

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
(НИУ «БелГУ»)

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

КАФЕДРА БИОЛОГИИ

**АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОМАТИЧЕСКОГО  
РАЗВИТИЯ И ЗДОРОВЬЯ ПОДРОСТКОВ**

Выпускная квалификационная работа  
обучающейся по направлению подготовки 06.03.01 Биология  
очной формы обучения, группы 07001418  
Павловой Алины Владиславовны

Научный руководитель  
к.б.н., доцент  
Погребняк Т.А.

\

БЕЛГОРОД 2018

## Содержание

Введение.....	3
1. Обзор литературы.....	6
1.1. Соматическое развитие и здоровье детей и подростков.....	6
1.2. Закономерности физического развития подростков.....	10
1.3. Особенности физического развития подростков от 12 до 16 лет.....	14
1.4. Антропометрические характеристики.....	20
2. Материалы и методы исследования.....	25
3. Результаты исследования.....	33
3.1. Оценка уровня и гармоничности физического развития с помощью центильных шкал.....	33
3.2. Средние значения индексов физического развития.....	35
3.3. Индивидуальные показатели индексов физического развития.....	36
3.4. Адаптивные возможности сердечно-сосудистой системы.....	39
Выводы.....	43
Список использованных источников.....	44

## Введение

Физическое развитие является ведущим критерием состояния соматического здоровья растущего организма, так как оно непосредственно отражает интенсивность процессов роста, особенности телосложения, формирование статических и моторных функций организма, состояние его функциональных систем. Физическое развитие человека обусловлено генетически и в большой степени зависит от влияния внешних факторов (социально-бытовых условий, климата, количества и качества питания и др.). Оно рассматривается как комплекс морфофункциональных свойств организма, определяющих его жизнедеятельность, физические и психические возможности. Исследования физического развития растущего человека является необходимым не только для выявления индивидуальных особенностей роста и созревания, темпа и гармоничности развития, но и весьма универсальным «ключом» для определения риска развития заболеваний и своевременного решения вопроса о показаниях к углубленному обследованию.

Здоровье популяции школьников формируется под воздействием сложного комплекса социально-гигиенических, биологических и экологических факторов, поэтому проблема сохранения здоровья школьников неразрывно связана с учетом современных тенденций в перестройке образовательного процесса – внедрение фронтальных инновационных форм воспитания и обучения. Однако одинаковые условия реализации образовательного процесса не гарантируют всем школьникам достаточно безопасного учебного труда и часто способствуют росту их заболеваемости. Так, по данным научных исследований, представленных в публикациях, показано, что изменение темпов физического развития подрастающего поколения во многом зависит от факторов внешней среды, прежде всего, экологических и социальных, которые способны вызвать сдвиг интенсивности физического развития. Учитывая, что физическое развитие включает в себя особенности морфофункциональной организации органов и систем организма, то любое значи-

тельное отклонение темпов роста и развития ведёт к ухудшению работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем, потенциал умственной и физической работоспособности.

Это определяет проблему исследования и её актуальность: необходимость изучения морфофункциональных и возрастно-половых показателей физического развития школьников подросткового возраста, обучающихся в конкретном образовательном пространстве, для обеспечения им должного уровня образовательного процесса, сохранения соматического здоровья и адаптации. Поэтому наше исследование было направлено на определение ключевого показателя состояния здоровья и адаптации – уровня физического развития подростков, обучающихся в условиях МОУ «Разуменская СОШ №2» посёлка Разумное Белгородского района.

Объект исследования – подростки, девочки и мальчики 7 классов МОУ «Разуменская СОШ №2» п. Разумное Белгородского района, Белгородской области.

Предмет исследования – соматометрические показатели: рост, вес, объём грудной клетки; физиометрические показатели – артериальное давление (систолическое, диастолическое) и частота сердечных сокращений.

Цель исследования: определение антропометрических характеристик соматического развития и здоровья 14-летних подростков.

Исследование выполнено на базе научной лаборатории «Физиологии адаптационных процессов» кафедры биологии НИУ «БелГУ» и МОУ «Разуменская СОШ №2» п. Разумное Белгородского района.

Задачи исследования:

определить антропометрические показатели у 14-летних подростков, обучающихся в МОУ «Разуменская СОШ №2»;

оценить уровень физического развития и соматического здоровья у 14-летних подростков по соматометрическим и физиометрическим показателям;

оценить функциональное состояние вегетативной нервной системы подростков и их адаптивный потенциал;

выявить половые особенности соматического развития и здоровья у обследуемых подростков.

Научная новизна: Впервые на основе комплексного изучения особенностей физического развития, физиологического состояния системы кровообращения, состояния вегетативной нервной системы учеников 7 классов в МОУ «Разуменская СОШ №2» посёлка Разумное приведены сравнительные данные основных антропометрических характеристик. Выявлено, что в среднем 16,7% от числа исследованных мальчиков и 15,4% от числа исследованных девочек имеют очень высокие антропометрические показатели по центильному методу оценки, соответствующие показателям акселерации. Наблюдается большое количество подростков с высокими показателями массы тела и объёма грудной клетки, что также может указывать на акселерацию. Установлено, что более половины обследованных подростков имеют низкий уровень тренированности сердца. Полученные результаты антропометрических измерений позволяют сравнить половые особенности обследованных подростков. Оценка физического развития с помощью индексов выявила различную степень соответствия массы тела у подростков в зависимости от пола.

Практическая значимость: полученные данные могут быть использованы классными руководителями для организации учебного процесса с учётом групповых и индивидуальных особенностей физического развития подростков.

Структура: выпускная квалификационная работа изложена на 48 страницах. Она состоит из содержания, введения, трех основных разделов, заключения. При выполнении выпускной квалификационной работы было использовано 50 источников. В работе используются 8 таблиц и 4 рисунка.

## 1. Обзор литературы

### 1.1. Физическое развитие и здоровье подростков

Здоровье будущих поколений во многом определяется состоянием здоровья детского населения. С общебиологической точки зрения здоровье определяют как гармоничное единство обменных процессов между организмом и окружающей средой, возможность организма активно адаптироваться к условиям окружающей среды и как результат этого – согласованное течение обменных процессов внутри самого организма, проявляющееся в его способности поддержания устойчивости и оптимальной жизнедеятельности [Беляков и др., 2000]. С физиологической точки зрения уровень соматического здоровья характеризует состояние дыхательной, кровеносной и метаболической функций [Косованова и др., 2003].

Мониторинг состояния здоровья детей – это сложная информационно-аналитическая и прогнозная система, включающая наблюдение за состоянием физического здоровья, его оценивание, прогнозирование состояния здоровья в будущем и предупреждение негативных тенденций развития [Изаак, 2005].

Уровень физического развития детей – существенный критерий для оценки состояния здоровья растущего организма на каждом возрастном этапе онтогенеза [Громбах, 1981]. Под соматическим развитием человека понимают комплекс функционально-морфологических свойств организма, который определяет его физическую жизнеспособность. В это комплексное понятие входят такие показатели, как длина и масса тела, степень развития грудной клетки, продольные и поперечные пропорции тела, особенности и степень развития телосложения, уровень аэробной и анаэробной мощности, сила и выносливость мышечного аппарата, и другие [Дубровский, 2002].

Известно, что физическое развитие человека наследственно обусловлено генотипом [Апанасенко, Попова, 2000] и в процессе онтогенеза реализуются под влиянием физических и социальных факторов среды (бытовых

условий, климата, характера питания, уровня двигательной активности, образа жизни) и является главным критерием состояния соматического здоровья растущего организма. Возрастные показатели отражают закономерности процессов роста, их интенсивность, особенности формирования статических и моторных функций организма, определяют уровень функционирования сердечно-сосудистой и дыхательной систем, уровень физической работоспособности и функциональное состояние организма на каждом этапе развития [Башкиров, 1962; Сушко, 1996].

Наряду с высокой распространённостью нарушений соматического здоровья, у современных подростков наблюдаются нарушение темпов и гармоничности физического развития, понижение уровня резервных возможностей организма, его адаптационных и компенсаторных возможностей, онтогенетических процессов [Мозжухина и др., 2003]. Значительную часть патологий у подростков составляют расстройства сердечно-сосудистой системы, нарушения опорно-двигательного аппарата, эндокринно-обменные расстройства, нарушения в работе органов зрения, нервной системы и желудочно-кишечного тракта [Раппорт, 2003].

Тенденции к снижению уровня соматического здоровья школьников подросткового возраста обусловлены особенностями современной организации учебного процесса, в частности интенсивным использованием инновационных технологий обучения, которые неразрывно связаны с использованием компьютерных технологий. Данные технологии при несоблюдении времени продолжительности работы с персональным компьютером оказывает негативное воздействие на функциональное состояние учащихся, так как, прежде всего, оказывает негативную нагрузку на зрительный и опорно-двигательный аппараты, сердечно-сосудистую и дыхательную систему. Кроме того, при повышении физиологических и психологических требований не всегда учитываются темпы физического развития детей.

Ускоренное и замедленное развитие в равной мере негативно отражается на функциональном состоянии организма и его работоспособности,

определяя развитие различных нарушений состояния здоровья. Исследование уровня и гармоничности физического развития школьников различных возрастных групп позволяет проследить как эпохальные изменения биологической природы человека, так и сравнительно кратковременные эффекты в отношении определенной популяции [Усов, 1984].

Основным свойством индивидуального соматического развития ребёнка в процессе роста является его устойчивость, несколько менее выраженная в интервале 3–7 лет и усиливающаяся в интервале 8–17 лет. Это явление относительной устойчивости означает, что сквозь весь интервал 3–17 лет ребёнок занимает относительно стабильное положение по уровню соматических размеров среди сверстников. Явления нарушения этой устойчивости носят явно второстепенный характер, могут быть временными или незначительными. Они связаны либо с достаточно случайными экзогенными воздействиями, либо с различиями в индивидуальной ритмике роста [Федотова, 2005].

По темпам физического развития и биологической зрелости дети делятся на три группы: акселераты, медианты, ретарданты. Медианты – дети с нормальным темпом развития соответствуют средним возрастным нормам длины и массы тела, биологической зрелости, установленном в том или ином регионе. Акселераты – дети с ускорением возрастного развития путем сдвига морфогенеза на более ранние стадии онтогенеза. Они характеризуются более высоким ростом, большей мышечной силой и возможностями дыхательной системы. У них значительно быстрее происходит половое созревание и раньше заканчиваются процессы роста. Акселерация нередко сочетается с повышением физиологических возможностей организма, но наряду с этим может сопровождаться дисгармоническим развитием различных систем и функций, приводящим к физиологической дезинтеграции и снижению функциональных возможностей. У акселератов чаще наблюдаются эндокринные расстройства, повышенное артериальное давление, кариес зубов, хронический тонзиллит, нервные расстройства. Также к негативным влияниям акселерации можно отнести диспропорциональность физического развития в сто-



рону избыточности массы тела, уменьшение жизненной емкости легких и снижение мышечной силы. Причиной данных ухудшений является низкая двигательная активность современных детей и подростков.

Ретарданты – дети с задержкой развития, для них которых характерны сниженные величины физиологических показателей [Апанасенко, Попова, 2000]. В настоящее время выделяют две основные причины ретардации: наследственные, врожденные и приобретенные в постнатальном онтогенезе органические нарушения и факторы социального характера. Наследственные ретарданты к моменту окончания процессов роста не уступают в этом показателе своим сверстникам, просто достигают этих величин они на 1–2 года позже. Причиной отставания могут явиться и перенесенные заболевания, которые приводят к временной задержке роста. После выздоровления генетическая программа реализуется за более короткий срок – темпы роста становятся выше. К социальным факторам можно отнести низкий материальный доход семьи, отрицательный эмоциональный микроклимат, окружающий ребенка в семье или в детских учреждениях [Капилевич и др., 2009].

В зависимости от антропометрических показателей и уровня биологической зрелости различают гармоничный и дисгармоничный тип акселерации и ретардации. К гармоничному типу акселерации относят детей, у которых антропометрические показатели и биологическая зрелость выше средних значений для конкретной возрастно-половой группы, к дисгармоничному – детей, у которых по сравнению с нормальным типом развития данной возрастной группы отмечается усиленный рост тела в длину без одновременного ускорения полового созревания и наоборот.

Гармоничный тип ретардации характеризуется отставанием физического развития и половых признаков, дисгармоничный – уменьшением роста при нормальном половом развитии или его замедлением без уменьшения роста в длину [Усов, 1984].

Для распознавания задержки роста или прибавки массы тела используют одномоментные критерии. У детей с раннего возраста до 14 лет масса те-

ла определяется его длиной, не зависит от возраста, пола, национальности, места жительства, смены поколений и уровня развития, окружность груди отражает функциональное состояние дыхательной системы [Усов, 1984]. Особое значение для оценки физического развития имеют взаимные пропорции тела и состояние осанки [Косованова и др., 2003].

Длина, масса тела и объём грудной клетки у мальчиков до 11 лет во всех возрастных группах выше, чем у девочек. В 11 лет показатели массы, длины тела, объём грудной клетки у девочек и мальчиков становятся равными [Усов, 1984].

Одна из важнейших особенностей детского организма состоит в том, что он постоянно находится в состоянии роста и развития. Причем, непосредственно переход из одного периода развития в другой связан с увеличением длины и массы тела, которые у подростков достигают особой интенсивности [Тихвинский, Хрущев, 1991]. Интенсивно протекающие морфофункциональные преобразования органов и систем с одной стороны обуславливает высокую чувствительность детей к любым изменениям внешней и внутренней среды, а с другой – превращают процессы роста и развития в одну из главных мишеней или индикаторов влияний среды.

## **1.2. Закономерности физического развития подростков**

Ведущими показателями состояния соматического здоровья и уровня физического развития детей и подростков принято считать длину и массу тела. Характерной чертой увеличения параметров тела является то, что удлинение тела осуществляется преимущественно в ночные часы. Так же есть зависимость интенсивности роста по сезонам года – ребёнок растёт преимущественно весной, особенно с мая, и в начале лета, а осенью и зимой прибавляет в массе.

Как известно, интенсивность роста и развития тем сильнее, чем активнее функциональные изменения тканей, то есть чем моложе организм. В дет-

ском организме процессы роста и развития находятся в определенной зависимости друг от друга, идут непрерывно, но не всегда равномерно: периоды усиленного роста и развития сменяются периодами замедления и наоборот. Это явление разновременности двух фаз единого процесса называется гетерохронностью. Она объяснима тем, что постепенное накопление количественных изменений в определенный момент приводит к скачку – организм переходит в новое состояние. При этом наблюдается соответствие размеров одной части тела другим; мышечной силы и двигательной активности – умственной деятельности. Так достигается гармоничность роста и развития.

Физическое развитие детей протекает волнообразно: в одном возрасте наблюдается вытягивание тела в длину, в другом происходит увеличение массы тела при одновременном замедлении его роста, то есть тело ребёнка делается более округлым. По этим циклическим изменениям параметров тела выделяют различные классификации чередования периодов роста. Наиболее употребительна периодизация роста по Штратцу.

1 период – тип грудного ребенка (грудной возраст) характеризуется относительно большой головой и туловищем при коротких конечностях. Средняя точка длины тела приходится на область пупка. Вытянутая рука достает до середины паховой складки. Короткая шея скрыта за нижней частью лица. Форма конечностей цилиндрическая. Выступающий вперед живот имеет относительно большой размер.

2 период – тип маленького ребенка. Период первого округления характерен в возрастном интервале от 1 до 4 лет. Сохраняется относительное преобладание высоты головы и длины туловища над конечностями, но индексы показывают начавшееся вытягивание длины ног. Вытянутая рука уже достигает до конца верхней трети или середины бедра. Форма туловища становится цилиндрической, граница груди и живота еще не отчетлива, но выступание живота становится малозаметным. Черты лица округлые, кукольные, с неглубокими складками и рельефом. Нос мало выступает за выпуклость щек.

3 период – период первого вытяжения. Происходит в возрасте от 4–5 до 7 лет. Происходит отчетливое уменьшение жировой прослойки, тело теряет цилиндрическую форму. Нарастание массы мышц способствует уменьшению округлости конечностей и, как следствие, увеличению разницы диаметров бедра и голени, плеча и предплечья. Начинает просматриваться рельеф мышц. Происходит уплощение грудной клетки, заметно дифференцируются грудь и живот. Увеличивается размер нижней челюсти. Увеличивается длина рук. Уменьшается относительная высота головы. Начинается смена молочных зубов на постоянные.

4 период – период второго округления. Соответствует возрастному интервалу от 8 до 10 лет. Данный период совпадает с некоторым торможением нарастания длины тела после первого вытягивания. Здесь снова происходит некоторое округление тела с отчетливым проступанием черты половой специфичности внешнего облика и телосложения. У девочек в это время становится заметным расширение таза, большее и равномерное жиротложение. У мальчиков отложение жира больше на туловище, меньше на животе и конечностях. У мальчиков нарастает масса мышц, становится отчетливым их рельеф на плече и голени. У девочек в положении рук, вытянутых вдоль туловища, намечается пространство, формируется талия.

5 период – период второго вытягивания. Характерен в подростковом возрасте от 11 до 16 лет. Ростовой сдвиг начинается после созревания скелета и морфологического созревания тканей. Происходит очень резкое изменение пропорций тела, связанное с интенсивным вырастанием ног и рук. Ребенок становится долговязым, что приводит к определенным трудностям координации движений. Быстрее всего растут дистальные части. Только к периоду половой зрелости растет туловище. Весовые прибавки отстают некоторое время от роста, поэтому истончается подкожно-жировой слой. Этот период характеризуется дисгармонией: возможно резкое отставание роста мышц, дифференцировки тканей. Средняя точка тела опускается на бедро до тех пор, пока не начнется фаза вытягивания туловища. Между 14 и 15 годами но-

ги перестают расти, и наступает пик скорости роста туловища. У девочек эти особенности относятся соответственно к 8,5 и 11–12 годам. Прекращение роста в длину у юношей происходит к 19 годам, у девушек к 16–17 годам. Начало полового созревания вносит во внешний облик уже и появление элементов вторичных половых признаков. Нередко в этот период ребенок находится на границе нормы и патологии, что необходимо учитывать как в медицине, так как появляется склонность к заболеваниям, которые протекают очень своеобразно, так и в спорте. Возникают различные дистонии, эндокринные нарушения, снижение работоспособности.

6 период – период третьего округления. Происходит в старшем подростковом возрасте от 16 до 19 лет.

Возраст, в котором отмечаются скачки роста, считается критическим периодом развития. Период времени, когда тело вытягивается, является периодом наименьшей резистентности организма, а на стадии округления состояние организма характеризуется большей стабилизацией, в том числе и к заболеваниям.

Стоит отметить, что во время роста и развития отдельных костей и скелета тоже наблюдается последовательность смены фаз роста в длину и в толщину, что сопоставимо с периодами вытяжения и округления тела.

В изменении темпов роста и развития отдельных функциональных систем и организма большую роль играет половой диморфизм, то есть существует зависимость данных процессов от половой принадлежности. Мальчики, кроме периода второго вытяжения, растут более активно и имеют более высокие антропометрические показатели [Ермолаев, 1985]. Первое ускорение роста у мальчиков наблюдается от 4 до 5,5 лет, в то время как у девочек оно начинается в 6 лет.

После периода ускорения наступает период снижения скорости роста, достигающий минимума у мальчиков в 9,5 лет, а у девочек – в 8,5 лет. Затем у девочек с 9 лет начинается ускорение роста, достигающее максимума в возрасте 10–11,5 лет. На этом возрастном промежутке происходит «первый

перекрест ростовых кривых», когда девочки обгоняют своих сверстников мужского пола по длине тела. Наибольшие половые отличия обнаруживаются в возрасте 12 лет, а к 13 годам продольный рост девушек почти заканчивается [Малявская, 1997]. У мальчиков повышение скорости роста начинается с 13-летнего возраста, достигает максимума в 13,5–15,5 лет. В течение этого времени рост увеличивается на 20–25 см, 10 из которых приходится на год наибольшего его ускорения. Затем происходит резкое замедление.

Изменения пропорций тела объясняется законом краниокаудального градиента роста, согласно которому во внутриутробном периоде происходит преимущественно рост частей тела, которые расположены ближе к голове, и прежде всего, самой головы, а после рождения наблюдается противоположная тенденция, когда быстрее растёт тот сегмент тела, что находится дистальнее по отношению к голове. Стопа растёт быстрее голени, голень – быстрее бедра, нижние сегменты растут быстрее верхних, медленнее растёт туловище и голова. Так, за весь период роста высота головы увеличивается в 2 раза, длина туловища – в 3 раза, верхних конечностей – в 4 раза, нижних конечностей – в 5 раз.

До периода полового созревания общее увлечение длины тела ребенка происходит в основном за счет роста ног, после него – преимущественно за счет увеличения длины туловища. До периода полового созревания более интенсивно происходит рост в высоту. Во время и после полового созревания процесс роста в основном затрагивает кости, а после него – мышечный слой. Особенностью изменения пропорций тела ребенка является то, что при увеличении какого-либо сегмента соседние пропорционально сокращают свой рост.

### **1.3. Особенности физического развития подростков от 12 до 16 лет**

Подростковый возраст является периодом бурного роста и развития. Его ещё называют периодом полового созревания, или пубертатным перио-

дом. Он продолжается у мальчиков с 13 до 16 лет, у девочек – с 12 до 15 лет. В это время наблюдается дальнейшее увеличение всех размеров тела – пубертатный скачок [Сапин, Брыксина, 2009]. У мальчиков, по сравнению с девочками, он выражен сильнее.

Данный период является одним из наиболее критических. В это время организм переходит в качественно новое состояние: наступает половое созревание, осуществляется усиленный рост, развитие органов и систем, изменение функций эндокринных желёз, повышается интенсивность обменных процессов.

Происходят изменения в развитии опорно-двигательного аппарата. В подростковом возрасте значительно усиливается процессы окостенения скелета, а уровень развития суставно-связочного аппарата мышц и сухожилий и тканевая дифференциация в скелетных мышцах достигает своего максимума. Рост костей происходит неравномерно. Кости конечностей, таза (у девочек) и плечевого пояса (у мальчиков) растут быстро, сухожилия удлиняются, а грудная клетка иногда отстает от общего роста тела, что отражается в некой непропорциональности тела – подростки выглядят длиннорукими и длинноногими. Наиболее резкие изменения в соотношении костей, жировой и мышечной ткани отмечаются между 12 и 18 годами, причем более выраженное снижение доли жировой ткани наблюдается в это время у мальчиков.

В период полового созревания происходит последнее усиление темпов роста позвоночника, после завершения которого прибавка в росте позвоночника очень невелика. В 12–14 лет происходит фиксация поясничного изгиба [Обреимова, Петрухин, 2007]. В возрасте 13–16 лет заканчивается формирование всех элементов суставов.

Интенсивно протекает процесс увеличения размеров головы, усиливается пневматизация костей черепа, которая ведет к уменьшению относительной массы черепа без снижения его прочности. Череп в этот период растет в основном за счет утолщения костей. С 13–14 лет лицевой отдел

начинает преобладать над мозговым, так как растёт более энергично [Беляев, 1999].

В период полового созревания мышцы растут особенно интенсивно за счёт утолщения мышечных волокон, увеличивая прирост массы тела в большей степени, чем жировые отложения. У 12-летнего подростка мышцы составляют 20% от массы тела, у 15-летнего – около 33%, а в 17 лет – около 44%, что соответствует соотношению мышечной массы в теле взрослого человека. У мальчиков, начиная с 13–14 лет, увеличивается мышечная сила, у девочек этот процесс происходит раньше – с 10–12 лет. Подростки становятся более выносливыми [Псеунок, 2008]. К 14 годам мышечная выносливость составляет 50–70%, а к 16 годам – около 80% выносливости взрослого человека.

Анатомо-физиологические особенности центральной нервной системы подростков также претерпевают некоторые изменения. В некоторых узлах подбугровой области головного мозга появляются смешанные железисто-нервные клетки, для которых характерны нервная и внутрисекреторная функции. Происходит усиленный рост и развитие мозжечка – к 15–16 годам его размеры соответствуют уровню взрослого. Таламус достигает размеров взрослого к 13 годам. Дифференцировка вставочных нейронов коры головного мозга достигает максимума к 14 годам. Заметное усиление функции гипофиза оказывает значительное влияние на развитие организма в период, полового созревания, когда гипофиз у подростка достигает такой же массы, как у взрослого. Рост гипофиза определяет появление во внешности подростка акромегалоидных черт (удлинение конечностей, вытягивание носа), влияет на весь обмен веществ.

Происходящие в период полового созревания морфофункциональные изменения выражаются в значительном увеличении размеров отдельных органов и желёз, а также в изменении их структуры.

Увеличение размеров легких происходит до 16 лет. Интенсивное развитие скелетной мускулатуры в возрасте 12–16 лет сказывается на характере



возрастных преобразований дыхательной системы подростка. В частности, у подростков с высокими темпами роста часто отмечается отставание развития органов дыхания.

Наиболее интенсивный рост отмечается в период с 13 по 16 лет. В ходе созревания органов дыхательной системы происходит смена типов дыхания. У мальчиков 10–14 лет превалирует грудной тип дыхания, который к периоду зрелости становится преимущественно брюшным. У девочек к 16 годам устанавливается грудной тип дыхания. Тип дыхания может измениться, если подросток занимается спортом.

В период полового созревания происходит некоторое нарушение регуляции дыхания и снижается устойчивость к недостатку кислорода. Подростки менее способны задерживать дыхание и работать в условиях недостатка кислорода, чем взрослые. Поэтому чистота воздуха и его физико-химические свойства, которые зависят от температуры воздуха в помещении, имеют большое значение для их здоровья и поддержания высокой работоспособности.

У детей младшего школьного возраста сохраняется пониженная чувствительность к избытку углекислого газа и недостатку кислорода. В период полового созревания наблюдается обратное явление. В процессе роста ребенка появляется способность к произвольному управлению дыханием, условно-рефлекторное повышение легочной вентиляции перед физическими нагрузками. Однако у детей 12–14 лет физические нагрузки должны сочетаться с отдыхом и только к 17–18 годам подростки способны к длительной мышечной работе.

Из-за происходящей перестройки нервной и гуморальной регуляции ритмика и частота дыхания имеет свои особенности. Дыхание у подростков неровное и более частое, чем у взрослого.

В подростковом возрасте изменяются размеры, форма, положение сердца в грудной клетке, его автоматизм, возбудимость, проводимость и сократимость. Мышечная ткань сердца начинает развиваться особенно интен-

сивно в 12–14 лет, продолжая дифференцироваться до 18–20 лет. Интенсивность прироста линейных размеров сердца в 13–17 лет можно сравнить со степенью прироста в первый год жизни. С 13 лет наблюдается значительное различие между размерами сердца у мальчиков и девочек: сначала масса сердца у девочек больше, чем у мальчиков, а к 16 годам сердце девочек начинает отставать в массе от сердца мальчиков. У взрослых мужчин масса сердца – 220–300 г, у женщин – 180–220 г. С возрастом сердце занимает более вертикальное положение.

Изменения кровообращения в период полового созревания тесно связаны с развитием скелета, мышечной силы, а также с возрастными сдвигами в нервной и эндокринной системах. Усиленно растут кровеносные сосуды, заканчивается дифференцировка капилляров. С началом пубертатных перестроек тонус крупных сосудов мозга достигает наивысших значений. Это, видимо, является одной из причин довольно распространенного явления – юношеской гипертонии. Однако уже к 16–17 годам мозговое кровообращение нормализуется.

По окончании полового созревания уменьшается чувствительность мышц к недостатку кислорода. У мальчиков доля таких мышечных волокон гораздо больше, чем у девочек. Периферический кровоток в плече у юношей почти в 2 раза менее интенсивный, чем у девушек. В начале полового созревания при подготовке дифференцирования скелетных мышц заметно увеличивается их капилляризация, а величина периферического кровотока временно возрастает. Это сочетается с увеличением потребления кислорода мышцами в процессе работы. Кажущаяся неэффективность таких реакций объясняется потребностями тканей в энергии, необходимой для серьезных морфофункциональных перестроек. Но уже к 15 годам ситуация нормализуется, объемная скорость кровотока снижается, периферический кровоток достигает уровня развития, как у взрослых.

В возрасте 13–14 лет артериальное давление заметно повышается, что объясняют более быстрым развитием в этот период сердца и относительно

медленным увеличением просвета сосудов. У юношей оно остаётся более высоким, чем у девушек.

К 12–14 годам заканчивается формирование выделительной системы. С 14 лет идёт интенсивный рост печени. Функциональное созревание поджелудочной железы завершается к 15–16 годам [Савченков и др., 2013].

До 11 лет эндокринная система работает синхронно, 11–14 лет – гетерохронно, после 16 лет – функции эндокринных систем носят разнонаправленный характер. К 11–12 годам закрепляется связь между гипоталамо-гипофизарной системой и эндокринными периферическими органами. Окончательная взаимосвязь формируется к 14–15 годам. Этот возраст характерен функциональными и психическими изменениями переходного периода. Снижена психическая устойчивость [Хрипкова и др., 1990].

Пубертатный период характеризуется резким повышением активности центрального звена эндокринной системы (гипоталамуса), что приводит к резкому изменению взаимодействия подкорковых структур и коры больших полушарий, что приводит к снижению эффективности центральных регуляторных механизмов, определяющих произвольную регуляцию и саморегуляцию [Безруких и др., 2003].

Морфологическое и функциональное развитие желез в пубертатном периоде проявляется в увеличении их массы. Происходит бурный рост щитовидной железы. Тимус достигает максимального абсолютного веса к 13–14 годам, после чего начинает уменьшаться, а его железистая часть постепенно замещается соединительной и жировой тканью. Происходят изменения в размерах половых желёз. У мальчиков 14–16 лет наблюдается наибольший прирост семенников. В этот период развиваются придатки семенников, семенные пузырьки, простата. Одновременно развиваются вторичные половые признаки. К 12–14 годам выделение гормона половых желез увеличивается в 10–15 раз по сравнению с 8–10 годами. Переход к гормонально активному состоянию заметно сказывается на развитии всего организма.

Морфологические изменения в эндокринной системе проявляются в повышенной потливости, колебаниях частоты пульса, некоторых сердечно-сосудистых расстройствах, периодических болях в области сердца, в неустойчивости артериального кровяного давления.

Пубертатный период считается критическим. Он связан с изменением в организме гормонального баланса, с созреванием и перестройкой работы желез внутренней секреции. В крови происходит резкое увеличение количества половых гормонов, которые, как известно, возбуждающе влияют на нервные клетки коры головного мозга. У подростков наблюдаются изменения в характере, появляется излишняя раздражительность, агрессия, негативизм, повышенная возбудимость, наблюдается быстрая смена настроений, капризность, обидчивость, нарушается сон и аппетит [Есаков, 2010].

#### **1.4. Антропометрические характеристики**

На протяжении всего времени физического развития существуют критические периоды развития отдельных систем организма, во время которых повышается риск нарушения здоровья и развития тяжелых болезней. Для оценки соматического развития и отслеживания его нарушений используются данные измерений человека, которые принято именовать антропометрическими характеристиками. В их число входят показатели соматометрии, физиометрии и соматоскопии.

К наиболее важным соматометрическим характеристикам относятся рост стоя, масса тела, окружность груди (при максимальном вдохе, паузе и максимальном выдохе), силу кистей и становую силу. В ряде случаев проводятся и другие измерения: рост сидя, окружность головы, шеи, бёдер, голени, плеча, предплечья, длину рук [Клименко, 2008]. Таким образом, антропометрия включает в себя определение длины, окружностей, диаметров.

Длина и масса тела являются ведущими параметрами, отражающими состояние соматического развития детей и подростков, а их показатели со-

ставляют фундамент скрининговой оценки физического состояния детской популяции [Ямпольская, 2000]. Длина тела является маркером нашей наследственности и скорости ростовых процессов, а также неизменным элементом конституционально-типологических схем, масса – характеризует индивидуальную реактивность на сумму экзогенных воздействий и свидетельствует о развитии костно-мышечного аппарата, подкожно-жировой клетчатки, внутренних органов [Вельтищев, Ветров, 2000; Федотова, 2005].

Показатели увеличения длины тела ребенка – это индикатор развития детского организма в целом. В ряде случаев задержка роста у ребенка является первым симптомом тяжелого соматического заболевания [Нагаева, 2009]. С замедлением роста скелета одновременно происходит торможение роста и дифференцировки головного мозга, скелетных мышц, миокарда и других внутренних органов. Ребенок, отстающий в росте от сверстников на 1 см, не набирает 20 г мозга. Отставание подростка в росте на 1–2 см соответствует дефициту у него желез внутренней секреции на 1–3 г.

На рост влияет ряд факторов: генетический, эндокринный, перинатальный, средовый. Темпы, предел роста и особенности телосложения определяются наследственностью. Гормоны регулируют хондрогенез, рост хрящей, мышц, внутренних органов, остеогенез, созревание костной ткани. Среди факторов среды можно выделить питание (особенно большое значение имеют незаменимые аминокислоты, витамины, минеральные вещества), физическую активность, достаточный сон и эмоциональное состояние. При недостаточности или избыточности какого-либо фактора происходит нарушение в темпах роста.

Масса тела является объективным показателем состояния здоровья. Она зависит от многих факторов: возраста, пола, состояния здоровья. Масса тела может быть нормальной, избыточной или недостаточной. Малоподвижный образ жизни и переедание легко приводят к накоплению лишних килограммов. Но избыток массы тела не всегда обусловлен накоплением жира. Он может быть сопряжен с наличием мощной мускулатуры, к примеру, у

людей, занятых тяжелым физическим трудом, или задержкой в организме жидкости при некоторых заболеваниях. Превышение веса относительно рекомендуемого может быть связано с наличием широкой грудной клетки, гиперстенической конституцией. Для определения избытка жировых отложений проводится простой визуальный осмотр тела. Степень жиросотложения определяют по выраженности рельефа мышц, костей, толщине кожно-жировой складки, определяемой у мужчин напротив пупка, отступая 3 см от средней линии, а у женщин – в области спины, под нижним углом лопатки. Различают три степени развития жиросотложения: малое, среднее, большое [Зайнетдинов и др., 2011].

Недостаточная масса тела опасна тем, что вызывает снижение иммунитета, способствует повышению утомляемости, сказывается на состоянии кожи, ногтей и волос. Избыточная масса тела при перетекании в стадию ожирения способствует возникновению ряда болезней: повышенное артериальное давление, диабет, атеросклероз.

Окружность грудной клетки – это один из важнейших показателей физического развития. Окружность груди дает представление о поперечных размерах тела ребенка и показывает степень развития грудной клетки. Окружность грудной клетки больше у мальчиков, однако, в возрасте 13–14 лет она может быть больше у девочек. Прирост этого показателя несколько снижается после 13 лет у девочек и 16 лет у мальчиков. У девочек грудная клетка увеличивается до 18 лет, у мальчиков – до 20 лет.

Сначала измеряют окружность груди в паузе. Затем определяют окружность груди на максимальном вдохе, а затем – в момент максимального выдоха. Все три измерения проводят при одномоментном наложении сантиметровой ленты. Разница между максимальным и минимальным объемами грудной клетки называется экскурсией. Экскурсия грудной клетки зависит от развития грудной клетки, ее подвижности и типа дыхания. Величина ее у молодых здоровых людей колеблется обычно от 6 до 9 см.

Окружность грудной клетки характеризует объем тела, развитие дыхательных мышц, а также функциональное состояние органов грудной полости. Форма и величина грудной клетки подвержены индивидуальным значительным вариациям, которые обусловлены степенью развитости лёгких и мускулатуры грудной клетки, связанных с образом жизни человека.

Физические упражнения оказывают значительное формирующее влияние на форму и размер грудной клетки. Они не только укрепляют мускулатуру, но и увеличивают размах движений в суставах ребер, что приводит к увеличению объёма и жизненной ёмкости легких при вдохе.

Для комплексной оценки физического развития также исследуют физиометрические показатели. Они включают в себя: показатель жизненной ёмкости лёгких, экскурсию грудной клетки, показатель силы сжатия кисти, показатель становой силы, функциональной работоспособности, частота сердечных сокращений и артериальное давление (систолическое и диастолическое). Последние два показателя позволяют оценить состояние вегетативной нервной системы и адаптивный потенциал организма [Ананьева, 1991].

Жизненная ёмкость – это количество воздуха, которое индивидуум может выдохнуть после максимально глубокого вдоха. Данный показатель отражает вместимость лёгких и силу дыхательных мышц. Определяется методом спирометрии с помощью ручного портативного спирометра. Величина жизненной ёмкости лёгких зависит от пола, возраста, тренированности и размеров тела.

Показатель силы сжатия кисти и становой тяги характеризует степень развития мускулатуры. Функциональная работоспособность отражает степень тренированности сердца и скорость восстановления его ритма после физической нагрузки [Дормешкина, 2011].

Частота сердечных позволяет судить об адаптации системы кровообращения к потребностям организма. Данный показатель зависит от индивидуальных особенностей, возраста, типа регуляции, уровня физической тренированности, степени адаптации к условиям среды и т.д. [Хураськина, 2004].

У людей с преобладанием симпатической регуляции есть предрасположенность к высокой частоте сердечных сокращений (тахикардии), при преобладании парасимпатической регуляции – к редкой (брадикардии). Частота сердечных сокращений у нетренированных людей в среднем на 20% выше, чем у тренированных. Мощность сердечной мышцы тем выше, чем реже частота сердечных сокращений в покое. В этом случае сердечная мышца работает в более экономичном режиме: за одно сокращение выбрасывается больший объём крови, а паузы для отдыха увеличиваются.

Уровень артериального давления является одним из главных показателей функционального состояния сердечно-сосудистой системы. С возрастом у человека происходит постепенный рост артериального давления, растёт преимущественно систолическое (максимальное) артериальное давление. Диастолическое (минимальное) артериальное давление растёт медленнее. Рост АД отмечается скачкообразно, что отражает морфо-функциональное созревание сердечно-сосудистой системы.

И третьим методом антропометрии является соматоскопия. Ее методики позволяют оценить строение тела по внешним признакам: форма позвоночника, грудной клетки, живота, конечностей, осанка, половое созревание, состояние кожи, слизистых оболочек и др.

Таким образом, антропометрические характеристики отражают темпы развития растущего организма, соответствие биологического возраста развития календарному, позволяют объективно оценить уровень и интенсивность физического развития, соответствующий ему уровень соматического здоровья на любом этапе онтогенеза.



## 2. Материалы и методы исследования

В исследованиях участвовали подростки в возрасте 14 лет МОУ «Разуменская СОШ №2», постоянно проживающие в сельской местности на территории Белгородского района. В условиях школьной среды в текущем фоновом обследовании участвовали школьники 7 классов – 26 девочек и 24 мальчиков.

На первом этапе было проведено обследование подростков с применением унифицированных антропометрических методов – соматометрии и физиометрии. Были получены основные исходные параметры физического развития школьников – длина и масса тела, систолическое и диастолическое давление, частота сердечных сокращений.

Измерение роста осуществляли с помощью вертикального ростомера с откидным табуретом.

Определение массы тела у детей старшего возраста производили на рычажных весах.

Измерение окружностей производили с помощью сантиметровой ленты. Окружность груди измеряли трижды: при спокойном дыхании, в состоянии сильного вдоха и сильного выдоха. По разнице между максимальным и минимальным объёмом грудной клетки определяли её экскурсию.

Для сбора физиометрических данных (артериального давления и частоты сердечных сокращений) использовали электронный тонометр.

Полученные данные были занесены в индивидуальные антропометрические карты с указанием пола, возраста на момент исследования и самих антропометрических характеристик.

Исходные полученные данные соматометрии и физиометрии обработаны с помощью центильных таблиц на индивидуальном уровне. В процессе анализа полученных данных были использованы следующие методы исследования физического развития:

1. Непараметрический метод оценки уровня и гармоничности физического развития антропометрических измерений с помощью центильных таблиц массы, длины тела и окружности грудной клетки. Центильные шкалы строго и объективно отражают распределение признаков среди здоровых детей. Колонки этих таблиц показывают количественные границы признака у определенного процента (центиля) детей соответствующего возраста и пола. Центильная шкала представлена 7 числами, отражающими значения признака, ниже которых он может встретиться только у 3, 10, 25, 50, 75, 90 и 97% детей возрастно-половой группы. Оценка антропометрических показателей дается в зависимости от того, в какой «коридор» (область) помещен признак: область «очень низких величин» или «коридор» №1 (от 0 до 3 центиля), встречающихся у здоровых детей не чаще 3%; область «низких величин» или «коридор» №2 (от 3 до 10 центиля), встречающихся у 7% здоровых детей; область значений «ниже среднего» или «коридор» №3 (от 10 до 25 центиля), свойственных 15% здоровых детей данного пола или возраста; область «средних величин» или «коридоры» №4 и №5 (с 25-го до 75-го центиля), свойственных 50% здоровых детей данной возрастно-половой группы; область величин «выше среднего» или «коридор» №6 (от 75-го до 90-го центиля), свойственных 15% здоровых детей; область «высоких величин» или «коридор» №7 (от 90-го до 97-го центиля), свойственных 7% здоровых детей; область «очень высоких величин» или «коридор» №8 (от 97-го до 100-го центиля), свойственных не более чем 3% детей обследованной группы.

Оценка уровня физического развития включает определение таких антропометрических показателей как рост, масса тела, окружность груди с последующим отнесением данных по таблицам центильного типа [Косованова и др., 2003; Гуминский, 1992; Сушко, 1996].

Гармоничность физического развития определили по соответствию антропометрических показателей ребенка (массы тела, обхвата груди) средним показателям, которые должны были бы быть при данной длине тела. Гармоничным развитие наблюдается в том случае, если три параметра (масса, рост,

окружность грудной клетки) соответствуют возрасту, или они все одинаково повышены, или понижены не более чем на 10%. При дисгармоничном развитии наблюдается их несоответствие друг другу.

Таким образом центильный анализ соматометрических показателей физического развития детей позволил оценить их уровень и гармоничность (пропорциональность).

## 2. Оценка физического развития по информативным индексам.

Индекс массы тела – показатель, позволяющая оценить степень соответствия веса человека и его роста, и оценить, является ли масса недостаточной, нормальной или избыточной. Формула для расчёта (2.1):

$$\text{ИМТ} = M/P^2; \quad (2.1)$$

где  $M$  – масса тела, кг;

$P$  – рост, м.

Для мальчиков значения от 17,2 до 22,8 являются средними показателями. Значения ниже 16,0 указывают на истощение, а выше 26,2 – на ожирение. Для девочек значения от 19,0 до 21,0 являются средними показателями. Значения ниже 17,0 указывают на истощение, а выше 23,0 – на ожирение [Бабенко, Каминская, 1995].

Индекс Эрисмана позволяет оценить степень и пропорциональность развития грудной клетки и органов грудной клетки [Арутюнян и др., 2011]. Формула для расчёта (2.2):

$$\text{ИЭ} = \text{ОГК} - 0,5 * P; \quad (2.2)$$

где  $\text{ОГК}$  – объём грудной клетки, см;

$P$  – рост, см.

Для мальчиков 14 лет средние нормативные показатели составляют –2,55, а для девочек –3. Если индекс Эрисмана равен или превышает эти величины,

то это указывает на хорошее развитие грудной клетки, а если ниже – свидетельствует об узкогрудии [Губарева и др., 2003].

Индекс Пинье помогает определить крепость телосложения [Бусел, Циркин, 2006]. Формула для расчёта (2.3):

$$\text{ИП} = P - (M + \text{ОГКВ}); \quad (2.3)$$

где  $P$  – рост, см;

$M$  – масса тела, кг;

ОГК – объем грудной клетки на выдохе, см.

Чем меньше разность, тем выше показатель физического развития, крепость телосложения (при отсутствии избыточных жировых отложений). Индекс меньше 10 – телосложение крепкое, от 10 до 20 – хорошее, от 21 до 25 – среднее, от 26 до 35 – слабое, более 36 – очень слабое [Олонцева, 2007].

Индекс пропорциональности между окружностью грудной клетки и ростом помогает определить тип телосложения [Ильинич и др., 2000]. Формула для расчёта (2.4):

$$\text{ИП} = (\text{ОГК}/P) * 100\%; \quad (2.4)$$

где ОГК – объём грудной клетки, см;

$P$  – рост стоя, см.

На основании полученного результата делается вывод о типе телосложения:

Показатели 52–54 % (для мужчин) и 50–52 % (для женщин) – нормальный тип сложения (нормостенический). Характеризуется пропорциональностью длины и поперечных размеров тела, достаточно широкими плечами и развитой грудной клеткой, хорошо развитой мускулатурой и умеренным жиrootложением.

Показатели менее 52–54 % (для мужчин) и 50–52 % (для женщин) – узкогрудый тип сложения (астенический). Данный тип телосложения отличается относительным преобладанием длины тела над поперечными размерами: тонкие и длинные конечности, короткое туловище, узкая грудная клетка, слабо развитые мышцы, тонкая шея, узкий таз, пониженное жиросложение. Отмечаются частые нарушения осанки – сутулость, асимметрия и т. д.

Показатели более 52–54 % (для мужчин) и 50–52 % (для женщин) – широкогрудый тип сложения (гиперстенический). Данному типу телосложения свойственно преобладание поперечных размеров над продольными: длинное и плотное туловище, короткая и широкая грудная клетка, широкий таз, короткие и толстые конечности и пальцы рук, широкие плечи, мышечная система развита хорошо [Тихомирова, 2007].

3. Физиометрические методы оценки гемодинамики, показатели которых отражают уровень соматического развития и здоровья по функциональным показателям сердечно-сосудистой системы [Раппорт, 2003].

Систолический объём – важный показатель деятельности сердечно-сосудистой системы [Апанасенко, Попова, 2000].

Формула для расчёта систолического объёма сердца (2.5):

$$CO = (101 + 0,5 * ПД) - (0,6 * ДД) - 0,6 * А; \quad (2.5)$$

где ПД – пульсовое давление;

ДД – диастолическое давление;

А – возраст ребёнка.

Пульсовое давление рассчитывается по формуле (2.6):

$$ПД = СД - ДД; \quad (2.6)$$

где СД – систолическое давление;

ДД – диастолическое давление.

Минутный объём сердца рассчитывается на основе систолического объёма [Ошевенский, 2007]. Формула для расчёта (2.7):

$$MO = CO * ЧСС; \quad (2.7)$$

где  $CO$  – систолический объём, л;  
 $ЧСС$  – частота сердечных сокращений.

Показатели систолического и минутного объёма зависят от возраста и физического развития. Нормальные показатели систолического объёма у мальчиков 14 лет находятся в пределах от 57,5 до 73,5 мл, а у девочек – от 47,5 до 63,5 мл. Нормальные показатели минутного объёма сердца для мальчиков находятся в пределах от 3,51 до 5,51 л, а для девочек – от 3,26 до 4,34 л. Наибольшие его значения отмечаются у детей с высоким уровнем физического развития [Усов, 1984].

Вегетативный индекс Кердо позволяет оценить состояние вегетативной нервной системы и преобладание её отделов - симпатического или парасимпатического.

Рассчитывают его по формуле (2.8):

$$ВИ = [1 - (ДД/ЧСС)] * 100; \quad (2.8)$$

где  $ДД$  – диастолическое артериальное давление;  
 $ЧСС$  – частота сердечных сокращений.

Значение вегетативного индекса от  $-15$  до  $+15$  указывает на относительное равновесие; от  $-31$  до  $-30$  – преобладание парасимпатического тонуса; менее  $-31$  – выраженной ваготонии; от  $+16$  до  $+30$  – преобладание симпатического тонуса; более  $+31$  – гиперсимпатотонии [Барабаш, Шапошникова, 2003, Махнева, 2011].

При физическом и эмоциональном напряжении тонус парасимпатической нервной системы может уменьшаться, а симпатическая нервная система возбуждается. Таким образом, при стрессе симпатическая нервная си-

стема быстро мобилизует энергетические ресурсы и активизирует функциональные ответы организма. В состоянии покоя увеличивается тонус парасимпатического отдела, что способствует восстановлению ресурсов организма [Воробьёва, 1981, Агаджанян и др, 1998, Ноздрачев 2004].

Двойное произведение, или индекс Робинсона, позволяет оценить функциональные резервы сердечно-сосудистой системы и систолической работы сердца. Формула для расчёта (2.9):

$$\text{ДП} = (\text{ЧСС} * \text{АДС})/100; \quad (2.9)$$

где ЧСС – частота сердечных сокращений;

АДС – систолическое артериальное давление.

Уровень соматического здоровья у мальчиков и девочек соответственно: средний –76–85, ниже среднего – 85–95, выше среднего – 71–75, низкий –  $\geq 96$ , высокий –  $\leq 70$  [Апанасенко, Попова, 2000].

Адаптивный потенциал позволяет оценить функциональное состояние системы кровообращения как индикатора адаптационных возможностей всего организма.

Каждый человек имеет свой индивидуальный уровень адаптационных возможностей и свой запас функциональных резервов [Псеунок, 2005]. При воздействии стрессовых факторов окружающей среды возникает защитно-приспособительная реакция организма. Это ведет к повышению уровня функционирования системы кровообращения и в конечном итоге к изменениям энергетического и структурно-метаболического гомеостаза. Адаптивный потенциал, или коэффициент здоровья, рассчитывают по модифицированной формуле (2.10) [Баевский, 1989, Берсенева 1991]:

$$\text{КЗ} = 0,011 * \text{ЧСС} + 0,014 * \text{СД} + 0,008 * \text{ДД} + 0,014 * \text{В} + 0,009 * \text{МТ} - 0,009 * \text{Р} - 0,27; \quad (2.10)$$

где ЧСС – частота сердечных сокращений;

СД – систолическое давление;

ДД – диастолическое давление;

В – возраст, лет;

МТ – масса тела, кг;

Р – длина тела, см.

Значения адаптивного потенциала менее 2,1 указывают на удовлетворительную адаптацию; от 2,11 до 3,2 – напряжение механизмов адаптации; от 3,21 до 4,3 – неудовлетворительную адаптацию; более 4,31 – срыв адаптации.

Оценка исходно полученных результатов по каждому школьнику выполнена на основе сравнения полученных показателей по каждой возрастной группе со стандартными возрастно-половыми нормами и определения степени их отклонения от средних величин. Выявленные индивидуальные соматометрические и физиометрические показатели статистически обработаны с использованием компьютерной программы «Excel» – описательная статистика.



### 3. Результаты исследования

#### 3.1. Оценка уровня и гармоничности физического развития с помощью центильных шкал

На начальном этапе работы исследовали уровень физического развития школьников с помощью центильных шкал массы тела, роста и объема грудной клетки (табл. 1).

Таблица 1

##### Соматометрические показатели физического развития

Показатели	Мальчики, n=24			Девочки, n=26		
	M±m	Max	Min	M±m	Max	Min
Длина тела, см	166,7±1,7	182	150	163,7±1,2	173	147,5
Масса тела, кг	63,1±2,4	92	47	56,1±2,2	88	38
ОГК, см	86,0±1,2	103	73	84,0±1,2	105	65

Согласно полученным средним данным длина и масса тела у мальчиков и девочек соответствовала среднему уровню физического развития. Показатели объема грудной клетки повышены. Следовательно, по данным показателям у группы мальчиков и группы девочек средний уровень и негармоничное физическое развитие из-за повышенного развития грудной клетки.

Далее оценили уровень физического развития подростков по индивидуальным показателям. Оценка уровня физического развития по индивидуальным данным выявила среди мальчиков 75% подростков со средним уровнем физического развития, 8,3% подростков с повышенным уровнем физического развития и 16,7% подростков с высоким уровнем физического развития (акселерация).

Среди девочек выявлено 61,4% подростков со средним уровнем физического развития, 19,3% подростков с повышенным уровнем физического развития, 15,4% подростков с высоким уровнем физического развития (акселерация) и 3,9% подростков с низким уровнем физического развития (ретардация).

На рисунке 1 изображено процентное распределение детей с разными уровнями физического развития.

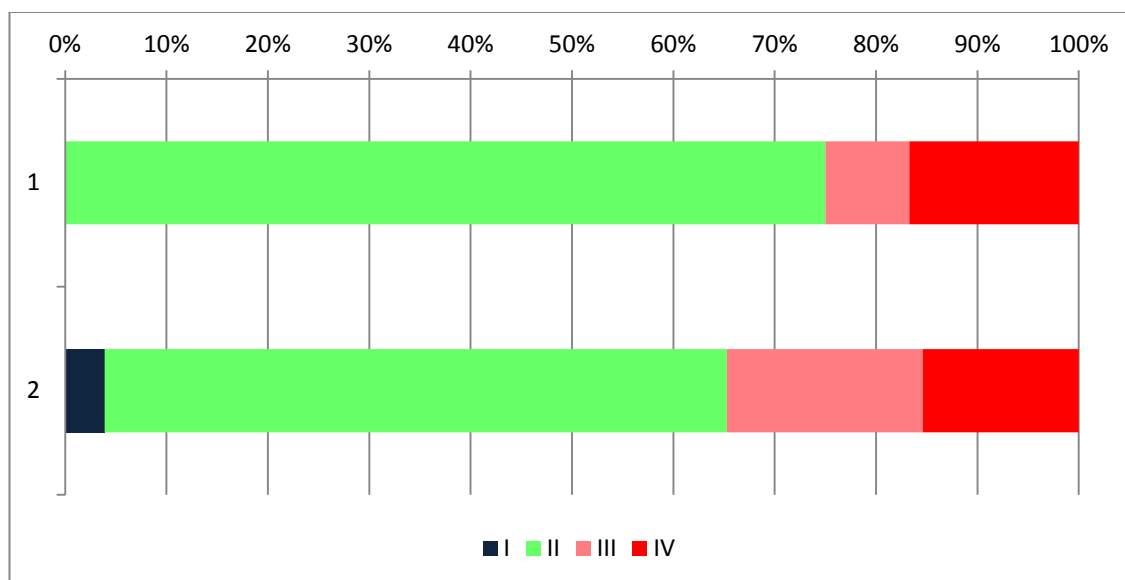


Рис. 1. Процентное распределение детей с разными уровнями физического развития: 1 – распределение среди мальчиков, 2 – распределение среди девочек; I – низкий уровень физического развития, II – средний уровень физического развития, III – повышенный уровень физического развития, IV – высокий уровень физического развития

Сравнительный анализ уровня физического развития подростков по индивидуальным значениям выявил повышение его показателей у девочек.

Затем оценили гармоничность физического развития подростков по индивидуальным показателям. Результаты оценки гармоничности представлены в таблице 2.

Таблица 2

### Уровень и гармоничность физического развития

Уровень физического развития и его гармоничность	Процент обследованных детей	
	Мальчики, n=24	Девочки, n=26
1	2	3
Высокий (акселераты):	16,7	15,4
гармоничный	4,2	0
негармоничный	12,5	15,4

Продолжение табл. 2

1	2	3
Выше среднего:	8,3	19,3
гармоничный	0	3,9
негармоничный	8,3	15,4
Средний (медианты):	75	61,4
гармоничный	33,3	26,9
негармоничный	41,7	34,5
Ниже среднего:	0	0
гармоничный	0	0
негармоничный	0	0
Низкий (ретарданты):	0	3,9
гармоничный	0	3,9
негармоничный	0	0

Оценка гармоничности физического развития по индивидуальным показателям выявила, что в популяции подростков преобладают дети с дисгармоничным физическим развитием: 62,5% среди мальчиков и 65,4% среди девочек. Этот результат свидетельствует о продолжении процесса интенсивного роста обеих групп.

### 3.2. Средние значения индексов физического развития

Выявленные у подростков средние показатели индекса массы тела, индекса Эрисмана и индекса Пинье представлены в таблице 3.

Таблица 3

Средние показатели индексов у исследуемых подростков

Показатели	Мальчики, n=24			Девочки, n=26		
	M±m	Max	Min	M±m	Max	Min
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	22,6±0,6	28,9	17,2	20,9±0,9	34,8	16,3
Индекс Эрисмана, %	2,7±1,4	15,3	-10,5	2,2±1,8	25,5	-9,0
Индекс Пинье	20,3±3,3	46,5	-18,5	25,7±3,8	48,0	-29,0

Анализ физического развития школьников с учётом полученных средних показателей индекса массы тела показал, что у мальчиков его значения находятся в верхних пределах возрастной нормы, указывая на предрасполо-

женность подростков к повышению массы тела. У девочек средние значения индекса соответствуют возрастной норме.

Согласно показателям индекса Эрисмана у обследованных детей средний показатель индекса Эрисмана находится в пределах нормы

Средние значения индекса Пинье у мальчиков соответствуют хорошей степени развитости мышечного аппарата, а у девочек – средней.

### 3.3. Индивидуальные показатели индексов физического развития

Оценили индекс массы тела индивидуальным показателям у мальчиков и девочек (рис. 2).

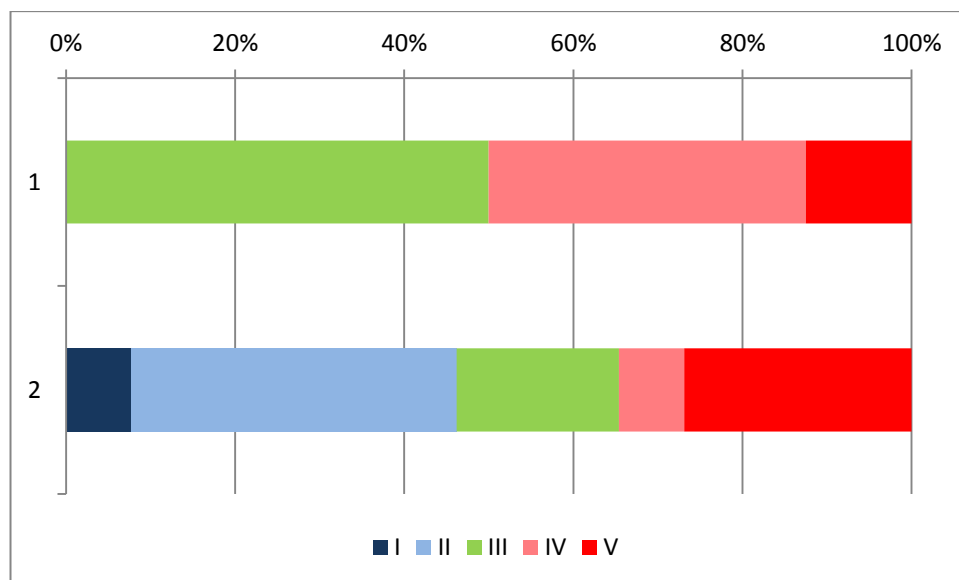


Рис. 2. Индекс массы тела: 1 – мальчики, 2 – девочки; I – низкие значения (дефицит массы), II – значения ниже средних, III - средние значения, IV – значения выше средних, V – высокие значения

Анализ физического развития школьников по индивидуальным показателям индекса массы тела показал, что средний его уровень характерен только для 50% мальчиков и всего 19,2% девочек. Повышенные и высокие значения индекса массы тела у мальчиков и девочек указывают на их предрасположенность к ожирению. Процент девочек с предрасположенностью к ожи-

рению выше, чем у мальчиков. Значения ниже среднего могут указывать на интенсивный рост, так как возраст 14 лет соответствует второму периоду вытягивания, когда набор массы тела не поспевает за интенсивным ростом. Дефицит массы тела у девочек связан с повышенным риском возникновения заболеваний.

С помощью индивидуальных значений индекса Эрисмана определили степень и пропорциональность развития грудной клетки и органов дыхания (рис.3).

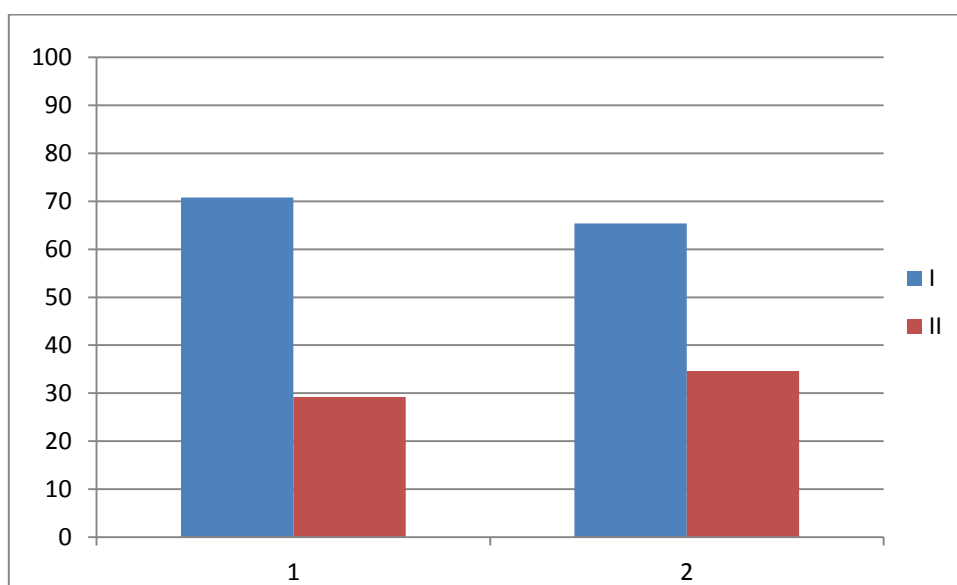


Рис. 3. Пропорциональность развития грудной клетки у обследованных подростков: 1 – мальчики, 2 – девочки; I – хорошее развитие грудной клетки, II – проявления узкогрудия

Согласно полученным данным у основной части обследуемых подростков выявлена хорошая степень развития грудной клетки и органов дыхания. Проявления узкогрудия у 29,2% мальчиков и 34,6% девочек является прогностически негативным показателем, который способен нарушить процесс кровообращения в грудной клетке и быть одной из причин общего ухудшения самочувствия.

Индекс Пинье позволяет оценить крепость телосложения, учитывая, что чем меньше его значение, тем лучше развит мышечный аппарат и тем

выше сила и выносливость его мышц. На рисунке 4 указаны индивидуальные показатели индекса Пинье.

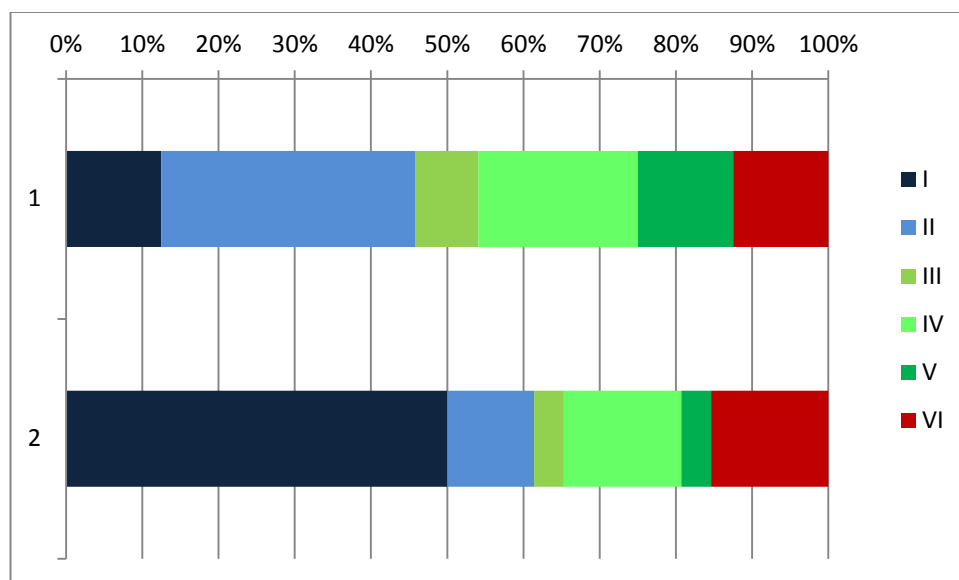


Рис. 4. Степень развитости мышечного аппарата: 1 – мальчики, 2 – девочки; I – очень слабая, II – слабая, III - средняя, IV – хорошая, V – крепкая, VI – нарушения развития (ожирение)

Анализ данных по индивидуальным показателям индекса Пинье показал, что около 61,4% девочек имеют слабую и очень слабую степень крепости тела. Среди мальчиков процентное соотношение детей со слабой и очень слабой степенью крепости тела меньше и составляет всего 45,8%. Индекс Пинье позволил выделить группу подростков с нарушениями массы тела – склонностью к ожирению. Среди группы мальчиков выявлено 12,5%, а среди девочек – 15,4%.

Для определения у подростков пропорциональности грудной клетки и типа телосложения рассчитали индекс пропорциональности (табл. 4).

Таблица 4

#### Тип телосложения

Пропорциональности развития грудной клетки	Процент обследованных детей	
	Мальчики, n=24	Девочки, n=26
1	2	3
Нормостенический тип	20,8	15,4

Продолжение табл. 4

1	2	3
Астенический тип	29,2	50
Гиперстенический	50	34,6

Согласно полученным индивидуальным данным только у 20,8% мальчиков и 15,4% девочек нормостенический тип телосложения. Астенический тип указывает на интенсивный рост при дефиците массы тела. Он выражен у 50% девочек. У 50% мальчиков гиперстенический тип телосложения, который указывает на избыточную массу тела. Такой высокий процент может со временем измениться в меньшую сторону, так как согласно закону полового диморфизма в росте, усиление интенсивности ростовых процессов у мальчиков начинается позднее, чем у девочек, и приходится на возраст от 13,5 до 15,5 лет.

### 3.4. Адаптивные возможности сердечно-сосудистой системы

Адаптивные возможности сердечно-сосудистой системы определяли по физиометрическим показателям.

Рассчитали средние показатели двойного произведения, систолического и минутного объёма крови, вегетативного индекса и адаптивного потенциала. Результаты адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы представлены в таблице 5.

Таблица 5

#### Адаптивные возможности сердечно-сосудистой системы

Показатели	Мальчики, n=24			Девочки, n=26		
	M±m	Max	Min	M±m	Max	Min
Двойное произведение	93,5±4,3	148,7	67,2	92,3±4,6	143,8	67,2
Систолический объём, мл	76,1±1,9	90,3	54,8	71,9±1,3	82,9	61,3
Минутный объём, л/мин	5,9±0,2	8,4	4,1	5,6±0,2	8,9	4,1
Вегетативный индекс	6,9±3,4	37,5	-26,2	4,8±3,2	42,2	-24,6
Адаптивный потенциал	2,1±0,1	2,9	1,6	2,0±0,1	2,8	1,6

Согласно полученным средним значениям двойного произведения у подростков выявлен пониженный уровень тренированности и сократительной функции сердца. Считаем, что эти подростки требуют повышенного внимания со стороны педагогов и родителей, так как у них наиболее интенсивно в этот возрастной период происходят внутренние перестройки организма, связанные с половым созреванием.

Средние показатели систолического и минутного объема у подростков обоих полов повышены, что указывает на повышенную систолическую активность миокарда. Причиной этого может быть недостаточное развитие системы дыхания, повышенное давление, учащённое сердцебиение и повышенная масса тела.

Определение вегетативного статуса подростков по средним значениям индекса Кердо показало, что для группы мальчиков и девочек характерна уравновешенность отделов вегетативной нервной системы. Этот результат следует рассматривать как наиболее благоприятный механизм регуляции функций организма. Об этом свидетельствует и выявленный у подростков удовлетворительный уровень адаптивного потенциала.

Далее оценили индивидуальные показатели адаптивных возможностей сердечно-сосудистой системы.

Анализ состояния вегетативной нервной системы провели по индивидуальным показателям индекса Кердо (табл. 6).

Таблица 6

## Состояние вегетативной нервной системы

Состояние вегетативной нервной системы	Процент обследованных детей	
	Мальчики, n=24	Девочки, n=26
Относительное равновесие	58,3	69,1
Ваготония	4,2	3,9
Выраженная ваготония	0	0
Симпатикотония	29,1	23,1
Выраженная симпатикотония	8,4	3,9



Равновесное состояние вегетативной нервной системы выявлено у 58,3% мальчиков и 69,1% девочек. Преобладание парасимпатического отдела (ваготония) выявлено у 4,2% мальчиков и 3,9% девочек. При этом отсутствуют дети с выраженными симптомами ваготонии. Данное состояние вегетативной нервной системы свидетельствует о том, что в организме преобладают восстановительные процессы, но данное состояние не перешло в патологию. У этих детей может наблюдаться временная брадикардия, озноб, дыхательная аритмия, дисфункции пищеварительной системы, снижение работоспособности, повышение утомляемости. С преобладанием симпатического отдела выявлено 37,5% мальчиков и 27% девочек, из которых выраженная симпатикотония выявлена у 8,4% мальчиков и 3,9% девочек. У этих детей наблюдается повышение артериального давления, учащённое сердцебиение, что может привести к ухудшению общего состояния и, как следствие, к рассеянности внимания, раздражительности и гиперактивности. Считаем, что эти подростки требуют внимания со стороны педагогов и родителей, так как такие состояния сопряжены с высоким уровнем утомления и переутомления.

Уровень выносливости и тренированности сердца оценили по индивидуальным показателям двойного произведения (табл. 7).

Таблица 7

#### Уровень выносливости и тренированности сердца

Уровень тренированности сердца	Процент обследованных детей	
	Мальчики, n=24	Девочки, n=26
Низкий	37,5	30,8
Ниже среднего	16,7	19,2
Средний	29,2	23,1
Выше среднего	8,3	19,2
Высокий	8,3	7,7

Согласно анализу индивидуальных показателей двойного произведения среди 14-летних подростков низкий и очень низкий уровень тренированности сердца более чем у 50% мальчиков и 50% девочек. Такие пониженные значе-

ния указывают на необходимость занятия физической культурой для повышения систолической активности миокарда и его тренированности.

Уровень адаптивного потенциала оценили по индивидуальным показателям коэффициента здоровья (табл. 8).

Таблица 8

## Уровень адаптивного потенциала

Уровень функционального состояния	Процент обследованных детей	
	Мальчики, n=24	Девочки, n=26
Удовлетворительная адаптация	62,5	61,5
Напряжение механизмов адаптации	37,5	38,5
Неудовлетворительная адаптация	0	0
Срыв адаптации	0	0

Согласно анализу индивидуальных показателей 62,5% мальчиков и 61,5% девочек имеют удовлетворительный уровень адаптивного потенциала. У остальных наблюдается напряжение механизмов адаптации. Таким детям показаны меры первичной профилактики: закаливание, увеличение двигательной активности, рациональный режим труда и отдыха и т.д.

## Выводы

1. Установлено, что по соматометрическим показателям средний уровень физического развития и соматического здоровья у 75% мальчиков и 61,4% девочек, повышенный и высокий – у 25% мальчиков и 19,3% девочек. Дисгармоничный уровень развития выявлен у 62% мальчиков и 64% девочек, что указывает на интенсивные процессы роста у данных подростков.

2. По средним значениям индекса Пинье у мальчиков хорошая степень развитости мышечного аппарата, а у девочек – средняя. По его индивидуальным значениям слабое и очень слабое телосложение у 45,8% мальчиков и 61,4% девочек, склонность к ожирению у 12,5% мальчиков и 15,4% девочек. По индексу Эрисмана у 29,2% мальчиков и 34,6% девочек выявлено узкогрудие, у остальных подростков – пропорциональное развитие грудной клетки.

3. Уравновешенность активности вегетативных отделов выявлена у 58,3% мальчиков и 69,1% девочек, повышенная активность симпатического отдела выявлена у 37,5% мальчиков и 27% девочек, у остальных подростков активна парасимпатическая регуляторная активность.

4. Комплексная оценка функционального состояния подростков по параметрам по соматометрическим параметрам и показателям систолической активности сердечно-сосудистой системы показала, что удовлетворительный уровень её функций и адаптации выявлен у 62,5% мальчиков и 61,5% девочек, у остальных подростков выявлено напряжение механизмов адаптации.

### Список использованных источников

1. Ананьева Н. А. Состояние здоровья и адаптивные возможности школьников. Состояние здоровья детей дошкольного и школьного возраста и факторы его определяющие. М.: Медицина, 1991. С. 52–58.
2. Апанасенко Г. Л., Попова Л. А. Медицинская валеология. Ростов н/Д.: Феникс, 2000. 248 с.
3. Арутюнян К. А., Бабцева А. Ф., Романцова Е. Б. Физическое развитие ребенка: учеб. пособие. Благовещенск: Буквица, 2011. 35 с.
4. Бабенко Т. И., Каминская Т. И. Экспресс-оценка физического здоровья школьников, условий их обучения и воспитания. Ростов н/Д.: Обл ИУУ, 1995. 32 с.
5. Баевский Р. М. Оценка и классификация уровней здоровья с точки зрения адаптации // Вестник АМН СССР. 1989. № 8. С. 73–78.
6. Барабаш Н. А., Шапошникова В. И. Оцените свой вес сами. Спб.: Изд-во «Питер», 2003. С. 196–198.
7. Башкиров П. Н. Учение о физическом развитии человека. М.: Изд-во МГУ, 1962. 339 с.
8. Безруких М. М., Сонькин В. Д., Фарбер Д. А. Возрастная физиология (физиология развития ребёнка): учеб. пособие. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 416 с.
9. Беляев Н. Г. Возрастная физиология. Ставрополь: Изд-во СГУ, 1999. 103 с.
10. Берсенева А. П. Принципы и методы массовых, донозологических обследований с использованием автоматизированных систем: Автореф. Дисс. ... докт. мед. наук. Киев, 1991. 46 с.
11. Бусел Л. А., Циркин В. И. Индексы физического развития детей как критерии оценки влияния факторов окружающей среды // Современные наукоемкие технологии. 2006. № 4. С. 39.

12. Вельтищев Ю. Е., Ветров В. П. Объективные показатели нормального развития и состояния здоровья ребёнка. М. : Просвещение, 2000. 165 с.
13. Возрастная физиология и психофизиология / С. Г. Махнева, Т. Ф. Турова, Е. Ю. Югова, Л. А. Лукинская. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф. пед. ун-та, 2011. 112 с.
14. Воробьева Е. А., Губарь А. В., Сафьянникова Е. Б. Анатомия и физиология. М.: Медицина, 1988. 432 с.
15. Громбах С. М. О критериях оценки состояния здоровья детей и подростков // Вестник. 1981. № 1. С. 29.
16. Губарева Л. И., Мизирева О. М., Чурилова Т. М. Экология человека. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. 112 с.
17. Гуминский А. А. Практические занятия по возрастной физиологии и школьной гигиене. М.: Просвещение, 1992. С. 3–83.
18. Дормешкина С. Г. Практикум по комплексной оценке состояния здоровья. Нижневартовск: издательство Нижневартовского социально-гуманитарного колледжа, 2011. 48 с.
19. Дубровский В. И. Спортивная медицина: учебник. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2002. 512 с.
20. Ермолаев Ю. А. Возрастная физиология. М: Высш. шк., 1985. 384 с.
21. Есаков С. А. Возрастная анатомия и физиология (курс лекций). Ижевск: УдГУ, 2010. 196 с.
22. Изаак С. И. Мониторинг физического развития и физической подготовленности: теория и практика. М.: Советский спорт, 2005. 126 с.
23. Капилевич Л. В., Кабачкова А. В., Дьякова Е. Ю. Возрастная морфология. Томск: Томский государственный университет, 2009. 207 с.
24. Клименко Е. А. Методика оценки физического развития детей и подростков. Материалы по дополнительному экологическому образованию

учащихся (сборник статей). Вып. IV. Калуга: Изд-во КГПУ им. К. Э. Циолковского, 2008. С. 208–228.

25. Косованова Л. В., Мельников М. М., Айзман Р. И. Скрининг-диагностика здоровья школьников и студентов. Организация оздоровительной работы в общеобразовательных учреждениях. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2003. 240 с.

26. Лекционный курс / М. А. Зайнетдинов, Д. З. Валеев, Т. Л. Панькина, Р. А. Хужин. Уфа: УГНТУ, 2011. 166 с.

27. Малявская С. И. Оценка физического развития и полового созревания девочек // Экология человека. 1997. № 2. С. 59–62.

28. Маркосян А. А. Основы морфологии и физиологии организма детей и подростков. М.: Медицина, 1969. 576 с.

29. Мозжухина Л. И., Чёрная Н. Л., Шубина Е. В. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины // Педиатрия. 2003. №4. С. 3–7.

30. Нагаева Е. В. Физическое развитие детей и подростков // Педиатрия. 2009. № 3. С. 58–62.

31. Ноздрачев А. Д. Начала физиологии: учебник для вузов. СПб.: Лань, 2004. 1088 с.

32. Обреимова Н. И., Петрухин А. С. Основы анатомии, физиологии и гигиены детей и подростков. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 384 с.

33. Олонцева Г. Н. Комплексная диагностика физического развития ребёнка. Иркутск: Изд-во Иркутс. Гос. Пед. Ун-та, 2007. 152 с.

34. Оценка состояния здоровья детей / В. А. Беляков, Т. С. Подлевских, И. В. Попова, А. В. Кашин. Киров: Кировская государственная медицинская академия, 2006. 91 с.

35. Ошевенский Л. В., Крылова Е. В., Уланова Е. А. Изучение состояния здоровья человека по функциональным показателям организма. Н. Новгород: Нижегородский ГУ им. Лобачевского, 2007. 67 с.

36. Псеунок А. А. Адаптивные возможности сердечно-сосудистой системы детей, обучающихся по новым образовательным программам // Педиатрия. 2005. № 6. С. 77.
37. Псеунок А. А. Возрастная анатомия и физиология. Майкоп: Изд-во АГУ, 2008. 268 с.
38. Раппорт И. К. Состояние здоровья подростков и современные подходы к проведению врачебных и профессиональных консультаций // Вестник РАМН. 2003. № 8. С. 19–23.
39. Савченков Ю. И., Солдатова О. Г., Шилов С. Н. Возрастная физиология (физиологические особенности детей и подростков). М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2014. 143 с.
40. Сапин М. Р., Брыксина З. Г. Анатомия и физиология детей и подростков. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 432 с.
41. Сушко Е. П. Пропедевтика детских болезней: учеб. пособие. Мн.: Высш. шк., 1996. 448 с.
42. Тихвинский С. Б., Хрущев С. В. Детская спортивная медицина: руководство для врачей. М.: Медицина, 1991. 560 с.
43. Тихомирова И. А. Валеология: методические рекомендации. ГОУ ВПО "Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского", 2007. 22 с.
44. Усов И. Н. Здоровый ребенок. Справочник педиатра. Мн.: Высш. шк., 1984. 207 с.
45. Федотова Т. К. О специфике формирования соматического статуса детей от 7 до 16 лет // Педиатрия. 2005. № 5. С. 92–94.
46. Физиология человека: медицинская книга / Н. А. Агаджанян, Л. З. Тель, В. И. Циркин, С. А. Чеснокова. Н. Новгород: Издательство НГМА, 2003. 528 с.
47. Физическая культура студента: учебник / В. И. Ильинич, М. Л. Виленский, А. И. Зайцев, Ю. Л. Кислицын. М.: Гардарики, 2000. 448 с.

48. Хрипкова А. Г., Антропова М. В., Фарбер Д. А. Возрастная физиология и школьная гигиена. М.: Просвещение, 1990. 319 с.

49. Хураськина Н. В. Физиологические аспекты контроля влияния процесса обучения на функциональное состояние организма детей школьного возраста : учебно-методическое пособие. Чебоксары: ГОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», 2004. 52 с.

50. Ямпольская Ю. А. Физическое развитие школьников-жителей крупного мегаполиса в последние десятилетия: состояние, тенденции прогноз. Методика скрининг-оценки: Дисс. ... докт. биол. наук. М., 2000. 76 с.