продольного свода стопы:

- если угол **Нс'К** > 5° — состояние стопы в норме;
- если угол **Нс'К** < 5° — стопа плоская.

3. Протяженность переднего и заднего отделов, отсекаемых соответственно линиями **ww'** и **vv'**. Если эти отделы удлинены, значит стопа плоская даже при нормальном состоянии среднего отдела.

Таблица 3.31. Нормативная шкала оценки плантографических показателей стопы

Группа спортсменов	Передний отдел стопы			
	Угол при 1-м пальце, град.		Угол при 5-м пальце, град.	
	Норма $\bar{X} \pm 0,675$	Распластывание >	Норма $\bar{X} \pm 0,675$	Распластывание >
Легкоатлеты-спринтеры	15	16	16	17
Велогонщики	15	16	21	22
Пловцы	15	15	17	18
Лыжники	15	16	17	18
Тяжелоатлеты	16	17	16	17
Неспорсмены	14	15	17	18

Таким образом, плантограмма при выраженном продольном плоскостопии характеризуется увеличением ширины среднего отдела стопы, уменьшением пяточного угла, удлинением переднего и заднего отделов. Эти признаки могут наблюдаться отдельно и в комбинации.

Состояние переднего отдела стопы характеризуют следующие показатели.

1. Угол при 1-м пальце (**Z NAP**). Если **Z NAP** < 18°, передний отдел стопы в норме; если **Z NAP** > 18° — имеет место поперечное распластывание.

2. Угол при 5-м пальце (**Z QBR**). Если **Z QBR** < 12°, передний отдел стопы в норме; если **Z QBR** > 12° — передний отдел стопы в состоянии поперечного распластывания.

В табл. 3.31 приводятся дополнительные критерии оценки состояния отделов стопы для некоторых спортивных специализаций (Мартиросов, Пашикян, 1979). Использование предложенных нормативных шкал позволяет дать более точную оценку состояния стоп с учетом спортивной специализации.

Для исследования поперечного свода стопы служит индекс "**W**" — Вейсфлога (1956).

Индекс рассчитывают по формуле

$$W = \frac{S}{P}, \quad (3.19)$$

где S — длина стопы, P — ширина стопы.

Отношение длины стопы к ее ширине должно составлять 3:1, т.е. правильной считают такую стопу, которая, например, при длине 30 см (S) имеет 10 см ширины (P) — тогда 30:10 = 3. Однако такая стопа встречается крайне редко. Наиболее часто индекс "**W**" бывает в пределах между 2 и 3. Значения, ближе к "2", например 2,10, свидетельствуют о поперечном плоскостопии, в свою очередь значения, ближе к "3", например 2,97, доказывают идеальное поперечное соединение стопы.

у некоторых групп спортсменов и лиц, не занимающихся спортом

Средний отдел стопы				Задний отдел стопы	
Коэффициент K				Пяточный угол, град.	
Повышенный свод <	Нормальный свод $X \pm 0,675$	Пониженный свод $\bar{X} + 0,345$	Плоский свод >	Вальгусный поворот <	Норма $\bar{X} - 0,678$
0,84	0,85—1,03	1,0—1,12	1,13	2	3
0,79	0,80—1,02	1,03—1,12	1,13	2	3
0,66	0,67—0,89	0,90—1,0	1,01	2	3
0,76	0,77—0,97	0,98—1,07	1,08	3	4
0,97	0,98—1,38	1,39—1,58	1,59	0	1
0,76	0,77—1,03	1,04—1,16	1,17	2	3

Измерение углов стопы

Пяточный угол (угол γ). Его определяют две касательные линии к внутреннему и внешнему краю стопы. Касательные линии пересекаются вне пятки, образуя угол (рис. 3.108, *a*). Норма для пяточного угла, согласно данным Вейсфлога (1956), составляет $15-18^\circ$.

Угол кривизны большого пальца. Он находится между касательной к медиальному краю стопы и касательной, проведенной из точки в наиболее широком участке латерального края плюсны и к медиальному краю большого пальца (рис. 3.108, *b*). Норма для угла кривизны большого пальца, согласно данным Вейсфлога (1956), составляет $0-9^\circ$.

Угол постановки V пальца. Его определяют аналогично углу альфа, но по внешней стороне края стопы (рис. 3.108, *b*).

Угол постановки стопы. Он характеризует особенности постановки стопы на опору Сленжински и Дембска (1977). Степень кривизны оценивается величиной отклонения пяточной кости от линии, проходящей через середину пятки с серединой ахиллесовой пяты (рис. 3.109).

Подоскопический метод позволяет с помощью преломления зеркал и оптической аппаратуры определить распределение давления на опорную поверхность стоп (рис. 3.110).

Для диагностики рессорной функции стоп человека может использоваться метод компьютерной оптической топографии, разработанный Паховым и Сарнадским (1996, рис. 3.111).

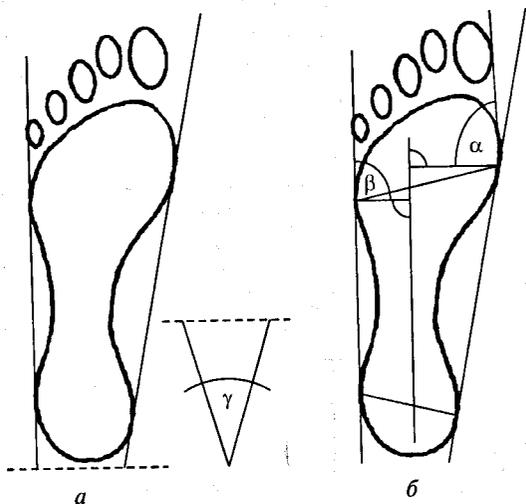


Рис. 3.108. Схема определения углов на стопе: *a* — угол гамма, *b* — углы альфа и бета

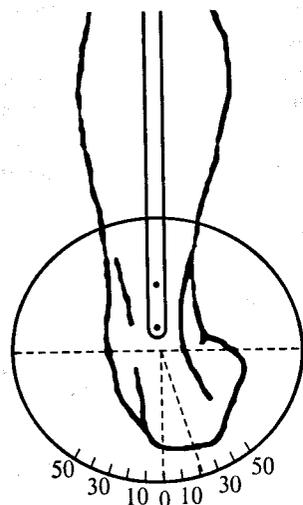


Рис. 3.109. Схема измерения угла постановки стопы

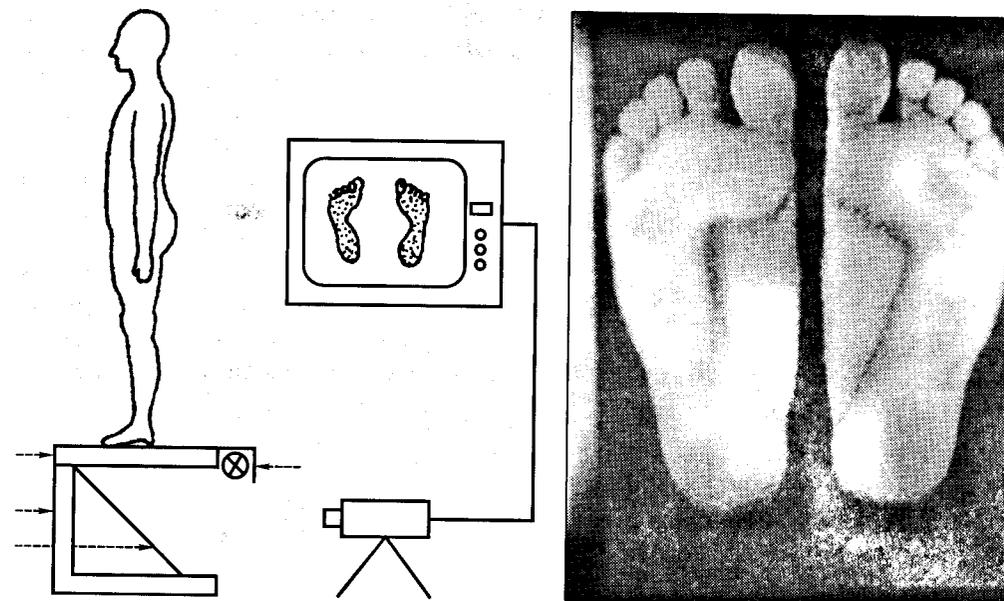


Рис. 3.110. Блок-схема подоскопа и подограмма

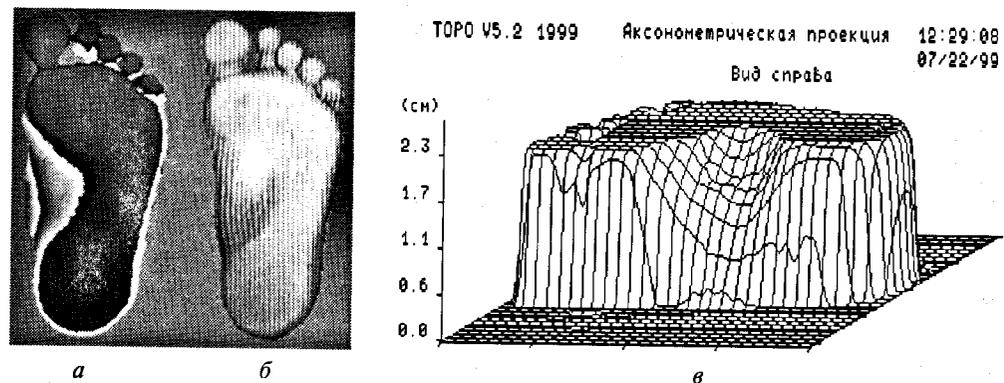


Рис. 3.111. Метод компьютерной оптической топографии: *a* — снимок подошвенной поверхности стопы при топографическом исследовании; *b* — фаза спроецированных полос; *c* — цифровая модель подошвенной поверхности стопы

Гониометрия

Помимо описанных методов, уплощенность стопы может быть определена и гониометрическим методом по углу наклона к опорной поверхности линии, соединяющей наиболее выступающие точки на медиальной по-

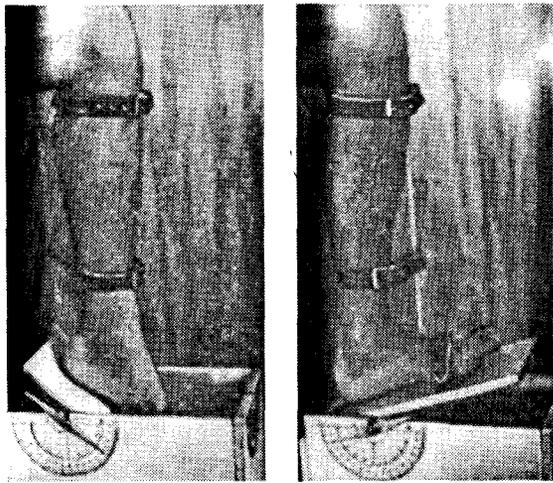


Рис. 3.112. Измерение подвижности в голеностопном суставе при пассивном сгибании стопы

Рис. 3.113. Измерение подвижности в голеностопном суставе при пассивном разгибании стопы

верхности ладьевидной кости и головки 1-й плюсневой кости. Чем меньше этот угол, тем больше уплощенность стопы (в норме угол равен 20—22°).

Одним из наиболее доступных и распространенных методов изучения подвижности суставов стопы является метод, при котором используется специальный гониометр, позволяющий фиксировать амплитуду движений в изучаемых суставах.

Тыльное и подошвенное сгибание стопы изучается следующим образом. Неподвижная branша гониометра устанавливается на середине пяточной кости, а подвижная — в области головок плюсневых костей по средней линии подошвенной поверхности стопы.

Максимальные значения подвижности в голеностопном суставе при тыльном и подошвенном сгибании стопы можно получить, когда нога согнута в коленном суставе и угол между голенью и бедром составляет 90°.

На рис. 3.112 и 3.113 изображено специальное устройство, представляющее собой опорную площадку для стопы, вращающуюся вокруг фронтальной оси. На одном из концов оси неподвижно прикреплена двусторонняя стрелка, по отклонению которой определяют угол наклона площадки и соответственно — угол сгибания или разгибания в голеностопном суставе. Голень испытуемого фиксируется двумя ремнями (проксимально и дистально); третий ремень фиксирует стопу в области головок плюсневых костей. Испытуемый выполняет активное и пассивное тыльное или подошвенное сгибание стопы, которое регистрируется на шкале гониометра в градусах.

Электротензодинамометрия

Методика тензодинамометрии позволяет определять опорные взаимодействия тела человека как при естественных статолокомоторных актах, так и при выполнении специальных двигательных заданий.

В целях детального исследования распределения нагрузки на различные участки опорной поверхности стопы в разные фазы шага Якобсоном (1959)

была разработана вставляемая в ботинок электродинамографическая стелька толщиной 2 мм с 16 вмонтированными тензодатчиками.

Для измерения усилий растяжения продольного свода стопы может использоваться устройство, разработанное Филатовым (1980).

В настоящее время в медицинской практике для определения эффективности процесса физической реабилитации используют разнообразные тензостельки фирмы BTS, опорные взаимодействия с которых регистрируются при помощи персональных компьютеров (рис. 3.114, 3.115).

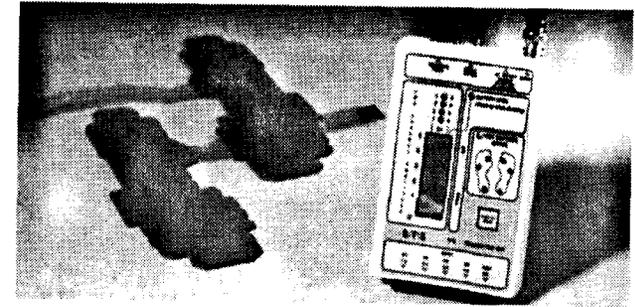
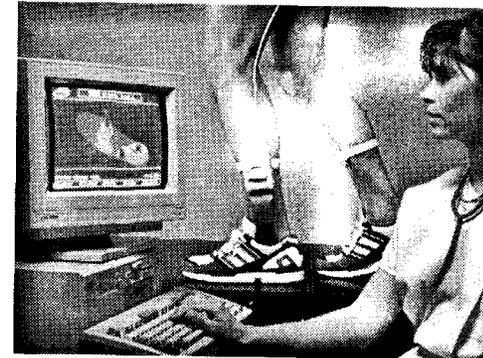


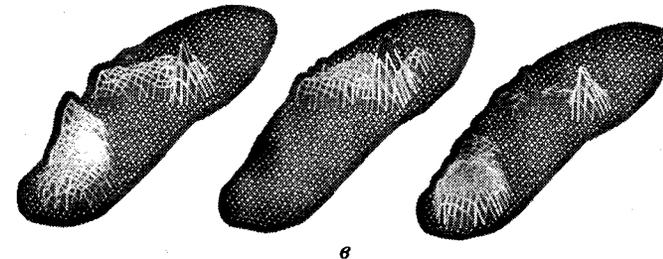
Рис. 3.114. Тензодинамометрические стельки фирмы "BTS"



а



б

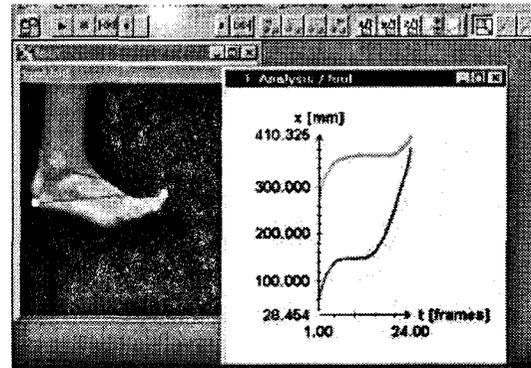
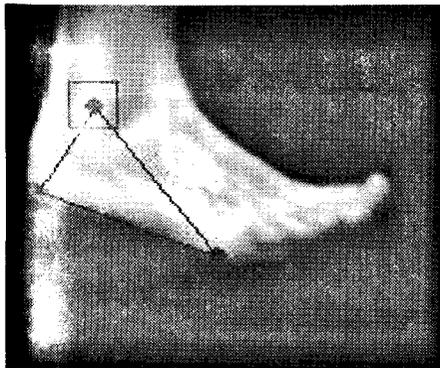
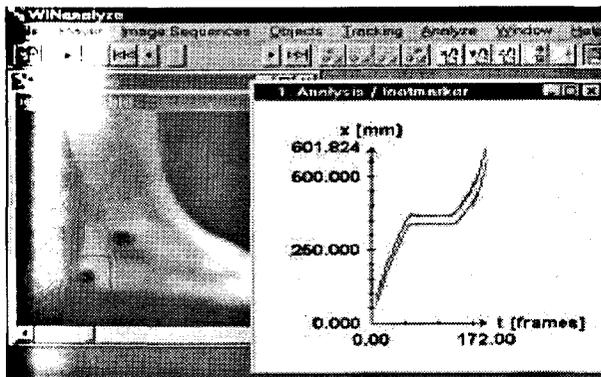
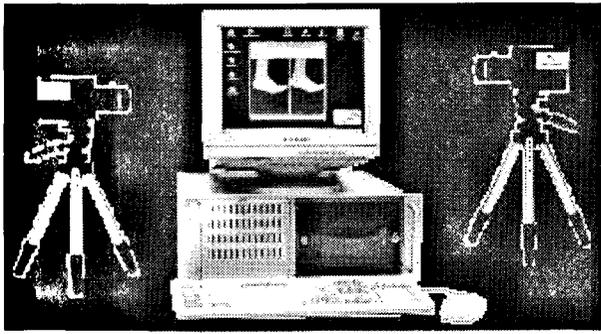


в

Рис. 3.115. а — диагностический комплекс фирмы "F-SCAN", б — тензостелька, в — тензограммы подошвы стопы

СРЕДСТВА ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ И КОРРЕКЦИИ ОСАНКИ

Рис. 3.116. Видеокомпьютерный комплекс фирмы "Mikromak"



При изучении естественных локомоций человека используют как разнообразные тензодинамометрические платформы, так и высокоскоростные видеокамеры и специальное программное обеспечение, позволяющее автоматически регистрировать и рассчитывать основные кинематические характеристики движения нижних конечностей (рис. 3.116).

На протяжении довольно длительного периода своей многовековой истории общество всегда волновали проблемы взаимосвязи духовного и физического начал в формировании человека как важнейшей биологической и социальной единицы.

Отмечая наличие определенных противоречий между духовным и физическим в личности каждого человека, большинство специалистов справедливо полагают, что эти противоречия носят естественный диалектический характер. При правильной, научнообоснованной постановке системы физического воспитания эти противоречия не только не усложняют формирование личности, а напротив, стимулируют процесс ее гармоничного развития (Бальсевич, 1987—2002; Бретз, 1997; Вильчковский, 1983—2002 и др.).

Поскольку физические упражнения как специфические средства отличаются от иных педагогических средств, применяемых в общей педагогике, следует признать целесообразным более детальное рассмотрение некоторых их закономерностей в единстве с условиями, внешними и внутренними факторами, которые определяют эти закономерности.

В процессе физического воспитания перед занимающимися выдвигаются определенные двигательные задачи, которые должны быть обязательно решены, поскольку только таким способом можно достичь соответствующих целей занятий. Двигательная задача — это социально и биологически обусловленное требование к выполнению определенных движений с заданными биомеханическими характеристиками, стимулирующее человека к активизации мыслительной и двигательной деятельности, позволяющее в конечном итоге достичь соответствующих целей в процессе физического воспитания.

Между двигательной задачей и двигательными возможностями занимающихся возникают определенные диалектические противоречия. Движу-

щая сила физического воспитания как педагогического процесса возникает при разрешении таких противоречий.

Двигательная задача обычно решается путем специально организованных двигательных действий занимающихся. Двигательное действие — это такое проявление двигательной активности человека, которое осознано и целенаправлено на решение какой-либо конкретной двигательной задачи (Лапугин, 1999).

Основным средством разрешения диалектических противоречий между двигательными возможностями занимающихся и стоящими перед ними двигательными задачами являются физические упражнения. Они оказывают на обучаемых большое воспитательное воздействие и позволяют им расширить свои двигательные возможности. Физическое упражнение можно охарактеризовать как комплекс двигательных действий, направленных на решение определенных частных задач физического воспитания, выполняемых при строгой регламентации биомеханических характеристик движений, внешних условий и состояния организма человека.

В практике физического воспитания используется огромное количество физических упражнений. Классифицировать физические упражнения — значит логически представлять их как некоторую упорядоченную совокупность с подразделением на группы и подгруппы согласно определенным признакам. В основу классификации берется признак, который является общим для какой-либо группы упражнений. Рассмотрим основные, наиболее общие классификации.

Гужаловский (1987) предлагает классифицировать физические упражнения по:

- признаку их анатомического воздействия. Ею пользуются, когда возникает необходимость подбирать упражнения для различных частей тела или групп мышц;
- по общим признакам структуры. По этому признаку упражнения подразделяются на циклические, ациклические и смешанные;
- по признаку их преимущественной направленности на развитие двигательных качеств.

Матвеев (1977, 1999) предложил несколько иную классификацию:

- упражнения, требующие комплексного проявления физических качеств в условиях переменных режимов двигательной деятельности, непрерывных изменений ситуаций и форм действий;
- упражнения, требующие значительных проявлений координационных и других способностей в условиях строго заданной программы движений;
- упражнения, требующие преимущественно проявления выносливости в циклических движениях;
- скоростно-силовые упражнения, характеризующиеся максимальной интенсивностью или мощностью усилий.

Платонов (1997) рекомендует подразделять физические упражнения на четыре группы:

- общеподготовительные — направлены на всестороннее функциональное развитие организма человека;
- вспомогательные — создают фундамент для последующего совершенствования в той или иной спортивной деятельности;
- специально-подготовительные — включают элементы соревновательной деятельности, а также двигательные действия, приближенные к ним по форме, структуре, а также по характеру проявляемых качеств и деятельности функциональных систем организма;
- соревновательные — предполагают выполнение комплекса двигательных действий, являющихся предметом спортивной специализации, в соответствии с существующими правилами соревнований.

Расширению представлений о системе физических упражнений способствует их классификация на основе учета активности мышц, вовлеченных в работу. Выделяют локальные — участвует менее 30 % мышечной массы, региональные — от 30—50 % и глобальные — свыше 50 %. В зависимости от режима работы мышц различают изометрические, изотонические, ауксотонические упражнения.

В зависимости от проявлений силы выделяют силовые и скоростно-силовые (мощностные) упражнения. Силовыми считают упражнения с максимальным или почти максимальным напряжением основных групп мышц, проявляемым в изометрическом или ауксотоническом режиме при малой скорости движения (с большим внешним сопротивлением, весом). Максимальную скорость мышцы развивают при внешнем сопротивлении (грузе), составляющем 30—50 % максимальной (статической) силы. Предельная продолжительность упражнений с большой мощностью мышечных сокращений находится в диапазоне от 3—5 с до 1—2 мин — в обратной зависимости от мощности мышечных сокращений (нагрузки).

На основе анализа стабильности и периодичности кинематических характеристик, двигательных действий выделяют циклические и ациклические упражнения.

В упражнениях циклического характера, в соответствии с использованием тех или иных путей энергообеспечения, выделяют ряд групп. Такой подход является общепризнанным, он обоснован специалистами разных стран. Различия — лишь в количестве выделенных групп. Например, Фарфель (1975) в зависимости от мощности работы и преимущественного использования анаэробных или аэробных источников энергии для ее обеспечения выделил 4 зоны: с предельной продолжительностью упражнений до 20 с (зона максимальной мощности), от 20 с до 3—5 мин (зона субмаксимальной мощности), от 3—5 мин до 30—40 мин (зона большой мощности), и более 40 мин (зона умеренной мощности).

Коц (1980) в зависимости от путей энергопродукции разделил все упражнения на три анаэробных и пять аэробных групп. К анаэробным им были отнесены упражнения максимальной анаэробной мощности (анаэробной мощности); околоразмаксимальной анаэробной мощности (смешанной анаэробной мощности); субмаксимальной анаэробной мощности (анаэробно-аэробной мощности). К аэробным — упражнения максимальной аэробной мощности; околоразмаксимальной аэробной мощности; субмаксимальной аэробной мощности; средней аэробной мощности; малой аэробной мощности.

Ациклические упражнения характеризуются постоянной сменой двигательной активности, изменением в широком диапазоне биомеханических характеристик двигательных действий.

В специальной литературе чаще всего выделяют три группы ациклических упражнений: ситуационные, стандартные и ударные.

Лапутин (1999) предлагает выделять четыре класса физических упражнений: оздоровительные; тренировочные; соревновательные; показательные.

Оздоровительные упражнения подразделяют на укрепляющие, лечебные, развивающие, контрольно-оздоровительные.

Тренировочные упражнения включают образцовые, подготовительные, контрольно-тренировочные.

В соревновательных упражнениях различают три основных вида: упражнения, рабочий эффект которых достигается преимущественно за счет реализации определенной биокинематической структуры движений (художественная гимнастика, фигурное катание, синхронное плавание и др.); упражнения, рабочий эффект которых достигается преимущественно за счет реализации определенной биодинамической структуры движений (тяжелая атлетика, гребля, легкая атлетика и др.); упражнения, в которых важным является только сам по себе их конечный рабочий эффект, а не способ его достижения (все спортивные виды единоборств — фехтование, бокс, виды борьбы, а также все спортивные игры).

Экспериментальные работы многих авторов (**Булгакова, 2000; Мухін, 2000; Ринтоул, Вест, 1999** и др.) обосновывают широкое применение физических упражнений при различных нарушениях ОДА.

Лечебная физическая культура (ЛФК) широко используется на всех этапах лечения заболеваний и деформаций опорно-двигательного аппарата человека и реабилитации.

При нарушениях осанки к общим задачам ЛФК относят создание благоприятных биомеханических условий для увеличения подвижности позвоночного столба, правильного взаиморасположения всех биозвеньев тела, направленной коррекции имеющегося дефекта в осанке, формирование и закрепление навыка правильной осанки.

Частные задачи ЛФК зависят от характера нарушения осанки, поскольку специальные упражнения, направленные на уменьшение угла наклона

таза, например при кругловогнутой спине, противопоказаны при сутулости, когда необходимо увеличивать угол наклона таза, сформировать поясничный лордоз.

Так как навык правильной осанки формируется на базе мышечно-суставного чувства, позволяющего ощущать положение частей тела, упражнения рекомендуют выполнять перед зеркалом. Полезны тренировки больных со взаимоконтролем положений частей тела, со словесной коррекцией имеющегося дефекта осанки. Это позволяет создать необходимую функциональную основу для исправления дефектов осанки.

Горяная (1995) для профилактики и лечения нарушений ОДА рекомендует комплексный подход, включающий пассивную профилактику, саморастяжение, самокоррекцию позвоночного столба и специальные упражнения для формирования мышечного корсета.

При лечении разнообразных патологий позвоночного столба человека **Лапутин (1999)** рекомендует выполнять лечебные упражнения в гипергравитационном костюме.

Известно, что причинами многих таких заболеваний являются изменения морфофункциональных характеристик позвоночного столба из-за возникших по разным причинам изменениям пространственного расположения биозвеньев, вследствие чего он не выдерживает излишних механических нагрузок и в наиболее ослабленных местах деформируется и искривляется. Ликвидировать такие нарушения чаще всего (за редкими противопоказаниями) можно с помощью использования специально направленных лечебных физических упражнений. Однако основным недостатком таких упражнений является неточная целевая направленность биомеханических воздействий, малая физическая (механическая) мощность остронаправленных воздействий (даже если удастся их биомеханически правильно ориентировать) и малая общая интенсивность каждого конкретного лечебного цикла. Для того чтобы каким-то образом интенсифицировать лечебные упражнения такого типа, специалисты довольно часто используют дополнительные отягощения, которые не только не приносят облегчения больным, но и бывает усугубляют их страдания, поскольку всякое поднимание тяжестей неизбежно дополнительно воздействует на межпозвоночные диски поясничной области. В большинстве случаев это приводит к их перегрузке и приближению к пределу механической прочности.

Поэтому практически всегда при использовании в физических упражнениях отягощений следует добиваться максимально возможного снижения нагрузок, приходящихся на поясничную область. Применение гипергравитационного костюма практически полностью снимает эту проблему и позволяет применять отягощения без каких-либо дополнительных воздействий на поясничный отдел позвоночного столба.

Коррекция осанки — это комплексная медицинская, педагогическая и психологическая задача, однако программы комплексного лечения должны быть максимально индивидуализированы.

В настоящее время в комплексе восстановительных мероприятий наряду с ЛФК, массажем, лечебным плаванием эффективно используются средства, основанные на методе биологической обратной связи (БОС), а также разнообразные корректоры осанки

Существуют различные виды БОС: электромиографическая, температурная, электроэнцефалографическая и электрокожная.

Общий принцип работы с приборами БОС заключается в том, что на определенную группу мышц накладывается электрод и с помощью светового или звукового сигнала, выдаваемого специальным устройством (световое табло, экран телевизора или компьютера, звуковой сигнализатор и т. д.), пациент получает представление о биоэлектрической активности исследуемых мышц в покое или при выполнении заданного движения.

С помощью приборов БОС можно восстановить мышечное чувство и активность ослабленных групп мышц, провести нервно-мышечную релаксацию, снизить патологическую активность мышц-антагонистов.

Противопоказаний к применению приборов БОС практически нет. При лечении данным методом можно применять различные лекарственные препараты, необходимо только соблюдать осторожность с больными, страдающими нейроциркуляторной дистонией, так как возможно временное снижение или повышение артериального давления, а также с больными сахарным диабетом, принимающими инсулин. Нежелательно применение приборов для коррекции осанки у детей до 4—5 лет, в связи с неустойчивостью внимания и неточностью выполнения заданий, а также у детей, страдающих эпилепсией.

В настоящее время разработаны и с успехом применяются в комплексе функционального лечения и профилактики нарушений осанки эластичные реклинаторы грудного отдела позвоночного столба, например "FOSTA" и "WILSONA", больше известные как корректоры осанки. Они сконструированы таким образом, что исключают нежелательное побочное воздействие при максимально возможном положительном эффекте и предназначены для лечения и профилактики нарушений осанки и заболеваний позвоночного столба.

Эластичность корректоров рассчитана таким образом, чтобы при их использовании сохранялся необходимый объем движений позвоночного столба и в то же время происходила коррекция искривления и разгрузка тел позвонков.

Механизм лечебного и профилактического действия корректоров осанки такой. Во время статического положения позвоночного столба мышцы испытывают неизменяющуюся нагрузку и находятся в несиммет-

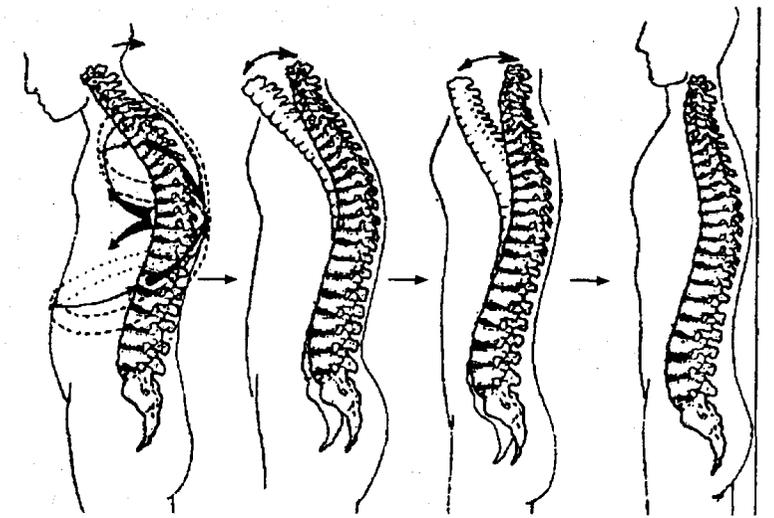


Рис. 4.1. Механизм действия корректора в сагиттальной плоскости

ричном тонусе, а межпозвонковые суставы и диски при этом длительное время находятся без движений.

При воздействии корректора происходит смена сокращения и расслабления мышц. Эластичный корректор и сокращенная мышца действуют как пружинный маятник (рис. 4.1). Позвоночный столб совершает легкие колебательные движения, слегка сгибаясь и разгибаясь с частотой 5—10 движений в минуту. Это происходит рефлекторно, и человек практически не замечает, что даже в статическом положении позвоночный столб продолжает двигаться и совершать колебательные движения.

Рефлекторные маятникообразные движения, с одной стороны, дают передышку перерастянутым гипотрофичным мышцам, а с другой — заставляют их сокращаться в новом правильном положении (рис. 4.2). Повышается тонус и снижается порог возбудимости. Нарастает мышечная масса и нормализуется сила сокращения. Причем происходит это не за счет увеличения нагрузки на позвоночный столб, а за счет чередования отдыха и напряжения. Такая своеобразная рефлекторная лечебная гимнастика и позволяет достичь положительного эффекта. Во время рефлекторных маятникообразных движений мышцы, находящиеся в гипертонусе, растягиваются, расслабляются, тонус их снижается. Аналогичный механизм расслабления мышц присутствует в мануальной терапии.

Постепенно рефлекторные маятникообразные движения выводят позвоночный столб в правильное положение, в этом положении формируется новый навык поддержания осанки и происходит перестройка собственного

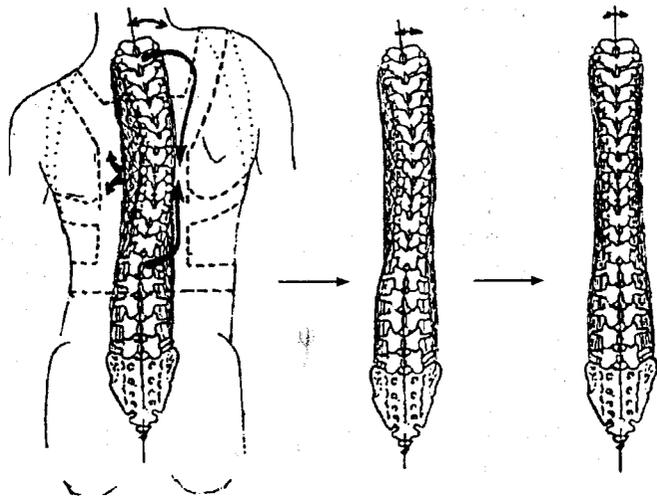


Рис. 4.2. Механизм действия корректора во фронтальной плоскости

мышечного корсета. За счет разгрузки тел позвонков (реклинация) более правильно распределяются векторы силы, действующие на суставной и связочный аппараты, в результате чего со временем восстанавливается их нормальное функционирование. Стихает боль, увеличивается объем движений. Корректор осанки при ношении побуждает больного самостоятельно удерживать туловище в правильном положении, формируя устойчивый навык.

Чередование сокращения и расслабления мышцы улучшает ее кровоснабжение. В мышцу поступает достаточное количество кислорода и питательных веществ, она сохраняет нормальный тонус и эластичность. Кроме того, правильно распределяя нагрузку на мышцы-антагонисты, корректор способствует их симметричному развитию и формированию собственного мышечного корсета, удерживающего позвоночный столб в правильном положении. При рефлекторных маятникообразных движениях улучшается трофика межпозвоночных суставов и дисков, предупреждается их дегенерация, сохраняется нормальный объем движений.

Воздействие корректора осанки также уменьшает и оптимизирует распределение нагрузки на тела позвонков как непосредственно, так и вследствие формирования мышечного корсета. Снижается вероятность развития остеохондроза и других заболеваний позвоночного столба.

Применение корректоров значительно уменьшает повреждающее воздействие статического положения тела. Это позволяет использовать их для предупреждения нарушений осанки и профилактики заболеваний позвоночного столба тем, кто длительное время вынужден находиться в статическом положении. Корректоры показаны при профессиональных повышен-

ных нагрузках на позвоночный столб, ношении тяжестей. В этом случае они используются для разгрузки позвоночного столба в перерывах.

Для детей 6—8 лет чаще всего используют корректор F4401, который обладает неспецифичным воздействием и применяется по широким показаниям. Действие его больше "дисциплинирующее". Если ребенок начинает сутулиться или поднимает одно плечо выше другого, корректор "напоминает" о необходимости удерживать спину и плечи в правильном положении. Особенно эффективен этот корректор при крыловидных лопатках. Подходит и взрослым при незначительных нарушениях осанки и для профилактики.

Корректор W711 устроен так же, как F4401, но сделан из легкорастяжимого материала. Он показан детям маленького роста, людям с ослабленной мускулатурой. Корректор не предназначен для значительных нагрузок. Его обычно используют в тех случаях, когда применение F4401 причиняет неудобства.

Корректор F4402 предназначен для профилактики и устранения кифотической деформации. Он способствует разгрузке тел позвонков, практически не затрудняет движения. Корректор рекомендуется использовать детям 10—12 лет и взрослым при кифозе, остеохондрозе, заболеваниях позвоночного столба, при которых необходима разгрузка тел позвонков (остеохондрозе тел позвонков, последствиях травм и операций) и для профилактики. Малоэффективен при сколиозе.

Корректор F4602 обладает комплексным воздействием практически на весь грудной отдел позвоночного столба (от позвонка T_{III} до $T_{X}-T_{XII}$). Корректор разгружает тела позвонков, уменьшает кифотическую деформацию. При его использовании происходит также равномерное распределение боковых нагрузок, что способствует симметричному развитию мышц и уменьшению дугообразных деформаций позвоночного столба при сколиотических нарушениях. Использовать его можно детям с 6—8 лет и взрослым. Эффективен в комплексе лечения и профилактики кифоза, сколиоза и при их сочетании, по широким показаниям при заболеваниях и последствиях травм и операций грудного отдела позвоночного столба для лечения, реабилитации и профилактики осложнений.

Новой формой занятий по физическому воспитанию и коррекции осанки у детей является фитбол-гимнастика. Фитбол в переводе с английского означает мяч для опоры, используемый в оздоровительных целях. Впервые применила фитболы с лечебной целью в занятиях с больными детским церебральным параличом швейцарский врач физиотерапевт Сюзан Клайн Фогельбах.

Фитбол-гимнастика проводится с большими разноцветными мячами, выдерживающими вес до 300 кг. При этом мяч можно использовать как тренажер, как предмет и как отягощение (его масса равна примерно 1 кг, рис. 4.3).

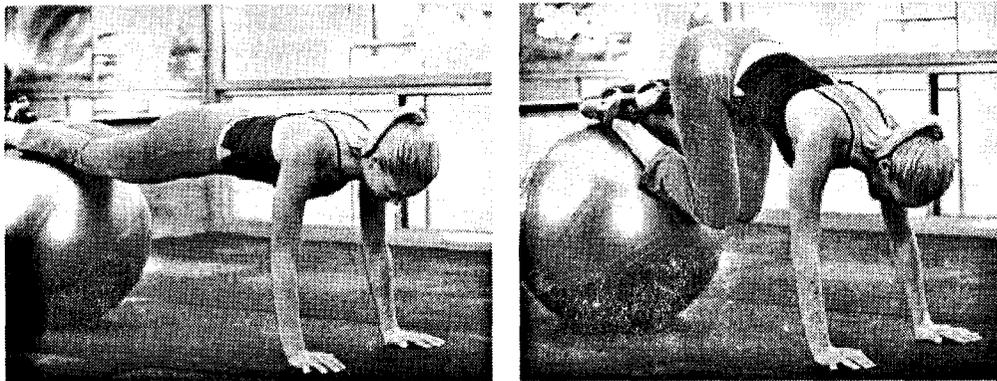


Рис. 4.3. Занятия по фитболу

В зависимости от возраста и роста занимающихся на занятиях используют фитболы различного диаметра. Так, для детей 3—5 лет диаметр мяча должен быть 45 см, от 6 до 10 лет — 55 см; для детей, имеющих рост от 150 до 160 см, диаметр мяча равен 65 см и для детей и взрослых, имеющих рост от 170 до 190 см, диаметр мяча должен быть 75 см.

Мяч подобран правильно, если при посадке на нем угол между бедром и голенью равен или чуть больше 90° . Острый угол в коленных суставах создает дополнительную нагрузку на связки этих суставов и ухудшает отток венозной крови, особенно при выполнении упражнений сидя на мяче.

Различные цвета мячей по-разному воздействуют на эмоциональное и физиологическое состояния человека.

Теплые цвета (красный, оранжевый) повышают активность симпатического отдела вегетативной нервной системы, усиливают возбуждение центральной нервной системы. Это, в свою очередь, приводит к увеличению частоты сердечных сокращений (ЧСС), повышению артериального давления (АД), учащению дыхания.

Холодные цвета (синий, фиолетовый) повышают активность парасимпатического отдела нервной системы, в связи с чем снижаются ЧСС, АД.

Теплые цвета усиливают восприятие температуры окружающего воздуха, а холодные цвета уменьшают.

Помимо цветового влияния на организм человека фитболы оказывают также вибрационное воздействие в области низкочастотного спектра частот. Известно, что механическая вибрация оказывает как специфическое, так и неспецифическое воздействие практически на все органы и системы человека. Например, непрерывная вибрация успокаивающе действует на нервную систему, а прерывистая вибрация — возбуждающе. Во время занятий с детьми используется преимущественно легкая вибрация в спокойном тем-

пе (сидя, не отрывая ягодиц от мяча), в то время как в фитбол-аэробике применяется ударная вибрация в быстром темпе.

Фитбол позволяет максимально индивидуализировать лечебно-воспитательный процесс за счет широких возможностей коррекции осанки как в сагиттальной, так и во фронтальной плоскостях.

Среди модификаций фитболов необходимо отметить физиороллы и хопы.

Упражнения с двойными фитболами — физиороллами — наиболее эффективны для решения лечебных задач у детей дошкольного возраста. Связано это с тем, что физиоролл, имея большую площадь опоры, более устойчив, чем фитбол. Координационно на физиороллах проще выполнять упражнения, сохраняя устойчивость и равновесие тела, что уменьшает нагрузку на системы, обеспечивающие координацию движений. Физиороллы весьма эффективны для использования в подвижных играх и эстафетах, когда необходимо выполнять задание вдвоем одновременно.

Мячи с ручками — хопы — применяются как обычные фитболы для выполнения гимнастических упражнений с предметами в различных исходных положениях. Данная модификация позволяет выполнять упражнения, оказывающие воздействие на различные мышечные группы. Ручка хопа, лежащая на полу, создает дополнительную опору и устойчивость, облегчая работу с ним.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОСАНКИ ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

5.1. Технология компьютерной диагностики осанки

Двигательная функция человека относится к числу наиболее древних. Опорно-двигательный аппарат — это исполнительная система, непосредственно ее реализующая. Он обеспечивает оптимальные условия взаимодействия организма с внешней средой. Поэтому любое отклонение в параметрах функционирования ОДА, как правило, приводит к снижению двигательной активности, нарушению нормальных условий взаимодействия организма с окружающей средой и, как следствие этого, к нарушениям в состоянии здоровья человека.

Знание биомеханических закономерностей функционирования ОДА позволяет успешно управлять взаимодействиями организма с окружающей средой для развития двигательных качеств, профилактики заболеваний, сохранения здоровья и создания нормальных условий жизнедеятельности человека. Для обеспечения процессов изучения проблем биодинамики ОДА, развития методологии диагностики его состояния, использования физических методов поддержания его нормального функционирования и реабилитации после травм, хирургических вмешательств, кинезитерапии современная практика остро нуждается в средствах и технологиях управления. К числу наиболее эффективных средств относят вычислительную технику.

Стремительное развитие в 1990-е годы персональных ЭВМ и видеотехники содействовало совершенствованию средств автоматизации оценки физического развития человека. Появились более эффективные методы измерения, сложная высокоточная измерительная аппаратура, способная зафиксировать все необходимые параметры. С этой точки зрения большой интерес представляют аппаратные возможности видеокomпьютерных анализаторов пространственной организации тела человека при различных условиях его гравитационных взаимодействий.

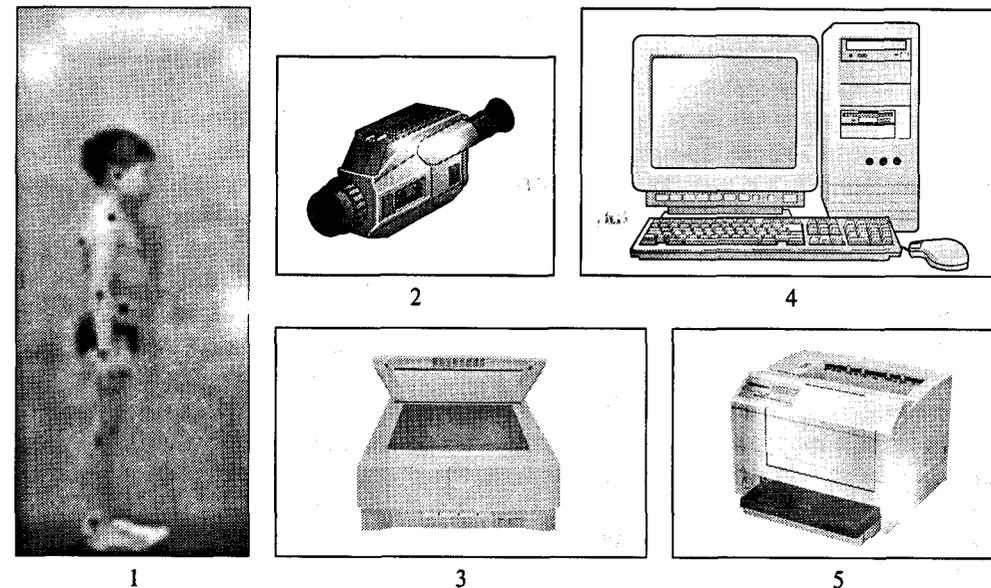


Рис. 5.1. Блок-схема видеокomпьютерного комплекса: 1 — объект съемки; 2 — цифровая видеокамера; 3 — сканер; 4 — персональный компьютер под управлением ОС MS WINDOWS 98/2000; 5 — принтер

Для оценки физического развития школьников целесообразно использовать разработанную нами технологию компьютерной диагностики осанки с использованием видеокomпьютерного комплекса (рис. 5.1). Считывание координат точек изучаемого объекта осуществляется со стоп-кадра видеogramмы, воспроизводимой на видеомониторе посредством цифровой видеокамеры. В качестве модели ОДА используется 14-сегментная разветвленная кинематическая цепь, звенья которой по геометрическим характеристикам соответствуют крупным сегментам тела человека, а точки отсчета — координатам основных суставов.

Биомеханические требования к цифровой видеосъемке

На тело человека прикрепляют контрастные маркеры в местах расположения антропометрических точек.

В плоскости испытуемого размещают масштабный предмет или линейку, разделенную на 10-сантиметровые цветные участки.

Цифровая видеокамера располагается на штативе неподвижно на расстоянии 3—5 м до объекта съемки (функция трансфокации стандартная).

Оптическая ось объектива видеокамеры ориентируется перпендикулярно плоскости объекта съемки. На цифровой видеокамере выбирается режим моментального снимка (SNAPSHOT).

Поза (положение) испытуемого. При измерениях обследуемый находится в естественной, характерной и привычной для него вертикальной позе (положении) или в так называемом антропометрическом теле: пятки вместе, носки врозь, ноги выпрямлены, живот подобран, руки опущены вдоль туловища, кисти свободно свисают, пальцы выпрямлены и прижаты друг к другу; голова фиксируется так, чтобы верхний край козелка ушной раковины и нижний край глазницы находились в одной горизонтальной плоскости.

Эта поза сохраняется на протяжении всей видеосъемки, чтобы обеспечить четкость изображения и постоянства пространственного соотношения антропометрических точек.

При всех видах видеосъемки испытуемый должен обнажаться до трусов или плавок и быть босым.

Получаемые показатели:

- длина тела (рост) — измеряется (вычисляется) от высоты верхушечной точки над площадью опоры;
- длина туловища — разница высот верхнегрудинной и лобковой точек;
- длина верхней конечности представляет разницу высот акромиальной и пальцевой точек;
- длина плеча — разница высот плечевой и лучевой точки;
- длина предплечья — разница высот лучевой и шиловидной точек;
- длина кисти — разница высот шиловидной и пальцевой точек;
- длина нижней конечности вычисляется как полусумма высот передней подвздошно-остистой и лобковой точки;
- длина бедра — длина нижней конечности минус высота верхнеберцовой точки;
- длина голени — разница высот верхнеберцовой и нижеберцовой точек;
- длина стопы — расстояние между пяточной и конечной точками;
- акромиальный диаметр (ширина плеч) — расстояние между правой и левой акромиальными точками;
- ретельный диаметр — расстояние между наиболее выступающими точками больших вертелов бедренных костей;
- среднегрудинный поперечный диаметр грудной клетки — горизонтальное расстояние между наиболее выступающими точками боковых поверхностей грудной клетки на уровне среднегрудинной точки, что соответствует уровню верхнего края четвертых ребер;
- нижегрудинный поперечный диаметр грудной клетки — горизонтальное расстояние между выступающими точками боковых поверхностей грудной клетки на уровне нижегрудинной точки;

• **переднезадний** (сагиттальный) среднегрудинный диаметр грудной клетки — измеряется в горизонтальной плоскости по сагиттальной оси среднегрудинной точки;

• **тазогребневый** диаметр — наибольшее расстояние между двумя подвздошно-гребневыми точками, т.е. расстояние между наиболее удаленными друг от друга точками подвздошных гребней;

• **наружно-бедренный** диаметр — горизонтальное расстояние между наиболее выступающими точками верхней части бедер.

Для измерения пространственного расположения основных биозвеньев тела человека в сагиттальной плоскости относительно соматической системы отсчета определяют биогеометрический профиль осанки (рис. 5.2, а):

α_1 — угол, образованный вертикалью и линией, соединяющей остистый отросток позвонка C_{VII} и ЦМ головы. Остистый отросток C_{VII} — наиболее выступающая назад точка позвоночного столба на границе шейного и грудного отделов, ЦМ головы в сагиттальной плоскости проецируется на область ушной раковины;

α_2 — задний угол устойчивости (угол, заключенный между линией тяжести и наклонной линией, проведенной из точки L_V к пятке);

α_3 — передний угол устойчивости (угол, заключенный между линией тяжести и наклонной линией, проведенной из точки L_V к дистальному концу фаланги 1-го (большого пальца);

α_4 — угол, образованный горизонталью и линией, соединяющей бугор пяточной кости и надколенник;

α_5 — угол, образованный горизонталью и линией, соединяющей наиболее выступающую точку лобной кости и подбородочный выступ;

α_6 — угол, образованный вертикалью и линией, соединяющей остистый отросток позвонка C_{VII} — наиболее выступающая назад точка позвоночного столба на границе шейного и грудного отделов и остистый отросток позвонка L_V — наиболее лордотически углубленная точка поясничного лордоза (центр соматической системы координат);

I_1 — расстояние от точки C_{VII} до вертикали, проходящей через ЦМ головы;

I_2 — расстояние от наиболее выпуклой точки позвоночного столба до вертикали, проходящей через ЦМ головы;

I_3 — расстояние от точки L_V до вертикали, проходящей через ЦМ головы.

Для измерения пространственного расположения основных звеньев тела человека во фронтальной плоскости относительно соматической системы отсчета (фронтальный профиль осанки) определяют следующие показатели:

а) вид спереди (рис. 5.2, б):

α_7 — угол наклона линии, проходящей через тазогребневые точки к горизонтали (измерение асимметрии положения тазовых костей). При более

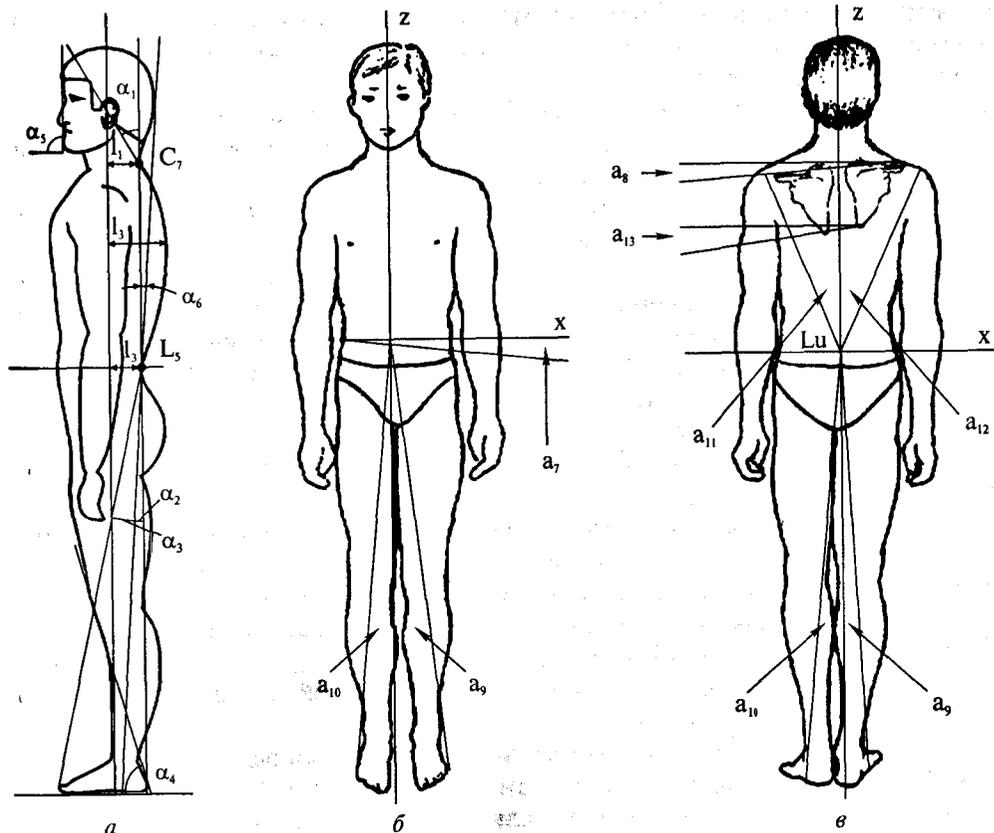


Рис. 5.2. Биометрические характеристики сагиттального (а) и фронтального (б, в) профилей осанки (объяснения условных обозначений в тексте)

высоком положении правой стороны таза ставят знак "плюс", при более низком — знак "минус";

б) вид сзади (рис. 5.2, в):

α_8 — угол наклона линии, проходящей через оба акромиона к горизонтали. При более высоком положении правого плеча ставится знак "плюс", при более низком — знак "минус" (измерение асимметрии положения плеч);

α_9, α_{10} — правый и левый углы устойчивости (углы, заключенные между линией тяжести и наклоненными линиями, проведенными из точки L_v к пяткам);

α_1, α_2 — углы, образованные вертикалью и линиями, соединяющие акромиальные точки и L_v ;

α_{13} — угол наклона к горизонтали линии, проходящей через точки нижних углов лопаток. При более высоком положении правой лопатки ставится знак "плюс", при более низком — знак "минус" (измерение асимметрии положения нижних углов лопаток). Для определения степени расхождения лопаток рекомендуется измерять расстояния между их нижними углами — I_4 .

Автоматизированная обработка цифровых снимков проводится с помощью программы "TORSO".

Алгоритм работы с программой состоит из четырех этапов: 1. Создание новой учетной записи; 2. Оцифровки изображения; 3. Статистическая обработка полученных результатов; 4. Формирование отчета.

Образец оцифровки осанки человека представлен на рис. 5.3.

Измерение и оценка опорно-рессорной функции стопы осуществляется с помощью программы "Big foot", разработанной совместно с К.Н. Сергиенко и Д.П. Валиковым. Программа может работать как в операционной среде MS Windows 95/98/ME, так и в Windows NT/2000.

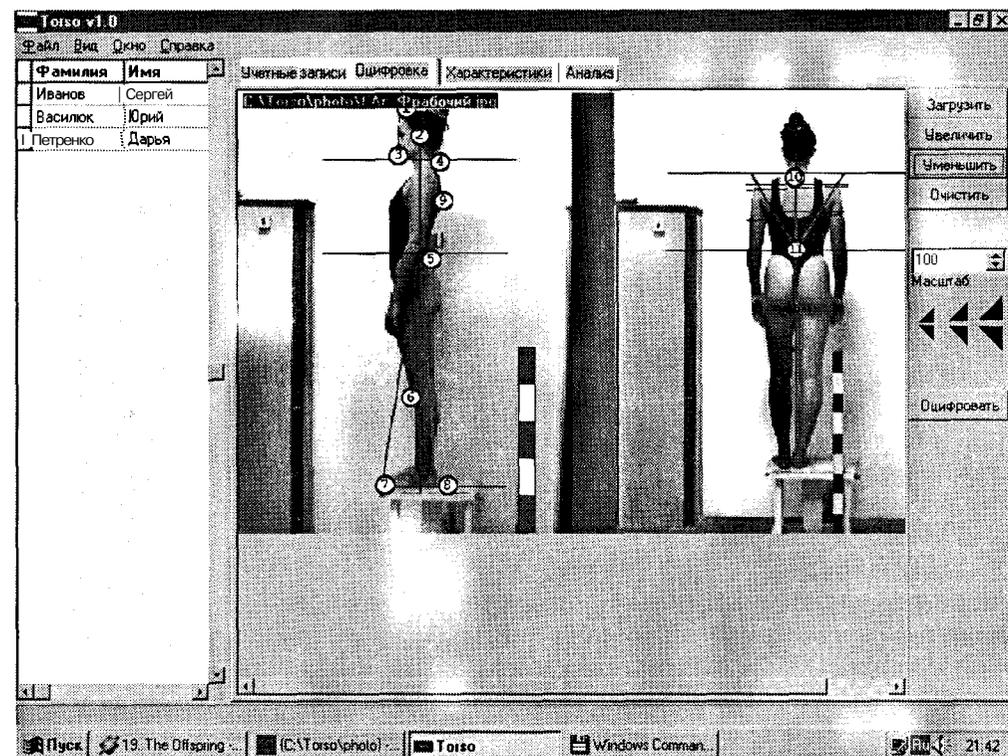


Рис. 5.3. Распечатка с экрана компьютера. Окно программы "TORSO" — "Оцифровка"

Образец оцифровки стопы и получаемых результатов эксперимента представлен на рис. 5.4, 5.5.

Предлагаемая технология диагностики осанки обладает оригинальным программным обеспечением и может в будущем последовательно наращиваться, расширять диапазоны своего применения, позволит интенсифицировать процесс физического воспитания и повысить его качество.

Опыт использования методики видеокomпьютерного анализа в практике физического воспитания свидетельствует о том, что данный подход в биомеханическом моделировании и собственно сам видеокomпьютерный анализ эффективны при диагностике осанки школьников. Практика показывает, что полученные данные могут использоваться в процессе физического воспитания и кинезитерапии при измерении и оценке физического развития детей школьного возраста, биомеханическом контроле для профилактики травм, нарушений и восстановления функции ОДА различных возрастных групп населения.

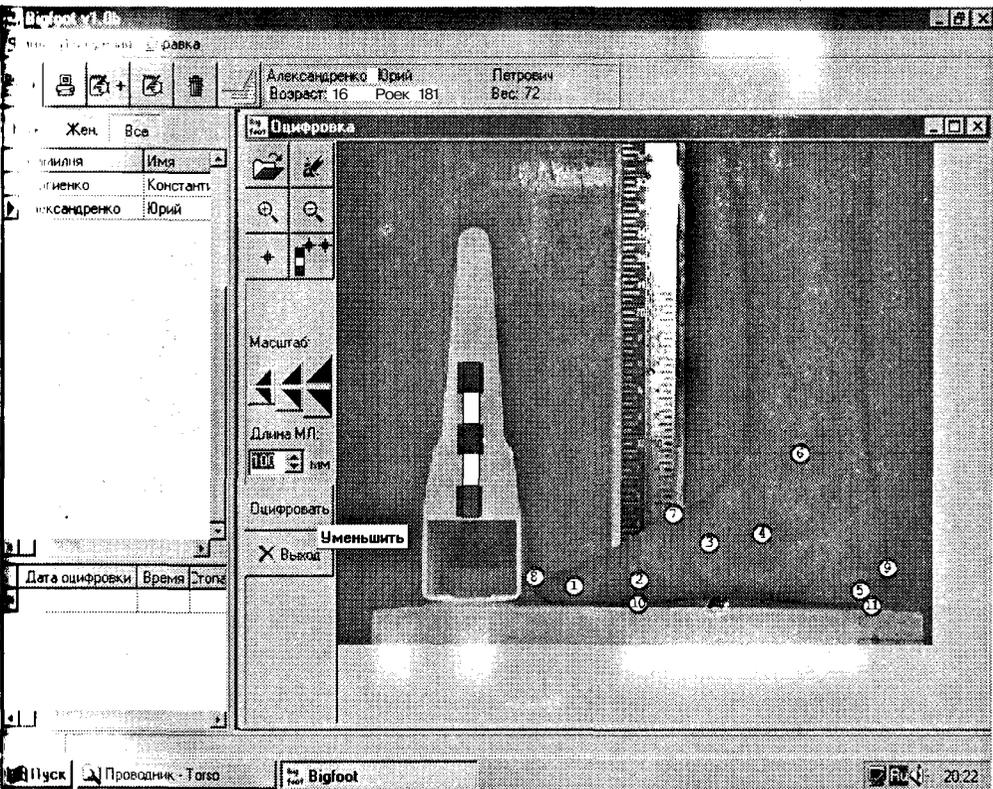


Рис. 5.4. Распечатка с экрана компьютера. Окно программы "Big foot" — "Оцифровка"

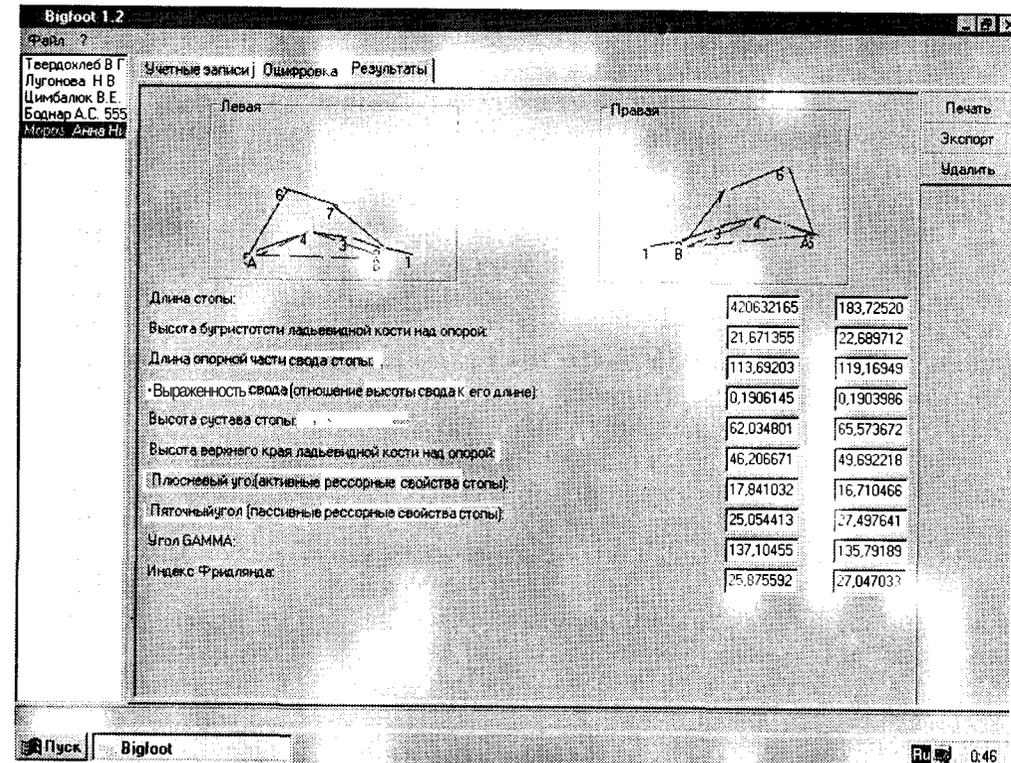


Рис. 5.5. Распечатка с экрана компьютера. Окно программы "Big foot" — "Результаты эксперимента"

5.2. Закономерности формирования геометрии масс тела детей 7—16 лет

Процессы роста и развития являются биологическими свойствами живой материи. Рост и развитие человека представляют собой непрерывный поступательный процесс, протекающий скачкообразно в течение всей его жизни. Разница между его отдельными этапами или периодами жизни сводится не только к количественным, но и к качественным изменениям.

Признаки физического развития изменяются под влиянием унаследованных особенностей и под воздействием сложного комплекса социальных и демографических условий.

В исследовании физического развития людей, как правило, используют два метода — генерализирующий и индивидуализирующий. При генерализирующем методе исследования измерение показателей физического развития осуществляется при участии большого контингента обследуемых и

с помощью методов математической статистики рассчитываются средние данные физического развития для определенного возраста. При индивидуализирующем — измерения выполняются на одних и тех же людях во временной последовательности, определяемой задачами исследования.

Так как оба метода имеют свои достоинства и недостатки, выбор одного из них определяется спецификой исследования и его основными задачами.

Генерализирующие исследования позволяют получить представление об абсолютных средних значениях изучаемых показателей людей разного возраста, но они не раскрывают индивидуальных различий в скорости роста и во время наступления отдельных периодов индивидуального развития, таких, как подростковый возраст. Последнее может быть выяснено только посредством индивидуализирующего метода исследования, однако данные такого исследования с годами теряют свою ценность.

Неравномерность роста и развития детей достаточно четко прослеживается на примере изменения длины и массы тела. Первые фундаментальные исследования темпов роста детей в бывшем СССР были проведены Бунаком (1941). На основе анализа изменения тотальных размеров тела он предложил выделить три стадии развития: прогрессивную, стабильную и регрессивную. Результаты этих исследований показали, что на первом году жизни длина тела человека увеличивается на 20—25 см, на пятом году — на 5—6 см, а в период полового созревания — на 8—10 см. В дальнейшем много ученых, проводя аналогичные исследования, подтвердили эту закономерность (Властовский, 1976; Хрипкина, 1990 и др.).

Проанализировав возрастную динамику годовых приростов тотальных размеров тела детей и подростков от 7 до 15 лет по материалам индивидуальных наблюдений Сальникова (1968) установила четыре прироста тотальных размера тела: скачкообразный, возрастающий, убывающий, равномерный.

Изменения в приросте тотальных размеров тела автор объясняет перестройкой эндокринного аппарата, происходящей в пубертатный период.

Tenner (1964) считает, что неравномерность роста признаков в процессе развития обусловлена дифференциальной изменчивостью скорости роста различных структур и генетической обусловленностью характера их развития. Такие регуляторные факторы не всегда действуют успешно. Например, если равновесие генетических сил нарушается с самого начала, то нормального развития не произойдет. Так, если при репликации хромосом в оплодотворенном яйце окажется аномальное число генов или если будет нарушено их правильное распределение, возникнут самые разнообразные аномалии развития. Наиболее известная из них — синдром Дауна — комплекс нарушений умственного и физического развития.

Приведенные литературные данные свидетельствуют о сложном характере развития морфологии и функций человеческого организма в онтогенезе.

При исследовании геометрии масс тела человека нами было предпринято измерение ряда антропометрических показателей детей Украины в возрасте от 7 до 16 лет. В наблюдениях участвовало 800 практически здоровых мальчиков и девочек, жителей городов Киева и Луцка (параметры детей Луцка измерялись А.И. Алешиной).

Мы полагали, что разрешение проблемы формирования массы тела в том или ином этапе онтогенеза позволит более объективно судить не только о чисто морфологических закономерностях развития организма человека, о законах развития его энергетического потенциала, но и об особенностях формирования его осанки. Зарегистрированная в процессе исследований динамика изменения **росто-массовых** показателей у испытуемых детей отражена в табл. 5.1.

Анализ полученных результатов показал, что средние показатели длины и массы тела у мальчиков и девочек закономерно увеличиваются с возрастом. Это увеличение носит поступательный, но неравномерный характер.

Результаты проведенных исследований подтверждают данные Сухаревой (1991) о наличии периодов неравномерности роста на этапе созревания организма. По мнению автора, указанные изменения скорости роста следует рассматривать как следствие перестройки эндокринной системы, которая происходит в пубертатный период онтогенеза детей.

Масса тела человека, как уже упоминалось, является физической мерой его энергии. Поэтому закономерности ее формирования в онтогенезе фактически определяют законы развития и становления энергетического потенциала развивающегося организма. Можно предположить, что знание этих законов позволит не только прогнозировать нормальное развитие, но

Таблица 5.1. Изменение росто-массовых показателей тела у детей школьного возраста

Возраст, лет	Мальчики					Девочки				Индекс Кетле
	Рост, см		Масса тела, кг		Индекс Кетле	Рост, см		Масса тела, кг		
	Х	а	х	а		х	о	х	о	
7	127,3	2,537	23,6	2,46	185,4	130,1	4,952	23,8	4,12	182,9
8	132,5	5,263	28,9	3,63	218,1	134,5	6,152	28,9	6,95	214,7
9	137,1	5,776	30,7	3,69	223,9	139,2	5,885	29,8	3,77	214,1
10	146,7	6,343	37,1	6,90	252,9	145,9	7,656	36,7	7,49	251,5
11	150,7	8,443	40,8	7,59	270,7	148,1	7,535	38,9	6,45	262,7
12	154,8	7,458	42,1	4,32	271,9	155,9	5,067	42,3	6,51	271,3
13	161,3	8,742	50,1	10,2	310,6	163,2	5,960	48,4	4,58	296,6
14	168,3	7,181	51,2	8,09	304,2	163,4	6,228	52,6	4,00	321,9
15	175,1	6,131	60,9	7,47	347,8	165,0	6,241	57,3	7,63	347,3
16	178,9	6,502	64,6	6,15	361,1	165,6	6,228	58,0	5,67	350,2

Таблица 5.2. Положение ЦМ отдельных биоизвеньев (сегментов) тела мальчиков относительно сагиттальной плоскости их тела, считая от проксимального конца каждого биоизвена по отношению к его общей длине (в %)

Сегмент	Возраст, лет									
	7	8	9	10	И	12	13	14	15	16
Туловище	43,21	44,55	44,21	44,50	43,99	44,08	44,70	44,01	44,21	45,01
Плечо	45,63	47,65	47,54	46,16	45,71	46,37	46,85	46,55	46,92	46,68
Предплечье	44,91	45,93	45,59	44,85	42,60	39,60	39,29	41,70	41,28	41,50
Кисть	50	50,33	49,67	50,31	50	50	49,70	48,57	49,72	50
Бедро	46,61	46,28	46,31	45,23	44,70	44,54	41,92	44,08	44,14	44,59
Голень	45,20	40,17	40,06	43,76	44,02	43,60	43,09	42,72	44,41	42,44
Стопа	46,19	45,81	47,16	47,23	46,91	46,58	47,26	47,30	47,19	47,03

Таблица 5.3. Положение ЦМ отдельных биоизвеньев (сегментов) тела девочек относительно сагиттальной плоскости их тела, считая от проксимального конца каждого биоизвена по отношению к его общей длине (в %)

Сегмент	Возраст, лет									
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Туловище	43,94	43,88	44,05	45,06	44,98	44,21	43,95	43,21	44,29	44,04
Плечо	45,16	45,37	48,03	47,95	48,70	47,14	47,30	47,22	47,29	46,15
Предплечье	39,53	41,80	45,40	44,55	44,66	43,04	45,53	44,44	43,90	43,82
Кисть	49,62	50,35	50	50	50	49,69	50	49,70	49,70	49,70
Бедро	42,97	45,06	45,66	45,15	45,89	46,96	45,39	45,80	45,60	46,13
Голень	41,49	43,03	43,49	45,19	45,85	44,73	45,29	46,32	46,35	46,08
Стопа	45,68	46,69	45,83	48,03	48,10	48,73	48,54	48,34	47,75	47,70

Примечание. ЦМ головы в сагиттальной плоскости проецируется на область ушной раковины.

и в определенной степени при помощи средств физического воспитания управлять этим процессом.

Нами изучались различные аспекты изменения общей массы тела у детей школьного возраста, а также изменения массы каждого отдельного биоизвена их тела как в абсолютном, так и в процентном выражении относительно всей массы тела. Опираясь на данные Зацюрского (1981), полученные методом сканирования на взрослых испытуемых, и сопоставляя их с собственными данными, мы вычисляли процентные значения масс каждого биоизвена с учетом возраста каждого испытуемого (табл. 5.2, 5.3).

Тело человека моделировалось в виде 14-звенной модели, в которой каждый сегмент рассматривался как цилиндр с равномерно распределенной массой.

Для определения изменения массы биоизвена человека нами были использованы линейные уравнения

$$m_0 = a_0 + a_1x + a_2y, \quad (5.1)$$

где m_0 — масса сегмента; a_0, a_1, a_2 — числовые коэффициенты; x — масса тела; y — рост. Используя линейное уравнение (5.1) и дифференциальные таблицы (приложение 1) для каждого возраста, можно найти массу сегмента человека (масса и рост которого несколько отличаются от средних значений). Предполагается, что масса сегментов изменяется линейно относительно общей массы.

В исследуемый период развития у девочек и мальчиков наблюдается сложная динамика роста длины нижних и верхних конечностей (табл. 5.4).

Обхватные размеры тела измерялись сантиметровой лентой. Измерялось место расположения максимального обхватного утолщения относительно всей длины каждого биоизвена. Поскольку в этом месте концентрировалась наибольшая масса при учете ее однородности и одинакового удельного веса, распределенного по всей длине биоизвена, было очевидно, что именно в центре каждого такого наибольшего обхватного диаметра располагается ЦМ каждого измеряемого биоизвена. Таким образом, место расположения максимального утолщения обозначало то горизонтальное сечение, в центре симметрии плоскости которого располагался центр масс каждого биоизвена. После нахождения места максимального утолщения определялась его локализация относительно проксимального конца измеряемого звена тела. Проекция этой точки наносилась на продольную ось каж-

Таблица 5.4. Изменение длин верхних и нижних конечностей у детей школьного возраста

Возраст, лет	Мальчики						Девочки					
	Длина верхней конечности, см		Индекс длины руки	Длина нижней конечности, см		Индекс длины ноги	Длина верхней конечности, см		Индекс длины руки	Длина нижней конечности, см		Индекс длины ноги
	\bar{x}	σ		\bar{x}	σ		\bar{x}	σ		\bar{x}	σ	
7	51,9	2,39	40,8	70,6	1,86	55,5	52,2	2,98	40,1	72,8	3,5	56,0
8	55,6	3,73	42,0	76,2	3,49	57,5	54,4	3,37	40,4	76,2	3,06	56,7
9	59,2	3,43	42,0	79,3	2,16	57,8	59,4	3,72	42,7	78	4,4	56,0
10	63,3	2,89	41,8	85	4,85	57,9	62,5	3,02	42,8	83,7	4,72	57,4
11	66,3	4,17	43,0	89,7	5,84	59,5	63,5	2,43	42,7	86	3,83	58,1
12	67,6	3,79	42,9	91,5	6,08	59,1	67,5	2	43,3	89,2	3,31	57,2
13	70,4	4,62	43,6	95	5,22	58,9	68,4	2,34	41,9	94,3	3,86	57,8
14	72,6	4,12	42,4	100	4,63	59,4	69,8	2,12	42,7	95,4	4,41	58,4
15	75,2	6,16	42,9	101,8	3,22	58,1	71	3,69	43,0	97,1	5,66	58,8
16	77,1	4,39	43,1	105	3,38	58,7	71,9	3,29	43,4	98,7	5,89	59,6

дого измеряемого биозвена, считая от его проксимального конца в сагитальной плоскости.

В процессе изучаемого периода возрастного развития и у мальчиков, и у девочек изменяется положение ЦМ звеньев верхних и нижних конечностей. Если анализировать положение ЦМ каждого звена конечностей относительно его проксимального конца, как это принято в биомеханике, то можно заметить, что буквально во всех наблюдаемых случаях у всех детей с возрастом ЦМ каждого звена располагается на относительно большом расстоянии от его проксимального конца (рис. 5.6—5.11) (Кашуба, 1999—2002).

Физическое развитие школьников оценивается путем сравнения соматометрических признаков обследуемого со средними показателями возрастно-половой группы.

Метод стандартов, суть которого заключается в сравнении индивидуальных антропометрических величин с региональными таблицами, разрабатываемыми местными органами здравоохранения, являются одним из самых распространенных методов. Для каждого антропометрического показателя рассчитывается среднеарифметическая величина и сигмальное отклонение от этой величины.

Определение уровня физического развития предусматривает такую последовательность: а) антропометрические исследования; в) оценка уровня

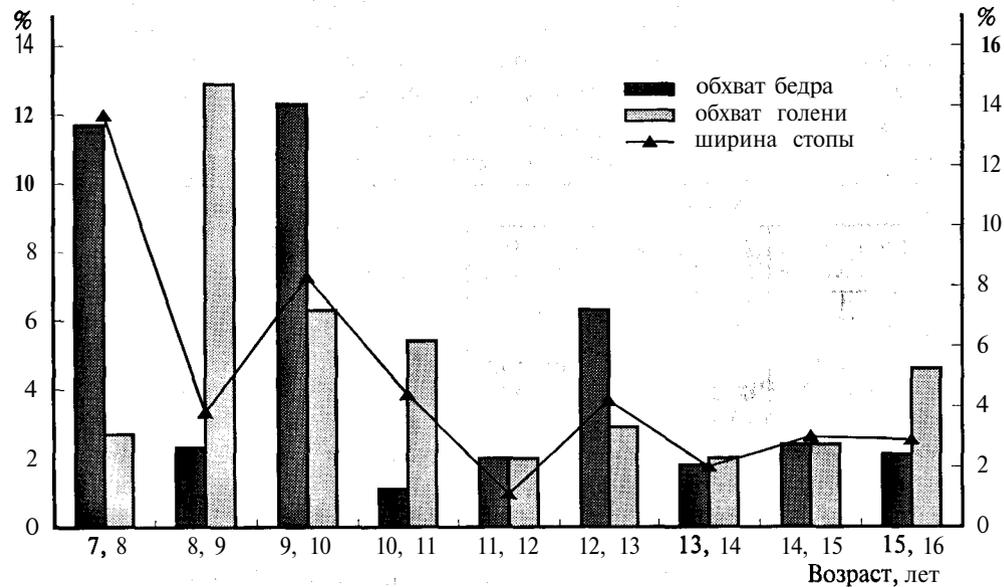


Рис. 5.6. Динамика роста обхватных размеров нижних конечностей у мальчиков 7—16 лет

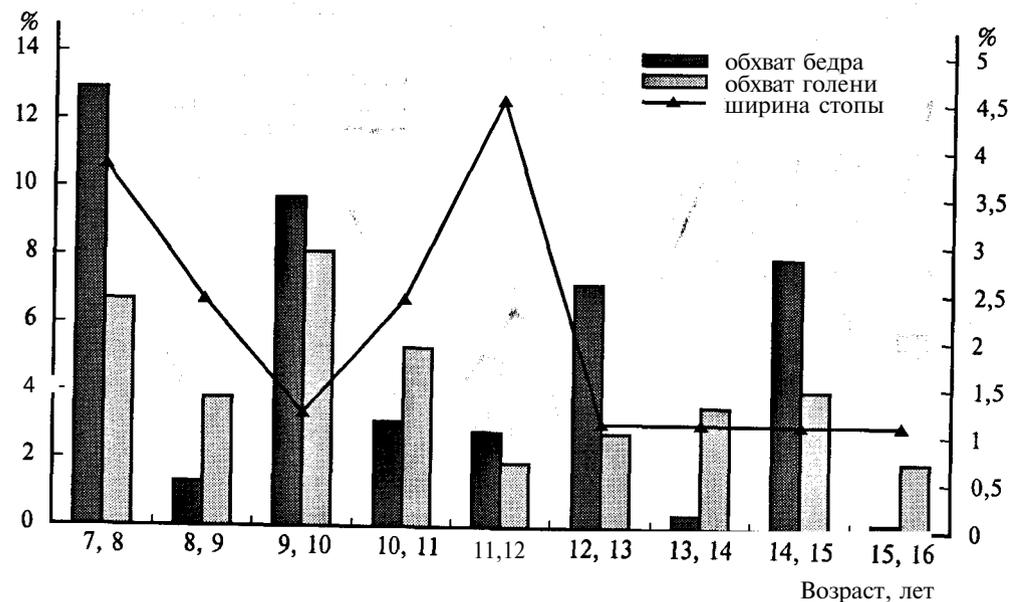


Рис. 5.7. Динамика роста обхватных размеров верхних конечностей у девочек 7—16 лет

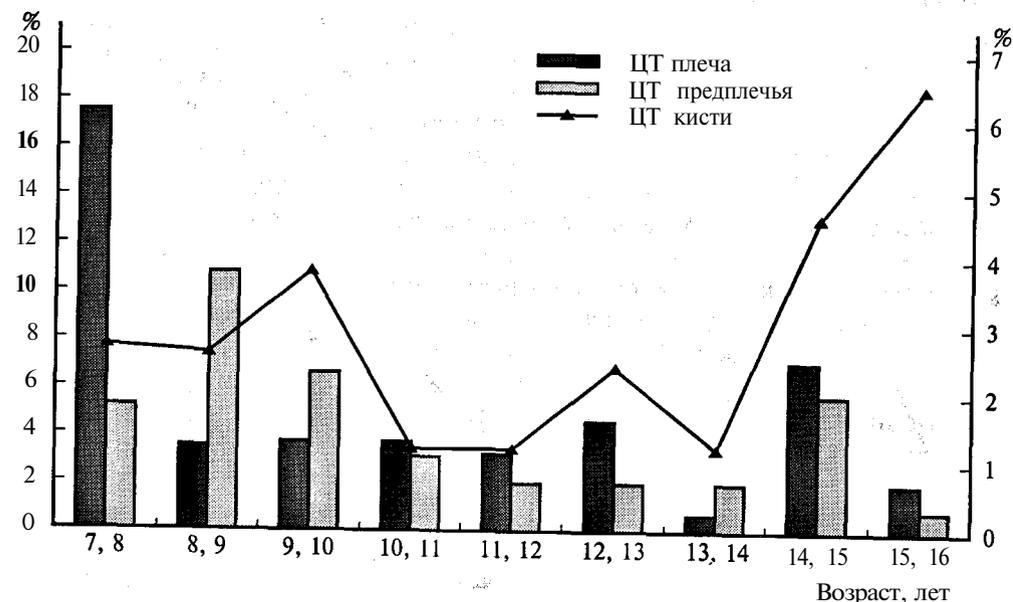


Рис. 5.8. Динамика изменения положения ЦМ (ЦТ) звеньев верхних конечностей относительно проксимальных концов биозвеньев у мальчиков 7—16 лет

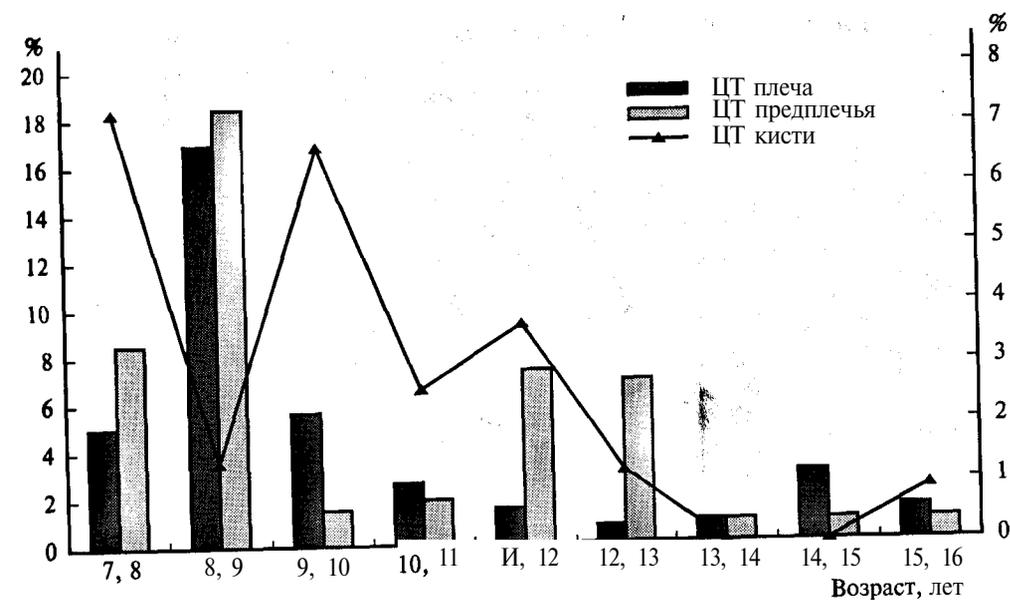


Рис. 5.9. Динамика изменения положения ЦМ (ЦТ) звеньев верхних конечностей относительно проксимальных концов биозвеньев у девочек 7—16 лет

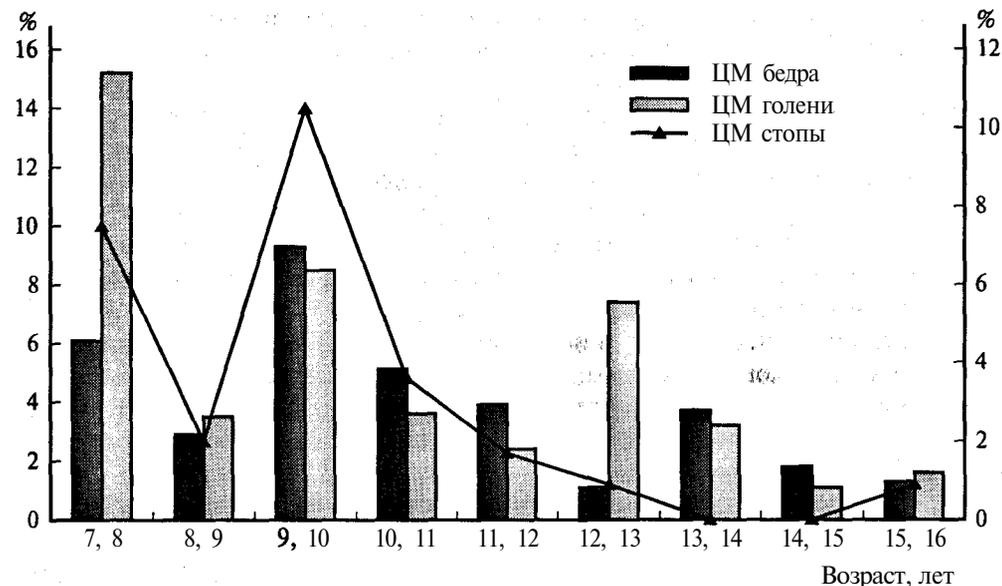


Рис. 5.11. Динамика изменения положения ЦМ звеньев нижних конечностей относительно проксимальных концов биозвеньев у девочек 7—16 лет

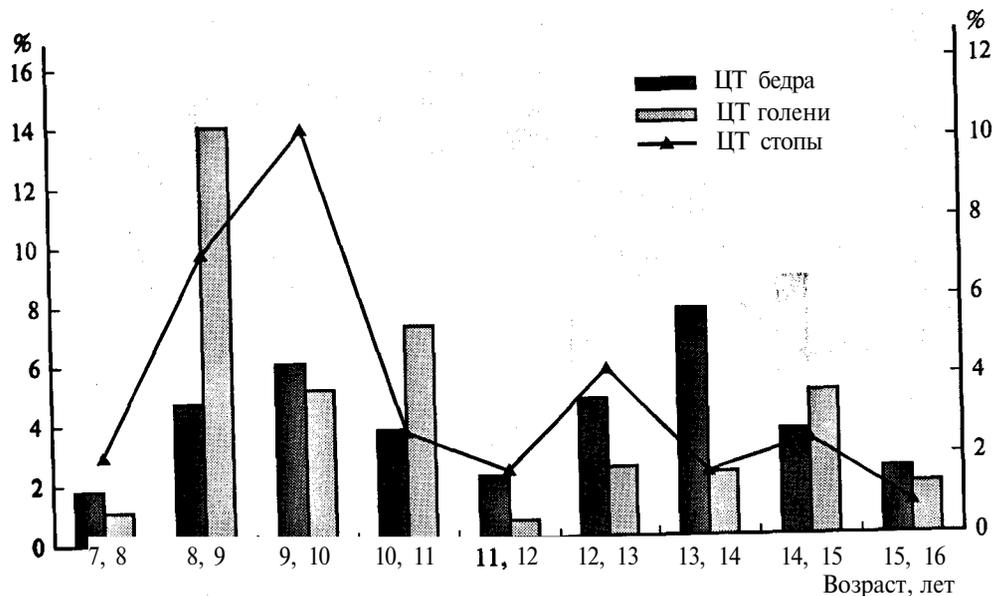


Рис. 5.10. Динамика изменения положения ЦМ (ЦТ) звеньев нижних конечностей относительно проксимальных концов биозвеньев у мальчиков 7—16 лет

каждого показателя по результату, сравнивая его фактическую величину с нормой соответствующего стандарта; г) определение общего уровня физического развития; д) определение гармоничности или дисгармоничности физического развития.

Оценка уровня каждого измеряемого показателя предполагает пять уровней развития: низкий, ниже среднего, средний, выше среднего и высокий. Оценка каждого показателя определяется с помощью сравнения фактической его величины с региональным значением возрастного стандарта этого показателя.

Для оценки физического развития в настоящее время все большее распространение находит метод перцентилей. Этот метод, независимо от характера распределения антропометрических и физиометрических признаков, позволяет выделить лиц со средним, высоким и низким показателями помощью таблиц центильного типа. В полной мере центильная шкала представлена шестью цифрами, отражающими значение признака, ниже которых оно может встретиться только у 3, 10, 25, 75, 90 и 97 % детей возрастно-половой группы. Коридоры между цифрами отражают тот диапазон разнообразия величины антропометрического признака, которые свойственны 3 % детей группы от 0-го до 3-го центиля или от 97-го до 100-го центиля; или 50 % всех здоровых детей возрастно-половой группы от 5-го до 75-го центиля. Каждый изучаемый признак может быть соответ-

ственно помещен в свой коридор центильной шкалы в соответствующей таблице. В зависимости от того, где расположен этот "коридор", *определяется оценка физического развития.*

Полученные данные позволили разработать оценочные таблицы для определения роста и массы тела детей школьного возраста (приложение 2).

Вышеперечисленные методы оценки физического развития так же, как и методы индексов подвергались острой критике (Башкиров, 1962; Рапорт, 1970 и др.), поэтому продолжают поиски новых методов оценки с использованием математического моделирования, но в практике их применение затруднительно.

Проведенные исследования позволили осветить еще один аспект энергетики человеческого организма. Изучение этой проблемы в процессе онтогенетического развития человека представило уникальную возможность по-новому взглянуть на механизмы обмена энергией организма и среды в динамике его десятилетнего развития от 7 до 16 лет. Мы обсуждаем и анализируем преимущественно только те реальные факты, которые связаны с динамикой формирования геометрии масс тела человека в самый сложный период становления многих жизненно важных функций его организма. Однако, как свидетельствует практика, материальная масса живого организма существенно отличается от обычной инертной массы, о свойствах которой принято сегодня судить только с традиционных позиций современных физических наук. Опыты показывают, что именно физическая масса является одним из источников практически всех основных энергетических родников жизни в каждом организме. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что на примере изучения массы живого организма человека можно обнаружить и реальные физические закономерности взаимного преобразования различных форм движения материи, различных форм энергии.

Нашей целью было пролить свет на те явления в развивающемся организме, которые обеспечивают достижение его физической гармонии с окружающей средой, в частности, с гравитационным полем Земли. По нашему мнению, она была достигнута путем измерения, системного анализа и объективной интерпретации полученных результатов, сопоставления их с известными данными, опубликованными другими авторами, изучавшими проблемы энергетики организма человека с других, преимущественно физиологических позиций.

Полученные данные свидетельствуют о том, что организм человека как биологическая система, стремится принять такое состояние, в котором затраты его внутренней химической энергии минимальны. В то же время его развитие направлено на создание максимально возможного запаса гравитационной энергии по отношению к окружающей среде, что дает ему возможность принять по отношению к ней термодинамически неравновесное

состояние. Этот механизм, по-видимому, как раз и направлен на минимизацию затрат чрезвычайно трудно восполнимой для организма из внешней среды химической энергии.

Неравновесные состояния на разных уровнях и в разных подсистемах и элементах организма человека создаются им как бы автоматически естественным образом в процессе его биологического развития. Однако с течением времени благодаря возмущающим воздействиям многочисленных внешних и внутренних факторов энтропия организма увеличивается, отдельные его системы и элементы приобретают свойства равновесия в силу излишних и неадекватных энергетических трат, воздействия неблагоприятных наследственных факторов и факторов среды. Для того чтобы каким-то образом управлять процессом взаимодействия организма и среды или хотя бы получить возможность корректировать его в полезном для организма направлении, необходимо их исследовать.

В настоящей работе предпринята попытка изучения одного из важнейших факторов связи организма и среды — их гравитационных взаимодействий. Мы полагали, что уже на данном этапе развития исследований в этой области можно получить реальную возможность искусственного воспроизведения и моделирования неравновесных состояний организма различной целевой ориентации. Такой путь, по-видимому, следует рассматривать сегодня как наиболее адекватную стратегию поддержания направленного совершенствования жизненно важных функций организма человека.

Наиболее ярко выраженные неравновесные процессы в организме, как известно, происходят на молекулярном уровне — это атомно-молекулярные связи частиц вещества; на клеточном — это ионно-мембранная асимметрия; на тканевом — это осмотическое взаимодействие и диффузия; на макроскопическом — рычаги, маятники скелета и межзвенные взаимодействия масс в двигательной системе. Характерно, что все эти механизмы между собой тесно связаны. Отсюда с уверенностью можно предположить о наличии реальных перспектив и предпосылок регулирования одних процессов путем оптимизации взаимодействий подсистем в других.

В окружающей среде имеются неограниченные запасы энергии, которая может полностью обеспечить нормальное существование организма, однако нерациональный образ жизни приводит к тому, что человек постепенно нарушает энергетический баланс, теряет запасы энергии, снижает этим свою жизненную потенцию. Гравитационная энергия — один из наиболее удобных высококачественных видов энергии, который может быть использован для искусственного воспроизведения неравновесных состояний организма человека для улавливания и адсорбции энергетических ресурсов из внешней среды. Одним из эффективных способов утилизации гравитационной энергии для пополнения ее запасов является упорядочение геометрии масс тела и снижение энтропии в естественных локомоциях

человека, создание рациональных программ и средств оптимизации его двигательной деятельности.

В результате проведенных исследований установлено, что в ходе онтогенетического развития у человека меняются не только **росто-массовые показатели**, но что более важно — изменяется геометрия масс тела. При чем обнаружено, что все изменения происходят в соответствии с **определенными** закономерностями, содержание которых, по-видимому, диктуется и стимулируется законом возрастного изменения гравитационных и других энергетических взаимодействий организма и среды. В связи с этим есть все основания предполагать также, что каждой геометрии масс тела человека в каждый возрастной период его развития соответствуют определенные **возрастные закономерности нейрогуморального, эндокринного и иного ее обеспечения**. Другими словами, для каждой геометрии масс в каждом возрасте характерен, например, свой вполне определенный уровень развития нервно — мышечной системы. Следовательно, та или иная степень зрелости, сформированности геометрии масс тела как бы диктует характер **обмена веществ**, определяет тот или иной уровень организации координационной структуры движений и многие другие свойства и особенности развития **всех прочих структур и функций организма человека**.

Процессы накопления гравитационной энергии организмом наблюдаемых групп детей объективно отражают такой показатель в геометрии их масс, как высота расположения над опорой **ОЦМ** их тела. Для определения высоты **ОЦМ** тела человека был использован графический метод. Особенность данного метода заключается в том, что вместо традиционных, стандартных значений расположения **ЦМ биозвеньев** (по Брауну и Фишеру), которые применяются в биомеханике, в настоящей работе были использованы координаты **ЦМ биозвеньев**, полученные автором в собственных исследованиях. Эти показатели позволяли дифференцированно определять положение центров масс биозвеньев в зависимости от пола и возраста детей.

В результате проведенных исследований было отмечено, что высота расположения **ОЦМ** тела мальчиков над опорой увеличивается в процессе наблюдаемого периода онтогенеза от 0,75 м до 1,149 м. Изменение высоты **ОЦМ** носит поступательный, но неравномерный характер. График темпов прироста этого показателя имеет 5 пиков, самый высокий из них заметен в возрасте 8—9 лет — 10,38 % (рис. 5.12).

У девочек динамика прироста высоты подъема **ОЦМ** тела имеет несколько иной характер. Высота расположения **ОЦМ** тела над опорой у них изменяется от 0,79 м до 1,07 м. График темпов прироста имеет 3 выраженных пика, самый высокий наблюдается в 13—14 лет — 6,73 %, в 11—12 лет — 6,12 %, а в 9—10 лет — 4,33 %. Изменение высоты расположения **ОЦМ** тела девочек носит более поступательный характер.

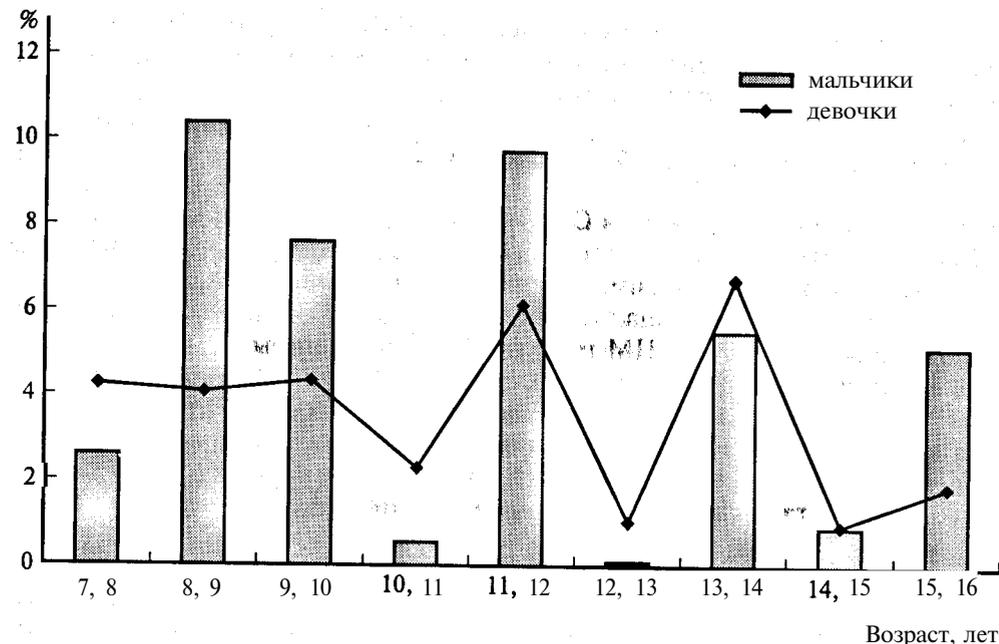


Рис. 5.12. Динамика подъема **ОЦМ** тела человека над опорой у детей 7—16 лет

Анализируя данные, полученные в настоящем исследовании путем измерения **росто-массовых** показателей и вычисления **массинерционных** характеристик тела детей 7—16 лет, нельзя не обратить внимания также на закономерности динамики накопления ими гравитационной (потенциальной) энергии в процессе изучаемого периода развития.

Проведенные опыты показали, что по большинству изучаемых энергетических характеристик мальчики превосходят девочек. Хотя в 7—8 лет уровень гравитационной энергии девочек выше, в 9 лет по этому показателю они сравниваются, а далее у мальчиков в каждый последующий год развития величина этого вида энергии все время остается значительно более высокой, чем у девочек.

Собственно и скорость накопления гравитационной энергии в этот период развития организма у мальчиков также выше. Наибольший относительный скачок увеличения данного показателя наблюдается и у мальчиков, и у девочек в 9—10 лет. Некоторый спад скорости накопления гравитационной энергии у мальчиков наблюдается в 13—14 лет. В этот возрастной период у девочек, напротив, увеличивается скорость накопления данного вида энергии. У мальчиков примерно такой же, но несколько более высокий скачок происходит в 14—15 лет.

Для определения высоты расположения ОЦМ тела нами были построены модели — линейные уравнения множественной регрессии, которые можно представить в общем виде как

$$Y = A_0 + \sum_{i=1}^9 A_i X_i,$$

где Y — высота расположения ОЦМ (зависимая переменная); $A_0, A_1 \dots A_9$ — коэффициенты уравнения регрессии (табл. 5.5, 5.6); $X_1 \dots X_9$ — тестируемые показатели детей (независимые переменные), а именно: X_1 — рост стоя, X_2 — рост сидя, X_3 — длина туловища, X_4 — длина бедра, X_5 — ЦМ бедра, X_6 — длина голени, X_7 — ЦМ голени, X_8 — длина стопы, X_9 — длина нижней конечности.

Реализуя свою двигательную функцию, человек выполняет соответствующую механическую работу, пользуясь энергетическими источниками, имеющимися в его двигательном аппарате, в частности, в мышечной системе. Работа мышечной системы стимулирует функции других так называемых обслуживающих систем организма. Существуют определенные закономерности передачи энергии в направлении от микроуровня внутренней среды через макроуровень двигательной системы человека в окружающую среду и обратно. На этом пути в обоих направлениях реализуются сложные термодинамические механизмы преобразования энергии из одной формы в другую. Речь идет, в частности, о преобразовании энергии механического движения масс частей тела в электрическую, тепловую и

Таблица 5.5. Коэффициенты уравнения регрессии для нахождения

Коэффициент	Возраст, лет			
	7	8	9	10
A_0	-3,08175	1,96195	-5,57483	-0,150645
A_1	0,145074	0,082168	0,102979	0,074394
A_2	0	0	0	0
A_3	0,29926	0,318492	0,33767	0,343095
A_4	0	-0,212048	-0,242754	0
A_5	-0,283958	0	0	0
A_6	0	0	0	0
A_7	0	0	0	0
A_8	0	0	0	0
A_9	0,773242	0,836726	0,895717	0,754279
Оценка модели, %	99,4393	99,7538	99,2764	99,8157
Стандартная ошибка оценки	0,139049	0,175706	0,224279	0,207634
Абсолютное значение ошибки	0,107949	0,134735	0,170053	0,155921

химическую энергию тканей, клеток и атомно-молекулярных компонентов организма. То, что эти виды энергии в определенной степени эквивалентны друг другу, подтверждается законами термодинамики. Однако, к сожалению, во многочисленных суждениях специалистов по этому поводу отсутствует системность подходов, сложные явления процессов энергообеспечения организма рассматриваются без их взаимосвязи с позиций только частных методов исследования, в связи с чем теряется смысл и значение конкретных фактов, искажается логика понимания процесса энергообеспечения.

Различие форм энергии — явление чисто внешнее, оно обусловлено уровнем нашего современного знания, условностью сложившихся точек зрения на разделение научных дисциплин. По существу же, практическое значение имеет не само определение формы энергии, а то, каким образом она распределена в пространстве по отношению к организму человека и какие формы приобретает в каждом конкретном движении. Для познания закономерностей биоэнергетики в таких условиях важную роль играет изучение возможностей экономии и использования ресурсов энергообеспечения организма путем оптимизации и упорядочения движений частей тела человека для повышения качества получаемой таким способом энергии. Особенно перспективным видится улучшение энергообеспечения организма человека за счет оптимизации его двигательных действий, поскольку последние реализуются произвольно, с участием сознания. Это дает возможность человеку осмысленно регулировать поток энергии, поступающей

высоты расположения ОЦМ тела мальчиков 7—16 лет

Коэффициент	Возраст, лет					
	11	12	13	14	15	16
A_0	-2,70598	-9,6296	-11,885	9,17817	2,24756	-0,70761
A_1	0	0,276302	0	0	0	0,042997
A_2	0	0	0,182258	0	0	0
A_3	0,495301	0	0,268526	0,298805	0,33728	0,344996
A_4	0	0	0	0	0	0
A_5	-0,25636	0	-0,436298	0	0	-0,262469
A_6	0	0	0	0	0	0,165488
A_7	0	0	0	0	0,220161	-0,162419
A_8	0,184534	0	0	0	0	0
A_9	0,821301	0,708792	0,86252	0,792011	0,797921	0,810381
Оценка модели, %	99,683	98,0425	99,4996	98,1947	98,6843	99,7578
Стандартная ошибка оценки	0,324487	0,8791	0,37183	0,627437	0,415267	0,185868
Абсолютное значение ошибки	0,243624	0,698557	0,275887	0,433295	0,301204	0,133257

Таблица 5.6. Коэффициенты уравнения регрессии для нахождения

Коэффициент	Возраст, лет			
	7	8	9	10
A ₀	-0,193871	-1,74391	8,0696	-8,30745
A ₁	0,087369	0,05857	0,122137	0
A ₂	0	0	0	0,162763
A ₃	0,329832	0,362283	0	0,315785
A ₄	-0,25639	-0,143625	0	-0,086195
A ₅	0	0	-0,247249	0
A ₆	0	0	0	0
A ₇	0	0	0	0
A ₈	0	0	0	0
A ₉	0,869628	0,855224	0,801605	0,792551
Оценка модели, %	99,8147	98,4873	98,5552	99,5586
Стандартная ошибка оценки	0,164837	0,428376	0,444768	0,306892
Абсолютное значение ошибки	0,124634	0,312059	0,297167	0,210202

в организм из внешней среды, непосредственно через сознательное упорядочение механических движений частей своего тела.

Для упорядочения механических движений человека следует учитывать основные биомеханические закономерности и критерии, определяющие качество и эффективность его двигательных действий.

Интерес представляет рассмотрение на макроскопическом уровне источников пополнения механической энергии двигательного аппарата и областей ее основного расходования. Пополняется аппарат движения энергией в основном из двух источников: запасов химической энергии в клетках, тканях, органах и, в частности, в мышцах, где она непосредственно превращается в потенциальную энергию упругой деформации сократительных элементов, и от механической энергии внешней среды (передается благодаря работе внешних сил — кинетической энергии движущихся объектов и потенциальной энергии положения тела). Механическая энергия тела затрачивается на его передвижение (включая перемещение других тел), на производительное расходование кинетической энергии (непосредственно на решение двигательной задачи) и непроизводительные затраты (против "вредных" сопротивлений, например, сил трения), на расходование кинетической энергии при превращении ее в потенциальную.

Большинство современных исследователей оценивают энергетическую стоимость мышечной работы как бы односторонне, только по величине кислородного запроса (количество кислорода, необходимое для обеспечения организма при выполнении механической работы).

высоты расположения ОЦМ тела девочек 7—16 лет

Возраст, лет					
11	12	13	14	15	16
-2,82127	0,30251	-13,381	-17,8961	-0,931168	-4,13279
0,088521	0,042983	0	0	0,054443	0,18367
0	0	0,357238	0,403759	0	0
0,320959	0,372605	0	0	0,367039	0
-0,257846	-0,265659	0	0	-0,067213	0
0	0	0	0	-0,294778	-0,485879
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0,885547	0,89909	0,735743	0,727478	0,863638	0,91126
99,7559	99,7505	97,4646	97,0429	99,8526	98,7969
0,198099	0,178751	0,602723	0,710727	0,220636	0,508189
0,158381	0,13314	0,499395	0,382453	0,169363	0,388973

Несмотря на то, что в данной области к настоящему времени накоплен обширный экспериментальный материал, проблемы полного энергетического баланса внутренней и внешней энергии организма человека, к сожалению, все еще мало изучены. Решение этой проблемы, по нашему мнению, возможно на основе комплексного подхода к исследованию взаимно эквивалентных соотношений между различными формами энергии при решении человеком сложных двигательных задач. Одной из таких фундаментальных форм энергии, которой может обладать человек, является энергия гравитационного поля. Поскольку в специальной литературе чрезвычайно мало сведений о возможностях оптимизации гравитационных взаимодействий тела человека с внешней средой, а возможности утилизации человеком гравитационной энергии имеют определенную перспективу, по-видимому, есть смысл рассмотреть данную проблему под таким углом зрения.

Двигательная деятельность человека осуществляется в среде, которая материально может быть представлена как система определенных физических полей. Под физическим полем в данном случае понимается некая особая форма материи, объединяющая частицы вещества окружающей среды в единую систему и передающая с конечной скоростью воздействия одних частиц на другие. Таким способом обеспечивается определенный характер взаимодействия материальных частиц среды между собой. Если поле стационарно, то взаимодействие этих частиц не изменяется в наблюдаемом масштабе времени, и напротив, в нестационарном поле такие изменения имеют место. В зависимости от особенностей измеряемых величин, харак-

теризующих поле, оно может быть скалярным или векторным. К типичным примерам векторных полей можно отнести поле сил, поле скоростей и др.

Значительный интерес для познания закономерностей двигательной активности человека представляет изучение его движений относительно гравитационного поля Земли. Объективно оно может быть охарактеризовано как поле силы тяжести, определяемой составляющими двух основных сил: силы земного притяжения (тяготения) и центробежной силы суточного вращения Земли. Для упрощения расчетов воздействием всех остальных факторов на значение силы тяжести при изучении движений человека можно пренебречь или же в каждом конкретном случае учитывать их путем введения соответствующих коэффициентов и поправок.

Гравитационное поле, как силовое поле по отношению к телу человека, характеризуется ускорением в каждой точке пространства, другими словами, силой, действующей на всякий отдельный элемент массы (единичную массу), размещенной в данной точке. Эта сила является векторной величиной (помимо численной величины характеризуется направлением в пространстве).

Тяготение относится к наиболее важным неотъемлемым свойствам всякой материи. В полной мере обладает этим свойством и живая материя тела человека. Мерой этого свойства фактически является масса "тяготения" и "гравитационная" масса тела. Динамические характеристики материи тела человека во многом определяются инертностью его массы. Силовое поле каждой материальной точки всякого тела, в том числе и тела человека, в таком случае полностью определяется законом всемирного тяготения, а масса служит мерой инертности всего тела человека. Это означает, что при действии какой-либо постоянной силы ускорение движения тела будет тем **большим**, чем меньше его масса. С другой стороны, в этих условиях чем больше масса тела, тем больше его инерция, тем медленнее меняется состояние его движения.

При определенных обстоятельствах тело человека может находиться в состоянии невесомости. Невесомость наблюдается в космических полетах, моделировать это состояние можно и в обычных, земных условиях. Тело человека может находиться в невесомости в том случае, если равнодействующая всех его внутренних сил, приложенных к его любому элементу (например, отдельному биозвену), равна нулю. Для этого необходимо создать такие условия для тела человека, при которых внешние по отношению к нему силы были бы пропорциональны массам отдельных его элементов (биозвеньев), а их направление для всех материальных точек было бы одинаковым. Исследования влияния невесомости на организм человека в условиях космических полетов показали, что она оказывает существенное воздействие на многие важнейшие механизмы энергообеспечения. Поэтому есть все основания полагать, что, искусственно создавая для человека в

привычных земных условиях состояние, близкое к невесомости, можно в значительной степени направленно, в зависимости от необходимости, корректировать энергообмен в его организме.

Изменяя расположение своего тела в пространстве относительно тела Земли, человек под действием сил тяготения совершает определенную работу и этим изменяет потенциальную энергию биомеханической системы своего тела.

В процессе жизни человек иногда интуитивно, иногда направленно, используя специальные рекомендации, организывает свою двигательную деятельность так, чтобы свести к минимуму затраты механической энергии при решении разнообразных, в том числе и двигательных задач. При этом, как правило, используются два пути: снижение затрат механической энергии в каждом отдельном цикле двигательных действий циклического характера и рекуперация одного вида энергии в другой, что достигается устранением непроизводительных лишних движений и излишних сокращений мышц, уменьшением сил сопротивления движениям тела, действующих из внешней среды, выбором оптимальных параметров движений, необходимых для решения тех или иных задач.

Гравитационное поле Земли лимитирует размеры тела человека, соотношения масс его относительно подвижных частей (звеньев). Величина общей массы его тела и пропорции распределения масс отдельных звеньев диктуются, по-видимому, не только полем силы тяжести, но и возможностями реализации всеобщего закона сохранения энергии. Биологические закономерности передачи и преобразования энергии, вероятнее всего, не позволяют материи тела человека существовать в другой геометрической организации. Геометрически иное распределение масс тела человека в пространстве, вероятно, не смогло бы быть обеспечено энергетическими ресурсами для нормального существования. Как уже отмечалось, изменение гравитационного поля вызывает изменение интенсивности энергетического обмена у человека и животных. Причем уровень метаболизма в организме тесно коррелирует с площадью его поверхности и с массой тела. Есть основание полагать, что если при неизменной площади поверхности тела человека его масса каким-либо образом будет возрастать, то интенсивность энергозатрат значительно увеличится. Кроме того, известно также, что общая масса мышц тела млекопитающих пропорциональна общей массе их тела. Если воспроизвести искусственно увеличение массы тела при неизменной массе мышц, энергетические расходы последних, по-видимому, также пропорционально возрастут. Существуют и прочие, весьма многочисленные факты, свидетельствующие о том, что при любом изменении массы тела не только двигательная, но и все другие системы организма должны перестраиваться для функциональной, а в ряде случаев, очевидно, и морфологической адаптации к новым условиям жизнедеятельности.

В ходе эволюции организм человека стал одной из наиболее энергообеспеченных биологических систем (относительно массы своего тела). Причем речь идет не об общем количестве энергии, а прежде всего об энергии наиболее высокого качества. Он занимает среди других животных необычное положение по отношению к гравитационному полю Земли. Большинство животных располагает продольную ось своего тела и основные массы звеньев естественным образом перпендикулярно вектору гравитации. Для удержания тела в равновесии им, как правило, необходимо четыре точки опоры. Управление позной активностью у таких животных осуществляется, по-видимому, рефлекторно при минимальном участии высших отделов нервной системы. Тело человека, казалось бы, вопреки логике и законам механики, располагается перпендикулярно плоскости земной поверхности. Его продольная ось симметрично параллельна вектору гравитации, а основные массы звеньев сконцентрированы на относительно небольших расстояниях от нее.

Сравнительно малая площадь опоры и большая вертикальная протяженность осевого скелета, высоко расположенный ЦМ тела обуславливают неустойчивость ортоградной позы человека. Таким образом, ЦМ человека относительно геометрии его тела поднят выше, чем у всех других животных. У него самое неустойчивое равновесие, удержать которое только рефлекторным сокращением мышц практически невозможно. Для этого необходимо активное участие сознания, всех основных компонентов двигательного анализатора. По-видимому, ортоградное положение стало привычным для человека в ходе эволюции именно в тот период, когда у него сформировалось сознание, верхние конечности стали свободными, у него образовалась качественно новая рецепторная зона и операционно-исполнительская система "мозг—рука", существенно расширяющая для него мир управляемых взаимодействий с внешней средой.

Привычное для человека вертикальное положение обеспечивается не только и даже не столько условиями механического взаимного равновесия относительно подвижных масс его тела, сколько довольно значительным статическим напряжением скелетной мускулатуры и, в основном, как следствие этого — значительными затратами химической, тепловой и других видов внутренней энергии его организма. Объем циркулирующей крови у человека при этом ниже, чем в горизонтальном положении тела, в венозной системе накапливаются довольно значительные резервные массы крови, увеличивается трансмуральное (межстеночное) давление в капиллярах, благодаря этому в межтканевое пространство фильтруется больше жидкости из сосудистого русла. Во избежание снижения сердечного выброса и нарушения естественной механизмов кровоснабжения жизненно важных органов в этих условиях вступают в действие своеобразные защитные механизмы, которые эффективно функционируют, в частности, благодаря рефлекторному

повышению периферического сосудистого сопротивления, частоты сердечных сокращений и некоторым другим антигравитационным и компенсаторным факторам.

Изложенное позволяет прийти к заключению о том, что потенциальная энергия высоко поднятого над плоскостью Земли ЦМ тела человека эквивалентна вполне определенному количеству внутренней химической энергии организма. Можно предположить, что для организма было бы энергетически выгоднее не расходовать химическую энергию для поднятия ЦМ так высоко. Однако в таком случае человек не смог бы получить порцию кинетической энергии, столь необходимой ему для решения биологических, социальных и многих других задач двигательного характера. Не расходуя внутреннюю химическую энергию и не запасаясь благодаря этому потенциальной энергией, человек не смог бы эволюционировать как энергетический объект. Благодаря своевременному превращению одного вида энергии в другой организм может выполнять сложную механическую работу, успешно решать самые сложные двигательные задачи без существенного снижения уровня своего энергетического запаса.

Сложившаяся у человека геометрия масс тела отличается определенными закономерностями. Масса головы и туловища составляют примерно половину массы всего тела. С точки зрения организации движений, это чрезвычайно рационально, поскольку (согласно третьему закону динамики) позволяет совершать активные перемещения биоэлементов тела в пространстве в безопасном положении без использования каких-либо дополнительных сил и совершать активные перемещения концевых звеньев конечностей непосредственно не за счет энергии мышечных сокращений, а за счет реактивных сил (сил взаимодействия масс звеньев). Как правило, ЦМ звеньев располагаются ближе к проксимальным их концам, что увеличивает частоту свободных колебаний этих частей тела относительно осей, проходящих через проксимальные (ближе лежащие к голове) суставы. Частота свободных колебаний увеличивается в таком случае благодаря уменьшению радиуса инерции, что приводит к уменьшению момента инерции звена относительно этих осей. Если бы ЦМ располагались в центре симметрии звеньев, то частота их свободных колебаний была бы меньшей. А это означает, что для придания им равного ускорения потребовалось бы приложить значительно больше мышечных усилий, затратить больше энергетических ресурсов. Поэтому именно такую локализацию ЦМ звеньев следует рассматривать как еще один механизм экономизации двигательной деятельности человека. Кроме того, такая локализация ЦМ звеньев создает экономичные условия функционирования, мышц, приводящих в движение звенья. Более близкое расположение ЦМ звена к оси вращения создает морфологические предпосылки для образования возможно большего плеча рычага для силы тяги мышц. При более удаленном расположении ЦМ звена от точки при-

рспления мышцы для последней точки создаются энергетически менее выгодные условия работы.

Таким образом, очевидно, что естественная локализация ЦМ звеньев относительно геометрических образований тела человека не является случайной, она биологически закономерна, обусловлена всеобщими законами преобразования, передачи и сохранения энергии и движения. К этим условиям приспособлена также и локализация рецепторного аппарата, позволяющая воспринимать и отражать их в нервной системе человека. Это положение, по-видимому, закреплено в нервной системе в комплексе безусловных рефлексов. Оно же при правильной организации процесса формирования новых двигательных навыков будет способствовать эффективному формированию соответствующих условных двигательных рефлексов. ОЦМ тела человека в вертикальном положении (основная стойка) располагается в горизонтальной плоскости примерно на уровне середины тела позвонка L_4 . Он может изменять свое положение в том случае, когда изменяется расстояние между звеньями тела. В некоторых положениях он может быть даже вне тела. Локализация центров масс звеньев определяет величины их моментов инерции.

Биомеханическая система тела человека может рассматриваться как совокупность отдельных частей звеньев, все массы которых сосредоточены в их ЦМ. Каждое относительно подвижное звено тела имеет свой ЦТ — точку, через которую проходит линия действия равнодействующей силы тяжести всех его частиц при любой его ориентации в пространстве. Положения ЦТ и ЦМ звеньев тела совпадают, хотя сами эти физические понятия и не тождественны. ЦМ тела характеризует распределение в нем его массы и сохраняет смысл независимо от того, находится ли данное тело под действием каких-либо сил или нет.

Совершая те или иные движения, человек изменяет геометрию масс биомеханической системы своего тела, изменяя положение его ОЦТ относительно Земли. Однако при этом он не в состоянии изменить положения ЦТ отдельных звеньев относительно их собственной системы отсчета и направление вектора их силы тяжести относительно гравитационного поля Земли. Данное обстоятельство, по-видимому, сыграло самую существенную роль в формировании целостной двигательной функции человека в процессе филогенеза. Относительное постоянство гравитационных взаимодействий всего тела человека и отдельных его звеньев явилось одним из самых мощных стимулов эволюции двигательной системы приматов. В результате длительного периода развития под воздействием гравитационного поля у человека сформировались относительно стабильные **массинерционные** соотношения звеньев собственного тела. В конечном итоге это отразилось не только на закономерностях построения собственного аппарата движения, но и привело к образованию соответствующих функционально-морфологических

подсистем всего организма. В частности, гравитационные взаимодействия детерминировали формирование основных компонентов двигательного анализатора, в определенной степени способствовали развитию сердечно-сосудистой, дыхательной, выделительной и других систем организма, обслуживающих двигательный аппарат человека.

Анализируя движения каждого отдельного звена в системе отсчета тела человека, целесообразно рассмотреть, прежде всего, закономерности перемещений его ЦМ, приняв предварительно, что звено представляет собой условно абсолютно твердое однородное тело, а его центры масс, тяжести и инерции совпадают. Если позволительно такое упрощение, то становится очевидным, что закон движения любого звена тела будет определяться законом движения его центра инерции. Из механики движения твердого тела известно, что центр инерции всякого твердого тела движется так, как если бы к нему были приложены все внешние силы и масса его тела была бы сосредоточена в центре инерции. Векторная сумма количества движения всех частиц такого звена (или количество его движения) определяется его массой и скоростью центра инерции. Количество движения звена равно его массе, умноженной на скорость движения центра инерции, а производная от количества движения равна сумме внешних действующих на него сил. Ускорение центра инерции данного звена равно отношению суммы всех внешних сил ко всей его массе.

Внешними силами по отношению к рассматриваемому в данном случае звену тела человека являются силы его тяжести и противодействующие им совокупности силы тяги мышц, как правило, расположенных вне звена, но своими концами прикрепленных к звену на некотором расстоянии от центра его вращения. Совокупность внешних сил может быть представлена равнодействующей (одной силой, полностью заменяющей действие всех внешних сил). В том случае, если результирующая сила равна нулю, количество движения звена не изменяется. Такое положение обычно наблюдается в том случае, когда звено тела находится в равновесии. При выполнении произвольных движений совокупное действие сил тяги мышечных групп образует соответствующий момент, приложенный к ЦМ звена и по своему значению превосходящий момент силы его тяжести. В зависимости от величины главного момента сил тяги сопряженных с данным звеном мышечных групп, определяется величина результирующей силы, и звено приобретает соответствующее ускорение. Величина ускорения при этом прямо пропорциональна силе мышечной тяги, приложенной к ЦМ звена и обратно пропорциональна его массе. Это соотношение контролируется рецепторным аппаратом мышцы, сигналы о динамике этого процесса поступают в центральные отделы нервной системы, которая через эффекторные пути осуществляет управляющие воздействия на **нейромоторные** элементы двигательного аппарата.

Поскольку размеры звена длительное время не изменяются (благодаря чему плечи сил тяги отдельных мышц и их равнодействующих не изменяются, координаты его ЦМ постоянны, вектор силы тяжести также постоянен), единственным управляющим воздействием в такой системе может быть регулируемая величина мышечных сил, прикладываемых к звену. Это очень "удобно" для нервной системы, которая успешно контролирует сложнейший процесс практически только по одному переменному параметру — силе, развиваемой мышцами при их сокращении. Причем сила, развиваемая мышцей и прикладываемая к тому или иному звену, все время изменяется: изменяется ее вектор (обычно только в одной плоскости) и модуль. Оба эти показателя в процессе движения непрерывно изменяются. Величина, при помощи которой можно охарактеризовать это изменение, — градиент силы. Он изменяется не только в результате изменения нейромоторной стимуляции мышцы. Имеются факторы пассивной его регуляции: внешние силы, прикладываемые к движущемуся звену; изменение передаточного отношения в суставе при различных положениях звеньев; изменение момента силы тяги мышцы вследствие изменения угла приложения силы мышцы по отношению к продольной оси движущегося звена и др. Все эти факторы создают благоприятные условия для экономии энергии и автоматической (неосознанной) регуляции движения звеньев тела. Тем не менее, можно предположить, что **рецепторный** аппарат и соответствующие отделы нервной системы также определенным образом настроены именно на такую динамику двигательной функции и как бы запечатлевают в своей памяти данные механизмы в виде элементов безусловных рефлексов.

Исследование механизмов гравитационных взаимодействий позволяет получить достаточно объективную картину формирования двигательной системы человека на основных этапах его развития. Зная закономерности различных реакций человека, постоянно находящегося в гравитационном поле Земли, по-видимому, можно разработать комплекс средств и методов оптимизации процессов управления его двигательной активностью. Вполне понятно, что коренным образом изменить фундаментальные постоянные, характеризующие двигательную функцию человека и гравитационное поле Земли, в большинстве случаев не представляется возможным. Однако очевидно и то, что, используя известные приемы и методы биомеханического моделирования, можно создать для человека такие искусственные условия, позволяющие с определенной степенью точности воспроизводить ту естественную динамику гравитационных взаимодействий, которая может возникнуть только при фундаментальных изменениях ряда существенных параметров внутренней и внешней среды. Такой подход может оказаться весьма плодотворным при интенсивном направленном формировании у человека заданных систем движений путем построения целевых программ своеобразной его тренировки и адаптации к изменяющимся по определен-

НЫМ законам условиям гравитационных взаимодействий, стимулированием естественных реакций человека в ответ на искусственно программируемые в условиях активного воздействия гравитационного поля.

Поскольку равнодействующая сил тяжести всех точек каждого условно обособленного подвижного звена тела человека приложена в его ЦТ, справедливо рассуждение о том, что эта сила, как и все другие силы, — величина векторная, имеет точку приложения (координаты, относительно соответствующих антропометрических точек, которой известны), направление (которое совпадает с векторами сил тяжести каждой материальной частицы звена) и модуль (который также известен, может быть измерен или определен аналитическими методами для каждого звена). При проектировании каких-либо искусственно заданных программ гравитационных взаимодействий необходимо учитывать все три перечисленных параметра, характеризующих равнодействующие силы тяжести всех крупнейших звеньев тела. В каждом конкретном случае, в зависимости от целей и задач моделирования, следует предусмотреть возможность дифференцированного или интегрального воспроизведения или направленного желаемого изменения всех трех параметров, характеризующих силы тяжести звеньев тела. Используя естественные механизмы биологической адаптации, направленно изменяя те или иные характеристики равнодействующих сил тяжести, можно добиться многих практически ранее не доступных биомеханическим воздействиям заданных функционально-морфологических изменений двигательной системы человека. Ориентируя определенным образом продольную ось того или иного звена тела человека относительно его линии тяжести можно направлять процесс развития и совершенствования двигательной функции практически в любом нужном русле. Теоретическое осмысление данной проблемы вполне доступно современной биомеханической методологии. Практическое решение конкретных вопросов моделирования гравитационных взаимодействий может быть реализовано различными способами на различной технической базе.

Такой подход открывает определенные перспективы в дальнейшем развитии и совершенствовании методов обучения движениям. Поскольку движения человека во многом лимитируются параметрами гравитационного поля Земли, очевидно, представляет интерес рассмотреть возможности моделирования в условиях искусственной среды соответствующих стимулов, воздействующих на **гравирецепторы** человека практически в любых заданных программах двигательных действий. Этот способ моделирования позволяет эффективнее адаптировать к двигательному заданию не только рецепторный аппарат, но и весь связанный с ним **нейромоторный** комплекс двигательного аппарата. В таких условиях происходят изменения и в других анализаторах и во всей системе двигательных поведенческих реакций. Тело человека в наших исследованиях, как уже отмечалось раньше, моделировалось в виде **14-звенной** модели.

В специальной литературе принято считать, что пропорции тела детей 16 лет практически полностью соответствуют пропорциям взрослого человека. С учетом этого обстоятельства мы считаем возможным для вычисления массинерционных характеристик сегментов тела использовать данные, полученные в работе Зацiorского (1981).

Для расчета моментов инерции тело человека также рассматривалось как 14-звенная модель, каждый сегмент которого представляет собой цилиндр с равномерно распределенной массой, а голова принимается за шар.

Для определения изменения моментов инерции биозвена человека нами было использовано линейное уравнение

$$I_0 = a_0 + a_1x + a_2y \quad (5.3)$$

где I_0 — момент инерции сегмента; a_0, a_1, a_2 ; — числовые коэффициенты тела; x — масса, y — рост.

Используя линейное уравнение (5.3) и дифференциальные таблицы (приложение 3) для каждого возраста, можно найти момент инерции человека относительно трех осей.

Ортоградное положение тела человека — это такое положение, при котором все крупнейшие звенья его тела располагаются параллельно вертикальной (продольной) оси, перпендикулярно горизонтальной плоскости, а ОЦМ тела поднят на максимальную высоту над опорой.

Среди механизмов сохранения равновесия следует выделить два наиболее важных. Первый из них проявляется тогда, когда основным двигательным заданием является сохранение равновесия. В этом случае поддержание вертикальной позы является результатом регуляторного механизма, который действует на основе постоянных коррекций. Устранение незначительных нарушений равновесия происходит путем рефлекторного напряжения мышц, а устранение существенных нарушений — быстрым рефлекторным перемещением в сторону стабильной площади опоры. Второй механизм реализуется, когда поздние реакции входят в состав движений со сложной координацией, и каждая из которых имеет предупредительный, а не рефлекторный характер и является составной частью программы двигательного действия.

При реализации как первого, так и второго механизма основная роль принадлежит переработке афферентной импульсации, которая поступает от анализаторов. Систему сохранения равновесия можно представить в виде совокупности подсистем, которые имеют относительную автономию. Каждая подсистема стремится к минимизации двигательного взаимодействия с другими подсистемами в интересах энергетически экономных, биомеханически целесообразных движений. При этом для подсистем **центральной** нервной системы устанавливаются только общие правила взаимодействия.

Каждому отклонению тела от оптимального положения должно соответствовать восстановительное усилие человека. При этом часто возникает гиперкомпенсация, когда проекция ОЦМ "проскакивает" по инерции наилучшее положение. В этом случае возникают обратно колебательные движения, которые называются балансированием. Очевидно, чем меньше амплитуда движений при балансировании, тем выше качество выполнения упражнения.

При сохранении вертикальной позы тела человека приходится уравнивать не только силу тяжести, но и многие другие силы. С точки зрения задачи уравнивания сил можно выделить три вида статистической работы мышц:

- *удерживающая работа* — против момента силы тяжести; моментами сил тяги мышц уравновешены моменты силы тяжести биозвеньев;
- *укрепляющая работа* — против сил тяжести, действующих на разрыв; силы мышечной тяги укрепляют сустав, принимают на себя нагрузку;
- *фиксирующая работа* — против сил тяги мышц-антагонистов и других сил; силы мышечной тяги лишают звено возможности движения, действуя друг против друга по направлению, но совместно — по задаче.

Сохранение вертикальной позы тела человека достигается управлением уравнивающими и восстанавливающими силами при компенсаторных, амортизирующих и восстанавливающих движениях.

Компенсаторные движения направлены на предупреждение выхода ОЦМ тела за пределы зоны хранения положения при возмущающих воздействиях и при движениях на месте. Эти движения выполняются обычно одновременно с отклонениями и, как правило, автоматически.

Амортизирующие движения уменьшают эффект действия возмущающих сил. Это обычно уступающие движения, которые направлены в сторону действия возмущающей силы. Они замедляют начавшееся отклонение и останавливают его.

Восстанавливающие движения направлены на возвращение ОЦМ тела в зону сохранения положения из зоны восстановления положения: либо под действием внешней силы переместить ОЦМ тела в зону сохранения равновесия, либо переместить точку опоры, "подвести" ее под ОЦМ тела.

Нередко приходится сочетать два, а то и три способа сохранения и восстановления положения в виде одного комбинированного действия.

Рассматривая тело человека как систему взаимно подвижных масс, следует отметить, что оно обладает вполне определенными динамическими свойствами. В зависимости от того, как эти массы располагаются в пространстве относительно друг друга, а также насколько они подвижны, зависят и динамические свойства всего тела человека. Эти же динамические свойства в свою очередь в соответствующей степени определяют энергетику организма человека.

Для изучения влияния на тело человека разнообразных механических воздействий среды обычно исследуют соотношение масс его относительно подвижных звеньев, определяют его инерционные, упругие и гистерезисные характеристики и в целом его механический импеданс, под которым понимается отношение приложенных к нему возмущающих сил к его результирующей скорости. Для этого разрабатывают различные механические модели тела человека. Однако при их построении необходимо знать распределение в пространстве подвижных масс звеньев тела человека, а также желательность получить амплитудно-частотные характеристики их колебаний.

Анализ специальной литературы показывает, что исследованиями такой актуальной проблемы уже давно занимается множество специалистов, в частности, при решении сложнейших промышленных и эргономических задач построения так называемых "человеко-машинных" систем. Несмотря на это, многие аспекты такого рода проблем все еще остаются неизученными. К таким, почти полностью неизученным вопросам эргономической биомеханики относятся проблемы исследования амплитудно-частотных характеристик колебаний масс тела детей различного возраста. Эти проблемы являются чрезвычайно актуальными не только с сугубо теоретических позиций, но и, прежде всего, с эргономической и медицинской точек зрения. Названные параметры необходимо знать, прежде всего, для того, чтобы обезопасить организм ребенка от механических воздействий среды не только при занятиях спортом, но и в обычной жизни, при его взаимодействии с различными образцами техногенной среды нашей жизни.

В связи с изложенным, наряду с изучением распределения в пространстве масс звеньев тела детей различного возраста, нами были изучены изменения амплитудно-частотных характеристик опорных взаимодействий их тела. Для этих целей в данном исследовании использовался метод тензодинамографической стабиллографии.

Нами регистрировались колебания ОЦМ тела в двух основных направлениях: в сагиттальной и фронтальной плоскостях. Зарегистрированная динамика формирования вертикальной позы испытуемых представлена в табл. 5.7, 5.8.

Процесс сохранения положения и позы тела человека — сложный процесс управления и регуляции. Тело человека с биомеханической точки зрения в биостатике можно представить как многосвязную механическую систему, состоящую из ряда недеформируемых звеньев. Эти звенья соединены при помощи шарниров, в которых действуют суставные моменты, обеспечивающие жесткость статического положения всей этой подвижной системы.

Для изучения пространственного распределения основных биозвеньев тела школьников относительно соматической системы отсчета были проведены специальные исследования (Кашуба, Бычук, Бенсбаа Абдельkrim, 2001). Характеристики пространственного расположения основных звеньев тела де-

Таблица 5.7. Стабилографические показатели колебания ОЦМ тела мальчиков школьного возраста в усложненной позе Ромберга

Возраст, лет	Фронтальная плоскость				Сагиттальная плоскость			
	A _{ср} , мм		f _{ср} , Гц		A _{ср} , мм		f _{ср} , Гц	
	\bar{x}	a	X	a	X	ст	SE	o
7	8,28	1,074	3,38	1,04	12,38	0,91	3,42	0,75
8	8,66	0,89	3,40	1,18	12,24	0,87	3,46	0,81
9	7,21	0,86	3,41	0,74	11,42	0,72	3,50	0,9
10	6,91	1,13	3,52	0,95	11,21	1,17	3,53	0,97
И	6,12	0,53	3,59	0,75	11,09	0,59	3,58	0,79
12	5,59	0,45	3,67	0,91	10,72	0,64	3,87	1,22
13	5,24	1,01	4,41	1,13	8,12	0,87	4,56	0,64
14	4,69	0,72	4,52	0,86	7,31	1,07	4,77	0,83
15	3,78	0,84	4,89	0,93	4,76	0,92	4,98	0,79
16	3,51	0,96	5,08	0,51	3,84	0,83	5,17	0,63

Таблица 5.8. Стабилографические показатели колебания ОЦМ тела девочек школьного возраста в усложненной позе Ромберга

Возраст, лет	Фронтальная плоскость				Сагиттальная плоскость			
	A _{ср} , мм		f _{ср} , Гц		A _{ср} , мм		f _{ср} , Гц	
	\bar{x}	o	\bar{x}	o	\bar{x}	o	\bar{x}	a
7	8,78	0,29	3,41	0,29	13,82	1,44	3,46	0,93
8	8,12	0,42	3,43	0,17	12,99	0,92	3,51	0,94
9	7,24	0,6	3,47	0,69	11,59	1,48	3,53	0,99
10	6,58	1,03	3,49	0,86	10,92	1,57	3,58	0,87
11	6,31	0,75	3,51	0,99	10,79	1,03	3,62	0,98
12	5,97	1,31	3,55	0,91	10,11	1,98	3,78	0,92
13	5,6	1,17	4,12	0,98	9,62	1,01	4,18	1,07
14	5,51	0,67	4,21	0,93	8,35	0,75	4,21	0,94
15	4,12	0,99	4,26	0,92	5,42	0,54	4,28	1,11
16	3,93	0,94	4,39	1,12	3,92	0,79	4,37	1,01

тей 7—16 лет в сагиттальной плоскости изучались с помощью видеogramм. Результаты проведенных исследований представлены в табл. 5.9. Условные обозначения, представленные в табл. 5.9 и в тексте, те же, что и на рис. 5.2, а.

Полученные результаты подтверждают тот факт, что пространственное расположение биозвеньев тела человека на протяжении жизни постоянно изменяются в соответствии с закономерностями проявления генетических механизмов его развития, а также под влиянием внешней среды, технобиосоциальных условий жизни и т.д.

Таблица 5.9. Биометрические характеристики сагиттального профиля

Показатели пространственного расположения звеньев тела	Возраст, лет			
	7	8	9	10
a_1	19,13±1,26	2,77±2,33	24,37±2,45	22,73±2,99
a_2	0,93±0,11	2,14±0,25	2,60±0,98	2,06±0,20
a_3	14,17±1,08	12,29±1,28	12,11±1,15	12,52±1,32
a_4	74,80±1,25	73,73±2,40	73,89±2,08	74,91±1,89
a_5	85,93±3,13	84,65±5,16	87,44±4,68	85,89±2,94
a_6	2,53±0,62	3,55±0,65	2,99±0,42	2,53±0,63
l_1	19,89±0,86	21,02±1,44	21,71±1,78	21,15±1,55
l_2	31,82±2,40	35,80±2,54	36,76±3,13	37,98±3,55
l_3	13,07±0,83	18,82±0,78	18,78±0,77	14,90±0,70
a_1	21,90±1,56	18,93±1,01	20,28±1,74	24,33±2,34
a_2	1,19±0,04	1,53±0,02	2,39±0,73	2,25±0,93
a_3	13,55±1,02	13,22±1,17	12,92±0,68	12,26±1,41
a_4	73,90±2,51	76,05±2,39	73,93±2,22	70,69±1,63
a_5	89,85±2,64	86,86±3,98	89,09±3,50	86,89±3,21
a_6	2,12±0,47	2,51±0,50	2,58±0,17	3,27±0,24
l_1	19,47±0,79	17,92±0,61	21,88±1,69	32,81±1,99
l_2	34,62±2,51	32,92±2,28	38,28±2,14	62,50±5,29
l_3	15,38±0,66	10,95±0,75	15,63±0,81	39,06±2,90

осанки детей 7—16 лет

	Возраст, лет					
	11	12	13	14	15	16
Девочки						
<i>Углы, град</i>						
	24,81±2,94	21,42±2,31	25,88±2,01	24,36±2,08	32,68±2,45	32,90±2,40
	1,91±0,02	1,96±0,04	3,30±0,35	1,45±0,91	2,03±0,40	2,05±0,42
	12,28±1,16	12,78±1,24	10,21±1,39	12,67±0,80	11,40±0,51	11,42±0,53
	75,41±1,82	74,54±1,91	72,82±2,67	75,38±2,07	74,31±1,35	74,35±1,37
	87,66±3,91	84,28±5,35	86,72±3,28	87,41±3,02	83,52±3,66	84,52±5,12
	1,83±0,17	2,66±0,11	2,35±0,42	2,81±0,64	2,58±0,11	2,60±0,13
<i>Расстояние, мм</i>						
	27,57±1,97	28,82±1,72	32,14±1,48	40,63±2,90	42,71±2,38	42,74±2,40
	51,84±4,78	47,92±3,03	59,82±5,25	59,38±1,02	71,88±5,21	70,90±5,01
	27,57±1,74	27,43±1,92	39,73±2,91	37,50±2,54	49,48±3,99	45,40±3,58
Мальчики						
<i>Углы, град</i>						
	27,60±2,05	24,34±2,88	25,68±2,01	21,34±2,45	25,61±2,35	24,85±1,75
	2,51±0,41	2,23±0,27	2,75±0,29	3,34±0,82	3,70±0,11	5,86±0,35
	11,89±0,93	11,99±1,74	11,54±1,53	11,10±1,02	10,48±1,34	9,00±0,57
	75,25±1,82	74,46±2,14	71,68±1,81	72,79±1,85	72,27±2,23	65,16±3,17
	86,85±4,22	88,59±4,08	87,68±2,54	89,25±3,27	91,62±3,33	77,04±4,69
	2,52±0,09	2,32±0,42	5,70±0,53	2,00±0,38	4,69±0,72	4,72±0,24
<i>Расстояние, мм</i>						
	32,59±1,80	32,25±1,62	34,38±1,73	29,17±1,22	36,31±1,00	23,66±1,55
	61,61±5,48	57,00±5,34	66,88±5,33	59,38±5,80	77,38±6,08	47,62±2,27
	36,16±2,59	33,75±2,90	49,75±3,56	32,29±2,98	50,60±4,48	33,48±2,74

Ортоградное положение человека как биологической системы отличается крайне выгодным расположением его тела в пространстве среды обитания. В ходе эволюции наибольших успехов в развитии достигли те организмы, совершенствование тела которых шло именно в этом направлении. Это позволило им иметь относительный максимум гравитационной потенциальной энергии, необходимой для успешной реализации любого двигательного действия, для решения многих весьма сложных и энергозатратных двигательных задач. Приняв ортоградное исходное положение, человек становится, подобным сжатой пружине, которая может в любой момент выпрямиться и реализовать свой запас потенциальной энергии, превратив его в кинетическую энергию движения.

Как было установлено в результате наблюдений, изменяя геометрию масс своего тела в пространстве в процессе возрастного развития, человек изменяет и свой энергетический потенциал. Это заметно также и по различным позам, принимаемым им в ортоградном положении. Перерасход энергии в области тех или иных отдельных мышечных групп или всего организма приводит к развитию локального или общего утомления. В таких условиях человек иногда интуитивно, возможно и неосознанно, меняет позу, например опорную ногу, переносит тяжесть тела на другую конечность, облокачивается о различные предметы и т.д.

Вертикальная поза человека сохраняется во многом благодаря статической (физиологической) работе мышц, которая определяется длительностью их изометрического напряжения и величиной удерживаемого ими при этом

груза, их напряжение поддерживается непрерывным поступлением нервных импульсов. Мышцы, находящиеся в изометрическом напряжении и удерживающие при этом тело в определенном положении, не изменяют своей длины. Для сохранения вертикального положения опрокидывающий момент тела должен быть уравновешен равным ему (но обратным по знаку) моментом силы тяги мышц. Мышцы, находящиеся в изометрическом напряжении, испытывают определенные затруднения в кровоснабжении, а следовательно, в поступлении химической энергии. Часть этой энергии изначально зарезервирована в мышце, другая часть поставляется в них через кровоток, доставляющий мышце питательные вещества и выводящий из нее шлаки. Через кровь в мышцы поступает специфическое биологическое горючее — глюкоза и жирные кислоты, которые превращаются в энергетическое активное вещество только благодаря кислороду. Часть мышц работает в динамическом режиме, активно растягиваясь и сокращаясь с целью поддержать вертикальное положение. Такой вид работы также требует затрат внутренней энергии организма, расходования внутри мышечных энергетических резервов и увеличения притока с кровью новых и новых порций питательных веществ и удаления продуктов распада.

Благодаря тому, что мышца действует не изолированно, а через костные рычаги — преобразователи механической энергии и движения, развиваемая ею сила тяги при одной и той же степени нервной стимуляции определяется ее длиной в конкретный момент (степенью растяжения или укорочения), скоростью изменения длины, а также временем от начала стимуляции до момента измерения. Величина развиваемой силы тяги мышцы также определяется многими механическими, анатомическими и физиологическими условиями. К *механическим условиям* необходимо, прежде всего, отнести величину нагрузки, характер фиксации звеньев и образуемую при этом систему рычагов, соотношение движущих сил и сил сопротивления, начальные условия движения, определяющие положения звеньев конкретных биокинематических пар двигательного аппарата, участвующих в движении и их скорости в данный момент приложения силы тяги мышцы. Из *анатомических условий* наиболее важными являются специфика строения конкретной мышцы, расположение волокон относительно векторов внешних сил и величина ее тяги относительно костного рычага, количество волокон на площади физиологического поперечника и др. Собственно *физиологические условия* работы мышц определяются характером нервных процессов возбуждения и торможения, особенностями течения процессов утомления и восстановления. В процессе выполнения тех или иных движений или двигательных действий каждая мышца функционирует как генератор механической энергии и ее трансформатор (из кинетической в потенциальную и наоборот), аккумулятор энергии, передатчик движений от одних звеньев тела к другим, фиксатор звеньев тела в суставах, регулятор ве-

личины и направления скорости движения звеньев, демпфер, поглощающий и рассеивающий излишнюю энергию при ударных и других взаимодействиях, а также упругий амортизатор, позволяющий воспроизвести обратное движение звеньев (изменить его направление) при их возвратном и колебательном режимах.

Скелетные мышцы определенным образом реагируют на внешнее относительно тела человека гравитационное поле. Одной из таких реакций является тоническое сокращение мышц.

По мнению Лапутина (1999), тонус — это такое физическое состояние скелетных мышц, в котором они находятся в поле земной гравитации. Это степень продольной деформации мышцы, находящейся в изотоническом напряжении, в ответ на действие силы гравитации. Тонус отражает упруго-вязкие свойства мышцы, зависящие, в свою очередь, от состояния центральных и периферических механизмов ее *нейромоторной* регуляции.

Изучение специальной литературы (Вайн, 1991; Гурфинкель, Левик, 1985; Мак-Комас, 2000) показало, что большинство авторов предпочитают анализировать только следствия, а не причины и механизмы возникновения мышечного тонуса. А поскольку до сих пор эти причины и механизмы не изучены, то невозможно идентифицировать тонус как особое специфическое состояние скелетных мышц и, как следствие этого, невозможно также достаточно точно и корректно измерить количественные характеристики этого состояния.

Располагаясь под различными углами по отношению к вектору гравитации, все скелетные мышцы имеют разные характеристики тонуса. Тонус измеряется величиной усилия, которое произвольно развивает та или иная мышца, противодействуя растягивающей ее силе земного притяжения. Тонус тех мышц, продольная ось волокон которых располагается параллельно вектору гравитации, измеряется в единицах, силы. Тонус тех мышц, продольная ось волокон которых располагается под углом к вектору гравитации, измеряется в единицах моментов сил.

При изменениях позы или положения тела в пространстве по отношению к вектору гравитации изменяется и расположение продольных осей волокон мышц. Поэтому величина их произвольного тонуса также изменяется. Тонус одних мышц при этом может увеличиваться, а тонус других — уменьшаться. Измерение естественного тонуса скелетных мышц в таких условиях может производиться аналитическими методами с учетом известных величин удерживаемых ими масс звеньев тела и длин плеч тех костных рычагов, к которым прикреплены эти мышцы.

Регистрация количественных показателей, объективно отражающих величину тонуса, возможна только при пассивном или активном изменении длины мышцы. В таких условиях тонус той или иной группы скелетных мышц будет пропорционален величине усилия, затрачиваемого на их про-

Таблица 5.10. Показатели **упруговязких** свойств мышц, участвующих

Мышца	Возраст, лет			
	7	8	9	10
Трапециевидная	83,80±5,36	86,00±4,00	87,80±3,52	84,80±4,64
Разгибатель спины	66,20±5,68	65,00±2,2	74,20±6,84	71,60±3,84
Большая ягодичная	55,80±5,28	62,40±1,28	69,00±4,80	57,10±3,70
Четырехглавая бедра	66,80±4,80	71,00±3,60	76,00±5,80	76,20±5,08
Икроножная	80,00±6,00	89,40±5,00	81,80±6,84	90,80±6,56
Трапециевидная	81,00±5,00	79,80±6,12	82,40±4,08	80,00±6,40
Разгибатель спины	61,80±5,04	66,80±4,24	69,80±5,44	67,40±5,40
Большая ягодичная	52,40±1,28	64,80±5,16	63,20±5,00	56,80±4,68
Четырехглавая бедра	68,60±2,48	79,00±5,60	73,20±4,88	72,80±3,44
Икроножная	86,20±5,72	89,20±6,96	93,10±4,94	87,00±6,40

дольное растягивание. Для измерения этого усилия используются различные технические средства. В данных исследованиях использовалась методика миотометрии — миотометр Сермаи.

При исследовании биомеханических свойств скелетных мышц, участвующих в формировании осанки, измерялся тонус ряда мышц (трапециевидной, разгибателя спины, четырехглавой бедра, большой ягодичной, икроножной) у детей в возрасте от 7 до 16 лет, табл. 5.10.

Для определения взаимосвязи между показателями тонуса мышц, в онтогенезе и показателями сагиттального профиля осанки вычислялись коэффициенты корреляции между указанными характеристиками.

В результате проведенного исследования, были выявлены зависимости между показателями тонуса скелетных мышц, обеспечивающих вертикальную позу тела, и показателями сагиттального профиля осанки детей относительно соматической системы отсчета и на их основе были разработаны модели показателей тонуса мышц в виде уравнений регрессии для оценки уровня физического развития детей школьного возраста (приложение 4).

Анализ упруговязких свойств скелетных мышц (трапециевидной, разгибателя спины, четырехглавой бедра, большой ягодичной, икроножной), участвующих в регуляции вертикальной позы тела школьников показал, что изменение тонуса скелетных мышц в исследуемый период носит волнообразный характер. Обнаруженные закономерности изменения тонуса скелетных мышц отражают общую динамику формирования осанки тела школьников в процессе их возрастного развития. В частности, это в первую очередь касается тех мышечных стимулов, которые осуществляют коррекцию положения тела в ответ на возмущающие воздействия физических

в формировании осанки детей **7—16 лет**

	Возраст, лет					
	И	12	13	14	15	16
<i>Мальчики</i>						
89,70±3,08	81,20±6,40	89,10±1,86	83,00±7,20	89,00±3,00	89,40±2,44	
68,80±5,76	71,00±4,20	65,60±5,12	71,20±3,60	75,20±5,04	73,00±6,20	
61,60±5,12	67,70±2,38	62,80±4,96	63,00±4,00	67,20±4,96	64,80±5,40	
79,20±5,60	78,00±6,00	73,80±6,60	77,60±6,48	79,00±5,20	85,10±6,04	
87,80±7,76	86,20±1,96	89,60±3,44	92,00±5,20	73,20±5,04	98,00±5,60	
<i>Девочки</i>						
90,00±4,00	81,00±4,60	83,00±5,60	83,90±6,90	82,20±5,44	78,80±3,60	
67,20±3,12	65,20±5,36	71,60±6,32	69,00±5,20	71,20±6,36	71,20±5,84	
57,60±4,92	71,20±5,60	61,60±5,84	62,40±5,68	64,00±5,20	63,40±3,40	
70,00±3,20	81,60±1,68	77,80±4,96	82,60±5,52	85,60±6,32	74,40±6,00	
92,60±2,08	93,20±4,80	92,40±7,92	89,20±6,32	95,40±8,60	94,00±3,60	

факторов внешней и внутренней среды организма. О степени соответственного мышечного участия в коррекции вертикального положения тела человека в онтогенезе можно, судить по степени тонической активности этих мышц, а в случае каких-либо отклонений вносить изменения в процесс физического воспитания подрастающего поколения.

ПРОФИЛАКТИКА НАРУШЕНИЙ ОСАНКИ ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Физическая подготовка и здоровье населения — одна из самых важных и актуальных проблем государства. Здоровье нации — это залог ее процветания, это тот решающий потенциал, который в конечном итоге определяет судьбу любых реформ. Потенциал физического воспитания заключается в том, что оно воздействует не только на двигательную активность человека, но и на его нравственные, социальные и духовные качества. Содержание двигательной активности человека составляет его систематическая, мотивированная деятельность, направленная на его физическое совершенствование, поэтому она рассматривается как главная сфера формирования физической культуры личности.

В процессе физического совершенствования человека складываются две взаимосвязанные системы мероприятий: педагогический процесс, направленный на развитие двигательных возможностей человека, и система организованных мероприятий, определяющих и регламентирующих развитие физического воспитания в стране. Многие специалисты отмечают взаимосвязь между организацией и методикой физического воспитания и здоровьем детей и молодежи.

В школьном возрасте цель физического воспитания конкретизируется следующими оздоровительными задачами:

- профилактика возникновения приоритетных заболеваний (нарушение осанки, вирусно-респираторные);
- гармоничное развитие всех физических качеств с учетом сенситивных периодов;
- достижение должного уровня физического состояния, обеспечивающего высокий уровень физического здоровья.

Как отмечает Круцевич (2000—2002), современная организация процесса физического воспитания детей и подростков в Украине не является управляемой, поскольку не достигает основной цели — высокого уровня физического здоровья подрастающего поколения.

Формирование правильной осанки детей школьного возраста невозможно без правильно организованного, управляемого процесса физического воспитания.

Под управлением в физическом воспитании понимают процесс целенаправленного, контролируемого и регулируемого изменения двигательных возможностей человека. Уровни здоровья, физической работоспособности и социальной активности населения являются критериями эффективности этого процесса.

Главный компонент физического воспитания — физические упражнения.

Физическое воспитание как процесс целенаправленного изменения форм и функций организма специфическими и не специфическими для него средствами представляет собой совокупность организационных и педагогических средств, направленных на повышение физического состояния человека. В сфере физического воспитания все большие распространения имеют идеи и принципы системного подхода.

Основываясь на теоретических положениях системного подхода при изучении целостного объекта, необходимо обратить внимание на те признаки, которые характеризуют данный объект как целое. В рамках единой системы они рассматриваются как взаимосвязанные части целого. Поэтому система рассматривается как совокупность взаимодействующих компонентов, связей и отношений, объединенных единством цели. Достижение цели является главной задачей управления.

В сфере физической культуры управление осуществляется по нескольким направлениям:

- управление социальными системами;
- управление биологическими системами;
- управление технологическими системами.

Перечисленные направления имеют свою цель и соответствующие базовые закономерности: социальные, биологические и технологические.

В педагогике управление осуществляется при наличии:

- конкретной цели управления;
- объекта и органов управления;
- способности управляемого объекта переходить из одного состояния в другое;
- возможности управляемого объекта создавать управляющие воздействия;
- возможности управляющего объекта воспринимать эти воздействия;
- возможности выбора управленческого решения из некоторого набора или множества решений;
- определенных материальных ресурсов управления;
- сведений о текущем состоянии объекта управления;
- возможности оценивать качества управления и др.

При выборе управляющих воздействий и составления физкультурно-оздоровительных программ следует учитывать особенности применения средств, методов и форм организации занятий в различные возрастные периоды, связанные с закономерностями развития в онтогенезе и индивидуальными особенностями организма детей. Они могут варьировать в диапазоне одного возрастного периода и зависеть от наследственных факторов, условий окружающей среды, в которой воспитывается ребенок, типологических свойств нервной системы, уровня функционального состояния, а также влиять на биологический возраст, который может не соответствовать хронологическому.

Сегодня можно выделить ряд факторов, влияющих на формирование правильной осанки (рис. 6.1).

Привлечение детей школьного возраста к занятиям физическими упражнениями и спортом зависит, прежде всего, от окружающей среды — государства, общества, школы, родителей, друзей и их отношения к физическому воспитанию и спорту. Социально-экономические условия и, прежде всего, жизненный уровень населения, жилищные условия, наличие в стране и в данной местности спортивных баз, кадров, распределение свободного времени влияют на отношение окружающих и общества к этой проблеме, на формирование индивидуального подхода к занятиям физической культурой. Немаловажную роль играют существующая в стране система

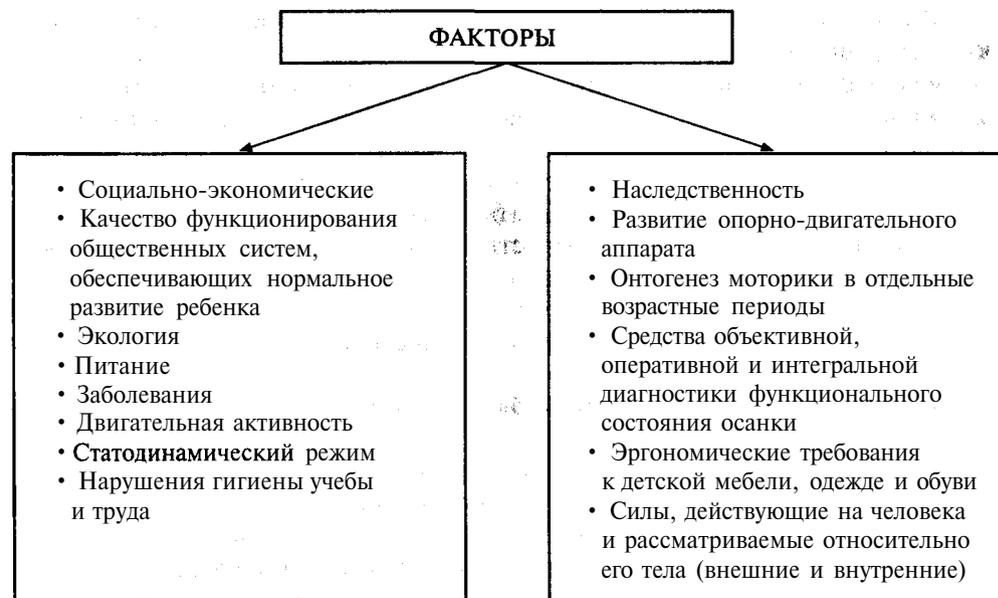


Рис. 6.1. Факторы, влияющие на формирование осанки детей школьного возраста

образования, место и роль физического воспитания и спорта в этой системе, наличие современных программ и их выполнение квалифицированными преподавателями физического воспитания.

Уровень двигательной активности в школьном возрасте в значительной мере обусловлен не возрастной потребностью в ней (кинезифилией), а организацией физического воспитания в школе, привлечением детей к организованным и самостоятельным занятиям во внеучебное время.

Комплексная программа по физическому воспитанию, принятая в Украине, помимо двух обязательных уроков в неделю предусматривает дополнительные и факультативные занятия и физические упражнения в режиме дня. Дети должны ежедневно заниматься физическими упражнениями около двух часов. Но даже при самых благоприятных условиях на практике общеобразовательная школа не в состоянии обеспечить необходимый объем двигательной активности, поэтому фактически специально организованная двигательная активность ограничивается 3—4 часами в неделю у основной массы школьников, что составляет 30 % гигиенической нормы.

Дети, посещающие ДЮСШ, заняты тренировками от 8 до 24—28 ч в неделю, что в несколько раз выше недельной нагрузки занимающихся в общеобразовательных школах.

Ранняя спортивная специализация, создающая гиперкинезию (чрезмерную двигательную активность), в последнее время распространена в спорте. Исследования ряда авторов (Сухарев, 1982; Бальсевич, 1988—2002 и др.) показали, что при этом возникает специфический комплекс функциональных нарушений и клинических изменений, обозначаемых как состояние гиперкинезии. Такое состояние сопровождается опасными изменениями со стороны ЦНС и нейрорегуляторного аппарата детей. Отмечается истощение симпатoadренальной системы, дефицит белка и снижение иммунитета организма.

При общности теоретических положений о критериях возрастных норм двигательной активности детей и подростков разные авторы приводят разные показатели, характеризующие эти нормы. Сухарев (1982) с помощью шагомера разработал гигиенические нормативы суточных локомоций для детей и подростков (табл. 6.1).

Силла (1984) предлагает нормировать двигательную активность по виду деятельности (табл. 6.2).

Приведенные авторами критерии можно использовать в качестве ориентира для оценки двигательной активности у конкретной возрастной группы детей в сопоставлении с условиями жизни, обучения, организацией процесса физического воспитания. Однако их весьма трудно использовать для определения индивидуальной нормы. По нашему мнению, индивидуальная норма двигательной активности должна исходить из ее целесообразности и полезности для здоровья. Для этого нужно ориентироваться на по-

Таблица 6.1. Шкалы оценки суммарной суточной двигательной активности школьников

Группа	Показатель	Оценка двигательной активности		
		Гипокинезия	Гигиеническая норма	Гиперкинезия
5—6 лет мальчики, девочки	Энерготраты, МДж	<7,5	8,6—10,5	>13,0
	Локомоции, тыс. шагов	<9,0	11,0—15,0	>20,0
	Продолжительность двигательного компонента, ч	<4,0	4,5—5,5	>6,0
7—10 лет мальчики, девочки	Энерготраты, МДж	<8,0	10,6—12,5	>15,0
	Локомоции, тыс. шагов	<10,0	15,0—20,5	>25,0
	Продолжительность двигательного компонента, ч	<3,5	4,0—5,0	>5,0
11—14 лет подростки	Энерготраты, МДж	<10,0	12,6—14,5	>17,0
	Локомоции, тыс. шагов	<15,0	20,0—25,0	>30,0
	Продолжительность двигательного компонента, ч	<3,0	3,5—4,5	>5,0
11—14 лет девушки	Энерготраты, МДж	<10,0	12,6—13,5	>16,0
	Локомоции, тыс. шагов	<12,0	17,0—23,0	>28,0
	Продолжительность двигательного компонента, ч	<3,0	3,5—4,5	>5,0
15—17 лет юноши	Энерготраты, МДж	<12,0	14,6—16,5	>20,0
	Локомоции, тыс. шагов	<20,0	25,0—30,0	>35,0
	Продолжительность двигательного компонента, ч	<2,5	3,0—4,0	>4,5
15—17 лет девушки	Энерготраты, МДж	<11,0	13,6—14,5	>18,0
	Локомоции, тыс. шагов	<15,0	20,0—25,0	>30,0
	Продолжительность двигательного компонента, ч	<3,0	3,5—4,5	>3,5

Таблица 6.2. Классификация выполняемых движений по виду деятельности

Группы интенсивности	Вид деятельности	Кратность повышения обмена веществ
1	Отсутствие движений в положении лежа	1
2	Спокойная деятельность сидя	2
3	Очень легкая физическая нагрузка (медленная ходьба — 3 км·ч ⁻¹ , уроки труда, медленная езда на велосипеде и т.д.)	3
4	Легкая физическая нагрузка (подвижные игры, зарядка, танцы и т.п.)	4—6
5	Средняя физическая нагрузка (интенсивный бег, спортивные игры и т.п.)	7—9
6	Большая физическая нагрузка (бег с околорепределительной и предельной скоростью и т.п.)	10 и более

казатели, характеризующие здоровье детей. Важно знать, с какой целью и какого уровня физического состояния необходимо достичь.

Как свидетельствуют данные многих исследователей, антропогенные факторы окружающей среды влияют на фенотипическую адаптацию организма человека. Определение степени влияния конкретного фактора является трудновыполнимой задачей, однако методы, применяемые в популяционной генетике, где изучаются группы по сложившемуся фенотипу и характерным особенностям среды обитания, позволяют выявить влияние ведущих факторов и направление их действия, что является чрезвычайно важным для коррекции процесса физического воспитания в системе управления.

Рацион питания и пища имеют огромное значение для сохранения хорошего здоровья детей школьного возраста. Здоровый рацион зависит не только от каждого отдельного питательного вещества, но и от общей структуры питания. Основной принцип питания — потребление разнообразных пищевых продуктов. Это основа структуризации рациона питания в соответствии с основными четырьмя группами пищевых продуктов.

Если ребенок по какой-либо причине попадает в неблагоприятные условия (болезнь, недостаточное питание и т.п.), то темпы развития моторики у него замедляются. Однако после устранения этих негативных влияний, если они не были чрезмерными, его двигательные возможности развиваются ускоренными темпами. Подобное свойство живых организмов называют гомеорезом.

В профилактике нарушений осанки детей школьного возраста большое значение имеет организация статодинамического режима, который предполагает соблюдение ряда условий.

Ребенок должен ежедневно заниматься оздоровительной или специальной гимнастикой. Минимальная продолжительность занятий — 20 мин, оптимальная — 40 мин. Большое влияние на рабочую позу детей оказывает продолжительность занятий. Старшеклассникам необходимо делать перерывы через каждые 40—45 мин, а первоклассникам — через 30—35 мин.

Детская мебель подбирается в соответствии с эргономическими требованиями:

- высота стола должна быть такой, чтобы расстояние от глаз сидящего ребенка до поверхности стола было около 30 см. Это легко проверить путем простого теста: если поставить руку на локоть, то средний палец должен доходить до угла глаза;

- при вертикальном положении головы ось спокойного взгляда направлена вниз от горизонтали под углом около 15° (рис. 6.2). Границы оптимальной юны видимости простираются от горизонтали вниз до угла примерно 30°;

- в горизонтальной плоскости оптимальный угол обзора составляет ±15°; поворот головы в сторону увеличивает границы полезной зоны до ±60°; при одновременном повороте головы и глаз зона видимости расширяется до ±95°;

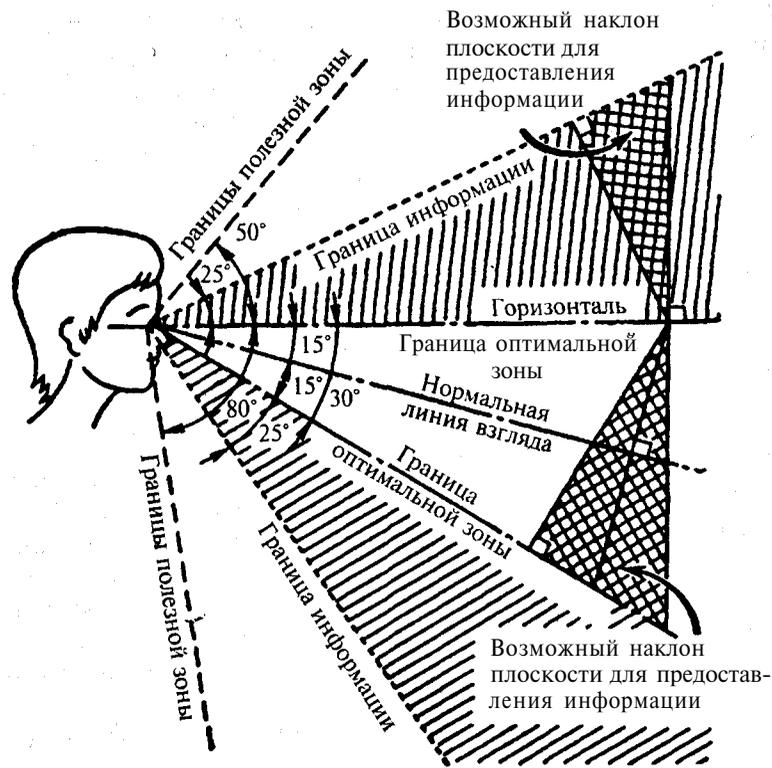


Рис 6 2 Зоны видимости в сагиттальной плоскости. Нормальная линия взгляда соответствует минимальной активности мышц затылка (она расположена примерно под углом 15° к горизонтали)

- высота стульев (расстояние между поверхностью сиденья и полом) должна соответствовать антропометрическим размерам тела детей. Для школьников высота стульев должна соответствовать одной трети их роста, т.е. составлять 400—600 мм;

- максимальная глубина стульев должна составлять $\frac{2}{3}$ анатомической длины бедер (при минимальном значении 350 мм).

Ни один из элементов стульев не влияет столь значительно на давление в межпозвонковых дисках, как конструкция спинки:

- точная высота выступа спинки не имеет существенного значения, если только она находится на уровне поясничной области;
- дополнительная опора на уровне лопаток, создаваемая за счет изгиба спинки стула, приводит к повышению внутридискового давления и не может быть рекомендована;

- общий наклон спинки назад снижает **внутридисковое** давление в очень малой степени либо совсем не снижает его;

- при глубине выступа спинки 40 мм сохраняется естественный поясничный лордоз; увеличение выступа спинки до 50 мм приводит к снижению **внутридискового** давления;

- наклон рабочей поверхности в зависимости от вида работ может варьировать от 0° и почти до 90°. Эксперименты с чтением и письмом на рабочих поверхностях, имевших наклон 0, 12, 24°, показали, что при этих углах осанка была более правильной, активность мышц меньше, а также снижены усталость и неприятные ощущения в области спины. В этой связи рекомендуемый угол наклона рабочей поверхности 10—20°;

- ширина рабочей поверхности не должна быть меньше, чем рабочее пространство в горизонтальной плоскости. Для письма рекомендуется ширина рабочей поверхности, равная 500 мм (380-рабочая зона и остальное — для бумаг и других материалов); 100 мм плоскости при этом может быть горизонтальной, остальная часть — наклонной.

Для того чтобы рабочая поза во время письма была оптимальной, следует придерживаться ряда правил:

- угол между плоскостью подставки для ног и продольной осью должен быть около 80°;
- бедра на стуле располагаются горизонтально, при этом угол в коленном суставе составляет около 80°;
- наклон спинки сиденья равен 100—105°;
- предплечье располагается горизонтально на уровне рабочей поверхности.

При такой рабочей позе давление на межпозвонковые диски относительно небольшое и равномерно распределено по передней и задней части диска. Во время работы следует постоянно бороться с неправильными позами. Косое положение плечевого пояса при письме (когда левая рука свешена со стола), или косое положение таза (когда ребенок сидит с ногами, подложенной под ягодицу), или привычка стоять с опорой на одну и ту же ногу, согнув другую в колене. Эти и другие порочные позы приводят к нарушениям осанки.

Ребенка, имеющего дефекты осанки, нужно освободить от всяких дополнительных занятий, связанных с длительным сидением или асимметричной статической позой. Не рекомендуется носить портфель в одной и той же руке, а в начальной школе лучше купить для ребенка ранец. После занятий в школе ребенок должен полежать 1 — 1,5 часа, для того чтобы нормализовать тонус мышц спины и разгрузить позвоночный столб. Постель ребенка должна быть полужесткой, ровной, устойчивой, подушка — невысокая, лучше ортопедическая.

Немаловажное значение для формирования правильной осанки детей имеет одежда и обувь. Одежда, пояса и резинки не должны стеснять, зат-

руднять дыхание и кровообращение. Такие же требования и к обуви. Тесная обувь нарушает формирование свода стопы, что ведет к плоскостопию. Кроме того, при ношении тесной обуви возможно появление вросших ногтей, потертостей. Все это делает походку ребенка неуверенной, напряженной, а осанку нестройной.

Без правильно построенного режима и выполнения перечисленных выше простейших гигиенических рекомендаций любые лечебные мероприятия и усилия будут малоэффективными. Все это, на первый взгляд, незначительные детали имеют огромное значение для профилактики нарушений осанки школьников.

Кроме того, в процессе формирования осанки необходимо придерживаться ряда общеметодических правил:

- учитывать возрастные особенности формирования и развития ОДА по признаку окостенения скелета человека;
- учитывать сенситивные периоды развития физических качеств человека в онтогенезе;
- гармонично развивать силу мышц;
- использовать адекватные методы и методические приемы для последовательного формирования позы и правильной осанки и т.д.

Профилактика нарушения осанки детей основана, в первую очередь, на равномерном и гармоничном физическом развитии, умении координировать Движения, управлять ими.

Костно-мышечная система наиболее демонстративно отражает общие признаки возрастного развития. Изменения параметров костной и мышечной ткани резко бросаются в глаза как при прогрессивном росте организма, так и при инволюции.

Младший школьный возраст характеризуется относительно равномерным развитием ОДА, но интенсивность роста отдельных размерных признаков его различна. Так, длина тела увеличивается в этот период в большей мере, чем его масса. Происходят изменения и в пропорциях тела: изменяется отношение обхвата грудной клетки к длине тела, ноги становятся относительно длиннее. Хотя в тотальных размерах тела разница между мальчиками и девочками еще незначительна, обхват грудной клетки и ЖЕЛ у девочек меньше.

У младших школьников продолжается окостенение скелета, в частности, завершается окостенение фаланг пальцев. Суставы детей этого возраста очень подвижны, связочный аппарат эластичен, скелет содержит большое количество хрящевой ткани. В то же время постепенно фиксируются изгибы позвоночного столба: шейный и грудной — к 7 годам, поясничный — к 12. До 8—9 лет позвоночный столб сохраняет большую подвижность.

Мышцы детей младшего школьного возраста имеют тонкие волокна, содержат небольшое количество белка и жира. При этом крупные мышцы конечностей развиты больше, чем мелкие. **Иннервационный** аппарат мышц

достигает довольно высокого развития. В тех мышцах, которые испытывают большую нагрузку, интенсивность изменений кровоснабжения и иннервации выражена больше.

Младший школьный возраст — наиболее ответственный период в формировании двигательных координации ребенка. В этом возрасте закладываются основы культуры движений, успешно осваиваются новые, ранее неизвестные упражнения и действия, физкультурные знания.

Изменения режима жизни, связанные с началом учебы в школе, равно как и незавершенный еще процесс формирования ОДА, обуславливают необходимость проявления осторожности при дозировании физических нагрузок младших школьников. Ограничения касаются применения силовых упражнений, тренировочных нагрузок на выносливость и времени проведения отдельных занятий.

В этот период происходит становление индивидуальных интересов и мотиваций к занятиям физическими упражнениями.

Подростковый возраст — период максимальных темпов роста всего организма человека и отдельных его биозвеньев. Он характеризуется усилением окислительных процессов, усилением процесса полового созревания. Интенсивный рост и увеличение всех размеров тела получили название второго ростового скачка, или второго "вытягивания".

В этот период в ритме развития тела у девочек и мальчиков имеются существенные отличия. Так, у мальчиков максимальный темп роста тела в длину отмечается в 13—14 лет, а у девочек — в 11—12. В этот период быстро изменяются пропорции тела, приближаясь к параметрам, характерным для взрослого человека.

У подростков усиленно растут длинные трубчатые кости конечностей и позвонки. При этом кости растут преимущественно в длину, а в ширину их рост незначителен. В этом возрасте заканчивается окостенение запястья и пястных костей, в то время как в межпозвоночных дисках лишь появляются зоны окостенения. Позвоночный столб подростка по-прежнему очень подвижен.

В подростковом возрасте мышечная система развивается довольно быстрыми темпами, что особенно выражено в развитии мышц, сухожилий, суставно-связочного аппарата и в тканевой дифференциации. Резко возрастает общая мышечная масса, ускорения ее особенно заметны у мальчиков в 13—14 лет и у девочек в 11—12 лет. Развитие иннервационного аппарата мышц в подростковом возрасте в основном завершается.

Средний школьный возраст совпадает с периодом завершения биологического созревания организма. В это время окончательно оформляется моторная индивидуальность, присущая взрослому человеку. Для подростков характерно ухудшение двигательных координации при интенсивном развитии скоростных и скоростно-силовых качеств.

Основной направленностью физического воспитания подростков является формирование интереса к систематическим оздоровительным занятиям или спортивной тренировке.

При формировании правильной осанки школьников нужно учитывать два аспекта:

· рассмотрение вопроса на проблемном уровне (см. рис.6.1);

· рассмотрение вопроса на исследовательском уровне (рис. 6.3).

Так как физическое упражнение является главным компонентом физического воспитания, необходимо более детально рассмотреть его структуру.

Поскольку физическое упражнение как основное средство физического воспитания само по себе многомерно, многокомпонентно и многоструктурно то эффект от его использования также не однозначен. Педагог, применяя определенное физическое упражнение должен в совершенстве владеть информацией о содержании и результатах его использования. Кроме того, он должен передать максимально доступные полные и достоверные сведения о нем занимающимся, что можно сделать при помощи моделирования упражнений, основываясь на опыте кибернетического системного моделирования. С этих позиций физические упражнения целесообразно рассматривать как сложные динамические системы физического воспитания. При этом системные свойства упражнений проявляются в таком интегративном эффекте педагогического воздействия на организм занимающихся, которое не может оказать каждый отдельно взятый элемент.

Под элементом упражнения понимается какая-то его часть (движение, действие) с однозначно определенными и известными свойствами. Совокупность таких элементов образует подсистему упражнения. Процесс физического воспитания по отношению к упражнению может рассматриваться как надсистема, т.е. система более высокого порядка. Все эти понятия взаимно преобразуемы. Это значит, что физическое упражнение может быть представлено как надсистема - по отношению к системам более низкого порядка (например, к элементам суставных движений) и как подсистема - по отношению к системам более высокого порядка (например, к процессу физического воспитания).

Как сложная динамическая система физическое упражнение имеет "входы" и "выходы". "Вход" упражнения формируется множеством каналов, через которые в его систему поступают дискретные или непрерывные воздействия окружающей среды, выступающей в данном случае в виде педагогических программ, задающих режим выполнения упражнения, и целого ряда других факторов. "Выход" системы упражнения характеризуется показателями, описывающими внешние характеристики, условия взаимодействия человека со средой и др.

Занятия физическими упражнениями можно рассматривать как управляемый процесс энергетического, вещественного и информационного об-

КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОСАНКИ ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

ФУНКЦИОНАЛЬНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ

- Телосложение: тотальные размеры, пропорции тела, конституциональные особенности
- Ограничения подвижности в суставах
- Гипермобильность суставов
- Состояние костного скелета и связок
- Дисбаланс в мышечном развитии
- Опорно-рессорные свойства стопы

БИОСТАТИЧЕСКИЕ

- > Уровень развития навыка поддержания статодинамического равновесия и мотивация на коррекцию вертикальной позы: амплитуда, частота и период колебаний ОЦМ тела относительно сагитальной и фронтальной плоскостей
- Площадь опоры
- Углы устойчивости
- Радиусы устойчивости
- Моменты устойчивости
- Моменты опрокидывания
- Коэффициенты устойчивости

СТРОЕНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

- Число движущихся звеньев и количество степеней свободы движений

БИОГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ ОСАНКИ

- Пространственное расположение биозвеньев тела человека относительно соматической системы координат

БИОДИНАМИКА МЫШЦ

- Упруговязкие свойства
- Механическое действие и групповые взаимодействия мышц

ГЕОМЕТРИЯ МАСС ТЕЛА

- Масса биозвеньев
- Моменты инерции биозвеньев
- Локализация ЦМ биозвеньев
- Высота расположения ОЦМ тела

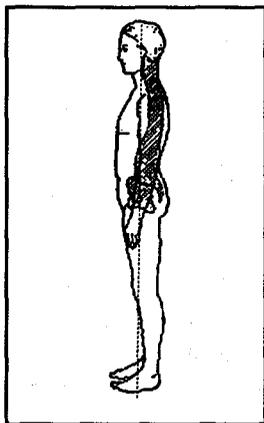


Рис. 6.3. Качественные показатели осанки детей школьного возраста

мена организма человека с внешней средой, так как воздействие, оказываемое упражнениями на организм, может состоять в передаче ему из внешней среды вещества, энергии и информации. Физические упражнения могут рассматриваться как открытые системы, поскольку через них организм человека определенным образом регулирует свои взаимодействия с окружающей средой.

Большинство физических упражнений можно отнести к разряду так называемых сложных систем, отличающихся такими свойствами, как уникальность, целенаправленность (негэнтропийность) и некоторые другие.

Каждое физическое упражнение по характеру взаимодействия организма с внешней средой и специфике воздействий не имеет полных аналогов, по этому его можно рассматривать как уникальную систему.

Система всякого физического упражнения обладает свойствами целенаправленности. Понятие негэнтропийности при этом означает способность такой системы управлять энтропией своего состояния, т.е. уменьшать, сохранять ее в определенных пределах в условиях постоянного воздействия среды.

Так как всякое двигательное действие есть преодоление человеком определенных препятствий относительно внешних и внутренних факторов среды его организма, негэнтропия может рассматриваться как важнейшая характеристика системности физических упражнений. Другими словами, негэнтропия — это определенная мера вероятности поддержания соответствующего состояния системы упражнения, несмотря на физические препятствия к его выполнению (преодоление сил гравитации, инерции и др.), а также биологические реакции организма (развивающееся утомление и др.).

Проектирование физических упражнений для будущего применения их в физическом воспитании должно базироваться на принципах физичности, целостности и моделируемости.

На принципе физичности базируются физические законы, определяющие биомеханическую структуру упражнений, условия их системных внешних и внутренних взаимодействий, а также основные причинно-следственные связи подсистем и элементов физических упражнений.

Постулат целостности наиболее наглядно проявляется в процессе составления, проектирования отдельных элементов (композиции) и расчленения на элементы (декомпозиции). При этих процессах нельзя допустить утрату основных понятий, характеризующих сущность, смысл и назначение физических упражнений. Например, может получиться, что при композиции нового упражнения в его двигательный состав подбираются такие элементы, свойства которых противоречат друг другу и не согласуются в единую систему, что не обеспечивает ее целостности и, как следствие этого, не дает желаемого конечного эффекта.

Примерно то же может наблюдаться при декомпозиции упражнения на составные элементы для анализа и изучения причинно-следственных связей внутри его системы. Произвольное расчленение упражнения на фазы — например, без учета биомеханических закономерностей реализации двигательных механизмов, лежащих в его основе, неизбежно приводит к утрате важной информации о существенных свойствах ведущих элементов его системы, не позволяет при обучении получить целостные представления об упражнении.

Процесс композиции и декомпозиции элементов системы каждого упражнения только в том случае оправдан, когда он приводит к получению новой информации, к какому-либо практически полезному эффекту в физическом воспитании. С учетом потребностей практики, целостность системы физического упражнения можно представить как совокупность его элементов, которая не ведет к потере системы его свойств.

На основании характеристик целостности упражнений должно оцениваться качество композиции и декомпозиции их систем.

Сложная динамическая система физического упражнения может быть описана конечным множеством моделей, каждая из которых позволяет получить некоторые представления только об отдельных ее сторонах. Поэтому модели упражнений всегда значительно проще их самих.

При изучении физических упражнений принцип моделирования реализуется на основе использования результатов измерения их характеристик. Однако совершенно ясно, что возможности измерения характеристик не всегда совпадают с потребностями всестороннего изучения упражнений. Поэтому моделирование может быть достаточно эффективным средством познания физических упражнений.

В своем практическом воплощении при изучении упражнений принцип моделирования основывается на постулатах дополнительности, действия и неопределенности.

Регистрирующая аппаратура при измерении характеристик физических упражнений, как правило, не может одновременно фиксировать все свойства системы упражнения. Это касается так называемых альтернативных или несовместимых характеристик, которые не могут проявляться одновременно. Их регистрируют по отдельности в разное время. Например, многоструктурность системы упражнения, наличие одновременно биокинематической, сенсорной, информационной, психологической, биодинамической и многих других структур одного и того же упражнения создают сложность для одновременного их измерения.

На практике физическое упражнение во всех своих структурах реализуется одновременно, однако объективное синхронное отражение каждой из них пока недоступно для исследователей или доступно только порознь. Принцип дополнительности в данном случае заключается в том, что физи-

ческое упражнение как сложная система во взаимодействии с другими системами может в одних и тех же условиях наблюдения проявлять различные свойства, несовместимые друг с другом.

Смысл постулата действия объясняется тем, что характеристики упражнений имеют пороговый характер, обусловленный конечностью физических (материальных) возможностей организма человека, взаимодействующего в этот момент с окружающей средой.

При выполнении физических упражнений ограничения в степени ответных реакций организм на воздействия среды определяются функцией трех переменных: количеством вещества, расходуемого человеком; количеством расходуемой и аккумулируемой энергии; количеством информации, участвующей в обмене организма и среды.

В то же время при стремлении к достижению полезного эффекта каждого упражнения, особенно в тренировках с повышенными нагрузками, в организме наблюдаются реакции, способствующие расширению, отодвиганию конечных порогов, характеризующих поведение его системы. В этом заключается рабочий эффект каждого упражнения и одновременно постулат действия как сложной системы.

Особенности физических упражнений при моделировании могут быть представлены только вероятностными характеристикам. Это происходит потому, что точность их измерений, в принципе, не может превысить некоторый, доступный для той или иной методики предел, в связи с чем всегда остается некоторая неопределенность их значений. Таким образом, в принципе моделирования реализуется постулат неопределенности.

Моноцелевые многоуровневые (иерархические) модели могут быть одним из вариантов наиболее эффективных моделей физических упражнений их биомеханической структуры. В отличие от традиционных представлений о биомеханической структуре как о наборе фаз движений такие иерархические модели структурной организации упражнений позволяют получить системную и действительно целостную картину единства всех элементов. Основным критерием, определяющим системность, общность, единство элементов каждого упражнения, является их общая целевая направленность, подчинение единой цели. Тем более что вполне определенная цель просматривается как практически во всех активных движениях человека, так и во всех двигательных действиях и физических упражнениях.

При построении каждого достаточно сложного в координационном отношении движения двигательного действия или физического упражнения человек осмысленно реализует только цель. Все остальные элементы биомеханической структуры реализуются как бы автоматически, некоторые под действием мышечных сил, другие — под действием гравитации, инерции, реактивных и других сил.

Если представить такое двигательное действие или упражнение в виде биомеханической модели, то можно изобразить его графически в форме своеобразной пирамиды (или "дерева"), на вершине которой располагается главная (генеральная) цель (ГЦ), к которой устремлены все элементы, достижение или не достижение которой означает соответственно решение или не решение двигательной задачи.

Те элементы, которые не формируют ГЦ упражнения, располагаются уровнем ниже в зависимости от степени их "вклада" в процесс ее достижения. Фактически каждый из них может рассматриваться как элемент самостоятельной, промежуточной цели (подцели), достижение которой при реализации упражнения хотя и важно, но не всегда обязательно (можно предположить, что к ГЦ можно прийти другим путем, через другие подцели).

Близость уровня расположения определенного элемента в графической пирамиде ("дерева целей") того или иного упражнения к уровню возвышения его ГЦ определяется степенью (весовым значением) вклада каждого элемента и процесс достижения ГЦ.

Для определения весового вклада элементов в общий процесс решения двигательной задачи упражнения, в настоящее время, используется ряд способов. Каждый из них основывается на результатах измерения возможно большего числа биомеханических характеристик упражнения. ГЦ затем может быть определена математическим или опытным путем. Далее с использованием соответствующих методов математического анализа — корреляционного (парного, частного, множественного), регрессионного (пошаговой, множественной регрессии), факторного (метода основных компонент), латентного, кластерного анализа и других — производится так называемая декомпозиция ГЦ, т.е. выделение отдельных элементов — движений, в той или иной степени обеспечивающих реализацию ГЦ.

Конечно же, и процесс определения ГЦ, и процесс ее декомпозиции решаются не только чисто математическим путем. Математические методы применяются к полученному в результате измерения движений массиву данных таким образом, чтобы не исказить биомеханический смысл рассматриваемого упражнения. При этом учитываются также не только чисто физические параметры движений, но и направленность конкретного упражнения как педагогического средства.

Каждое физическое упражнение в зависимости от характера его моноцели можно классифицировать как элементарное, простое, комплексное и сложное.

Двигательное действие, имеющее своей целью решение двигательной задачи, которое может быть достигнуто односуставным движением с реализацией одной — трех степеней свободы, называется *элементарным упражнением*.

Простые упражнения нацелены на такое решение двигательной задачи, которое обеспечивается движениями в двух и более суставах одной биокинематической цепи (например, верхней или нижней конечности).

Решение двигательной задачи при выполнении *комплексных упражнений* обеспечивается путем реализации движений одновременно в нескольких биокинематических цепях двигательного аппарата.

Наконец, в *сложных физических упражнениях* моноцель достигается путем активного перемещения ОЦМ тела человека в пространстве относительно каких-либо внешних систем отсчета.

Биомеханическая структура системы каждого физического упражнения является своеобразным стержнем, на котором базируются и развиваются все остальные его структурные элементы.

Структура — это не только строение и форма организации той или иной системы, но и закономерности взаимосвязей между ее элементами, обеспечивающие их интеграцию в единую систему.

Как уже отмечалось, то или иное движение только тогда можно считать известным, если известны его биомеханические характеристики. Из этого следует, что биомеханическая структура упражнений представляет собой закономерности связей между элементарными суставными движениями человека и движением ОЦМ его тела по отношению к объектам внешней среды при выполнении тех или иных двигательных действий, необходимых для решения намеченных двигательных задач.

Собственно закономерности указанных движений в данном случае должны быть выражены на каком-либо формальном языке (графическом, знаковом, машинном и др.), отражающем объективные представления об их биокинематических и биодинамических характеристиках. В некоторых случаях достаточно иметь четкое описание качественных характеристик биомеханической структуры упражнения на словесном уровне. В других случаях необходимо дать графическое представление о структуре упражнения. Иногда возникает потребность в составлении уравнения, отражающего упомянутые выше закономерности.

В настоящее время в связи с усложнением задач физического воспитания специалисты все чаще и чаще обращаются к методам компьютерного программирования и моделирования движений человека и физических упражнений.

Во всех случаях выбор того или иного варианта представления биомеханической структуры, прежде всего, определяется задачами использования каждого конкретного упрощения в процессе физического воспитания.

Для того чтобы сформировать красивую правильную осанку, как правило, применяют две группы физических упражнений: специальные и **общеразвивающие**.

К *специальным* относятся упражнения, способствующие формированию навыка правильной осанки.

Физические упражнений для формирования навыка правильной осанки

1. **И.п.** — стоя спиной к стене, затылок, лопатки, ягодицы, икры, пятки касаются стены. Напрячь мышцы, ощутить принятое положение, запомнить его. Сделать шаг вперед и фиксировать позу.

2. Самостоятельно, по ощущению, принять позу, соответствующую правильной осанке, а затем стать к стене и проверить принятую позу.

3. **И.п.** — вис на гимнастической стенке. Выпрямиться, принять положение правильной осанки и фиксировать позу.

4. **И.п.** — стоя спиной к стене, затылок, лопатки, ягодицы, икры, пятки касаются стены. Руки вперед, вверх, в стороны, вниз. Голова влево; и.п.: голова вправо, и.п., не нарушая позы правильной осанки.

5. **И.п.** — то же. Сделать 4 шага вперед, несколько движений руками, наклонов туловища, головы. Затем стать спиной к стене и проверить принятую позу.

6. **И.п.** — стоя. Принять положение правильной осанки и удерживать на голове предмет (например, книгу); сесть на стул, встать, пройти вперед 4—8 м.

7. **И.п.** — стоя на скамейке. Принять позу правильной осанки, закрыть глаза и фиксировать положение.

8. Ходьба по скамейке, руки за голову (на пояс, вверх, на голове), удерживая положение правильной осанки.

9. **И.п.** — лежа на спине, руки в сторону. Принять позу правильной осанки и напрячь мышцы.

10. **И.п.** — лежа на животе, руки в стороны. Фиксировать положение правильной осанки. Выполнять упражнение со зрительным и без зрительного контроля.

11. **И.п.** — стоя. Принять положение правильной осанки у стены. Присесть с прямой спиной, касаясь стены затылком, спиной, ягодицами, руками дугами наружу вверх; и.п.

12. **И.п.** — стоя, ступни на одной линии одна за другой. Сохраняя позу правильной осанки поднять руки вверх, выполнить круги руками в сагиттальной и фронтальной плоскостях.

13. **И.п.** — поза правильной осанки с предметом на голове. Стойка на левой ноге, правая согнута в коленном суставе; то же на правой. Выполнять со зрительным и без зрительного контроля.

14. **И.п.** — Поставить гимнастическую палку вертикально за спину так, чтобы она касалась затылка, спины, ягодиц (вдоль позвоночного столба). Прижимая палку к спине правой рукой над головой, а левой — за спиной выпрямиться, принять позу правильной осанки.

К *общеразвивающим* относятся физические упражнения, укрепляющие мышцы шеи, плечевого пояса, живота, спины, нижних конечностей и упражнения общего воздействия.

После нескольких занятий, направленных на формирование навыка **правильной осанки**, дети принимают правильное положение у стены, но не всегда могут сохранить его в движении. В движении чаще всего нарушается положение головы, так как его трудно уловить, запомнить и закрепить, особенно при ранее создавшемся неправильном навыке. При опущенной голове расслабляются мышцы плечевого пояса, вследствие чего плечи выдвигаются вперед, грудь западает, позвоночный столб сгибается. Если неправильное положение головы становится привычкой, то изменяется тоническое напряжение не только мышц шеи, но и спины и нижних конечностей. В результате нарушается осанка всего тела.

Чтобы приучить детей правильно держать голову, следует применять упражнения с удержанием на голове различных предметов (деревянных кружков, мешочков массой 200—300 г, наполненных мелкими камешками). Эти упражнения помогают развивать статическую выносливость мышц шеи и тем самым способствуют правильному положению головы и тела.

Физические упражнения для укрепления мышц шеи

1. И.п. — стоя у стены в положении нормальной осанки положить мешочек на голову. С мешочком на голове пройти в заданном направлении до противоположной стены и обратно со сменой положения рук под каждый шаг (в сторону, вверх, вперед, вниз).

2. И.п. — о.с. с предметом на голове. Сохраняя правильное положение туловища присесть, сесть на пол, встать на колени и вновь вернуться в и.п.

3. И.п. — о.с. с предметом на голове. Встать на стул и сойти с него.

4. Ходьба по кругу с мешочком на голове сохраняя правильную осанку.

5. И.п. — о.с., руки в сторону мешочек на голове. Сесть на пол и встать.

6. И.п. — стоя у стены с мешочком на голове, руки в сторону. Согнуть ногу, подтянуть правое колено к груди. Опустить колено и выпрямить ногу. То же другой ногой.

7. И.п. — стоя у стены с мешочком на голове. Развести руки в стороны, вернуться в и.п., поднять руки вверх, вернуться в и.п.; руки вперед, вернуться в и.п.

8. И.п. — стоя у стены с мешочком на голове, руки в стороны. Поднять руки вверх, присесть касаясь спиной стенки и вернуться в и.п.

9. Стать перед зеркалом контролируя прямое положение головы. Смотреть вперед, вдаль. Опустить плечи вниз. Прижать кисти рук к середине бедер. Выпрямить ноги, сомкнуть пятки, носки слегка развести наружу. Масса тела должна распределяться равномерно на две ноги. Зафиксировать позу, соответствующую положению основной стойки или смирно. Дышать спокойно через нос. Затем отойти от зеркала и расслабиться.

10. Сидя на пятках принять прямое положение головы, руки расслабить и положить на бедра.

11. Лечь на пол и принять позу основной стойки, ноги вместе. Смотреть вперед (вверх в потолок). Мысленно контролировать прямое положение головы, плеч, таза.

Упражнения для развития мышц шеи, выполняемые в положении лежа

1. И.п. — лежа на спине, руки в верх. Наклон головы вперед. Дыхание спокойное.

2. И.п. — лежа на левом боку, правая рука на пояс. Наклон головы вправо — вдох; и.п. — выдох.

3. И.п. — лежа на правом боку, левая рука на пояс. Наклон головы влево — вдох; и.п. — выдох.

3. И.п. — о.с., руки на пояс. Наклон головы вперед до касания подбородком груди; и.п.

После выполнения серии упражнений рекомендуется сесть на стул, расслабиться, руки опустить вниз, голову наклонить вперед. Находясь в этой позе, поднять плечи, сделать вдох и расслабленно "бросить" плечи вниз — сделать выдох. Повторить движение "пожимание плечами" 2—3 раза.

Упражнения для мышц шеи, выполняемые в положении стоя

При выполнении упражнений важно контролировать фиксированное положение таза, плечевого пояса и туловища. Для этого целесообразно выполнять движения головой в стойке ноги врозь с разведенными носками наружу, руки на пояс или за спину.

Цель упражнений — увеличить или сохранить подвижность в шейном отделе позвоночного столба, гармонично развить мышцы шеи, которые связаны с мышцами верхнего отдела спины и груди, верхнего плечевого пояса.

Упражнения рекомендуется выполнять в следующей последовательности.

1. Наклоны головы вперед.

2. Наклоны головы назад.

3. Наклоны головы вперед—назад.

4. Наклоны головы влево—вправо.

5. Повороты головы налево—направо.

6. Движения по дуге книзу.

Пример: И.п. — стойка ноги врозь, руки на поясе. Поворот головы налево; дугой книзу (подбородок касается груди) голову направо; и.п. То же в другую сторону.

7. Вращение головой влево или вправо:

- через положение наклонов вперед и назад (взгляд направлен вперед);
- с поворотом головы **налево—направо** (взгляд меняет направление

Вниз — в сторону — вверх — в сторону).

После выполнения упражнений расслабить мышцы шеи, наклонив голову вперед, или выполнить глубокий вдох и плавный выдох.

Степень напряжения мышц можно увеличить за счет изменения исходного положения: например, в стойке ноги врозь, руки за спину или в сочетании с движениями руками.

Пример: **и.п.** — стойка ноги врозь, руки в стороны — вдох. Наклон головы вперед, предплечья вверх — выдох; **и.п.** — вдох; наклон головы назад, руки за спину — вдох; **и.п.** — выдох.

Для воспитания чувства мышечных напряжений вышеуказанные упражнения рекомендуется выполнять с фиксацией активной позы на счет **2—3** или без зрительного контроля.

Упражнения для развития мышц шеи с дополнительным сопротивлением

1. **И.п.** — ноги на ширине плеч, одна рука основанием ладони упирается в подбородок отклоненной назад головы, а локоть — в ладонь другой руки. Наклон головы вперед, преодолевая силу давления руки. При отведении головы назад сделать глубокий вдох, наклоняя голову — медленный выдох.
2. **И.п.** — то же, но голова наклонена вперед. Медленный подъем головы назад, уступая силе давления рук, и возвращение в **И.п.**
3. **И.п.** — стойка ноги врозь, голова опущена на грудь, пальцы в "замок" на затылке. Наклоны головы назад с преодолением сопротивления рук. Голова назад — вдох, вперед — выдох.
4. **И.п.** — стойка ноги врозь, одна рука касается подбородка, другая на поясе: надавить подбородком на руку при повороте головы и удерживать усилия в течение **5—6** с.

После силовых упражнений выполнить упражнения на растягивание и расслабление активно работающих мышц.

Упражнения для мышц шеи могут использоваться в качестве профилактических средств для снижения чувства усталости у основания черепа, в области шеи и в плечах, появляющемуся в течение учебной, производственной и бытовой деятельности, когда голова и туловище длительное время находятся в неудобном положении.

Общеразвивающие упражнения для развития мышц шеи

1. **И.п.** — о.с., руки на пояс. Наклон головы вперед и назад. Дыхание свободное.
2. **И. п.** — то же. Поворот головы налево и направо. Дыхание свободное.

3. **И.п.** — то же. Наклон головы вправо, влево. Дыхание свободное.
4. **И.п.** — то же. Вращение головы поочередно в правую и левую стороны. Дыхание свободное.

5. Упражнения в самосопротивлении при поворотах и наклонах головы, используя в качестве сопротивления противодействие рук.

6. **И.п.** — борцовский мост. Прогибание туловища с опорой на затылок и ступни. Покачивание туловища вперед и назад. Дыхание свободное.

Физические упражнения для укрепления мышц плечевого пояса

1. **И. п.** — о.с. Положить ладони на лопатки (локти вверх наружу), затем развести руки в стороны и назад так, чтобы лопатки касались друг друга.

2. **И. п.** — то же. Сцепить кисти за спиной — правая рука сверху над лопатками, левая внизу под лопатками. Затем поменять положение рук. Это упражнение можно выполнять, перекладывая из руки в руку небольшой мяч или другие мелкие предметы, наклоны туловища назад за счет движения позвоночного столба в грудном отделе.

3. **И.п.** — то же. Наклоны и повороты туловища вправо и влево с гимнастической палкой на лопатках. Ходьба и медленные приседания с палкой за спиной на изгибе локтей. Туловище держать прямо.

4. **И.п.** — то же. Дуговые движения руками над головой назад и вперед, взявшись за концы палки. Руки в локтевых суставах не сгибать.

5. **И. п.** — то же, руки в стороны. Согнуть в локтевых суставах, пальцы сжать в кулаки.

6. **И. п.** — широкая стойка ноги врозь. Круги руками внутрь и наружу поочередно во фронтальной плоскости (перед лицом). Дыхание свободное.

7. **И. п.** — то же. Круги руками вперед и назад поочередно в боковой плоскости. Дыхание свободное.

Упражнения для укрепления мышц живота

Мышцы живота удерживают внутренние органы в их нормальном положении. С их деятельностью связаны отправления всех внутренних органов, помещающихся в брюшной и тазовой полостях. Кроме того, они помогают выполнять также дыхательную функцию.

Учитывая такое разнообразие функций живота, необходимо отметить, что их слабость неблагоприятно отражается на растущем организме ребенка.

Для укрепления мышц живота, как правило, применяются упражнения из исходного положения лежа на спине с различными движениями ног и переход из положения лежа в положение сидя.

1. **И.п.** — лежа на спине, одна рука вытянута вверх, другая внизу. Наклон головы вперед со сменой положения рук и тыльным сгибанием стоп; **и.п.** Дыхание свободное.

2. То же упражнение, но смену положения рук производить со сжатием пальцев в кулак и потягиванием в конце движения.

3. И.п. — лежа на спине, ноги согнуты в коленях, стопы на полу, руки на поясе. Голову вперед, руки к плечам; руки за голову; руки к плечам; и.п.

4. То же упражнение, но при выполнении упражнения приподнять голову и выполнять повороты головы и наклоны.

5. И.п. — лежа на спине, руки на поясе. Руками выполнять "бокс" на выдохе.

6. И.п. — лежа на спине, ноги согнуты в коленях, руки на поясе. Наклон головы вперед; сесть прямо; лечь не опуская голову; и.п.

7. И.п. — лежа на спине, ноги согнуты, руки ладонями на лбу. Пружинистые движения головы вверх, надавливая при этом руками на лоб — выдох; и.п. — вдох.

7. И.п. — лежа на спине, руки вдоль туловища. "Велосипедные" движения ногами. Дыхание произвольное.

8. И.п. — то же. Согнуть ногу под углом 90° в тазобедренном и коленном суставах; поднять согнутую ногу вверх; согнуть ногу под прямым углом; и.п., То же другой ногой. Дыхание произвольное.

9. И.п. — лежа на спине, руки вдоль туловища. Горизонтальные ножницы ногами; и.п.

10. И.п. — лежа на спине, руки вдоль туловища. Вертикальные ножницы ногами; и.п.

11. И.п. — лежа на спине, руки вверх. Медленно упор сидя, руки вперед; медленно и.п.

12. То же, но с различным положением рук (на поясе, за головой, к плечам).

13. И.п. — лежа на животе, руки согнуты перед головой. Упор лежа на предплечьях; удержание позы (3—5 с); и.п.

14. И. п. — лежа на спине, руки за голову. Приподнять ноги от пола на 45°; удерживать позу (3—5 с); и.п.

15. И. п. — лежа на спине, руки вдоль туловища. Поднять прямые ноги вверх до прямого угла — выдох; и.п. — вдох.

Физические упражнения для укрепления мышц спины и нижних конечностей

1. И. п. — лежа на животе, ноги закрепить, зацепившись ими за любой тяжелый предмет, руки на затылок. Прогнуть спину, поднимая голову — выдох; и.п. — вдох.

2. И.п. — о.с. Наклоны туловища в стороны, руки скользят вдоль туловища одна вверх, другая вниз поочередно. Ноги не сгибать, дыхание свободное.

3. И. п. — стойка ноги врозь, руки на затылке. Наклон влево; и.п. То же в другую сторону. Дыхание свободное.

4. И.п. — лежа на левом боку, ноги закрепить, зацепившись за любой тяжелый предмет, руки на затылке. Поднять туловище вверх; и.п. Дыхание свободное.

5. То же упражнение, лежа на правом боку.

6. Ходьба на носках, затем на пятках по 1 мин.

7. И. п. — сидя на стуле, гантели (600 г — 2 кг) привязать мягкой тесьмой к стопе (на тыльной стороне). Разгибание ног в суставах. Дыхание свободное.

8. И. п. — руки вперед. Упор присев, руки в стороны; и.п.

Физические упражнения для укрепления мышц спины

1. И.п. — о.с. Правая рука вверх, левая вниз. Попеременно менять положение рук. Дыхание свободное.

2. И.п. — стойка ноги врозь, руки согнуты в локтевых суставах перед грудью. Руки в стороны; и.п. Дыхание свободное.

3. И.п. — стойка ноги врозь, руки на пояс. Наклон вперед, руки в стороны; и.п.

4. Вис на перекладине широким хватом. Подтягивание.

5. И.п. — лежа на животе. Одновременное поднятие ног и рук на 45° вверх — выдох; и.п. — вдох.

6. И.п. — лежа на животе. На выдохе максимально прогнуться в пояснице, приподняв голову и захватив руками ступни согнутых в коленных суставах ног; на вдохе вернуться в и.п.

7. И.п. — лежа на животе поперек скамьи, руки за головой, ступни закреплены. Поднять туловище вверх — выдох, и.п. — вдох.

Комплекс физических упражнений общего воздействия

1. Энергичная ходьба — 30 с, движения рук широкие, свободные; ускоряя шаг, переход на бег 1—2 мин; быстрая ходьба, постепенно замедляя шаг — 15 с.

2. И.п. — о.с. Стойка на правой ноге, левую назад на носок, руки за голову; руки поднять вверх, посмотреть на кисти; руки за голову; и.п. То же левой. Массу тела удерживать на опорной ноге.

3. И. п. — руки на пояс. Стойка на левой ноге, правую в сторону на носок, три пружинящих наклона вправо, левую руку за голову; и.п. То же налево.

4. И.п. — стойка ноги врозь, руки на пояс. Поворот туловища налево, левую руку в сторону; наклон вперед, руки вперед; руки в стороны; и.п. То же с поворотом направо.

5. И.п. — руки в стороны. Стоя на правой, левую поднять и сделать хлопок руками под ней; и.п. То же на левой. Ноги держать прямыми, носок поднятой ноги натянут, хлопки выполнять энергично.

6. И.п. — широкая стойка ноги врозь, руки на пояс. Полуприсед на правой, наклон влево, хлопок над головой; и.п. То же на левой.

7. И.п. — стойка ноги врозь. Наклон вперед, руками коснуться пальцев ног, наклон назад, руки в стороны ладонями кверху, голова назад. Обязательно прогибание в грудном отделе позвоночного столба.

8. И.п. — сед, руки в упоре сзади. Согнуть левую ногу; и.п. То же правой.

9. И.п. — упор присев. Упор лежа, смотреть вперед; упор лежа, ноги врозь; упор лежа; и.п.

10. И.п. — сед, руки на опоре сзади. Упор лежа сзади; и.п. Выполняя упор лежа сзади, ноги держать прямые, коснуться носками пола, голову наклонить назад.

11. И.п. — лежа на спине, ноги врозь, руки в стороны. Поворот туловища направо, руки вперед; и.п. То же налево (пятки от пола не отрывать).

12. И.п. — упор стоя на коленях, руки на пояс. Правую ногу назад; и.п. То же левой.

13. И.п. — лежа на спине, руки за голову. Приподнять ноги от пола на 30—40 см; четыре пружинистых движения прямыми ногами (правую вверх, левую вниз и наоборот); и.п.

14. И.п. — стойка на носках, руки на пояс. Восемь прыжков вверх с поворотом кругом вправо; то же с поворотом влево.

Для учащихся младшего школьного возраста в качестве средства формирования и профилактики осанки используются многообразные подвижные игры с акцентированием внимания учащихся на правильную осанку. Игры можно использовать на уроках физической культуры и в группах продленного дня. Примерный перечень таких игр может быть следующим: «совушка», «колобок», «ловишка», точный поворот др.

Упражнения для профилактики плоскостопия

1. Ходьба на носках не сгибая ног, руки на пояс, туловище прямо. Темп средний.

2. Ходьба на наружных краях стоп, руки на пояс, туловище прямо. Темп средний.

3. Ходьба на носках по наклонной плоскости (например, по гимнастической скамейке, приподнятой над полом на 25—30 см) вверх и вниз. Темп медленный.

4. Сидя на гимнастической скамейке, захватывание, поднимание и перекладывание пальцами ног предметов, лежащих на полу.

5. Ходьба с выраженным перекатом с пятки на пальцы; на носках; на наружной и внутренней сторонах стопы вперед и назад; на пятках с при-

поднятыми пальцами вперед и назад; сгибая пальцы и стопу, двигаться вперед или назад.

6. Зажать между ногами мяч, медленная ходьба, удерживая мяч.

7. Сидя на полу, поднимать ногами мяч.

8. Вращать на полу мяч левой и правой ногой поочередно.

9. Подскоки на одной ноге. Пальцами другой ноги зажать платок.

Упражнения стоя

1. Поднимание на носках.

2. Поочередное приподнимание пальцев и пяток одновременно обеими ногами или поочередно каждой.

3. Поочередная опора на пятки или пальцы обеими ногами.

4. Перемещение тяжести тела по кругу: пальцы — наружная сторона стопы — пятки — внутренняя сторона стопы.

Упражнения сидя

1. Поочередное поднимание и опускание ног.

2. Вращение стоп в одном и противоположных направлениях 20 с;

3. Движения стоп наружу и внутрь.

4. Отведение пяток наружу и **обратно**, колени сомкнуты.

5. Приподнять носки, медленно сгибать и разгибать пальцы ног поочередно на каждой **ноге** или одновременно на обеих.

6. Приподнять и выпрямить ноги, согнуть пальцы. Отведение пяток наружу.

7. Хватание пальцами мелких предметов.

8. Разрывание газеты с помощью пальцев ног.

9. Подбирание лежащего на полу платка под подошву с помощью пальцев.

10. Пальцами и передней частью подошвы одной ноги скользить снизу вверх по **передне-внутренней** поверхности голени другой ноги. То же другой ногой.

11. Катать мяч стопой круговыми движениями.

12. Захватывать пальцами ног рассыпанные по полу пуговицы.

13. Наступить обеими ногами на скакалку, катать ее вперед и назад.

Упражнения лежа на спине

1. Поднять прямые ноги вверх. Поочередное или одновременное сгибание и разгибание стоп.

2. Поднять прямые ноги вверх. Поочередное или одновременное вращение стоп в голеностопном суставе.

Физические упражнения для укрепления мышц стопы

1. И.п. — о.с. Поднимание на носки с движениями руками вперед, вверх, в стороны, за голову.
2. Ходьба на носках: обычная, высоко поднимая колени, скрестным шагом вперед, назад, влево, вправо. Движения рук произвольные.
3. Ходьба на пятках: на наружной стороне стоп, внутренней стороне стоп.
4. Прыжки на двух ногах, продвигаясь вперед, влево, вправо, назад.
5. И.п. — руки на пояс. Последовательно поднимаясь на носки и пятки развести нога до положения широкой стойки ноги врозь сводя ноги, вернуться в и.п.
6. Ходьба в полуприседе на носках.
7. И.п. — руки за головой. Ходьба по гимнастическим палкам, выложенным на полу в виде лестницы лицом, спиной вперед, боком.
8. Ходьба, бег, прыжки босиком по поролону, песку.
9. Прыжки через скакалку на одной ноге и двух поочередно. Скакалка вращается вперед и назад.
10. Ходьба на месте.

Физкультурно-оздоровительная работа занимает одно из ведущих мест в системе физического воспитания школьников. Как отмечают многие специалисты (Булгакова, 2000; Бычук, 2001; Лапутин, 1999; Приступа, Бубела, 2002), формирование и профилактика осанки детей — это одна из основных педагогических проблем школьного физического воспитания.

По нашему мнению, профилактика нарушения осанки детей среднего школьно возраста должна выполняться комплексно: на уроках физической культуры, при выполнении гимнастических упражнений до занятий, во время физкультурных минуток, уроков, физкультурных пауз.

Реализация предложенных профилактических программ предусматривает использование различных упражнений.

Упражнения, рекомендуемые для использования в гимнастике до занятий

1. И.п. — о.с. Руки в сторону, вперед, вверх; руки через сторону, и.п.
2. И.п. — руки к плечам, локти опущены. Три пружинистых приседания; и.п. Следить за правильной осанкой.
3. И.п. — стойка ноги врозь. Поочередное сгибание ног, руки в стороны. Туловище вертикально.
4. И.п. — то же, руки за голову. Наклоны вперед, руки в стороны. Следить за правильной осанкой, не сгибать колени, прогнуться в пояснице.

5. И.п. — то же. Наклоны в стороны. Туловище удерживать в одной плоскости, ноги в коленных суставах прямые, пятки не отрывать от пола.
6. И.п. — то же. Наклоны в стороны с движением рук вверх.
7. И.п. — руки на пояс. Выпады правой (левой), руки в стороны. При выпадении плечи максимально назад, руки прямые.
8. И.п. — то же. Прыжки на двух ногах. Следить за дыханием. Держать осанку.
9. И.п. — пальцы рук в замок за спиной. Выполнять энергично, слегка прогибая туловище. Дыхание равномерное.
10. И.п. — стойка ноги врозь, руки за голову. Повороты туловища в стороны, руки в стороны. Средний темп выполнения, ноги прямые пятки от пола не отрывать.
11. И.п. — руки на пояс. Прыжком ноги врозь, руки в стороны; прыжком — и.п. Прыгать на носках, следить за дыханием.
12. Ходьба на месте. Дыхание медленное, глубокое.

Упражнения для физкультурных минуток во время урока

1. И.п. — голова опущена, руки в замок за головой, локти произвольно опущены. Поднимая голову локти в стороны — вдох; затем и.п. — выдох. Голову отводить максимально назад. Темп медленный.
2. И.п. — о.с. Наклон вправо, правая рука вдоль ноги вниз, левая вверх — выдох, и.п. — вдох. То же влево. Держать осанку. Темп медленный. Амплитуда движения максимальная.
3. И.п. — стойка ноги врозь. Руки вверх — вдох, и.п. — выдох.
4. Ходьба на месте в полуприседе. Сохранять положение правильной осанки.
5. И.п. — руки за спину. Неглубокое прогибание назад, руки в стороны — вдох; и.п. — выдох. Следить за восстановлением дыхания.
6. И.п. — ноги на ширине плеч, руки за голову. Повороты в сторону. Выполнять с максимальной амплитудой.
7. И.п. — руки на пояс. Прогибания назад.
8. И.п. — то же. Упор присев, наклон вперед, стойка на носках, темп выполнения медленный.
9. Равновесие на левой и правой ноге. Спину удерживать ровно.

Гимнастические упражнения для физкультурных пауз

1. И.п. — руки за голову. Подняться на носки, руки вверх — вдох; и.п. — выдох. Темп медленный.
2. И.п. — руки в сторону. Руки к плечам, пальцы в кулак; и.п.

3. И.п. — стойка ноги врозь, руки за голову. Руки вверх — вдох; и.п. — выдох. Дыхание глубокое.
4. И.п. — стойка ноги врозь, руки на пояс. Согнуть одну ногу, руки вперед — вдох; и.п. — выдох. То же другой ногой. Следить за осанкой.
5. И.п. — стойка ноги врозь. Наклон руки в стороны — выдох; и.п. — вдох. Темп средний. Дыхание равномерное. Держать спину ровно.
6. Ходьба на месте.

Гимнастические упражнения, рекомендуемые для использования на уроках физической культуры для детей 12–13 лет

1. И.п. — стойка ноги врозь, руки в стороны, пальцы в замок. Поднимание на носки, руки вверх. Смотреть на кисти рук.
2. И.п. — наклон в широкой стойке, руки вперед. Руки вверх, руки в стороны, руки вверх; и.п. Туловище держать прямо, голову не опускать.
3. И.п. — упор на коленях. Правую ногу (прямую) назад, прогнуться, голову назад; и.п. То же левой. Руки в локтевых суставах не сгибать.
4. И.п. — упор присев. Подняться на носки, руки в стороны, прогнуться; и.п. Держать осанку. Темп средний. Дыхание равномерное.
5. И.п. — о.с. Подняться на носки, руки дугами **наружу—вверх** — вдох; наклон, руки расслаблены — выдох; и.п. Мышцы плечевого пояса расслаблены. Следить за дыханием.
6. И.п. — лежа на животе, руки вверх. Прогнуться, руки и ноги оторвать от пола; и.п. Ноги и руки прямые, голова поднята.
7. И.п. — лежа на спине. Поочередно прямые ноги вперед.
8. И.п. — сед. Сед углом, согнуть ноги; и.п. Следить за правильным положением туловища.
9. И.п. — руки на пояс. По четыре прыжка на левой и на правой. Прыжки выполнять на носках, держать осанку.
10. И.п. — лежа на спине, ноги согнуты, стопы на полу. Поднять правую ногу, встряхивая расслабленными мышцами, затем то же левой.
11. И.п. — стойка ноги врозь, руки с гантелями к плечам. Руки с гантелями вверх; и.п.
12. И.п. — упор присев, руки на пояс, гантели внизу. Встать, правую ногу назад на носок, гантели вверх, прогнуться. То же левой.
13. И.п. — упор на коленях, гантели в руках. Правую руку назад, прогнуться, поднять голову; и.п. То же левой рукой.
14. И.п. — упор присев, гантели внизу. Прыжком стойка ноги врозь, руки с гантелями в сторону; и.п.
15. И.п. — руки с гантелями к плечам. Выпад правой, гантели в стороны; и.п. То же левой.

16. И.п. — наклоны прогнувшись, руки с гантелями вперед. Руки с гантелями в стороны; и.п.

17. И.п. — руки с гантелями на пояс. Прыжком стойка ноги врозь; и.п.

18. И.п. — лежа на спине, согнутые ноги врозь, стопы на полу, потряхивать расслабленными мышцами ног.

При естественном развитии и совершенствовании двигательной функции человека в сложных современных условиях его биологического и социального взаимодействия с окружающей средой возникает необходимость постоянного контроля за состоянием организма. Такой контроль более необходим тогда, когда организм человека подвергается каким-либо искусственно направленным воздействиям для реализации тех или иных социальных, биологических, физических или других программ совершенствования отдельных функций или, тем более, всей системы в целом.

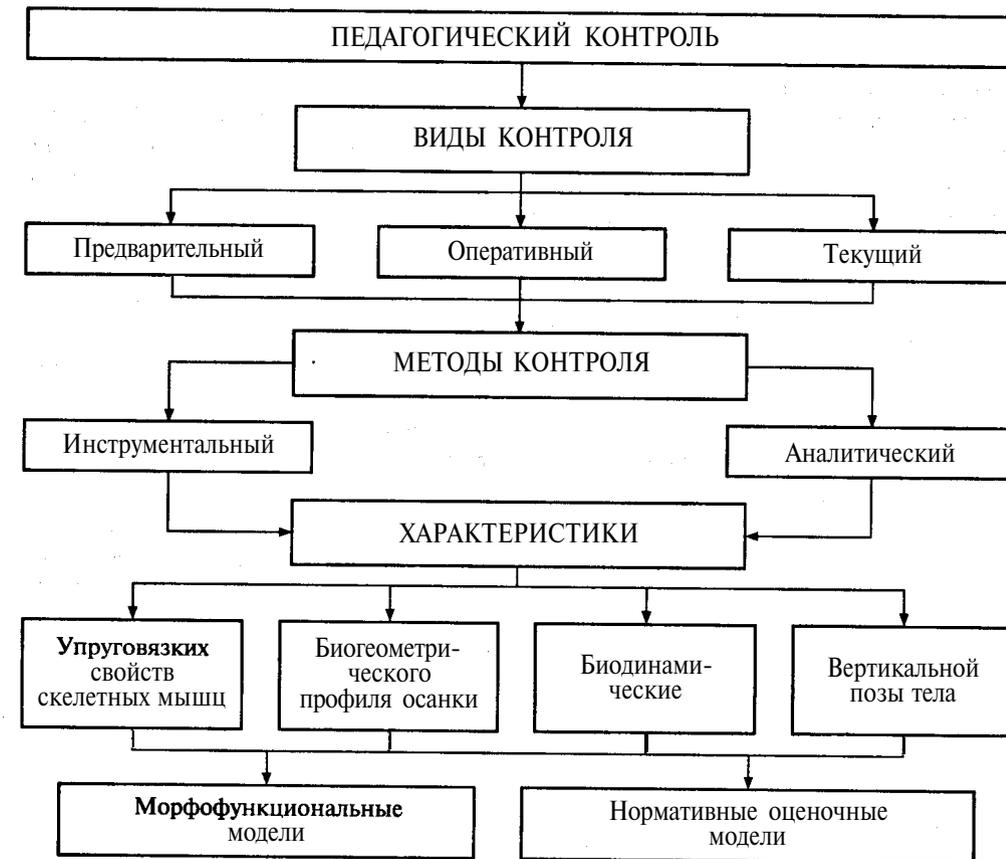


Рис. 6.4. Технология педагогического контроля осанки школьников

Педагогический контроль формирования правильной осанки школьников в процессе физического воспитания рекомендуется проводить согласно разработанной блок-схеме (рис. 6.4).

Кроме того, при контроле осанки школьников нужно обращать особое внимание на функциональное состояние их позвоночного столба и мышечного корсета туловища.

При оценке функционального состояния позвоночного столба следует учитывать следующие параметры: амплитуду движений позвоночного столба и его отделов в различных плоскостях (с использованием методов гониометрии, видеометрии и тестовых упражнений); стабильность, определяемую абсолютной силой, силовой выносливостью и состоянием связочного аппарата (тестовые задания); устойчивость вертикальной позы, характеризующейся направлением проекции ОЦМ тела (**стабилография** и тестовые упражнения); биогеометрический профиль осанки в сагиттальной плоскости (визуальный скрининг, гониометрия и видеометрия).

Активная гибкость позвоночного столба определяется по результатам измерения амплитуды движений в различных плоскостях.

При оценке функционального состояния мышечного корсета используют различные тесты. Однако при этом основным критерием физической подготовленности, по нашему мнению, должно считаться состояние здоровья школьников, а не только количественные показатели специальных тестов. Поэтому, на наш взгляд, наиболее важной является динамика изучаемых показателей в ходе регулярных занятий и тренировок, а не сами абсолютные значения в соответствии с возрастом.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что осанка является одной из основных и объективных характеристик физического развития и состояния здоровья человека. Исследование осанки тела с биомеханической точки зрения позволяет выделить те ее свойства, которые во многом определяют характер и направленность развития человека как биологического вида. Особенно важным при этом является познание закономерностей распределения геометрии масс тела человека, влияющей на формирование его осанки в онтогенетический период развития. Распределение массы тела в пространстве является весьма важной биологической характеристикой его организма. Именно она во многом определяет характер его энергетических взаимодействий с окружающей средой.

В результате проведенных исследований установлено, что в ходе онтогенетического развития у детей школьного возраста меняются не только **росто-массовые** показатели, но, что более важно, изменяется геометрия масс их тела. Причем обнаружено, что все ее изменения происходят в соответствии с определенными закономерностями, содержание которых, по видимому, диктуется и стимулируется законом возрастного изменения гравитационных и других энергетических взаимодействий организма и среды. В связи с этим есть все основания предполагать, что для каждой геометрии масс в каждом возрасте характерен свой определенный уровень развития нервно-мышечной системы.

В настоящей работе изучались различные аспекты изменения общей массы тела детей школьного возраста, а также изменения массы каждого отдельного биозвена их тела как в абсолютном, так и в процентном выражении относительно всей массы тела. В процессе исследований были определены процентные значения положения ЦМ каждого биозвена с учетом возраста каждого испытуемого.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что ЦМ звеньев располагаются ближе к проксимальным их концам, что увеличивает частоту свободных колебаний этих частей тела относительно осей. Частота сво-

бодных колебаний увеличивается благодаря уменьшению радиуса инерции, что приводит к уменьшению момента инерции звена относительно этих осей. Если бы ЦМ располагались в центре симметрии звеньев, то частота их свободных колебаний была бы меньшей. А это означает, что для придания им равного ускорения потребовалось бы приложить значительно больше мышечных усилий, затратить больше энергетических ресурсов. Поэтому именно такую, а не иную локализацию ЦМ звеньев, по нашему мнению, следует рассматривать как еще один механизм экономизации двигательной деятельности человека. Кроме того, такая локализация ЦМ звеньев создает более экономичные условия функционирования мышц, приводящих в движения звенья. Более близкое расположение ЦМ звена к оси вращения создает морфологические предпосылки для образования наибольшего плеча рычага для силы тяги мышц. При более удаленном расположении ЦМ звена от точки прикрепления мышцы для последней точки создаются энергетически менее выгодные условия работы.

Таким образом, очевидно, что естественная локализация ЦМ звеньев относительно геометрических образований тела человека не является случайной, она биологически закономерна, обусловлена всеобщими законами преобразования, передачи и сохранения энергии и движения.

Полученные данные позволили рассматривать биомеханическую систему тела человека как совокупность отдельных частей звеньев, все массы которых сосредоточены в их ЦМ. Каждое относительно подвижное звено тела имеет свой ЦТ — точку, через которую проходит линия действия равнодействующей силы тяжести всех частиц при любой его ориентации в пространстве. Положения ЦТ и ЦМ звеньев тела совпадают, хотя сами эти физические понятия и нетождественны. ЦМ тела характеризует распределение в нем его массы и сохраняет смысл независимо от того, находится ли данное тело под действием каких-либо сил или нет.

Совершая движения, человек изменяет геометрию масс биомеханической системы своего тела, изменяет положение ОЦМ относительно Земли. Однако при этом он не в состоянии изменить положения ЦТ отдельных звеньев относительно их собственной системы отсчета и направление вектора их силы тяжести относительно гравитационного поля Земли. Данные обстоятельства, по-видимому, сыграли наиболее существенную роль в формировании целостной двигательной функции человека в процессе филогенеза. В результате длительного периода развития под воздействием гравитационного поля у человека сформировались относительно стабильные **массинерционные** соотношения звеньев собственного тела. В конечном итоге это отразилось не только на закономерностях построения собственного аппарата движения, но и привело к образованию соответствующих функционально-морфологических подсистем всего организма. В частности, гравитационные взаимодействия напрямую детерминировали формирова-

ние основных компонентов двигательного анализатора, в определенной степени лимитировавшего развитие сердечно-сосудистой, дыхательной, выделительной и других систем организма.

Для определения **массинерционных** характеристик биоинерционных характеристик биозвеньев тела школьников нами были разработаны линейные уравнения множественной регрессии, позволяющие дифференцированно вычислять исследуемые динамические показатели.

Проведенные исследования позволили выявить ряд особенностей прироста биоинерционных характеристик тела детей школьного возраста:

- размеры тела, расположенные в разных плоскостях, увеличиваются синхронно. Особенно четко это прослеживается при анализе интенсивности ростовых процессов по показателю прибавки длины за год, отнесенной к тотальной прибавке за ростовой период с 7 до 16 лет;
- в пределах одной конечности наблюдается чередование в интенсивности прироста проксимальных и **дистальных** концов биоинерционных звеньев. По мере приближения к зрелому возрасту разность в интенсивностях прироста проксимальных и дистальных размеров звеньев неуклонно снижается;
- выявлены два ростовых скачка, свойственных проксимальным и **дистальным** концам биоинерционных звеньев, они совпадают по величине прироста, но не совпадают по времени. Изучение динамики роста проксимальных концов биоинерционных звеньев верхней и нижней конечности показало, что с 7 до 10 лет более интенсивно растет верхняя конечность, а с 11 до 16 лет — нижняя. Выявлена межконечная ростовая гетерохронность, то есть подтверждается в **постнатальном** онтогенезе наличие **краниокаудального** эффекта роста, который четко выявлялся в эмбриональном периоде.

В наших исследованиях высота ОЦМ тела школьников определялась аналитическим методом. Однако вместо стандартных значений расположения ЦМ биоинерционных звеньев, которые традиционно применяются в биомеханике, в настоящей работе были использованы данные локализации ЦМ биоинерционных звеньев тела детей школьного возраста, полученные в собственных исследованиях.

Экспериментально установлено, что темп прироста высоты расположения ОЦМ тела мальчиков над опорой имеет 5 характерных пиков. Самый высокий из них отмечен в возрасте 8—9 лет — 10,38 %. Немного ниже скорость изменения этого показателя отмечается у детей в 11—12 лет — 9,22 %, а в возрасте 13—14 и 15—16 лет — 5,5 % и 5,13 % соответственно. Наименьшая скорость прироста высоты положения ОЦМ над опорой отмечена в возрасте 12—13 лет.

У девочек динамика прироста высоты подъема ОЦМ тела имеет 3 выраженных пика. Самый высокий наблюдается в 13—14 лет — 6,73 %, в 11—12 лет — 6,12 %, а в 9—10 лет — 4,33 %. Изменение высоты расположения ОЦМ тела девочек носит более поступательный характер.

Опыты показали, что высота ОЦМ тела школьников может определяться аналитическим методом с помощью разработанных линейных уравнений множественной регрессии и дифференциальных таблиц.

При изучении особенностей формирования вертикальной позы тела детей школьного возраста были изучены изменения амплитудно-частотных характеристик опорных взаимодействий их тела. Анализ стабилотрамм колебаний ОЦМ тела школьников свидетельствует о том, что в исследуемый период наблюдается сложная динамика формирования вертикальной позы: амплитуда колебаний ОЦМ тела с возрастом уменьшается, а частота — увеличивается, что является показателем улучшения устойчивости вертикальной позы. Увеличение частоты колебаний ОЦМ тела свидетельствует о повышении чувствительности мышечных рецепторов, в результате чего возрастает скорость рефлекторных механизмов стабилизирующих устойчивость позы. Как известно, критерием высокого качества деятельности любой системы автоматического (в данном случае непровольного, безусловно-рефлекторного) регулирования является частота и низкая амплитуда отклонений ее, параметров стабилизирующих функционирование системы в оптимальном диапазоне. Чем выше чувствительность ее рецепторов, тем быстрее она реагирует на различные воздействия, тем быстрее возвращает систему в исходное состояние, тем выше скорость рефлекторных механизмов, обуславливающих это. И естественно, выше координационные механизмы регулирования устойчивости вертикальной позы, выше качество функционирования такой системы.

Анализ полученных данных позволяет проследить возрастную динамику изменения количества и качества формируемой в онтогенезе массы тела. Снижение амплитуды и увеличение частоты колебаний ОЦМ тела с возрастом у мальчиков и девочек свидетельствует об увеличении жесткости и повышении упругости скелетно-суставного и **мышечно-связочного** компонентов их тела.

Опыт использования разработанной методики видеокomпьютерного анализа в практике физического воспитания свидетельствует о том, что данный подход в биомеханическом моделировании и собственно сам видеокomпьютерный анализ эффективны при диагностике осанки школьников. Использование предложенной технологии позволяет осуществлять оперативный и объективный контроль физического развития школьников, корректировать образовательный и оздоровительный процессы, индивидуализировать физическое воспитание школьников, автоматизировать операции анализа и оценки полученных данных.

Разработанная методика диагностики осанки школьников обладает оригинальным программным обеспечением и может в будущем последовательно наращиваться, расширять диапазоны своего применения, что, по

нашему мнению, позволит интенсифицировать процесс физического воспитания и повысит его качество.

Полученные данные дают объективные основания для того, чтобы рекомендовать разработанную технологию для массового обследования детей и проведения на этой основе эффективных профилактических и реабилитационных процедур.

Проведенные исследования показали преимущество современных технологий управления функционально-морфологическим состоянием детей школьного возраста. Полученные данные свидетельствуют о том, что при правильной организации физического воспитания школьников процесс их развития способствует не только предупреждению нарушений осанки, но и закономерному формированию у них естественных нормальных, опорно-рефлекторных механизмов. В результате видеокomпьютерного анализа осанки школьников была подтверждена корректность разработанных педагогических рекомендаций, что позволяет открыть новые перспективы регуляции **ортоградной** позы человека.

Автор выражает надежду на то, что данная монография надежно послужит тем заинтересованным читателям, которые работают в области методики физического воспитания, двигательной реабилитации, кинезитерапии, эргономики, клинической биомеханики и практической медицины. Автор надеется, что не предубежденный и серьезный читатель, ознакомившись с представленными материалами, будет достаточно снисходителен и учтет те сложности, которые неизбежно могут возникнуть у любых других специалистов при подготовке аналогичной рукописи.

Автор намерен продолжать исследования в этой области и в дальнейшем приложит все усилия, чтобы исправить недостатки и улучшить качество своих последующих публикаций в этом направлении прикладной биомеханики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Алешина А.И.* Формирование вертикальной устойчивости тела детей 9—12 лет на уроках физической культуры: Автореф. дис. ... канд. наук по физ. восп. и спорту. — Луцк, 2000. — 20 с.
- Алтер М.Ф.* Наука о гибкости. — К.: Олимпийская литература, 2001. — 420 с.
- Аруин А.С., Зацюрский В.М.* Эргономическая биомеханика. — М.: Машиностроение, 1989. — С.49-60.
- Аршавский И.А.* Рост и развитие организмов // Количественные аспекты роста организмов. — М.: Наука, 1975. — С.92—105.
- Бальсевич В.К., Запорожанов В.А.* Физическая активность человека. — К.: Здоров'я, 1987. — С.10-48.
- Бальсевич В.К.* Онтокинезиология человека. — М.: Теория и практика физической культуры, 2000. — 274 с.
- Беленький В.Е.* Распределение масс тела у больных сколиозом // Ортопедия, травматология. — 1984. — №4. — С.16—21.
- Белинцев Б.М.* Физические основы биологического формообразования. — М.: Наука, 1991. — 252 с.
- Бенсбаа Абдельkrim.* Формирование осанки школьников средствами физического воспитания: Автореф. дис. ... канд. наук по физ. восп. и спорту. — Ровно, 2001. — 24 с.
- Бердников В.А.* Эволюция и прогресс. — Новосибирск: Наука, 1991. — 190 с.
- Бернштейн Н.А.* Очерки по физиологии движений и физиологии активности. — М.: Медицина, 1973. — С.6—87.
- Биомеханика* спорту / За ред. А.М. Лапутіна — К.: Олімпійська література, 2001. — 320 с.
- Богомолец А.Ф.* Руководство по патологической физиологии.— К., Т.1, 1935.— С.12-35.
- Болобан В.Н.* Система обучения движениям в сложных условиях поддержания статодинамической устойчивости: Авторефер. дис. ... д-ра пед. наук. — К, 1990. — 46 с.
- Бохвардт В.Г.* Морфогенез и эволюция осевого скелета.— Л.: Медицина, 1982.— 142 с.
- Бретз К.* Устойчивость равновесия тела человека: Автореф. дис. ... д-ра пед. наук. — К., 1997. — 42 с.
- Бровар В.Я.* Силы тяжести и морфология животных. — М.: АН СССР, 1960. — 240 с.
- Бубела О.Ю.* Оптимізація процесу формування постави у дітей молодшого віку з використанням комп'ютерних технологій: Автореф. дис. ... канд. наук з фіз. вих. і спорту. — Львів, 2002. — 20 с.
- Булакова Н., Морозова Т.* Эффективность применения плавания в физической реабилитации детей среднего школьного возраста с нарушениями осанки / IV Міжнар.

- наук. конгр. "Олімпійський спорт і спорт для всіх: проблеми здоров'я, рекреаційної медицини та реабілітації": Тез. доп. — К.: Олімпійська література, 2000.
- Бунак В.В.* Антропология. — М.: 1941. — С.20—78.
- Бычук А.И.* Биомеханический контроль осанки школьников в процессе физического воспитания: Автореф. дис. ... канд. наук по физ. восп. и спорту. — Львов, 20 с.
- Бычук А.* Влияние геометрии масс тела на формирование осанки у школьников. Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. — К.: ЗДІС, 2001. — №1 — С.51—55.
- Васильева Л.Ф.* Мануальная диагностика и терапия. Клиническая биомеханика тобиомеханика. — СПб.: ООО Фолиант, 2001.— 400 с.
- Вайн А.А.* Новая биомеханическая модель мышц // Тез. докл. VII Всесоюзного конгр. — Пенза, 1991. — С.21—22.
- Вайнбаум Я.С.* Дозирование физических нагрузок школьников. — М.: Прованс, 1991. — 64 с.
- Вильковский Э.С.* Развитие двигательных функций у детей. — К.: Здоров'я, 1987. — С.10-48.
- Властовский В.Г.* Акселерация роста и развития детей. — М.: Изд. МГУ, 1976.
- Гамбурцев В.А.* Гониометрия человеческого тела. — М.: Медицина, 1976. — С.6-87.
- Гладышева А.А.* Анатомия человека: Учеб. для техн. физ.культ. — М.: Физкультура и спорт, 1984. — 304 с.
- Горячая Г.А.* Ваша осанка: нетрадиционные методы лечения сколиоза в условиях поликлиники. — К.: Либідь, 1995. — 44 с.
- Гримм Г.* Основы конституциональной биологии и антропометрии. — М.: Медицина, 1967. — С.72 - 251.
- Губа В.П.* Морфобиомеханика. — М.: Наука, 2000. — С.5—102.
- Гужаловский А.А.* Основы теории и методики физической культуры.— М.: Физкультура и спорт, 1986.— С.30—100.
- Гужаловский А.* Детский спорт как средство оздоровления младших школьников. IV Міжнар. наук. конгр. "Олімпійський спорт і спорт для всіх: проблеми здоров'я, рекреаційної медицини та реабілітації". Тези доповідей — К.: Олімпійська література, 2000. - С.358.
- Гурфинкель В.С., Коц Я.Н., Шик М.Л.* Регуляция позы человека. — М.: Наука, 1985.— 256 с.
- Гурфинкель В.С., Левик Ю.С.* Скелетная мышца: структура и функция. — М.: Физкультура и спорт, 1985.—144 с.
- Дарвин Ч.* О выражении эмоций у человека и животных.— СПб.: Вестник Европы, 1912. — С.11—26.
- Зацюрский В.М., Аруин А.С., Селуянов В.Н.* Биомеханика двигательного аппарата человека.— М., Физкультура и спорт, 1981. — 140 с.
- Зиневич Г.П.* Человек изучает человека.— К.: Наукова думка, 1988.— 176 с.
- Иваницкий М.Ф.* Анатомия человека. — М.: Физкультура и спорт, 1956. — Т. I. — 438 с.
- Иваничев Г.А.* Мануальная терапия. — Казань., 1997. — 448 с.
- Казьмин А.И., Кон И.И., Беленький В.Е.* Сколиоз. — М.: Медицина, 1989. — С.8-10.
- Каптелин А.Ф.* Гидрокинезитерапия в ортопедии и травматологии. — М.: Медицина, 1986. — 224 с.

Кашуба В.А. Гравитационные взаимодействия относительно подвижных масс тела человека в онтогенезе // Физ. воспитание студентов творческих специальностей. — 1999. № 10. — С.39-42.

Кашуба В.А. Возрастные особенности расположения общего центра масс тела детей в онтогенезе // Физ. воспитание студентов творческих специальностей. — 1999. — № 12. — С.11-14.

Кашуба В.А. Исследование биомеханических особенностей формирования ортоградной позы тела детей 7—16 лет // Педагогика, психология та медико-біологічні проблеми фіз. виховання і спорту. — 1999. — № 14. — С.35-38.

Кашуба В.А. Масса тела как биофизический фактор развития человека // Физ. воспитание студентов творческих специальностей. — 1999. — № 16. — С.41-44.

Кашуба В.А. Физическое воспитание и геометрия масс тела человека // Физ. воспитание студентов творческих специальностей. — 1999. — № 17. — С.27-31.

Кашуба В.А. Педагогический контроль формирования двигательной функции стопы детей школьного возраста // Физ. воспитание студентов творческих специальностей. — 1999. — № 19. — С.40-44.

Кашуба В.А. Биомеханические взаимодействия относительно подвижных масс тела человека при формировании вертикальной позы // Физ. воспитание студентов творческих специальностей. — 1999. — № 20. — С.24-28.

Кашуба В.А. К вопросу о влиянии гравитационных взаимодействий на формирование геометрии масс тела человека в онтогенезе // Физ. воспитание студентов творческих специальностей. — 2001. — № 1 — С.26-30.

Кашуба В.А. Современные методы измерения осанки человека // Педагогика, психология та медико-біологічні проблеми фіз. виховання і спорту. — 2002. — № 11. — С.51-56.

Кашуба В.А., Верховая Т.В. Методологические особенности исследования осанки человека // Педагогика, психология та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. — 2002. — № 13. — С.48-53.

Ковалькова З.П. Оценочные таблицы физического развития детей школьного возраста: Методическое пособие.— Харьков, 1962.— С.8-30.

Коган О.Г., Шмидт И.Р. Лечебные и медикаментозные блокады при остеохондрозе позвоночника.— Кемерово, 1988.— 128 с.

Козырев Г.С. Возрастные особенности положения центра тяжести у человека: Ученые записки Харьковского ун-та. — Х., 1947. — С.25.

Коц Я.М. Физиологические основы физических (двигательных) качеств // Спортивная физиология. — М.: Физкультура и спорт, 1980. — С.53-103.

Кречмер Э. Строение тела и характер. — М., 1930.— С.3-119.

Куц А.С. Модельные показатели физического развития и двигательной подготовленности населения центральной Украины. — К.: Искра, 1993. — С.6-44.

Круцевич Т.Ю. Методы исследования индивидуального здоровья детей и подростков в процессе физического воспитания. — К.: Олимпийская литература, 1999. — С.2-100.

Круцевич Т.Ю. Модельно-целевые характеристики физического состояния в системе программирования физкультурно-оздоровительных занятий с подростками // Наука в олимпийском спорте.— 2002.— № 1.— С.23-29.

Лайуни Рида Бен Шедди. Биомеханические свойства скелетных мышц в различных условиях двигательной активности человека. — К.: Наук. світ, 2002. — 182 с.

Ламарк Ж.Б. Философия зоологии. — М., 1955. — 968 с.

Лапутин А.Н., Кашуба В.А. Формирование массы и динамика гравитационных взаимодействий тела человека в онтогенезе. — К.: Знання, 1999. — 202 с.

Лесгафт П.Ф. Руководство по физическому образованию детей школьного возраста — М.: Физкультура и спорт, 1951. — 444 с.

Мак-Комас А.Дж. Скелетные мышцы. — К.: Олимпийская литература, 2000. — 408 с.

Мартыросов Э.Г. Методы исследования в спортивной антропологии. — М.: Физкультура и спорт, 1982. — 200 с.

Матвеев Л.П. Основы спортивной тренировки. — М.: Физкультура и спорт. 1977. — 280 с.

Матвеев Л.П. Основы общей теории спорта и системы подготовки спортсменов. — К.: Олимпийская литература, 1999. — 320 с.

Механик Н. Основы пластической анатомии.— М.: Искусство, 1958.— 350 с.

Минский Н.А. Внутривозрастные особенности физического развития и работоспособности детей и подростков: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — К., 1977. — 48 с.

Морфофункциональные показатели и двигательные качества детей 3-6-летнего возраста разных типов конституции: Методические рекомендации / Ред. В. Ю. Давыдов. Волгоград: ВГИФК, 1994. — 32 с.

Мухін В.М. Фізична реабілітація. — К.: Олімпійська література, 2000. — 424 с.

Недригайлова О.В. К вопросу о подвижности позвоночника в норме и при патологии // Ортопедия и травматология. — М.— 1936. — № 4.— С.97-121.

Никитин В.Н. О некоторых основных факторах онтогенеза // Ведущие проблемы возрастной физиологии и биохимии. — М.: Медицина, 1963. — С.3-31.

Никитюк Б.А. Некоторые итоги реализации антропологического подхода к генетике развития человека в 70-е годы // Антропогенетика, антропология и спорт. Материалы 2-го Всесоюз. симпозиума. — Винница.— 1980.— С.113-117.

Николаев Л.П. Руководство по биомеханике в применении к ортопедии, травматологии и протезированию.— К.: Медицина, 1947.— С. 10-100.

Очерет А.А. Внимание, сколиоз! — М.: Советский спорт, 2000. — 96 с.

Очерет А.А. Как жить с плоскостопием. — М.: Советский спорт, 2000. — 96 с.

Парфенов Г.П. Невесомость и элементарные биологические процессы. — Л.: Наука, 1988. — С. 10-56.

Подрушняк Е.П. Возрастные изменения суставов человека. — К.: Здоров'я, 1973. — 212 с.

Подрушняк Е.П. Возрастные изменения и заболевания опорно-двигательного аппарата человека. — К.: Здоров'я, 1987. — 302 с.

Потанчук А.А., Дидур М.Д. Осанка и физическое развитие детей: программы диагностики и коррекции нарушений. — СПб.: Питер, 2001.— С.5-82.

Платонов В.Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте. — М.: Олимпийская литература, 1997. — С.220-290.

Практическая биомеханика /А.Н. Лапутин, В.В. Гамалий, А.А. Архипов, В.А. Кашуба и др. / Под общ. ред. А.Н. Лапутина.— К.: Знання, 2000. — 296 с.

Путилова А.А., Лихварь А.Т. Сколиозная болезнь. — К.: Здоров'я, 1975. — С.6-50.

Райцина Л.П. Морфологические особенности и положение центра тяжести тела у некоторых групп спортсменов: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. — М., 1976. — 20 с.

Рапопорт Ж.Ж., Прахин Е.И. Индивидуальная и коллективная оценка физического развития детей // Гигиена и санитария. — 1971.— № 6. — С.88-91.

Сальникова Г.П. Физическое развитие школьников. — М.: Просвещение, 1968. — С.14-46.

Селиванов В.П., Никитин М.Н. Диагностика и лечение вывихов шейных позвонков.— М.: Медицина, 1987. — 328 с.

Сермеев Б.В. О методике развития подвижности в суставах у юных спортсменов // Новое в развитии физических качеств у юных спортсменов. — М.: Физкультура и спорт, 1969. — С.171—176.

Сиппа Р.В., Теосте М.Э. Величина естественной двигательной активности у детей и подростков Таллина // Гипокинезия и спортивная гиперкинезия растущего организма и их коррекция: Тез. докл. — Ташкент, 1983. — С.52—53.

Смагина О.В. Двигательная активность и формирование осанки у здоровых дошкольников // **Медико-социальные аспекты развития и воспитания здорового ребенка.** Тез. докл. Всесоюз. науч. конф.— Днепропетровск, 1983. — С.176.

Струков Г.П., Хмельницкий О.К., Петленко В.П. Морфологический эквивалент функции. — М.: Медицина, 1988 — 197 с.

Сухарев А.Г. Здоровье и физическое воспитание детей и подростков.— М.: Медицина, 1991. — 271 с.

Фарфель В.С. Управление движениями в спорте. — М.: Физкультура и спорт, 1975. — 208 с.

Филатов В.И. Клиническая биомеханика.— Л.: Медицина, 1980.— 200 с.

Хоули Т., Френке Б. Оздоровительный фитнес. — К.: Олимпийская литература, 2000. — 368 с.

Хрипкова А.Г., Антропова М.В., Фарбер Д.А. Возрастная физиология и школьная гигиена. — М.: Просвещение, 1990. — 320 с.

Чаклин В.Д., Абальмасова Е.А. Сколиоз и кифозы. — М.: Медицина, 1973. — 256 с.

Чтецов В.П. Состав тела и конституция человека // Морфология человека. — М.: Изд. - во МГУ, 1983. — С.76—107.

Шмальгаузен И.И. Пути и закономерности эволюционного процесса.— М.: 1939.— 232 с.

Энока Р.М. Основы кинезиологии. — К.: Олимпийская литература, 2000. — С.40—60.

Adams M. A., Dolen P., Hutton W.C. (1987). Diurnal variations in the stresses on the lumbar spine // Spine, 12 (2), 130—137.

Adams M.A., Hutton W.C. (1986). Has the lumbar spine a margin of safety in forward bending? // Clinical Biomechanics, 1(1), 3—6.

Adams P., Muir H. (1976) Qualitative changes with age of proteoglycans of human lumbar discs // Annals of the Rheumatic diseases, 35 (4), 289—296.

Battie M.C., Bigos S.J., Fisher L.D., Spengler D.M., Hansson T.H., Natchemson A.L. (1990). The role of spinal flexibility in back pain complaints within industry: A prospective study // Spine, 15(8), 768-773.

Borelli J.A. De motu animalum. — Lugduni Batavorum, 1680.

Braune W., Fischer O. Abhandlungen der mathematisch-physischen Class der Konigl // Sachsischen Gesellschaft der Wissenschaften.— 1989.— Bd. 26.— S.561—672.

Cailliet R. (1988). Low back pain syndrome (4th ed).— Philadelphia: F. A. Davis.

Cailliet R., Gross L. (1987). The rejuvenation strategy.— Garden City, NV: Doubledoiy.

Campbell E. S. M. (1970). Accessory muscles // E. S. M. Campbell E. Agostoni, and S. N. Davis (End.). The respiratory muscles mechanics and neural control (p. 181—193).— Philadelphia: W. B. Saunders.

Carrera G.F. Computed Tomography of the Lumbar Facet Joints // Radiology Samary.— 1980.— №134.— P.145—148.

Corbin C.B., Noble L. (1980). Flexibility: A major component of physical fitness // Journal of Physical Education and Recreation, 51(6), 23—24, 57—60.

Crowford H.J., Jull G.A. (1993). The influence of thoracic posture and movement on range of arm elevation // Physiotherapy Theory and Practice, 9 (3), 143—148.

Cyriax J. Textbook of orthopaedic medicine.— London, 1984.— 270 p.

De Troyer A., Loring S. H. (1986). Action of the respiratory muscles // S. R. G. Handbook of physiology: Sec. 3. The respiratory system: Vol. 3. Mechanics of breathing (p.p. 443—461).— Bethesda, MD: American Physiological Society.

Deyo R. A., Walsh N. E., Martin D. C., Schoenfeld L. S., Ramamurthy S. (1991). Controlled trial of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and exercise for low back pain // New England Journal of Medicine, 322 (23), 1627—1634.

Engelmeyer C. Sur l'origine sensorielle des notions mecaniques // Revue philosophique de la France et de l'etranger. — 39. — 1895. — 511—517 p.

Falkner R.A., Sprigings E.S., McQuarrie A., Bell R.D.(1988). Partial curl-up re: subject final report // Report submitted to the Canadian Fitness and Lifestyle Research Institute.

Fischer O. Thoretische Grundlagen fur eine Mechanik der lebenden Korper mit Anwendungen auf einige Bewegungsvorgange an Maschinen.— Berlin, B. G. Taubner.

Fisk S. W., Rose R. S. (1977) A practical guide to management of the painful low back.— Springfield, IL: Charles C. Thomas.

Griman H. Grundriß der Konstitutionsbiologie und Anthropometrie — Berlin: Springer-Verlag, 1966

Hanavan E.P. A mathematical model of the human body // AMRL Technical Report 102, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, 1964.

Harless E. Abhandlungen der Mathemat // Physikalischen Classe der Konigl. Bayerischen Akademie der Wissenschaften, 1860, Bd. S.69—96, 517—523.

Harless E. Die statischen Momente der Gliedmassen. Manich. Adhandil, 1876. — Abb. 250.

Hatze H. Mathematical Biosciences.— 1976.— V.28.— P.99—135.

Hoeger W. W. K., Hopkins D. R. (1992). A comparison of the sit reach and the sit and reach in the measurement of flexibility in women // Research Quarterly for Exercise and Sport, 63 (2), 191-195.

Holland G.J., Davis E. L. (1975). Values of physical activity (3rd ed.).— Dubuque, IA: Brown.

Hopkins D.R. (1981). The relationship between selected anthropometric measurements and reach performance. Paper presented at the American Alliance for Health, Education, Recreation and Dance National Measurement Symposium, Houston, TX.

Hopkins D. R., Hoeger W. W. K. (1986). The modified sit and reach test // Hoeger W. W. K. (Ed.) Lifetime physical fitness and wellness: A personalized program (p. 47—48). 1986. CO: Morton.

Jirout J., Kvicala V. Neuroradiologia.— Praha: Zdravotnicke nakladatelstvi, 1962 p.

Kapanji LA. (1987). The physiology of the joints: Vol. 2. Lower limb (5th ed.).— Philadelphia: Churchill Livingstone.

Kasperczyk T. Metody oceny postawy ciala (2000).: Krakow: SKRYPTOWA, 1999. — 179 p.

Lean P., Reilly T., Troup J.G.D. (1986) Spinal loading during circuit weight-training // British Journal of Sports Medicine, 20 (3), 119—124.

Marras W.S., Wongsam P. E. (1986). Flexibility and velocity of the normal human lumbar spine // Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 64 (4), 213 — 217.

Mitchell F. L., Pruzzo N. A. (1971). Investigation of voluntary and primary muscle mechanisms // Journal of the American Osteopathic Association, 70 (June), 149—154.

Nachemson A. The Lumbar spine: An orthopedic challenge // Spine.— 1975.— V. 10.— P. 143.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица ПП.1. Коэффициенты, принятые для расчета массы сегментов тела по антропометрическим признакам школьников 7—16 лет

Коэффициенты	Сегмент							
	Голова	Туловище	Плечо	Предплечье	Кисть	Бедро	Голень	Стопа
<i>7 лет</i>								
a ₀	-0,131	0,101	-0,144	0,066	0,044	0,265	-0,031	-3,2E-3
a ₁	0,119	0,411	0,023	0,013	6,07E-3	0,142	0,037	0,014
a ₂	0,00115	-8,66E-4	1,23E-3	-5,87E-4	-3,7E-4	-2,4E-3	2,3E-4	1,3E-5
<i>8 лет</i>								
a ₀	-1,76E-3	-3,53E-3	1,76E-3	-3,47E-4	-2,2E-3	-3,9E-3	2,1E-3	-3,4E-4
a ₁	0,112	0,414	0,028	0,015	6,95E-3	0,129	0,043	0,015
a ₂	4,06E-6	8,12E-6	-4,06E-6	2,3E-5	2,70E-5	3,1E-5	-2,7E-5	2,3E-5
<i>9 лет</i>								
a ₀	0,101	-3,64E-3	7,78E-3	-0,014	-8,2E-3	7,1E-3	0,014	5E-4
a ₁	0,114	0,408	0,028	0,016	5,83E-3	0,131	0,044	0,015
a ₂	-1,40E-3	5,84E-5	-1,16E-4	1,85E-4	1,18E-4	-6,8E-5	-1,8E-4	-1,6E-5
<i>10 лет</i>								
a ₀	0,02	-0,049	0,023	-4,48E-4	0,02	-0,057	0,043	0,026
a ₁	0,095	0,424	0,027	0,016	5,07E-3	0,137	0,041	0,015
a ₂	-1,49E-4	4,31E-4	-1,93E-4	8,78E-6	-1,4E-4	4,8E-4	-3,6E-4	-2,2E-4
<i>11 лет</i>								
a ₀	-4,48E-3	0,019	6,99E-3	8,47E-3	-0,015	4,8E-3	0,012	7,1E-3
a ₁	0,092	0,421	0,025	0,016	4,46E-3	0,139	0,046	0,014
a ₂	3,38E-5	-1,33E-4	-5,29E-5	-4,49E-5	1,13E-4	-6,3E-6	-8,8E-5	-8,3E-5
<i>12 лет</i>								
a ₀	-0,03	-0,012	0,02	9,04E-3	-5,6E-3	-0,028	9,9E-3	-0,015
a ₁	0,09	0,427	0,026	0,016	5,14E-3	0,137	0,045	0,013
a ₂	1,83E-4	8,93E-5	-1,25E-4	-4,91E-5	2,67E-5	1,4E-4	-8,1E-5	9,3E-5
<i>13 лет</i>								
a ₀	-0,017	0,547	0,082	0,044	0,09	0,034	-0,065	-0,053
a ₁	0,081	0,416	0,025	0,015	4,72E-3	0,148	0,044	0,013
a ₂	8,79E-5	-2,83E-3	-3,95E-4	-2,15E-4	-4,3E-4	-1,Е-4	3,1E-4	2,8E-4
<i>14 лет</i>								
a ₀	0,049	-0,023	0,023	-0,071	1,37E-3	0,026	0,013	0,047
a ₁	0,078	0,424	0,026	0,015	5,41E-3	0,144	0,043	0,015
a ₂	-4,61E-4	2,09E-4	-2,09E-4	8,06E-4	-8,9E-6	-2,3E-4	-7,1E-5	-4,4E-4

Pushel J. (1930). Der Wassergehalt voraler un degenerierter Zwischenwirbelschiben // Beitrage zur Pathologischen Anatomie und zur Allgemeinen Pathologie, 84, 123—130.

Rouffr. (1977). Posture.— New York: Academic Press.

Russell G. S., Highland T. R. (1990). Care of the Low back.— Columbia, MO: Spine.

Snell R. S. (1992). Clinical anatomy for medical stunts (4th. ed.).— Boston: Little, Brown and Company.

Strickland A.L., Shearin R.B. (1972). Diurnal height variation in children // Journal of Pediatrics. 80 (6), 1023—1025.

Tenner J.M. The Physique of the Olympic Athlete.— London: George Allen and Unwin Ltd., 1964.— 126 p.

Tichaer E.R. The biomechanical basis of ergonomics.— New-York etc.: John Wiley, 1978. — 99 p.

White A.M., Panjable M. Clinicial biomechanics of the spine.— Charles Thomas Publisher.— 1978.— 534 p.

Wolanski N. (1957a). Sferodorsiometr — własnego pomuslu przyrzad do dokonywania przestrzennych pomiarow kregoslupa // Zeszyty Naukowe UJ, Zoologia, 1.

Коэффициенты	Сегмент							
	Голова	Туловище	Плечо	Пред-плечье	Кисть	Бедро	Голень	Стопа
<i>15 лет</i>								
a ₀	-0,012	0,012	-0,024	0,018	0,024	-0,03	-0,012	-0,024
a ₁	0,073	0,422	0,027	0,017	6,29E-3	0,145	0,043	0,014
a ₂	1,11E-4	-1,22E-4	2,49E-4	-1,88E-4	-2,4E-4	3,4E-4	1,1E-4	2,4E-4
<i>16 лет</i>								
a ₀	-0,011	-1,44E-4	-4,52E-3	0,02	-8,6E-3	-4,5E-3	4,5E-3	-2,1E-3
a ₁	0,069	0,435	0,027	0,017	5,99E-3	0,142	0,043	0,013
a ₂	8,69E-5	-8,69E-5	8,69E-5	-3,47E-4	8,69E-5	8,6E-5	-8,6E-5	-8,6E-5

Таблица П1.2. Коэффициенты, принятые для расчета массы сегментов тела по антропометрическим признакам школьников 7—16 лет

Коэффициенты	Сегмент							
	Голова	Туловище	Плечо	Пред-плечье	Кисть	Бедро	Голень	Стопа
<i>7 лет</i>								
a ₀	0,051	9,097E-3	-0,011	-1,355E-3	3,35E-3	-9,1E-3	5,7E-3	5,7E-3
a ₁	0,094	0,428	0,028	0,019	6,31E-3	0,122	0,047	0,017
a ₂	-3,87E-4	-5,806E-5	6,452E-5	1,29E-5	-1,2E-5	5,8E-5	-4,5E-5	-4,5E-5
<i>8 лет</i>								
a ₀	5,471E-3	7,786E-3	-0,029	0,011	-0,016	0,042	7,9E-3	-7,6E-3
a ₁	0,089	0,425	0,028	0,018	6,21E-3	0,123	0,048	0,018
a ₂	-4,28E-5	-7,143E-5	-2,71E-4	-8,571E-5	1,57E-4	-3,8E-4	-8,5E-5	5,7E-5
<i>9 лет</i>								
a ₀	-0,011	0,013	9,58E-3	8,397E-3	-8,3E-3	8,1E-3	9,5E-3	-6,Е-3
a ₁	0,086	0,425	0,028	0,019	6,16E-3	0,125	0,048	0,017
a ₂	1,132E-4	-1,337E-4	-6,17E-5	-1,132E-4	1,13E-4	-8,2E-5	-6,1E-5	9,2E-5
<i>10 лет</i>								
a ₀	-0,172	-0,071	-0,069	0,247	-0,017	-0,088	0,108	3,5E-4
a ₁	0,081	0,426	0,029	0,016	6,51E-3	0,129	0,048	0,017
a ₂	8,154E-4	3,385E-4	3,231E-4	-1,169E-3	6,15E-5	4,1E-4	-4,9E-4	1,5E-5
<i>11 лет</i>								
a ₀	-4,78E-3	-3,362E-3	-4,25E-3	-7,817E-4	4,12E-3	8,9E-3	0,018	0,011
a ₁	0,078	0,433	0,027	0,018	6,42E-3	0,128	0,049	0,015
a ₂	8,734E-6	6,55E-5	6,987E-5	8,734E-6	-3,4E-5	-4,3E-5	-1,5E-4	-5,6E-5
<i>12 лет</i>								
a ₀	4E-3	-3,73E-3	7,595E-3	-6,238E-3	3,59E-3	3,7E-3	6,4E-3	3,4E-3
a ₁	0,07	0,442	0,027	0,019	6,54E-3	0,128	0,05	0,015
a ₂	1,65E-5	7,937E-5	-1,19E-4	4,762E-5	-1,1E-4	-7,9E-5	-2,2E-4	-1,5E-4

Коэффициенты	Сегмент							
	Голова	Туловище	Плечо	Пред-плечье	Кисть	Бедро	Голень	Стопа
<i>13 лет</i>								
a ₀	6E-3	-0,02	0,013	0,017	-0,013	-9,6E-3	-0,024	-0,016
a ₁	0,061	0,449	0,027	0,019	6,32E-3	0,128	0,048	0,014
a ₂	-4E-5	2,8E-4	-9,33E-5	-1,867E-4	1,6E-4	6,6E-5	3,1E-4	2,5E-4
<i>14 лет</i>								
a ₀	0,023	-1,313E-3	0,038	0,016	0,047	-0,02	-0,02	-0,047
a ₁	0,059	0,464	0,027	0,018	7,32E-3	0,127	0,047	0,013
a ₂	-1,92E-4	1,205E-5	-3,61E-4	-2,289E-4	-5,2E-4	2,7E-4	2,7E-4	5,1E-4
<i>15 лет</i>								
a ₀	0,07	0,109	-4E-3	-0,043	-0,023	0,014	0,14	0,128
a ₁	0,059	0,457	0,027	0,018	6,47E-3	0,128	0,048	0,013
a ₂	-2,94E-4	-4,706E-4	6,471E-5	1,765E-4	1,17E-4	-5,8E-5	-5,8E-4	-5,5E-4
<i>16 лет</i>								
a ₀	-0,018	2,89E-3	2,89E-6	0,041	-0,029	0,041	-5,7E-3	-5,5E-3
a ₁	0,059	0,463	0,026	0,019	5,22E-3	0,129	0,048	0,013
a ₂	1,345E-4	2,465E-5	-2,46E-4	-4,258E-4	2,68E-4	-4,2E-4	6,7E-5	4,4E-5

Таблица П2.1. Нормативные оценки показателей роста мальчиков школьного возраста, см

Возраст, лет	Уровень развития				
	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
7	122,3	124,8	127,3	129,8	132,4
8	122,4	127,2	132,5	137,8	143,0
9	125,5	131,3	137,1	142,9	148,7
10	134,0	140,4	146,7	153,0	159,4
11	133,8	142,3	150,7	159,1	167,6
12	139,9	147,3	154,8	162,3	169,7
13	143,8	152,6	161,3	170,0	178,8
14	153,9	161,1	168,3	175,5	182,7
15	162,8	168,9	175,1	181,2	187,4
16	165,9	172,4	178,9	185,4	191,9

Таблица П2.2. Нормативные оценки показателей роста девочек школьного возраста, см

Возраст, лет	Уровень развития				
	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
7	120,2	125,2	130,1	135,1	140,0
8	122,2	128,4	134,5	140,7	146,8
9	127,4	133,3	139,2	145,1	150,9
10	130,6	138,2	145,9	153,6	161,2
11	133,0	140,6	148,1	155,6	163,7
12	145,8	150,8	155,9	160,1	166,0
13	151,3	157,2	163,2	169,2	175,1
14	151,9	157,3	163,4	169,7	175,9
15	152,6	158,8	165,0	171,2	177,5
16	153,2	159,4	165,6	171,8	178,1

Таблица П2.3. Нормативные оценки показателей массы тела у мальчиков школьного возраста, кг

Возраст, лет	Уровень развития				
	низкий	ниже среднего	средний	выше среднего	высокий
7	18,68	21,14	23,6	26,06	28,52
8	21,64	25,27	28,9	32,53	36,16
9	23,32	27,01	30,7	34,39	38,08
10	23,34	30,2	37,1	44,1	50,9
11	25,62	33,21	40,8	48,39	55,98
12	33,46	37,78	42,1	46,42	50,74
13	29,7	39,9	50,1	60,3	70,5

Возраст, лет	Уровень развития				
	низкий	ниже среднего	средний	выше среднего	высокий
14	35,02	43,11	51,2	59,29	67,38
15	45,96	53,43	60,9	68,37	75,84
16	52,3	58,45	64,6	70,75	76,9

Таблица П2.4. Нормативные оценки показателей массы тела у девочек школьного возраста, кг

Возраст, лет	Уровень развития				
	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
7	15,56	19,68	23,8	27,92	32,04
8	15,72	21,95	28,9	35,85	42,8
9	22,26	26,03	29,8		37,34
10	21,72	29,21	36,7	33,57	51,68
11	26,1	32,45	38,9	44,19	51,8
12	29,24	35,77	42,3	45,35	55,36
13	39,24	43,83	48,4	48,83	57,56
14	43,6	48,2	52,6	52,98	61,4
15	42,04	49,67	57,3	57,1	72,56
16	46,66	52,33	58,0	64,93	69,34

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица ПЗ.1. Коэффициенты, принятые для расчета массинерционных характеристик сегментов тела относительно фронтальной и сагиттальной осей школьников 7—16 лет

Коэффициенты	Сегмент							
	Голова	Туловище	Плечо	Предплечье	Кисть	Бедро	Голень	Стопа
<i>7 лет</i>								
a ₀	-0,32	-1,722	0,037	-0,011	5,27E-3	0,301	0,1	-6,5E-3
a ₁	-7,7E-4	5,092E-3	-7,03E-5	9,741E-5	-9,6E-6	6,8E-3	1,7E-3	9,3E-5
a ₂	2,288E-3	0,015	-2,37E-4	7,8E-5	-3,3E-5	6,8E-3	-9,9E-4	5,5E-5
<i>8 лет</i>								
a ₀	-3,58E-4	-1,049	0,06	-6,95E-3	2,19E-3	-0,126	-0,073	-8,8E-3
a ₁	8,409E-4	9,975E-3	5,336E-4	1,027E-4	1,50E-4	7,8E-3	1,5E-3	1,5E-4
a ₂	2,276E-5	8,348E-3	4,149E-4	4,845E-5	-4,0E-5	5,5E-5	3,9E-4	6,1E-5
<i>9 лет</i>								
a ₀	4,955E-3	1,289	-0,143	-0,026	7,06E-4	-0,1	-0,061	-0,011
a ₁	1,218E-3	3,304E-3	-3,40E-3	-3,624E-4	2,72E-5	3,9E-3	7,4E-5	-8,2E-5
a ₂	-9,78E-5	0,011	1,891E-3	2,963E-4	-3,1E-6	7,5E-4	6,5E-4	1,3E-4
<i>10 лет</i>								
a ₀	0,083	-3,383	5,396E-3	0,043	-7,6E-3	0,043	0,024	-0,044
a ₁	9,734E-4	3,081E-3	1,116E-3	4,485E-4	-4,4E-5	7,71E3	1,2E-3	4,7E-5
a ₂	-5,9E-4	0,026	-2,21E-4	-3,746E-4	7,12E-5	-1,1E-3	-2,1E-4	3,3E-4
<i>11 лет</i>								
a ₀	-4,3E-5	-0,761	0,029	0,027	-2,8E-3	0,974	-0,263	-4,6E-3
a ₁	8,835E-4	0,014	-6,65E-6	-2,545E-4	7,6E-5	9,6E-3	4,Е-3	3,9E-4
a ₂	3,251E-7	5,75E-3	-8,75E-5	-7,035E-5	6,13E-6	5,2E-3	1,1E-3	-3,1E-5
<i>12 лет</i>								
a ₀	-3,22E-4	2,031	-0,014	0,039	1,716	9,5E-3	0,19	-9,7E-3
a ₁	9,563E-4	-6,745E-3	-1,54E-4	-3483E-5	4,45E-3	7,4E-6	2,1E-3	3,4E-4
a ₂	1,942E-6	-626E-3	2,468E-4	-2,038E-4	-0,011	-5,4E-5	-1,4E-3	1,5E-5
<i>13 лет</i>								
a ₀	0,148	3,55	0,232	0,027	0,032	-7,894	-0,267	0,035
a ₁	4,486E-4	3,288E-3	-3,177E-4	6,779E-5	-7,15E-5	0,033	2,21E-3	7,85E-5
a ₂	-7,66E-4	-0,017	-1,198E-3	-1,403E-3	-1,65E-4	0,041	1,37E-3	-1,7E-4
<i>14 лет</i>								
a ₀	-0,146	-0,632	0,079	0,091	9,522E-3	0,297	0,422	0,045
a ₁	-5,936E-4	0,039	3,505E-3	1,651E-3	7,022E-5	-0,027	-8,4E-3	3,156E-4
a ₂	1,345E-3	-159E-3	-1,392E-3	-9,937E-4	-6616E-5	0,012	5,516E-3	2,406E-4
<i>15 лет</i>								
a ₀	4,746E-3	-2,719	0,249	-0,035	-0,022	-2,72	0,218	-4,781E-3
a ₁	1,372E-3	0,025	4,182E-3	9,867E-5	-2,442E-4	-0,018	5,545E-3	4,721E-4
a ₂	1,507E-4	0,015	-2,68E-3	2,359E-4	2,252E-4	0,025	-2,628E-3	-5,954E-5
<i>16 лет</i>								
a ₀	-1,561E-4	1,122	-0,04	-0,013	-8,941E-3	-1,972	0,097	-0,015
a ₁	9,817E-4	0,098	1,933E-3	2,038E-3	-2,806E-4	0,049	5,269E-3	-3,653E-4
a ₂	1,231E-6	-0,032	-2,647E-4	-5918E-4	1,711E-4	-3,939E-3	-1,858E-3	2,981E-4

Таблица ПЗ.2. Коэффициенты, принятые для расчета массинерционных характеристик сегментов тела относительно фронтальной и сагиттальной осей школьников 7—16 лет

Коэффициенты	Сегмент							
	Голова	Туловище	Плечо	Предплечье	Кисть	Бедро	Голень	Стопа
<i>7 лет</i>								
a ₀	0,011	-0,905	4,157E-3	3,718E-3	4,307E-3	0,028	-0,061	-0,021
a ₁	7,992E-4	0,012	-9,977E-5	5,986E-5	-5,57E-6	2,874E-3	8,093E-4	2,88E-4
a ₂	7,244E-5	6,991E-3	3,605E-5	-2,371E-5	-2,745E-5	-1,771E-4	4,497E-4	1,336E-4
<i>8 лет</i>								
a ₀	5,97E-3	0,086	-0,014	-0,032	-2,835E-3	-0,535	0,246	6,928E-3
a ₁	6,422E-4	0,013	-2,946E-5	-4,103E-5	1,927E-5	-2,634E-3	2,693E-3	3,517E-4
a ₂	-3384E-5	-7,104E-4	1,724E-4	2,71E-4	2,387E-5	5,291E-3	-2,195E-3	-9,104E-5
<i>9 лет</i>								
a ₀	-9,028E-5	-0,3	-0,077	-0,012	2,614E-3	0,478	0,044	-0,015
a ₁	6,825E-4	0,014	-5,068E-4	-1,914E-4	6,4E-5	0,012	3,396E-3	2,009E-4
a ₂	8,964E-7	2,115E-3	7,531E-4	1,573E-4	-2,535E-5	-5,28E-3	-8,209E-4	1,01E-4
<i>10 лет</i>								
a ₀	-0,251	-6,537	-0,098	-0,031	-0,077	-3,645	-0,975	-0,191
a ₁	2,854E-3	0,077	1,461E-3	6,872E-4	6,901E-4	0,033	8,721E-3	1,992E-3
a ₂	1,172E-3	0,029	4,341E-4	8,047E-5	3,66E-4	0,018	4,808E-3	8,627E-4
<i>11 лет</i>								
a ₀	-6,069E-3	-1,833	-0,014	-0,962E-3	-9,53E-3	-0,526	-0,223	-0,01
a ₁	1,078E-3	8,448E-3	3,615E-4	5,062E-4	1,128E-4	8,785E-4	1,117E-3	4,914E-4
a ₂	1,364E-4	0,015	1,227E-4	7,749E-5	4,521E-5	4,678E-3	1,564E-3	1,145E-4
<i>12 лет</i>								
a ₀	8,935E-3	-1,518	-0,019	-0,02	-1,244E-3	-0,296	-0,334	-0,017
a ₁	5,116E-4	0,012	1,615E-4	4,204E-4	1,336E-4	0,026	9,069E-3	5,638E-4
a ₂	8,654E-5	0,013	2,041E-4	6,203E-5	2,619E-5	1,502E-3	6,383E-5	9,72E-6
<i>13 лет</i>								
a ₀	0,03	-2,669	-0,061	-0,012	0,015	-0,13	-0,143	-0,021
a ₁	1,828E-4	0,058	6,668E-4	4,256E-4	1,364E-5	-3,414E-3	1,437E-3	4,58E-4
a ₂	2,962E-4	5,786E-3	3,206E-4	1,097E-5	9,994E-5	3,521E-3	9,323E-4	5,175E-5
<i>14 лет</i>								
a ₀	-0,026	-1,939	-0,039	-0,183	-1,505E-3	-0,967	-0,782	-0,022
a ₁	3,79E-4	0,011	1,172E-3	3,098E-4	6,281E-5	0,012	1,43E-4	2,466E-5
a ₂	2,163E-4	0,016	2,035E-5	1,084E-3	3,719E-6	4,041E-3	5,282E-3	1,869E-4
<i>15 лет</i>								
a ₀	0,418	-13,117	-0,605	-0,462	-0,04	-2,492	-0,293	-0,114
a ₁	3,582E-3	0,09	3,057E-3	2,51E-3	3,117E-4	0,033	9,068E-4	5,424E-4
a ₂	1,49E-3	0,057	2,788E-3	1,999E-3	1,489E-4	5,931E-3	3,122E-3	5,674E-4
<i>16 лет</i>								
a ₀	0,023	-2,464	-0,019	-0,076	-9,039E-3	-0,895	-0,463	-0,042
a ₁	4,475E-4	0,031	5,81E-4	1,304E-4	7,727E-5	5,379E-3	1,276E-3	1,712E-4
a ₂	1,943E-4	0,013	9,719E-5	4,886E-4	4,118E-5	5,828E-3	2,983E-3	2,556E-4

Таблица ПЗ.3. Коэффициенты, принятые для расчета масс-инерционных характеристик сегментов тела относительно вертикальной оси школьников 7—16 лет

Коэффициенты	Сегмент							
	Голова	Туловище	Плечо	Пред-плечье	Кисть	Бедро	Голень	Стопа
<i>7 лет</i>								
a ₀	-0,012	-1,273E-3	-4,063E-3	-2,277E-3	1,067E-5	-0,082	-0,014	2,787E-3
a ₁	3,392E-4	3,03E-3	-1,369E-5	-7,805 E-6	6,296E-7	-7,457E-5	-2,264E-5	2,275E-5
a ₂	9,022E-5	-1,818E-4	3,606E-5	2,012E-5	-1,133E-7	6,963 E-4	1,167E-4	-2,37E-5
<i>8 лет</i>								
a ₀	5,027E-4	-0,024	2,281E-5	2,051E-4	-3,549E-5	-1,855E-3	1,231E-3	-2,793E-4
a ₁	3,602E-4	2,341E-3	1,821E-5	5,253E-6	5,535E-7	2,77E-4	1,456E-5	1,986E-5
a ₂	1,605E-5	1,57E-4	-1,431E-6	-1,42E-6	2,839E-7	6,716E-6	1,388E-5	1,913E-6
<i>9 лет</i>								
a ₀	-0,018	-5,72E-3	-1,183E-3	5,33E-4	4,121E-5	-1,365E-4	-6,264E-3	-3,75E-4
a ₁	-8,423E-7	3,281E-3	-1,148E-6	1,849E-5	1,593E-6	4,941E-4	-6,709E-5	5,797E-6
a ₂	2,069E-4	-1,168E-4	1,229E-5	-6,391E-6	-5,288E-7	-5,21E-5	6,981E-5	5,951E-6
<i>10 лет</i>								
a ₀	-0,094	-0,255	-2,482E-3	-3,072E-3	6,381E-5	-0,043	-2,55E-3	3,971E-3
a ₁	-3,449E-4	4,328E-3	1,633E-5	-1,466E-7	-2,689E-7	8,379E-4	8,793E-5	7,29E-5
a ₂	7,992E-4	1,343E-3	1,717E-5	2,306E-5	-2,442E-7	1,676E-4	5,909E-6	-3,971E-5
<i>11 лет</i>								
a ₀	1,12E-3	0,08	-2,586E-3	-8,523E-4	-1,509E-6	-3,442E-3	3,009E-3	-1,285E-3
a ₁	1,164E-5	4,487E-3	2,984E-5	5,984E-6	6,589E-8	1,054E-3	-4,507E-5	3,862E-6
a ₂	6,509E-5	-9,609E-4	1,367E-5	6,447E-6	1,205E-7	-1,629E-4	6,696E-6	1,374E-5
<i>12 лет</i>								
a ₀	-7,463E-3	0,231	-1,409E-3	2,74E-3	7,97E-5	-0,088	-6,22E-3	-3,896E-3
a ₁	2E-4	2E-3	2,057E-5	7,886E-6	6,207E-7	4,286E-4	7,714E-5	3,896E-5
a ₂	6,875E-5	-1,188E-3	8,92E-6	-1,733E-5	-5,283E-7	5,491E-4	3,384E-5	2,079E-5
<i>13 лет</i>								
a ₀	-0,098	-2,559	-7,643E-3	-7,398E-3	3,029E-6	0,185	0,011	0,018
a ₁	6,703E-4	0,019	9,617E-5	5,73E-5	1,061E-7	6,264E-4	1,978E-7	-6,794E-5
a ₂	4,725E-4	0,011	2,389E-5	3,107E-5	1E-7	-1,198E-3	-5,248E-5	-8,317E-5
<i>14 лет</i>								
a ₀	0,04	0,302	4,36E-3	1E-3	-1,616E-5	-0,061	-0,011	-2,959E-3
a ₁	5,601E-4	0,012	7,052E-5	-8,757E-6	2,235E-7	1,823E-3	-2,405E-4	-1,122E-4
a ₂	-3,334E-4	-4,426E-3	-4,027E-5	3,118E-8	1,785E-7	-1,859E-4	1,571E-4	5,934E-5
<i>15 лет</i>								
a ₀	0,014	-0,326	1,517E-3	-1,085E-3	4,074E-5	4,573E-3	-0,024	-0,028
a ₁	2,947E-4	4,132E-3	2,986E-5	1,617E-5	3,517E-7	1,06E-3	-2,764E-4	-1,506E-4
a ₂	-1,023E-4	1,802E-3	-1,037E-5	4,634E-6	-2,122E-7	-2,292E-4	2,549E-4	2,182E-4
<i>16 лет</i>								
a ₀	-0,036	-0,084	3,635E-3	4,347E-4	1,268E-6	-0,056	0,017	3,827E-4
a ₁	-1,957E-4	-0,014	-4,199E-5	-8,12E-6	-3,551E-7	8,768E-4	1,742E-4	7,245E-5
a ₂	3,478E-4	7,043E-3	3,913E-6	4,843E-6	2,609E-7	-2,174E-5	-1,345E-4	-2,139E-5

Таблица ПЗ.4. Коэффициенты, принятые для расчета масс-инерционных характеристик сегментов тела относительно вертикальной оси школьниц 7—16 лет

Коэффициенты	Сегмент							
	Голова	Туловище	Плечо	Пред-плечье	Кисть	Бедро	Голень	Стопа
<i>7 лет</i>								
a ₀	-7,48E-4	-0,046	-1,19E-4	-2,817E-4	-3,846E-5	-2,509E-3	7,476E-5	-1,042E-4
a ₁	1,7E-4	1,303E-3	1,896E-5	1,036E-5	4,84E-7	2,374E-4	6,348E-6	8,034E-6
a ₂	2,098E-5	4,774E-4	-5,903E-7	1,394E-6	4,132E-7	1,015E-5	4,761E-6	2,957E-7
<i>8 лет</i>								
a ₀	-1,099E-3	-0,472	-6,661E-3	-3,978E-3	3,109E-4	-0,185	-0,032	-2,554E-4
a ₁	1,972E-4	2,143E-3	-9,5E-7	-5,029E-6	4,75E-6	-6,62E-4	-1,36E-4	3,456E-6
a ₂	1,876E-5	3,571E-3	5,313E-5	3,253E-5	-3,043E-6	1,567E-3	2,735E-4	2,421E-6
<i>9 лет</i>								
a ₀	2,738E-3	-0,201	-2,944E-3	-1,518E-3	-3,307E-5	-0,054	-7,5E-3	1,422E-6
a ₁	2,139E-4	2,418E-3	-2,34E-6	-4,33E-6	3,748E-6	-5,344E-4	-1,027E-4	4,004E-6
a ₂	-1,444E-5	1,43E-3	2,509E-5	1,371E-5	-2,764E-7	5,522E-4	8,483E-5	3,79E-7
<i>10 лет</i>								
a ₀	-0,023	1,025	8,628E-3	5,568E-3	1,052E-4	0,508	0,026	1,851E-3
a ₁	4,872E-4	-1,662E-3	-1,392E-5	-1,127E-5	5,961E-7	-3,803E-3	-1,696E-4	-8,242E-6
a ₂	9,586E-5	-5,923E-3	-5,109E-5	-3,266E-5	-5,019E-7	-2,446E-3	-1,251E-4	-9,118E-6
<i>11 лет</i>								
a ₀	-8,721E-4	-0,431	-3,598E-3	-5,834E-4	-7,972E-5	0,015	-6,754E-3	-5,113E-4
a ₁	1,291E-4	9,358E-3	3,547E-5	1,677E-5	1,353E-6	2,664E-4	4,259E-5	2,433E-7
a ₂	3,731E-5	1,221E-3	1,97E-5	2,417E-6	5,885E-7	-8,297E-5	5,001E-5	4,914E-6
<i>12 лет</i>								
a ₀	2,251E-5	2,429E-3	-2,038E-3	4,879E-4	-2,015E-6	-1,631E-3	5,009E-4	-1,938E-4
a ₁	2,224E-4	7,143E-4	-9,385E-5	1,114E-6	2,988E-6	-4,405E-4	3,718E-4	9,607E-6
a ₂	-6,796E-8	7,143E-4	4,34E-5	-8,571E-8	-3,805E-7	2,262E-4	-8,732E-5	2,95E-7
<i>13 лет</i>								
a ₀	-1,28E-3	0,025	6,931E-4	-1,321E-3	9,369E-5	0,037	6,217E-4	2,647E-4
a ₁	6,877E-5	0,019	5,173E-5	1,788E-5	3,368E-6	2,173E-3	3,2E-4	1,06E-5
a ₂	4,505E-5	-4,76E-3	-1,377E-5	6,505E-6	-1,045E-6	-7,467E-4	-7,935E-5	-2,936E-6
<i>14 лет</i>								
a ₀	7,11E-3	-0,038	5,434E-3	6,311E-4	-1,535E-4	-7,506E-3	-7,072E-6	-6,69E-4
a ₁	1,14E-4	5,687E-3	1,262E-4	3,949E-5	3,126E-6	2,651E-4	6,918E-5	-6,343E-6
a ₂	-1,945E-5	-2,048E-4	-6,729E-5	-1,264E-5	5,288E-7	9,639E-5	1,566E-5	8,12E-6
<i>15 лет</i>								
a ₀	0,019	-9,853	-0,041	-0,02	-4,02E-4	0,166	0,021	-5,141E-4
a ₁	1,961E-4	0,05	2,147E-4	1,058E-4	2,479E-6	-5,882E-4	-1,167E-4	-1,669E-7
a ₂	-1,176E-4	0,044	1,802E-4	8,913E-5	2,16E-6	-6,471E-4	-6E-5	5,288E-6
<i>16 лет</i>								
a ₀	-0,015	-0,37	3,682E-3	5,643E-3	6,446E-4	0,028	0,01	1,041E-3
a ₁	4,975E-5	0,013	8,993E-5	6,844E-5	8,933E-6	1,029E-3	3,211E-4	1,197E-5
a ₂	1,569E-4	-5,872E-4	-4,527E-5	-5,322E-5	-6,41E-6	-3,586E-4	-1,461E-4	-8,324E-6

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Линейные уравнения множественной регрессии для определения мышечного тонуса ряда скелетных мышц по показателям геометрии масс тела школьников:

7 лет

Девочки

Трапециевидная мышца	$F = -497,827 - 0,797386a_1 + 22,2639a_2 + 6,66104a_3 + 7,20694a_4 - 1,87574a_5 + 13,2791a_6 - 2,51024L_1 + 2,25575L_2 + 3,58559L_3$
Мышца разгибатель спины	$F = -405,865 + 0,215434a_1 + 16,8432a_2 + 8,00572a_3 + 3,33105a_4 - 0,01661132a_5 + 8,68569a_6 - 0,979131L_1 + 1,72058L_2 + 2,33705L_3$
Большая ягодичная мышца	$F = 187,824 - 0,181666a_1 - 2,18594a_2 - 1,61109a_3 - 1,88559a_4 + 0,61011a_5 - 2,21094a_6 + 0,110215L_1 - 0,23751L_2 - 0,604448L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$F = -33,5993 + 1,78779a_4 - 0,50548a_5 + 1,1712a_6 - 0,423188L_1 + 0,524456L_2$
Икроножная мышца	$F = 400,332 - 0,853466a_1 - 4,59834a_2 - 5,14272a_3 - 4,58543a_4 + 1,45338a_5 - 0,0224818a_6 - 0,144497L_1 + 0,465925L_2 - 1,31295L_3$

Мальчики

Трапециевидная мышца	$F = -58,0144 + 0,665057a_1 + 3,40538a_2 + 1,4,6068a_3 - 0,120916a_4 - 0,642912a_5 + 3,67373a_6 - 2,09244L_1 - 0,715461L_2 + 3,99035L_3$
Мышца разгибатель спины	$F = -808,023 + 6,44526a_1 + 12,4127a_2 + 25,5449a_3 + 6,6983104a_4 - 0,843094a_5 + 8,98293a_6 - 6,79909L_1 - 0,526819L_2 + 6,67867L_3$
Большая ягодичная мышца	$F = 713,33 - 4,3695a_1 - 1,38608a_2 - 20,0838a_3 - 4,14269a_4 - 0,164994a_5 - 8,69231a_6 + 5,72042L_1 + 0,451304L_2 - 5,86394L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$F = -488,444 + 2,52592a_1 - 0,000916147a_2 + 0,264022a_3 + 3,85607a_4 + 2,2751a_5 + 3,75981a_6 - 2,14812L_1 + 1,09773L_2 + 0,0172596L_3$
Икроножная мышца	$F = -564,281 + 2,3598a_1 + 22,0762a_2 + 19,9123a_3 + 5,85603a_4 - 1,41478a_5 + 3,76734a_6 - 3,4029L_1 + 1,17768L_2 + 1,50212L_3$

8 лет

Девочки

Трапециевидная мышца	$F = -879,255 + 0,144499a_1 + 21,35a_2 + 26,2601a_3 + 12,8143a_4 - 2,96379a_5 + 5,9558a_6 + 3,89578L_1 - 7,15878L_2 + 2,17846L_3$
Мышца разгибатель спины	$F = 419,744 - 0,42246a_1 - 7,76147a_2 - 8,90528a_3 - 2,941470a_4 - 0,125247a_5 - 0,81985a_6 - 1,83604L_1 + 1,66336L_2 - 0,224869L_3$
Большая ягодичная мышца	$F = 704,296 - 2,01277a_1 - 18,722a_2 - 23,1199a_3 - 5,43419a_4 + 1,24043a_5 + 1,2829736 - 1,08833L_1 + 1,7113L_2 + 0,475821L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$F = 1200,5 - 2,42762a_1 - 37,4487a_2 - 42,6869a_3 - 10,5281a_4 + 3,07931a_5 - 1,45636a_6 - 2,99289L_1 + 4,24325L_2 - 0,838924L_3$
Икроножная мышца	$F = -134,153 - 0,244398a_1 + 7,04276a_2 + 1,60546a_3 + 6,44491a_4 - 2,18829a_5 + 1,57208a_6 - 0,895078L_1 - 3,10653L_2 + 1,66021L_3$

Мальчики

Трзпещиевидная мышца	$F = 344,036 - 0,97923a_1 - 0,116104a_2 + 1,45864a_3 - 2,0479a_4 - 1,18042a_5 + 1,93908a_6 + 1,33491L_1 - 0,583263L_2 - 1,11214L_3$
Мышца разгибатель спины	$F = 242,437 - 0,333271a_1 + 1,558872a_2 + 3,03063a_3 - 1,89973a_4 - 0,601718a_5 + 1,04823a_6 + 0,481254L_1 - 0,798439L_2 - 0,0855344L_3$
Большая ягодичная мышца	$F = 80,5682 - 0,0445559a_1 + 0,113294a_2 - 0,363184a_3 - 0,255647a_4 + 0,185001a_5 - 0,173238a_6 - 0,130433L_1 - 0,0950648L_2 - 0,261867L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$F = 327,414 - 0,161836a_1 + 3,79158a_2 + 7,19906a_3 - 2,88684a_4 - 1,7 + 1,68316a_6 + 0,187547L_1 + 0,028624L_2 + 0,802386L_3$
Икроножная мышца	$F = 653,761 - 0,0775425a_1 + 10,8503a_2 + 12,3277a_3 - 5,53143a_4 - 3,58918a_5 - 0,356299a_6 + 1,28576L_1 - 1,3456L_2 + 1,31734L_3$

9 лет

Девочки

Трапециевидная мышца	$F = 392,807 + 0,22078a_1 - 6,59857a_2 - 5,47171a_3 - 2,53996a_4 - 0,494681a_5 - 1,21481a_6 - 1,01674L_1 + 0,589219L_2 + 0,2258L_3$
Мышца разгибатель спины	$F = 426,537 + 1,55345a_1 - 14,0693a_2 - 10,671a_3 - 3,4497834 + 0,0912493a_5 - 1,3672a_6 - 2,00602L_1 + 1,4808L_2 + 0,517708L_3$
Большая ягодичная мышца	$F = 200,619 - 0,269305a_1 - 10,1394a_2 - 10,2713a_3 - 0,967285a_4 + 1,34247a_5 + 1,42789a_6 + 1,23233L_1 - 1,49578L_2 + 0,202948L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$F = -49,6708 - 0,812273a_1 + 6,63704a_2 + 4,07033a_3 + 0,96043a_4 + 0,12456a_5 + 1,54108a_6 + 0,30814L_1 - 0,351908L_2 - 0,180695L_3$
Икроножная мышца	$F = 130,583 + 0,0444384a_1 - 6,65847a_2 + 0,995397a_3 - 1,29537 + 1,00023a_5 - 1,89103a_6 + 0,873049L_1 - 0,816352L_2 - 0,417245L_3$

Мальчики

Трапециевидная мышца	$F = -244,583 - 1,60097a_1 - 0,67882a_2 - 6,70352a_3 + 3,90208a_4 + 0,765234a_5 + 1,68627a_6 - 0,0719845L_1 + 3,06279L_2 - 2,61391L_3$
Мышца разгибатель спины	$F = -561,459 + 1,26209a_1 + 10,4449a_2 + 5,32901a_3 + 2,07706a_4 + 4,23603a_5 - 1,33227a_6 - 1,17402L_1 + 0,445583L_2 - 0,837264L_3$
Большая ягодичная мышца	$F = -580,413 + 0,915468a_1 + 10,6921a_2 - 9,77126a_3 + 6,32363a_4 + 1,77986a_5 - 4,60893a_6 - 0,99187L_1 + 5,62387L_2 - 6,71334L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$F = -515,972 - 7,49264a_1 - 10,7295a_2 + 0,661343a_3 + 7,08977a_4 - 0,212788a_5 + 11,832a_6 + 0,593424L_1 + 5,15959L_2 + 0,193928L_3$
Икроножная мышца	$F = -1345,08 - 6,21183a_1 - 1,71612a_2 + 1,17903a_3 + 1,34483a_4 + 3,11892a_5 + 12,2185a_6 - 2,60199L_1 + 7,18077L_2 - 1,47389L_3$

10 лет

Девочки

Трапециевидная мышца	$F = -80,498 - 1,63623a_1 - 4,51087a_2 - 6,75807a_3 - 1,09331a_4 + 5,46942a_5 - 0,975209a_6 + 2,09427L_1 - 4,26715L_2 + 2,06223L_3$
----------------------	---

Мышца разги- батель спины	$F = -674,322 + 1,05879a_1 - 11,5489a_2 - 20,4916a_3 + 4,71266434 +$ $+ 12,1545a_5 - 3,28758a_6 - 0,294077 L_1 - 11,3846 L_2 + 4,14002 L_3$
Большая ягодич- ная мышца	$F = 766,253 + 0,040446a_1 + 18,164a_2 + 28,1285a_3 - 8,99027a_4 - 9,47576a_5 +$ $+ 10,1872a_6 + 2,88055 L_1 + 8,18142 L_2 - 1,1006 L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$F = -81,0436 - 0,62461a_1 + 0,0446326a_2 + 2,03916a_3 - 0,971787a_4 +$ $+ 2,45119a_5 + 0,753995a_6 + 2,01324 L_1 - 1,40267 L_2 + 1,02985 L_3$
Икроножная мышца	$F = -1385,88 - 0,354597a_1 - 28,5782a_2 - 39,0887a_3 + 11,6616a_4 +$ $+ 21,2963a_5 - 11,678 a_6 - 1,35326 L_1 - 17,6373 L_2 + 4,85327 L_3$

Мальчики

Трапециевидная мышца	$F = 790,78 - 0,612826a_1 + 3,64818a_2 - 4,665451a_3 - 0,9733630a_4 -$ $- 5,92372a_5 - 19,5324a_6 - 1,53477 L_1 - 3,67431 L_2 + 7,29038 L_3$
Мышца разги- батель спины	$F = -503,595 + 0,386189a_1 + 3,17113a_2 + 9,90487a_3 - 3,44978a_4 +$ $+ 5,07573a_5 + 18,9945a_6 + 1,89448 L_1 + 1,78938 L_2 - 6,15839 L_3$
Большая ягодич- ная мышца	$F = 2291,8 - 2,73731a_1 - 4,75391a_2 - 20,4133a_3 - 9,31905a_4 - 12,982a_5 -$ $- 93,2553a_6 - 5,51143 L_1 - 11,6559 L_2 + 28,1964 L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$F = 1121,55 - 0,0661446a_1 - 2,00554a_2 - 9,221163a_3 - 3,1934a_4 - 6,99454 a_5 -$ $- 40,429a_6 - 2,96076 L_1 - 5,79313 L_2 + 12,8162 L_3$
Икроножная мышца	$F = 1342,83 - 0,304894a_1 + 0,351098a_2 - 12,0081a_3 - 1,68731a_4$ $- 10,3254a_5 - 41,5232a_6 - 2,61406 L_1 - 6,41895 L_2 + 13,8338 L_3$

11 лет

Девочки

Трапециевидная мышца	$F = 76,9786 - 0,470754a_1 - 1,18366a_2 + 0,710453a_3 + 2,12765a_4 - 1,64652a_5 +$ $+ 6,23229a_6 + 0,480341 L_1 - 0,552172 L_2 + 0,318745 L_3$
Мышца разги- батель спины	$F = 62,3994 - 5,37577a_1 + 12,2137a_2 + 10,1538a_3 + 7,36824a_4 - 7,41477a_5 +$ $+ 21,1041a_6 + 4,94751 L_1 - 1,18481 L_2 - 0,195751 L_3$
Большая ягодич- ная мышца	$F = 172,691 + 0,495458a_1 - 3,45781a_2 - 3,61573a_3 - 3,39975a_4 + 2,06208a_5 -$ $- 4,4009636 - 0,0888024 L_1 + 0,44035 L_2 - 0,577517 L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$F = -41,2467 + 0,913454a_1 + 6,80887a_2 + 1,51992a_3 + 0,753097a_4 -$ $- 0,0919251a_5 + 0,972093a_6 + 0,560078 L_1 - 0,139862 L_2 - 0,0367968 L_3$
Икроножная мышца	$F = 38,6065 + 0,347659a_1 + 3,37143a_2 + 1,38764a_3 - 0,0117155a_4 +$ $+ 0,217489a_5 + 0,52018a_6 - 0,0645815 L_1 + 0,317852 L_2 - 0,381851 L_3$

Мальчики

Трапециевидная мышца	$F = 131,887 + 0,198901a_1 + 2,29919a_2 + 4,39185a_3 - 1,54747a_4 -$ $- 0,103801a_5 - 5,08719a_6 - 0,553837 L_1 + 0,208141 L_2 + 1,06645 L_3$
Мышца разги- батель спины	$F = 171,841 - 0,291943a_1 - 4,92704a_2 - 0,572955a_3 - 1,37488a_4 +$ $+ 0,00577766a_5 + 0,00142633a_6 + 1,80263 L_1 - 0,432397 L_2 - 0,22913 L_3$
Большая ягодич- ная мышца	$F = 225,937 + 0,39143a_1 + 0,344314a_2 + 2,35644a_3 - 3,02771a_4 +$ $+ 0,633866a_5 - 3,99089a_6 + 0,0467609 L_1 - 0,964888 L_2 + 0,992958 L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$F = 298,902 - 0,535482a_1 - 3,96113a_2 - 1,93144a_3 - 2,09529a_4 - 0,395179a_5 +$ $+ 0,686493a_6 - 0,823803 L_1 + 0,622201 L_2 + 0,215748 L_3$

Икроножная мышца	$F = 195,499 - 1,49103a_1 - 1,26556a_2 - 7,38134a_3 - 0,74529634 + 0,935837a_5 -$ $- 0,304204a_6 + 0,363195 L_1 + 0,041866 L_2 - 0,355555 L_3$
---------------------	---

12 лет

Девочки

Трапециевидная мышца	$F = -366,623 + 0,139098a_1 + 0,818178a_2 - 8,19408a_3 + 10,242804a_4 -$ $- 3,5948435 + 2,57589a_6 - 3,01681 L_1 + 4,39539 L_2 - 0,910123 L_3$
Мышца разги- батель спины	$F = -301,632 + 0,468475a_1 - 7,40655a_2 - 14,8969a_3 + 10,887a_4 - 4,64339a_5 +$ $+ 14,532a_6 - 2,47836 L_1 + 4,27749 L_2 - 0,508223 L_3$
Большая ягодич- ная мышца	$F = -130,905 + 0,147436a_1 + 4,11348a_2 - 2,21229a_3 + 4,52163a_4 -$ $- 1,64211a_5 + 3,65466a_6 - 2,55701 L_1 + 1,6517 L_2 + 0,385287 L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$F = 168,264 + 0,473297a_1 - 3,12123a_2 - 0,64504a_3 - 1,09528a_4 +$ $+ 0,0511259a_5 + 1,34973a_6 + 0,164241 L_1 - 0,332205 L_2 + 0,0250292 L_3$
Икроножная мышца	$F = 22,139 + 1,36965a_1 - 5,43173a_2 - 3,98003a_3 + 3,69912a_4 - 2,10411a_5 +$ $+ 9,61193a_6 + 0,269296 L_1 - 0,760055 L_2 + 0,251196 L_3$

Мальчики

Трапециевидная мышца	$F = -1474,02 + 1,88168a_1 - 13,973a_2 + 2,3156a_3 + 8,6486434 + 8,06496a_5 +$ $+ 20,548a_6 + 0,516717 L_1 + 2,82691 L_2 - 3,86106 L_3$
Мышца разги- батель спины	$F = 2808,4 - 5,33423a_1 - 16,5105a_2 - 5,977a_3 - 12,3254a_4 - 17,3728a_5 -$ $- 10,7598a_6 + 0,641178 L_1 - 0,858216 L_2 + 2,07165 L_3$
Большая ягодич- ная мышца	$F = 1710,44 - 4,5801a_1 - 4,39587a_2 - 5,64914a_3 - 10,7079a_4 - 7,24697a_5 -$ $- 23,672a_6 - 1,43814 L_1 + 1,08154 L_2 + 2,04806 L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$F = -1421,03 + 0,427975a_1 - 5,0956a_2 + 7,45776a_3 + 6,02835a_4 + 8,8485a_5 +$ $+ 9,28564a_6 + 0,200412 L_1 + 3,17431 L_2 - 62093 L_3$
Икроножная мышца	$F = 138,786 + 1,69062a_1 - 2,408317a_2 - 0,363999a_3 + 4,26106a_4 - 4,7388a_5 +$ $+ 13,445a_6 + 0,776203 L_1 + 0,0793675 L_2 - 1,13001 L_3$

13 лет

Девочки

Трапециевидная мышца	$F = -4160,37 + 38,6763a_1 + 124,747a_2 + 33,8585a_3 + 8,66731a_4 +$ $+ 38,0455a_5 + 143,4356a_6 + 63,5471 L_1 - 29,1576 L_2 - 51,6865 L_3$
Мышца разги- батель спины	$F = -6853,63 + 60,2776a_1 + 195,666a_2 + 47,5966a_3 + 17,0678a_4 +$ $+ 60,2254a_5 + 217,466a_6 + 96,1052 L_1 - 45,024 L_2 - 77,8729 L_3$
Большая ягодич- ная мышца	$F = 2446,94 - 20,2357a_1 - 61,8576a_2 - 8,17407a_3 - 8,51865a_4 - 19,0954a_5 -$ $- 72,3462a_6 - 28,9878 L_1 + 13,1033 L_2 + 25,2736 L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$F = 4473,03 - 40,7946a_1 - 121,238a_2 - 23,9844a_3 - 9,5997a_4 - 40,0513a_5 -$ $+ 150,095a_6 - 64,5473 L_1 + 29,4546 L_2 + 53,2387 L_3$
Икроножная мышца	$F = -4165,02 + 32,886a_1 + 108,626a_2 + 9,68845a_3 + 17,2618a_4 +$ $+ 33,6858a_5 + 117,65 a_6 + 49,9509 L_1 - 24,528 L_2 - 40,6383 L_3$

Мальчики

Трапециевидная мышца	$p = 2,83091 + 0,194837a_1 - 2,02215a_2 - 0,28753a_3 - 0,31224a_4 + 1,13342a_5 + 1,16546a_6 + 0,256634 L_1 - 0,309299 L_2 + 0,33721 L_3$
Мышца разгибатель спины	$p = -253,587 + 1,78627a_1 - 3,40218a_2 - 5,0436a_3 + 1,38415a_4 + 2,67389a_5 + 2,60409a_6 + 2,17511 L_1 - 1,54079 L_2 + 0,377905 L_3$
Большая ягодичная мышца	$F = -519,809 + 2,52484a_1 - 6,83185a_2 - 6,82453a_3 + 2,29274a_4 + 4,84392a_5 + 5,23943a_6 + 3,62044 L_1 - 2,57704 L_2 + 0,808248 L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$p = -202,468 + 1,47126a_1 - 3,93127a_2 - 1,10224a_3 + 0,442993a_4 + 3,117356a_5 - 0,718877a_6 + 0,621873 L_1 - 1,17528 L_2 + 0,317163 L_3$
Икроножная мышца	$p = 721,963 - 1,89946a_1 + 1,94013a_2 + 3,09868a_3 - 1,83123a_4 - 5,38119a_5 - 3,45879036 - 3,68954 L_1 + 1,89032 L_2 - 0,006726 L_3$

14 лет

Девочки

Трапециевидная мышца	$F = 71,9861 - 1,17185a_1 - 0,16019a_2 - 2,48809a_3 - 1,30128a_4 + 1,362091a_5 - 0,485815a_6 + 0,3865286 L_1 + 0,432376 L_2 + 0,258472 L_3$
Мышца разгибатель спины	$p = -12,2819 + 4,37781a_1 + 41,9031a_2 + 54,12221a_3 - 2,13858a_4 - 6,21573a_5 + 3,48315a_6 - 5,1417 L_1 + 0,656275 L_2 + 2,1065 L_3$
Большая ягодичная мышца	$p = 227,576 + 1,95049a_1 + 11,0891a_2 + 17,2653a_3 - 2,66257a_4 - 2,89701a_5 + 6,76134 a_6 - 185249 L_1 + 1,45389 L_2 - 0,797962 L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$p = 539,583 - 1,23993a_1 - 18,7094a_2 - 15,2225a_3 - 1,88902a_4 - 1,26306a_5 + 0,291903a_6 - 0,437733 L_1 + 2,06268 L_2 - 1,67623 L_3$
Икроножная мышца	$F = -409,623 + 15,273a_1 + 89,8602a_2 + 100,412a_3 - 7,07316a_4 - 5,83662a_5 + 32,5844a_6 - 6,25467 L_1 - 1,88543 L_2 + 0,927124 L_3$

Мальчики

Трапециевидная мышца	$p = 491,874 - 0,51041a_1 - 23,1943a_2 - 7,61391a_3 - 7,40419a_4 + 2,71347a_5 - 1,64107a_6 + 0,8161 L_1 + 0,701597 L_2 - 0,546292 L_3$
Мышца разгибатель спины	$p = 42,9565 + 0,216705a_1 + 2,26201a_2 + 1,31289a_3 + 0,832912a_4 - 0,668764a_5 - 3,14076a_6 - 0,497484 L_1 + 0,122151 L_2 + 0,492163 L_3$
Большая ягодичная мышца	$p = -343,157 - 0,634459a_1 - 7,55665a_2 - 1,44482a_3 + 0,122906a_4 + 4,55624a_5 + 3,80004a_6 + 1,11194 L_1 + 0,297969 L_2 - 0,822154 L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$p = 61,7036 + 0,801085a_1 + 2,24244a_2 - 4,03203a_3 + 3,32722a_4 - 2,6128a_5 - 8,93668a_6 - 0,956379 L_1 + 0,880969 L_2 + 0,863051 L_3$
Икроножная мышца	$p = -25,276 + 0,535783a_1 + 2,01566a_2 - 4,72596a_3 + 3,421a_4 - 1,95299a_5 + 9,536940a_6 - 0,78103 L_1 + 1,6826 L_2 + 0,677879 L_3$

15 лет

Девочки

Трапециевидная мышца	$p = 289,413 - 7,30646a_1 - 81,3836a_2 + 42,1892a_3 + 0,587903a_4 + 1,31339a_5 - 34,1608a_6 - 3,89045 L_1 - 8,6401 L_2 + 8,96378 L_3$
----------------------	---

Мышца разгибатель спины	$F = 201,664 - 3,89171a_1 - 25,1443a_2 + 31,9035a_3 - 1,9905a_4 + 0,806009a_5 - 14,150906a_6 + 1,67146 L_1 - 6,15551 L_2 + 3,57086 L_3$
Большая ягодичная мышца	$F = 761,507 - 8,18988a_1 - 101,307a_2 + 54,9094a_3 - 4,84975a_4 + 0,915404 a_5 - 42,4339 a_6 - 5,88762 L_1 - 10,71 L_2 + 11,5365 L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$F = 322,607 - 3,59129a_1 - 38,5829a_2 + 29,0642a_3 - 1,85517a_4 + 0,0993263a_5 - 14,5576 a_6 - 0,109405 L_1 - 5,45408 L_2 + 3,94097 L_3$
Икроножная мышца	$F = 995,385 - 13,9149a_1 - 160,015a_2 + 98,0359a_3 - 5,984234 + 1,47341a_5 - 71,5982a_6 - 8,61372 L_1 - 18,2154 L_2 + 19,3493 L_3$

Мальчики

Мальчики

Трапециевидная мышца	$F = 189,009 - 1,75675a_1 - 0,276293a_2 - 3,46172a_3 + 0,180578a_4 - 0,214667a_5 - 4,92592a_6 + 0,140212 L_1 + 0,35589 L_2 - 0,396113 L_3$
Мышца разгибатель спины	$F = -443,909 + 3,41378a_1 + 17,7253a_2 + 29,088a_3 - 1,22213a_4 + 0,263484a_5 + 7,9889736 - 0,104124 L_1 + 1,4378 L_2 - 0,462036 L_3$
Большая ягодичная мышца	$F = 59,2945 - 0,574778a_1 + 3,41197a_2 + 8,71337a_3 - 3,5905434 + 0,917138a_5 - 6,35449a_6 - 0,619594 L_1 + 1,93453 L_2 - 0,21916 L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$F = -151,36 + 3,81375a_1 + 13,2937a_2 + 47,424a_3 - 13,8587a_4 + 2,91089a_5 + 4,052a_6 - 0,604073 L_1 + 3,50692 L_2 + 0,644612 L_3$
Икроножная мышца	$F = -182,844 + 8,21948a_1 + 14,718a_2 + 11,1268a_3 + 7,5147a_4 - 6,69578a_5 + 35,0818a_6 + 0,140974 L_1 + 0,451547 L_2 - 4,28668 L_3$

16 лет

Девочки

Трапециевидная мышца	$F = -879,255 + 0,144499a_1 + 21,35a_2 + 26,2601a_3 + 12,814334 - 2,96379 a_5 + 5,9558a_6 + 3,89578 L_1 - 7,15878 L_2 + 2,17846 L_3$
Мышца разгибатель спины	$F = 42,9565 + 0,216705a_1 + 2,26201a_2 + 1,31289a_3 + 0,832912a_4 - 0,668764a_5 - 3,14076a_6 - 0,497484 L_1 + 0,12215 L_2 + 0,492163 L_3$
Большая ягодичная мышца	$F = 200,619 - 0,269305a_1 - 10,1394a_2 - 10,2713a_3 - 0,967285a_4 + 1,34247 a_5 + 1,42789a_6 + 1,23233 L_1 - 1,49578 L_2 + 0,202948 L_3$
Четырехглавая мышца бедра	$F = -202,468 + 1,47126a_1 - 3,93127a_2 - 1,10224a_3 + 0,44299334 + 3,117356a_5 - 0,718877a_6 + 0,621873 L_1 - 1,17528 L_2 + 0,317163 L_3$
Икроножная мышца	$F = 22,139 + 1,36965a_1 - 5,43173a_2 - 3,98003a_3 + 3,69912a_4 - 2,10411a_5 + 9,61193a_6 + 0,269296 L_1 - 0,760055 L_2 + 0,251196 L_3$

Мальчики

Трапециевидная мышца	$F = 100,8465407 - 1,034970286a_1 - 372188a_2 + 0,479309795a_3 + 0,001521336a_4 + 0,130015769a_5 - 0,144824677a_6 - 0,233314868 L_1 + 0,029833878 L_2 + 0,5191679106 L_3$
Мышца разгибатель спины	$F = 96,52168395 - 0,333300535a_1 - 0,443868895a_2 + 0,63408939a_3 - 0,114362372a_4 + 0,268474329a_5 + 0,134764618a_6 + 0,2587592755 L_1 - 0,003528207 L_2 - 0,141877285 L_3$
Большая ягодичная мышца	$F = 103,9342197 + 1,097692096a_1 - 0,388546447a_2 - 0,530797043a_3 - 0,094902016a_4 - 0,739610617a_5 + 0,856566615a_6 + 0,597866605 L_1 - 0,005058416 L_2 - 0,422425604 L_3$

Четырехглавая мышца бедра $F = 41,3700035 - 0,13780758a_1 - 0,13039307a_2 - 0,420009093a_3 - 0,0128431a_4 - 0,110927659a_5 + 0,262044467a_6 + 0,46847994 L_1 - 0,253582683 L_2 + 0,681244778 L_3$

Икроножная мышца $F = 78,24799388 + 2,188515695a_1 - 0,2638033993a_2 - 0,76845092a_3 + 0,368457653a_4 - 0,681559133a_5 + 0,477281663 a_6 + 0,381259291 L_1 - 0,217586589 L_2 + 0,021521917 L_3 + 4,17405a_6 + 4,07663 L_1 - 1,34231 L_2 - 2,20173 L_3,$

где α_1 — угол, образованный вертикалью и линией, соединяющей остистый отросток позвонка (C_7) и центра масс головы. C_7 — наиболее выступающая назад точка позвончика на границе шейного и грудного отделов, центр масс головы в сагиттальной плоскости проецируется на область ушной раковины;

a_2 — задний угол устойчивости (угол, заключенный между линией тяжести и наклонной линией, проведенной из точки L_3 к пятке);

α_3 — передний угол устойчивости (угол, заключенный между линией тяжести и наклонной линией, проведенной из точки L_3 к дистальному концу фаланги 1-го (большого пальца);

α_4 — угол, образованный горизонталью и линией, соединяющей бугор пяточной кости и надколенник;

α_5 — угол, образованный горизонталью и линией, соединяющей наиболее выступающую точку лобной кости и подбородочный выступ;

a_3 — угол, образованный вертикалью и линией, соединяющей остистый отросток позвонка C_7 ;

L_1 — расстояние от точки C_7 до вертикали, проходящей через ЦМ головы;

L_2 — расстояние от наиболее выпуклой точки позвончика до вертикали, проходящей через ЦМ головы;

L_3 — расстояние от точки L_5 до вертикали, проходящей через ЦМ головы.

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ОТ АВТОРА	5
ГЛАВА 1. ЭВОЛЮЦИЯ И ГРАВИТАЦИЯ	7
ГЛАВА 2. ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ	17
ГЛАВА 3. ОСНОВЫ ТЕОРИИ УЧЕНИЯ ОБ ОСАНКЕ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА ..	34
3.1. Сравнительно-морфологические особенности осевого скелета различных видов позвоночных	34
3.2. Формирование позвоночного столба и вертикальной позы тела человека в онтогенезе	37
3.3. О классификации позвоночного столба человека	44
3.4. Динамика позвоночного столба человека	46
3.5. Геометрия масс тела человека	66
3.6. Методологические особенности изучения и оценки осанки человека	101
ГЛАВА 4. СРЕДСТВА ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ И КОРРЕКЦИИ ОСАНКИ	167
ГЛАВА 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОСАНКИ ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА	178
5.1. Технология компьютерной диагностики осанки	178
5.2. Закономерности формирования геометрии масс тела детей 7—16 лет	185
ГЛАВА 6. ПРОФИЛАКТИКА НАРУШЕНИЙ ОСАНКИ ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА	220
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	251
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	256
ПРИЛОЖЕНИЯ	263
Приложение 1	263
Приложение 2	266
Приложение 3	268
Приложение 4	272