

**Российская академия образования
Институт возрастной физиологии**



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 3(48) 2016

Выходит с 2001 г.

Периодичность издания - 4 номера в год
Свидетельство о регистрации ПИ № 77-13217 от 29 июля 2002 г.

Главный редактор

Безруких Марьяна Михайловна

Заместитель главного редактора

Сонькин Валентин Дмитриевич

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Догадкина С.Б., к.б.н.

(ответственный секретарь)

Криволапчук И.А., д.б.н.

Адамовская О.Н., к.б.н.

Курганский А.В., к.б.н.

Мачинская Р.И., д.б.н.

Параничева Т.М., к.б.н.

Сельверова Н.Б., д.м.н.

Филиппова Т.А., к.б.н.

Шумейко Н.С., к.б.н.

Безобразова В.Н., к.б.н.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Безруких М.М., д.б.н., акад. РАО

Фарбер Д.А., д.б.н., акад. РАО

Сонькин В.Д., д.б.н., проф.

Тамбовцева Р.В., д.б.н., проф.

Криволапчук И.А., д.б.н.

Рыбаков В.П., д.м.н.

Макеева А.Г., к.пед.н.

Полянская Н.В., к.м.н.

Рублева Л.В., к.б.н.

Соколов Е.В., к.б.н.

СОСТАВИТЕЛЬ

Догадкина С.Б.

В статьях журнала представлена новая информация, отражающая результаты исследований в области возрастной физиологии, морфологии, биохимии, психофизиологии, антропологии, физического воспитания и культуры здоровья. В журнале публикуются работы, выполненные на животных, и результаты исследования детей.

Для специалистов в области возрастной морфологии, физиологии, психофизиологии, физического воспитания, школьной гигиены и педагогики.

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук (редакция март 2010, декабрь 2015 года)

ВНИМАНИЕ!!!

Журнал распространяется:

- через каталог «Роспечать» (подписной индекс 48656)
- путем прямой редакционной подписки

Почтовый адрес редакции: 119121 Москва, ул. Погодинская, д. 8, корп. 2, тел./факс (499) 245-04-33; тел. (495) 708-36-83; E-Mail: almanac@mail.ru

Альманах «Новые исследования» - М.: Институт возрастной физиологии, 2016, № 3(48). - 70 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СТУДЕНТОВ РАЗНОГО ПОЛА В ТЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ НЕДЕЛИ Гурова О.А.	4
ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИАГНОСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ УЧАЩИХСЯ В НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД АДАПТАЦИИ К ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Герасимова А.А., Баранцев С.А., Мышьяков В.В.	10
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОДИНАМИКИ У ПОДРОСТКОВ 14-16 ЛЕТ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ Литовченко О.Г., Шипилова Г.Н.	19
МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ШКОЛЬНИКОВ С ДЕФОРМИРУЮЩИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ КОСТНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ Мамонова С. Б., Крылов В. Н., Сабурцев С. А.	24

ФИЗИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ

РАЦИОНАЛЬНЫЕ СООТНОШЕНИЯ СРЕДСТВ РАЗЛИЧНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ В ЗАНЯТИЯХ ПО ФИЗИЧЕСКОМУ ВОСПИТАНИЮ С МАЛЬЧИКАМИ И ДЕВОЧКАМИ 5-6 ЛЕТ Чернова М.Б., Герасимова А.А., Герасимов М.М.	39
СТРУКТУРА ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТЕЙ 5-6 ЛЕТ И ФАКТОРЫ ЕЁ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ Герасимова А.А., Чернова М.Б., Герасимов М.М.	45
ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛЬЧИКОВ И ДЕВОЧЕК 5-6 ЛЕТ Герасимова А.А., Кесель С.А., Чернова М.Б., Герасимов М.М.	53
КЛАССИФИКАЦИЯ НАГРУЗОК ПО ВЕЛИЧИНЕ: АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ «ДОЗА–ЭФФЕКТ» У ДЕТЕЙ 7-8 ЛЕТ Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Герасимова А.А., Герасимов М.М.	61

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СТУДЕНТОВ РАЗНОГО ПОЛА В ТЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ НЕДЕЛИ

О.А. Гурова¹

Российский университет
дружбы народов, Москва

Изучена вариабельность сердечного ритма у студентов разного пола в течение учебной недели. Методом кардиоинтервалографии по Р.М. Баевскому обследованы 17 девушек и 9 юношей в возрасте 18 лет. Установлено, что существуют гендерные различия в показателях ВСР. Напряжение в регуляции сердечного ритма отмечается у девушек уже в середине недели (среда), а у юношей накапливается в конце недели (четверг, пятница).

Ключевые слова: *вариабельность сердечного ритма, юноши, девушки, учебная неделя.*

Heart rate variability in students of different genders during the school week. *We studied the heart rate variability in students of both sexes during the school week. The method of cardiointervalography was used to study 17 girls and 9 boys aged 18 years old. It was found out that there are gender differences in the indices of heart rate variability. Tension in heart rate regulation is observed in women in the middle of the week (Wednesday), and is accumulated in boys by the end of the week (Thursday, Friday).*

Key words: *heart rate variability, boys, girls, school week.*

Адаптация организма школьников и студентов к учебной деятельности связана с напряжением в функционировании сердца и сосудов. В настоящее время для оценки адаптационных возможностей организма часто используется анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) [2,7]. Изменение показателей ВСР у студентов под влиянием учебной нагрузки описано в целом ряде работ [3-6]. Гендерные особенности вариабельности сердечного ритма изучаются на протяжении ряда лет, но единого мнения о влиянии пола на показатели ВСР нет [1, 5, 8-10].

Цель данного исследования – изучить вариабельность сердечного ритма у студентов разного пола в течение учебной недели.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие практически здоровые студенты: 17 девушек в возрасте $18,7 \pm 0,5$ лет и 9 юношей в возрасте $18,3 \pm 0,3$ года. Использовали метод кардиоинтервалографии по Р.М.Баевскому на аппарате «Варикард» («Рамена», Рязань) [2, 7]. У каждого испытуемого показатели регистрировали в межсессионный период ежедневно, с понедельника по пятницу, с 9 до 12 часов. За-

Контакты: ¹ Гурова О.А. – E-mail: <oagur@list.ru>

пись производилась в течение 5 минут в положении испытуемых сидя. Перед этим измеряли артериальное давление (АД).

Автоматически рассчитывались частота сердечных сокращений (ЧСС), среднее квадратичное отклонение (SDNN) и коэффициент вариации (CV), характеризующие суммарный эффект вегетативной регуляции кровообращения; индекс напряжения регуляторных систем (стресс-индекс, SI), свидетельствующий о степени преобладания активности центральных механизмов регуляции над автономными; индекс централизации (IC), который отражает степень централизации управления ритмом сердца. Общую оценку состояния вегетативной регуляции демонстрирует показатель активности регуляторных систем (ПАРС). Вклад отдельных механизмов регуляции (парасимпатических - HF, симпатических - LF и гуморально-метаболических - VLF) в суммарный уровень активности регуляторных систем (TP) оценивался по мощности их спектра, в %. Показатель LF/HF характеризует соотношение симпатических и парасимпатических механизмов в регуляции сердечного ритма. Полученные данные обработаны методами вариационной статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Показатели артериального давления у девушек и юношей в течение недели менялись по-разному. Наиболее высокое АД систолическое (САД) у девушек отмечалось во вторник: 132 ± 2 , а у юношей в понедельник: 131 ± 5 мм рт.ст. Эти значения достоверно ($p \leq 0,05$) отличались от наиболее низких значений САД, которые у девушек наблюдались в понедельник и среду: 112-113 мм рт.ст., у юношей - в среду, четверг и пятницу: 118-120 мм рт.ст. Изменения АД диастолического (ДАД) у девушек составили от 68-70 в понедельник-среду до 72 ± 2 в четверг и пятницу. У юношей ДАД менялось от 82 ± 6 в понедельник до 78-80 в остальные дни. Таким образом, если у девушек показатели АД в течение недели варьировали, то у юношей наблюдалась тенденция к их снижению от начала к концу недели.

ЧСС у девушек в понедельник, вторник и четверг составила 76-77 в мин, а в среду и пятницу увеличивалась до 86 ± 6 и 83 ± 3 в мин, соответственно. У юношей ЧСС во все дни была на уровне 84-89 в мин. Несмотря на то, что в литературе указывается на превышение показателя ЧСС в покое у женщин [1,9], мы наблюдали относительно большую величину ЧСС у юношей по сравнению с девушками, что, вероятно, могло быть связано с учебной нагрузкой.

Динамика показателя суммарного эффекта вегетативной регуляции SDNN в течение недели представлена на рис. 1. У девушек изменения SDNN варьируют от самого большого во вторник ($78,1 \pm 22,3$ мс) до наименьшего в среду ($41,5 \pm 8,7$ мс), у юношей – постепенно снижаются в течение недели: от $60,2 \pm 7$ в понедельник до $49,1 \pm 6,8$ мс в пятницу. Подобные изменения отмечаются и у величины коэффициента вариации CV. Характерно, что динамика этих показателей фактически совпадает с динамикой САД как у юношей, так и у девушек.

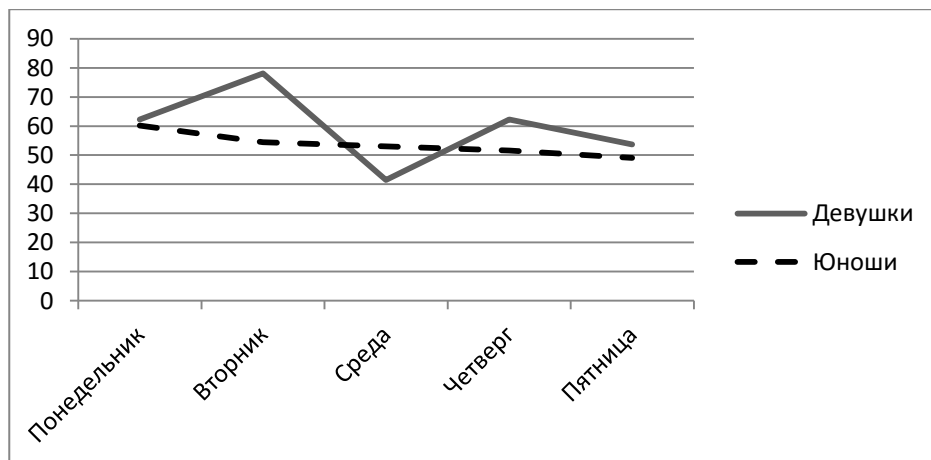


Рис.1. Динамика показателя SDNN у испытуемых разного пола в течение недели.

У девушек в среду, когда зафиксированы самые низкие значения показателей суммарного эффекта вегетативной регуляции кровообращения SDNN и CV, наблюдаются самые высокие значения индекса напряжения регуляторных систем SI, что свидетельствует о значительном преобладании в этот день в регуляции ритма сердца активности центральных механизмов над автономными (Табл. 1). Так, в понедельник величина SI у девушек составляет $152,8 \pm 57$, во вторник - $86,2 \pm 35,6$, а в среду она увеличивается до $476,4 \pm 96,8$, и снижается к пятнице до $140,5 \pm 30,5$ усл.ед. У юношей индекс напряжения регуляторных систем SI изменяется в течение недели волнообразно, увеличиваясь от начала к концу недели. Так, в понедельник зарегистрированы наименьшие значения: $112,8 \pm 26,1$, в пятницу - наибольшие: $276,1 \pm 49$ усл.ед. ($p \leq 0,05$). Таким образом, у юношей напряжение механизмов регуляции ритма сердца достигает наибольшей величины к концу учебной недели, в пятницу. У девушек большое напряжение этих механизмов наблюдается в середине учебной недели, в среду.

Показатель преобладания центральных механизмов регуляции над автономными - индекс централизации IC - у девушек с понедельника до среды составляет $3,3-3,7$ усл.ед., а в четверг и пятницу увеличивается до $4,0-4,3$ усл.ед. У юношей IC плавно растет от $2,3 \pm 0,5$ в понедельник до $4,7 \pm 0,9$ усл.ед. в пятницу (см. табл. 1). Величина показателя IC как у девушек, так и у юношей находятся в границах нормы, которые лежат в пределах от 2 до 8 усл.ед.

Показатель активности регуляторных систем (ПАРС) у девушек во все дни учебной недели, кроме среды, составляет около 5 усл. ед., что свидетельствует о высокой активности регуляторных систем и некотором снижении функциональных резервов организма. У юношей значения ПАРС выше, чем у девушек: в понедельник около 5, а со вторника до пятницы – около 6 усл.ед. Это свидетельствует о том, что механизмы регуляции сердечного ритма у юношей в течение всей учебной недели функционируют с большим напряжением, чем у девушек, и наблюдается даже перенапряжение этих систем.

Таблица 1

*Изменение показателей variability сердечного ритма
у девушек и юношей в течение учебной недели (M±m)*

День недели	SI, усл.ед.		IC, усл.ед.		ПАРС, усл.ед.	
	Девушки	Юноши	Девушки	Юноши	Девушки	Юноши
Понедельник	152,8±57	112,8±26,1	3,7 ± 0,6	2,3 ± 0,5	4,5 ± 0,3	5,3 ± 0,8
Вторник	86,2±35,2	258,2±65	3,3 ± 1	2,4 ± 0,8	5,2 ± 0,4	6,4 ± 0,7
Среда	476,4±96,8*	202,1±36	3,3 ± 0,6	2,7 ± 1	3,8 ± 0,6	6 ± 0,8
Четверг	175,3±54	165,9±35,7	4,0 ± 0,5	3,2 ± 0,8	4,9 ± 0,4	5,9 ± 0,3
Пятница	140,5±30,6	276,1±49*	4,3 ± 0,7	4,7 ± 0,9*	4,9 ± 0,4	5,9 ± 0,5

Примечание: достоверные ($p \leq 0,05$) различия с данными в понедельник.

Суммарный уровень активности регуляторных систем (ТР) в большинстве наблюдений значительно превышал верхнюю границу нормативных значений. У девушек величина ТР в понедельник и вторник равна 5459-7808 мс², в среду снижается до 1965±668, а затем увеличивается в четверг и пятницу до 4652-3739 мс². У юношей значения ТР с понедельника до среды находятся на уровне 7068-7682 мс², а затем уменьшаются: в четверг – до 3622±842, в пятницу – до 2917±677 мс².

При оценке вклада отдельных механизмов в регуляцию сердечного ритма установлено, что относительный уровень активности парасимпатического звена регуляции (показатель HF) у девушек имеет наибольшие значения во вторник: 34,7 ± 11,2%, а в остальные дни варьирует на уровне 24-29%. У юношей показатель HF с понедельника по четверг имеет значения от 31 до 35 %, а в пятницу снижается до 22,1 ± 3,6%. Относительный уровень активности симпатического звена регуляции (LF) в течение недели у девушек составляет от 50 ± 2,7 в понедельник до 53 ± 3,4 в пятницу, у юношей растет от 49 ± 4,7 в понедельник до 57,4 ± 3,1% в пятницу. Показатель влияния гуморально-метаболических механизмов регуляции (VLF) у девушек наименьшие значения имеет во вторник и пятницу: около 17%, а наибольшее в среду: 24 ± 3,5%. У юношей наименьшее значение показателя VLF отмечается во вторник - 14 ± 3,6 %, а наибольшее в пятницу - 20,5 ± 2,5% (Рис. 2).

В литературе нет единого мнения о величине показателей HF и LF у мужчин и женщин. Так, в работе [9] показано, что молодые женщины в покое имеют больший уровень HF и LF, а в исследовании [10] обнаружено, что variability сердечного ритма в покое выше у мужчин. По нашим данным, в разные дни недели соотношение может меняться, что, по-видимому, зависит, в том числе, и от интенсивности учебной нагрузки в этот день.

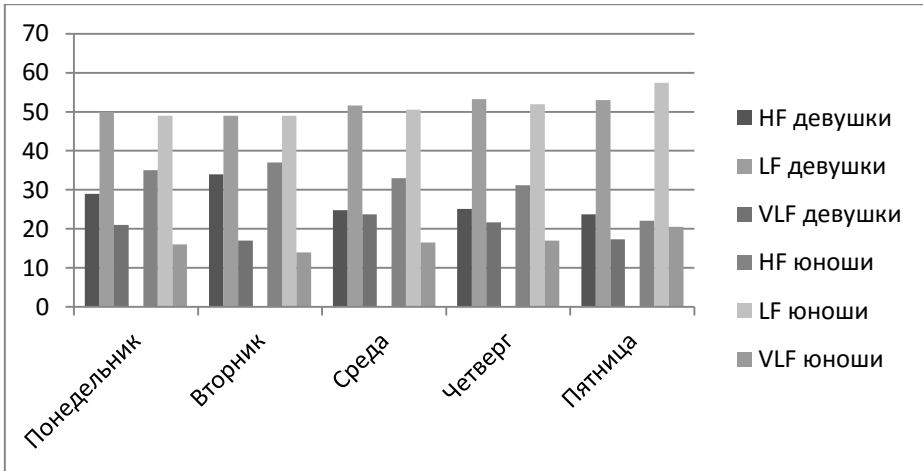


Рис. 2. Вклад отдельных механизмов в суммарный уровень активности регуляторных систем у девушек и юношей.

К концу учебной недели влияние симпатической иннервации на сердце возрастает как у девушек, так и у юношей, что видно из динамики показателя LF/HF (Рис. 3). У девушек заметный рост симпатических влияний наблюдается уже в среду и усиливается к пятнице, а у юношей - в конце недели.

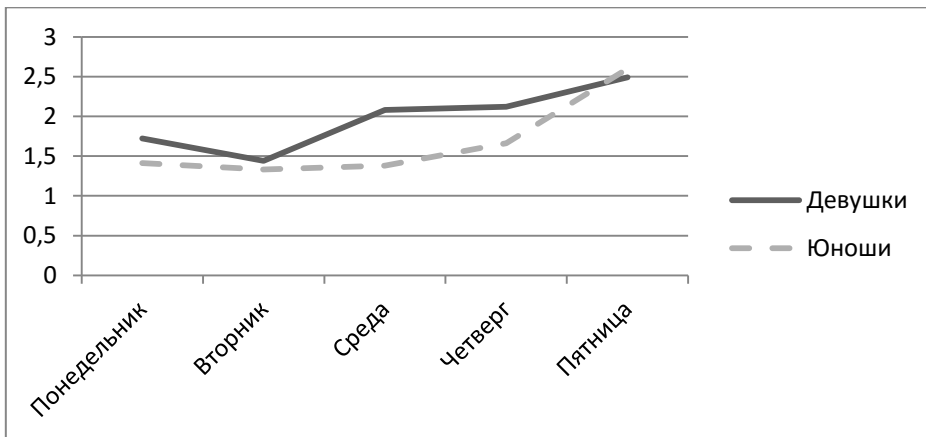


Рис.3. Динамика показателя LF/HF у девушек и юношей в течение недели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования вариабельности сердечного ритма у студентов при адаптации к учебной нагрузке в течение недели свидетельствуют о наличии определенных гендерных различий. В процессе адаптации у девушек

наибольшее напряжение регуляторных систем, определяющих показатели ВСР, отмечается уже в середине учебной недели (в среду), у юношей – накапливается к концу недели (в четверг и пятницу). В эти дни ведущее значение имеют центральные механизмы регуляции сердечного ритма, а в активности автономных механизмов регуляции превалирует симпатический контур. Подобная картина указывает на напряжение в регуляции сердечно-сосудистой системы у студентов обоего пола и снижение функциональных резервов их организма в конце учебной недели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александрова Л.А., Карпенко Ю.Д., Моторова О.В. Гендерные особенности variability сердечного ритма и вегетативного индекса у студентов в межсессионный период // *Вариабельность сердечного ритма: теоретические и прикладные аспекты: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием.* – Чебоксары: Изд-во ЧГПУ, 2014. – С. 6-9.
2. Баевский Р.М., Семенов Ю.Н. Комплекс для обработки кардиоинтервалограмм и анализа variability сердечного ритма Варикард 2.51. – Рязань: Рамена, 2007. – 288 с.
3. Гурова О.А., Тарбаева Е.А., Карасева Н.В. Variability сердечного ритма, микрокровоток в коже и внимание у студентов при адаптации к учебным нагрузкам // *Здоровье и образование в XXI веке.* – 2013. – Т.15, № 2. – С. 140-142.
4. Гурова О.А., Тарбаева Е.А., Сафронова Е.Ю. Дневная динамика variability сердечного ритма у студентов // *Новые исследования.* – 2012. – № 3 (30). – С. 32-36.
5. Димитриев Д.А., Димитриев А.Д., Карпенко Ю.Д. и др. Влияние экзаменационного стресса и психоэмоциональных особенностей на уровень артериального давления и регуляции сердечного ритма у студентов // *Физиология человека.* – 2008. – Т. 34. – № 5. – С. 89-96.
6. Димитриев Д.А., Карпенко Ю.Д., Кругликов Н.Ю. и др. Особенности вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы при относительном покое и стрессе // *Вариабельность сердечного ритма: теоретические и прикладные аспекты: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием.* – Чебоксары: Изд-во ЧГПУ, 2014. – С. 49-54.
7. Михайлов В.М. Variability ритма сердца. Опыт практического применения метода. – Иваново: Иван. гос. мед. акад., 2000. – 290 с.
8. Evans J.M., Ziegler M.G., Patwardhan A.R. et al. Gender differences in autonomic cardiovascular regulation: spectral, hormonal and hemodynamic indexes // *J. Appl. Physiol.* – 2001. – Vol. 91, № 6. – P. 2611-2618.
9. Koskinen T., Kahonen M., Jula A. et al. Short-term heart rate variability in healthy young adults: the cardiovascular risk in young finns study // *Auton. Neurosci.* – 2009. – Vol. 145, № 1-2. – P. 81-88.
10. Young F.L., Leicht A.S. Short-term stability of resting heart rate variability: influence of position and gender // *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* – 2011. – Vol. 36, № 2 – P. 210-218.

ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИАГНОСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ УЧАЩИХСЯ В НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД АДАПТАЦИИ К ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

И.А. Криволапчук^{*1}, М.Б. Чернова*,
А.А. Герасимова*, С.А. Баранцев*, В.В. Мышьяков**
*ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Россия, Москва
**УО «Гродненский государственный университет
имени Янки Купалы», Беларусь, Гродно

Анализ физиологических, психологических, поведенческих и педагогических показателей ФС детей 7-8 лет позволил выявить наиболее значимые факторы, определяющие его структуру. На основе данных о факторной информативности отдельных критериев ФС детей и их экспертной оценки сформирован гетерогенный комплекс показателей, пригодный для педагогической диагностики в условиях образовательного учреждения.

Ключевые слова: функциональное состояние, факторная информативность, экспертная оценка, комплекс показателей педагогической диагностики.

Functional state diagnostics in schoolchildren during the period of initial adaptation to the educational environment. *The analyses of physiological, psychological, behavioral and pedagogical functional state indices in 7-8-year-old children allowed to identify the most significant factors determining its structure. According to the factor analysis and expert assessment of the functional state criteria, there has been created a heterogeneous complex of indices suitable for pedagogical diagnostics in educational settings.*

Key words: functional state, factorial descriptiveness, expert assessment, educational diagnostics.

Прикладная направленность исследований функционального состояния (ФС) человека ориентирует, прежде всего, на поиск адекватных методов диагностики и прогнозирования его развития [15, 7, 16, 14]. Существует большое разнообразие методов оценки ФС организма, однако все они обладают разными возможностями в плане его контроля. Поэтому одной из задач, которую должна решить диагностика ФС в школе, является определение из их числа наиболее информативных и надежных и, одновременно, простых в применении и компактных методических процедур. Сегодня в диагностической практике предпочтение отдается физиологическим, психофизиологическим и психологическим критериям оценки ФС [16, 14, 9]. Педагогические показатели ФС используются в меньшей степени. В значительной степени это связано с тем, что нет сколько-нибудь завершенной теории педагогической диагностики, не разработаны добротные педагогические критерии

Контакты: ¹ Криволапчук И.А. – E-mail: <i.krivolapchuk@mail.ru>

оценки и прогнозирования ФС организма детей в современных условиях обучения. Вместе с тем, что школа испытывает потребность в применении современных компактных диагностических методик, которые можно использовать для выявления детей с неблагоприятными изменениями ФС. В этой связи возникает задача обоснования комплекса различных показателей, пригодных для подобного рода диагностики. В силу известных причин, особенно важно проводить диагностику ФС детей в начальный период адаптации к образовательной среде [13, 19, 20, 23].

Цель исследования – обосновать комплекс показателей диагностики ФС школьников в начальный период адаптации к образовательной среде.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие дети 7-8 лет ($n=250$), отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе. Испытуемые не имели каких-либо противопоказаний для выполнения тестовых нагрузок, не употребляли лекарств и продуктов, содержащих кофеин. Исследование проходило в соответствии с требованиями Хельсинской декларации.

Моделью когнитивной нагрузки служила работы с буквенными таблицами Анфимова. Обследование осуществлялось в состоянии покоя и в двух режимах работы: 1) автотемп; 2) максимальный темп при наличии «угрозы наказания». Перед выполнением первого задания испытуемым сообщалось, что они должны работать в удобном для себя темпе, а перед реализацией второго - им давалась инструкция, содержащая требование безошибочно работать с максимально возможной скоростью. По результатам выполнения тестового задания рассчитывали объём работы (A) и коэффициент продуктивности (Q). Продуктивность когнитивной деятельности оценивали также в условиях образовательного учреждения до ($A_{до}$, $Q_{до}$) и после ($A_{после}$, $Q_{после}$) занятий в среду по традиционной методике [17].

Функциональное состояние ЦНС анализировали на основе измерения омега-потенциала (ОП) [9]. Регистрация осуществлялась с поверхности кожи головы с использованием портативной установки для исследования сверхмедленных электрических процессов головного мозга. В состоянии покоя на основании начальных значений омега-потенциала оценивали уровень активного бодрствования [9]. Определяли знак и величину омега-потенциала после выхода на плато и его изменения в условиях тестовых нагрузок.

Для оценки степени напряженности регуляторных систем использовали математический анализ сердечного ритма [26]. Реализация метода осуществлялась при помощи автоматизированного комплекса на базе персонального компьютера. Определяли среднюю продолжительность RR-интервала (RRNN), моду (M_0), амплитуду моды (AM_0), разброс кардиоинтервалов ($MxDMn$), стресс-индекс (SI). Частота сердечных сокращений (ЧСС) рассчитывалась по б-секундным отрезкам записи.

Систолическое (СД) и диастолическое (ДД) артериальное давление крови регистрировали в соответствии с рекомендациями ВОЗ. Применяли адекватную возрасту детскую манжету.

На основании проведенных измерений рассчитывали среднее давление (САД), двойное произведение (ДП), вегетативный индекс Кердо (ВИК), показатели эффективности деятельности ($Q/ЧСС$, $Q/СИ$, $Q/ДП$, $A/ЧСС$, $A/СИ$, $A/ДП$).

В процессе исследования использовали методики, пригодные для обследования энергетического обеспечения мышечной деятельности и физической работоспособности детей. Регистрировали предельное время работы (t_2 Вт/кг, t_4 Вт/кг) при выполнении «до отказа» нагрузок большой (2 Вт/кг) и субмаксимальной (4 Вт/кг) мощности. По результатам тестирования на основе эргометрической модели Muller рассчитывали величины мощности нагрузок, максимальное время реализации которых составляло 1 (W1), 40 (W40), 240 (W240), 400 (W400), 900 с (W900), коэффициенты, отражающие емкость аэробного (b) и соотношение возможностей аэробного и анаэробно-гликолитического источников (a) [12, 21]. Определяли также функциональные показатели: интенсивность накопления пульсового долга (ИНПД), максимальное потребление кислорода (МПК), мощность нагрузки при пульсе 170 уд/мин (PWC170) [10], ватт-пульс (ВтП), максимальную силу (МС).

Комплекс контрольных упражнений состоял из тестов, характеризующих уровень развития кондиционных физических качеств: 1) бег 20 метров с хода; 2) прыжок в длину с места; 3) челночный бег 4x9 м; 4) шестиминутный бег; 5) поднимание туловища из положения «лёжа на спине» за 1 минуту; 6) наклон вперед. По результатам тестирования определяли общую оценку физической подготовленности (ОФП).

Рассчитывали показатели, характеризующие заболеваемость детей с временной утратой работоспособности [6]: количество заболеваний (КЗ); количество дней временной нетрудоспособности по болезни (КДБ); показатель средней продолжительности одного случая заболеваемости (ПОЗ).

В целях определения показателей ФС детей, наиболее пригодных для использования в условиях школы, проводился опрос опытных учителей, психологов, социальных педагогов, преподавателей вузов и научных работников (стаж работы более 10 лет). Всего в опросе приняли участие 59 респондентов.

Структура ФС детей изучалась на основе применения факторного анализа – метода главных компонент [8]. В целях получения воспроизводимых результатов факторного анализа обследовалась выборка испытуемых по объёму, значительно превышающая количество изучаемых переменных. Результаты факторного анализа использовались для обоснования информативности различных физиологических, психологических, поведенческих и педагогических показателей ФС.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По данным, полученным в результате статистической обработки показателей, характеризующих разные аспекты ФС детей 7-8 лет, определены 6 ортогональных факторов, вклад которых в обобщенную дисперсию выборки превысил 55 % (табл. 1). К ним относятся: вегетативная регуляция ФС (фактор I); эффективность когнитивной деятельности (фактор II); емкость системы энергетического обеспечения мышечной деятельности (фактор III); гемодинамическое обеспечение когнитивной деятельности (фактор IV); мощность системы энерге-

тического обеспечения мышечной деятельности (фактор V); неспецифическая устойчивость организма (фактор VI).

Таблица 1

Факторная информативность показателей ФС учащихся первых классов

Фактор	Показатель	Коэффициент
Вегетативная регуляция ФС (фактор I)	ЧСС ₁ , уд/мин	0,83
	Мо ₁ , с	-0,83
	Мо ₀ , с	-0,82
	ЧСС ₂ , уд/мин	0,81
	Мо ₂ , с	-0,78
	МхДМп ₂ , с	-0,76
	МхДМп ₀ , с	-0,75
	ДП ₁ ,отн.ед.	0,74
	ДП ₀ , отн.ед.	0,72
	ЧСС ₀ уд/мин	0,71
МхДМп ₁ , с	-0,70	
Эффективность когнитивной деятельности (фактор II)	A ₁ , кол-во знаков	0,83
	A ₁ /ЧСС ₁ , отн.ед.	0,83
	Q ₁ , отн.ед.	0,79
	Q ₁ /ЧСС ₁ , отн.ед.	0,79
	A ₁ /ДП ₁ , отн.ед.	0,78
	Q ₁ /ДП ₁ , отн.ед.	0,75
Емкость системы энергетического обеспечения мышечной деятельности (фактор III)	A ₂ , кол-во знаков	0,72
	b, отн.ед	0,91
	W ₉₀₀ , Вт/кг	0,91
	W ₂₄₀ , Вт/кг	0,89
	a, отн.ед.	0,83
	ИНПД _{2Вт/кг} , уд/с	-0,79
Гемодинамическое обеспечение когнитивной деятельности (фактор IV)	t ₂ Вт/кг, с	0,77
	ДД ₁ , мм.рт.ст	-0,86
	САД ₁ , мм.рт.ст	-0,85
	ДД ₀ , мм.рт.ст	-0,83
	ДД ₂ , мм.рт.ст	-0,82
	САД ₂ , мм.рт.ст	-0,79
	САД ₀ , мм.рт.ст	-0,78
Мощность системы энергетического обеспечения мышечной деятельности (фактор V)	PWC ₁₇₀ , кгм/мин* кг	0,79
	МПК, л/мин	0,74
	PWC ₁₇₀ , кгм/мин	0,73
	МПК, л/мин*кг	0,69
Неспецифическая устойчивость организма (фактор VI)	Количество дней болезни	-0,64
	Количество заболеваний	-0,63
	Продолжительность одного случая заболевания	-0,62

Примечание: Индексы 0, 1, 2 – показатели ФС в покое, при информационной нагрузке в авто- и максимальном темпе, соответственно. Расшифровку аббревиатур см. в разделе «Методика»

Весовые коэффициенты, отражающие степень корреляции используемых показателей ФС с выделенными факторами характеризовались сильной ($r=0,99-0,7$), средней ($r=0,69-0,05$) и, реже, слабой ($r=0,49-0,30$) степенями статистической связи. Реализованный в исследовании системный подход позволил рассмотреть содержание данных факторов. По каждому из них выявлены наиболее информативные показатели, пригодные для диагностики ФС детей в начальный период адаптации к образовательной среде (см. табл. 1).

В нее вошли показатели ФС, отличающиеся сильной корреляционной связью с соответствующими факторами. Общее количество параметров отличающихся высокой факторной информативностью, составило 37 переменных. По отдельным факторам эти показатели распределяются следующим образом: фактор I – 11; фактор II – 7; фактор III – 6; фактор IV – 6; фактор V – 4; фактор VI – 3 переменных.

Диагностика ФС в школе имеет свою специфику и, поэтому, требует такого инструментария, который был бы прост и удобен в употреблении, а также позволял достаточно быстро получать информацию о состоянии учащегося. В этой связи необходим отбор не только информативных, но и компактных по объему методик. Это особенно важно в ситуациях диагностики динамики ФС в ходе учебного процесса, в которых временные затраты на проведение испытаний должны быть минимальны. В целях формирования комплекса таких методик, удобных для использования в условиях школы, проводился опрос опытных учителей, практических психологов, социальных педагогов и научных работников. Предварительно, участникам опроса сообщалась необходимая информация о каждом из рассматриваемых показателей ФС. Затем респондентам предлагалось из числа выделенных параметров, характеризующихся высокой факторной нагрузкой, выбрать наиболее простые, компактные и удобные в применении методики диагностики ФС, которые можно было бы применять в ходе учебного процесса в общеобразовательном учреждении. В процессе ранжирования показателей ФС, респонденты должны были учитывать и ряд требований, предъявляемых к протоколам тестирования физической работоспособности человека в «полевых условиях». Это, прежде всего, стандартность процедуры и условий тестирования, адекватность исследуемым функциональным свойствам и качествам, простота структуры тестовой нагрузки, не требующей специального обучения, портативность и надежность технического оборудования [24, 22, 1, 27].

Полученные результаты позволили установить, что наиболее простыми и, в то же время, добротными показателем ФС детей в начальный период адаптации к образовательной среде, являются: по фактору «вегетативная регуляция ФС» – ДП₀, ЧСС₀; по фактору «эффективность когнитивной деятельности» – А₁, Q₁; по фактору «емкость системы энергетического обеспечения мышечной деятельности» – ИНПД_{2Вт/кг}, t_{2Вт/кг}; по фактору «гемодинамическое обеспечение когнитивной деятельности» – ДД₀, САД₀; по фактору «мощность системы энергетического обеспечения мышечной деятельности» – РWC₁₇₀, МПК; по фактору «неспецифическая устойчивость организма» – количество дней болезни, количество заболеваний. Респонденты отметили их в качестве основных критериев оценки ФС детей, пригодных для использования в условиях образовательного

учреждения. Далее было выбрано по одному показателю, характеризующемуся удобством измерения и простотой интерпретации (табл. 2).

Материалы исследования свидетельствуют о том, что отобранные в комплекс для диагностики ФС детей в школе показатели, обладают высокой факторной и содержательной информативностью. Исключение составляет средняя информативность показателя заболеваемости и абсолютной величины МПК (см. табл.1). Полученные результаты позволяют сделать заключение, что рассматриваемый комплекс показателей обладает высокой информативностью и может быть использован в процессе педагогической диагностики ФС в условиях общеобразовательной школы.

Анализ литературы показал, что в области диагностики ФС организма ключевую роль играют сведения об информативности и надежности различных его показателей [14, 16]. Одной из важнейших является проблема валидации используемых физиологических, психологических, поведенческих и педагогических переменных [18, 11, 14, 4].

Таблица 2

Комплекс показателей для диагностики ФС детей в условиях образовательного учреждения

№ п/п	Фактор	Показатель	Информативность	
			r	уровень
1	Вегетативная регуляция ФС	Частота сердечных сокращений в состоянии покоя (ЧСС ₀).	0,71	высокий
2	Эффективность когнитивной деятельности	Количество просмотренных знаков при работе с таблицей Анфимова с комфортной скоростью (A ₁).	0,83	высокий
3	Емкость системы энергетического обеспечения мышечной деятельности	Время выполнения «до отказа» нагрузки 2Вт/кг (t2Вт/кг).	0,77	высокий
4	Гемодинамическое обеспечение когнитивной деятельности	Среднее артериальное давление (САД ₀) в состоянии покоя.	-0,78	высокий
5	Мощность системы энергетического обеспечения мышечной деятельности	Мощность нагрузки при пульсе 170 уд/мин (относительная величина PWC ₁₇₀).	0,79	высокий
6	Неспецифическая устойчивость организма	Общее количество дней болезни (КДБ).	-0,64	средний

К сожалению, многие ее аспекты и сегодня не решены до конца. Поскольку ФС обладает системными свойствами, в практике его диагностики большое значение придается факторным критериям информативности [16]. Методологии применения факторного анализа посвящено большое количество исследований в различных областях научного знания. В частности, математический аппарат факторного анализа нашел широкое применение в психологии, биологии, экономике, социологии, теории тестирования двигательных способностей [2, 8, 3, 25, 4, 5 и

др.]. Факторная информативность является одной из наиболее распространенных моделей теоретической информативности, основанной на использовании сложного аппарата многомерного статистического анализа. В ходе факторного анализа многочисленные взаимосвязи между всеми переменными сводятся к сравнительно малому числу факторов. Весовые коэффициенты, представляющие собой корреляции между фактором и значениями отдельных переменных, входящих в этот фактор. Они показывают, до какой степени величины конкретного показателя совпадают с основополагающим параметром данного фактора. Природа фактора определяется значениями переменных, имеющих с ним высокую степень статистической взаимосвязи [8, 11, 25, 4].

Использование в настоящем исследовании факторного анализа позволило объединить показатели ФС, имеющие общую качественную основу, и определить их удельный вес в каждом из выделенных факторов. Параметры ФС с наибольшей факторной нагрузкой, как было отмечено выше, являются самыми информативными. На этой основе установлены показатели ФС, обладающие наивысшей информативностью у детей 7-8 лет. Они могут найти применение при разработке комплекса добротных показателей, позволяющих проводить диагностику ФС учащихся непосредственно в ходе учебного процесса в школе. Понятно, что предъявление специфических требований к выбору комплекса адекватных методических процедур зависит от характера диагностической задачи и содержания деятельности детей. Учет данных обстоятельств позволяет с большей достоверностью диагностировать особенности ФС школьника и оценивать психофизиологическую эффективность учебной деятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ физиологических, психологических, поведенческих и педагогических показателей ФС детей 7-8 лет позволил выявить наиболее значимые факторы, определяющие его структуру. На основе данных о факторной информативности отдельных критериев ФС детей и их экспертной оценки сформирован гетерогенный комплекс показателей, пригодный для педагогической диагностики в условиях образовательного учреждения. Полученные материалы свидетельствуют, что предлагаемый комплекс показателей, обладает высокой эмпирической информативностью в отношении оценки ФС детей рассматриваемой возрастной группы и может быть использован для комплексного педагогического контроля в начальный период адаптации к образовательной среде.

Работа поддержана грантом РГНФ (№16-06-18011е).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов. – М.: Советский спорт, 2009. – 348 с.
2. Берталанти Л. Общая теория систем: критический обзор // Исследования по общей теории систем. – М.: Прогресс, 1969. – С.23-82.
3. Благущ П. К теории тестирования двигательных способностей. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 165 с.

4. Бурлачук Л.Ф. Психодиагностика. – СПб.: Питер, 2011. 378 с.
5. Воронов В.В., Гришин А.А., Краско В.Д. Факторный анализ потребительских настроений в экономике. – Даугавпилс: Daugavpils Universitātes Akadēmiskais argāds «Saule», 2014. 102 с.
6. Гигиена детей и подростков / Под ред. Г.Н. Сердюковской, А.Г. Сухарева. – М.: Медицина, 1986. – 496 с.
7. Данилова Н.Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 192 с.
8. Иберла К. Факторный анализ: Пер. с нем. – М.: Статистика, 1980. – 398 с.
9. Илюхина В.А. Психофизиология функциональных состояний и познавательной деятельности здорового и больного человека. – СПб.: Изд-во Н-Л, 2010. – 368 с.
10. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208
11. Клайн П. Справочное руководство по конструированию тестов. Введение в психометрическое проектирование. – Киев: Ника-Центр Лтд, 1994. – 283 с.
12. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности: Итоги 30-летнего исследования. Сообщение II. «Зоны мощности и их возрастные изменения// Физиология человека, 2006. Т.32. – №3. – С. 46-54.
13. Костяк Т.В. Психологическая адаптация первоклассников. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. 176 с.
14. Леонова А. Б. Психическая надежность профессионала и современные технологии управления стрессом// Вестник МГУ. Сер. 14. Психология. 2007. № 3. С. 69–81.
15. Леонова А.Б. Психодиагностика функциональных состояний человека. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 200 с.
16. Медведев В.И. Адаптация человека. – СПб.: Институт мозга РАН, 2003. – 584 с.
17. Методические рекомендации по физиолого-гигиеническому изучению учебной нагрузки / Под ред. М.В.Антроповой. – М.: Изд-во АПН ССР, 1984. – 67 с.
18. Общая психодиагностика /Под ред. А.А. Бодалева, В.В. Столина. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 304с.
19. Поляшкова Н.В., Соловьев А. Г., Новикова И.А. Адаптационный потенциал младших школьников и его взаимосвязь с параметрами физического развития // Экология человека. – 2008. –N 2. – С. 34-38.
20. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка /Под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2009. – 432 с.
21. Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.
22. Уилмор Дж., Костилл Д. Физиология спорта и двигательной активности. – Киев: Олимпийская литература, 1997. – 500 с.

23. Физиология развития ребенка: Руководство по возрастной физиологии / Под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2010. – 768 с.

24. Фомин В. С. Физиологические основы управления подготовкой высококвалифицированных спортсменов.– М.: МОГИФК, 1984, – 63 с.

25. Хъелл Л.А., Зиглер Д.Д. Теории личности. – СПб.: Питер, 2000. – 608 с.

26. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 259 с.

27. Kenney W.L., Wilmore J., Costill D. Physiology of Sport and Exercise. – Published by Champaign, IL; Human Kinetics, 2011. – 640 p.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОДИНАМИКИ У ПОДРОСТКОВ 14-16 ЛЕТ СРЕДНЕГО ПРИОРЬЯ

О.Г. Литовченко¹, Г.Н. Шипилова
БУ ВО «Сургутский государственный университет»,
Ханты-Мансийский автономный округ- Югра, Россия. Сургут

В статье определены региональные особенности систолического объема крови, минутного объема крови, систолического артериального давления, диастолического артериального давления, пульсового давления, индекса функциональных изменений, Индекса Кердо, полученные в результате исследования гемодинамических показателей 196 подростков обоего пола в возрасте 14-16 лет. При оценке уровня функционирования системы кровообращения по индексу функциональных изменений отмечен удовлетворительный уровень адаптации.

Ключевые слова: гемодинамика, сердечно-сосудистая система, подростки, Среднее Приобье.

Comparative analysis of hemodynamic parameters in 14-16-year-old teenagers of the Middle Ob region. *The paper presents the regional peculiarities of systolic blood volume, cardiac output, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, pulse pressure, functional changes index, and Kerdo Index resulting from hemodynamic parameters of 196 14-16-year-old teenagers of both sexes. During the blood circulation assessment using the index of functional changes the satisfactory level of adaptation was recorded.*

Keywords: hemodynamics, cardiovascular system, teenagers, the Middle Ob region.

Демографическая структура Ханты-Мансийского автономного округа-Югры указывает на то, что одна третья часть среди населения составляют дети и подростки от 0 до 18 лет (среди населения России доля детей и подростков занимает не более 20%). Состояние здоровья детей, проживающих в условиях Севера, характеризуется ежегодным ростом первичной заболеваемости, увеличением диспансерных диагнозов.

Климатогеографические условия Среднего Приобья являются своего рода дополнительной функциональной нагрузкой для растущего организма, что способствует развитию перестроек многих функциональных систем и достигается ценой определенной биосоциальной платы. Это находит свое отражение в особенностях функционирования растущего организма в условиях Севера. Наблюдается повышенная активность физиологических систем при одновременном снижении их функционального резерва. Сочетание данных факторов, особенно на фоне малоподвижного образа жизни, характерного для школьников Севера, вызывает отрицательный эффект. Такие условия заставляют растущий организм находиться на максимуме своих возможностей, и любое воздействие извне может вы-

Контакты: ¹ Литовченко О.Г. – E-mail: <olgalitovchenko@mail.ru>

звать предпатологические или патологические состояния.

Состояние системы кровообращения детей является одним из наиболее чувствительных индикаторов, критерием оценки, отражающим медико-экономическое благополучие [4]. По данным Департамента здравоохранения Ханты-Мансийского автономного округа-Югры в 2014 году в структуре заболеваемости детского населения (0-17 лет), зарегистрированной в системе здравоохранения по классам болезней, болезни системы кровообращения (показатель 7,4 на 1000 населения) занимают 13 место. Однако, в структуре заболеваемости всего населения автономного округа болезни системы кровообращения имеют показатель 125,3 и находятся на 4 месте. Болезни системы кровообращения в 2014 году (41,7 %) остаются ведущими классами заболеваний в структуре общей смертности [3].

Целью нашей работы являлось изучение показателей гемодинамики у подростков 14-16 лет, родившихся в городе Сургуте или проживающих в данном регионе с раннего детства.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования гемодинамических показателей подростков проводились на базе БУ Ханты-Мансийского автономного округа-Югры «Сургутская городская клиническая поликлиника №5» города Сургута, МБОУ «Средняя общеобразовательная школа №26». Для исследования были выбраны дети в возрасте от 14 до 16 лет в количестве 196 чел., не состоящие на диспансерном учете по заболеваемости, имеющие 1 и 2 группу здоровья. Исследования проведены в утренние часы во второй четверти учебного года. Перед обследованием проводилось измерение длины и массы тела. Величина артериального давления и частоты сердечных сокращений измерялись с помощью автоматического электронного прибора «Omron M6».

Для оценки гемодинамических показателей мы определяли систолический объем крови - СО, минутный объем крови – МОК, пульсовое давление – ПД;

для оценки функционирования системы кровообращения, ее адаптационного потенциала, оценки тонуса вегетативной нервной системы в регуляции сердечно-сосудистой системы мы определяли индекс функциональных изменений (ИФИ) [2], Индекс Кердо с использованием формул:

$$ПД = АДС - АДД$$

$$СО = ((40 + 0,5 * ПД) - (0,6 * АДД)) + 3,2 * В,$$

$$МОК = СО * ЧСС$$

$$ИФИ = 0,011 * ЧСС + 0,014 * САД + 0,008 * ДАД + 0,014 * В + 0,009 * т - 0,009 * р - 0,27$$

$$Индекс Кердо = 100 * (1 - АДД / ЧСС)$$

Где АДС- систолическое артериальное давление, АДД - диастолическое артериальное давление, В- возраст, т-масса тела, л-длина тела.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Нами проведен анализ гемодинамических показателей у подростков Среднего Приобья (таблица 1, 2). В результате исследований было установлено: с увели-

чением возраста ЧСС снижалась у мальчиков на 5,64%; у девочек на 6,71% соответственно, что связано с усилением влияния центров блуждающего нерва и парасимпатической нервной системы. Значения средней ЧСС у обследованных нами детей 14-16 лет находилась в пределах возрастных показателей, характерных для данного этапа онтогенеза (от 65 до 90 ударов в минуту) [5].

Таблица 1

Показатели гемодинамики у девочек 14-15 лет города Сургута ($M \pm m$; δ)

Показатели		14 лет девочки n=32	15 лет девочки n=33	16 лет девочки n=30
ЧСС, уд.в мин	$M \pm m$	81,31 \pm 2,68	76,85 \pm 1,75	74,83 \pm 2,25
	δ	15,15	10,03	12,37
САД, мм рт.ст.	$M \pm m$	111,74 \pm 1,75*	116,85 \pm 1,64*	116,47 \pm 1,50
	δ	9,90	9,40	8,20
ДАД, мм рт.ст.	$M \pm m$	72,56 \pm 1,79	76,30 \pm 1,69	74,00 \pm 1,63
	δ	10,16	9,72	8,89
СО, мл	$M \pm m$	60,90 \pm 1,50***	66,49 \pm 1,32***	68,23 \pm 1,46***
	δ	8,35	7,58	8,00
МОК, мл	$M \pm m$	4962,56 \pm 227,49	5108,69 \pm 152,79**	5113,41 \pm 199,89**
	δ	1286,88	877,73	1094,88
ПД мм рт ст.	$M \pm m$	39,28 \pm 1,34**	40,56 \pm 1,09**	42,47 \pm 1,39**
	δ	7,57	6,27	7,62

Таблица 2

Показатели гемодинамики у мальчиков 14-15 лет города Сургута ($M \pm m$; δ)

Показатели		14 лет мальчики n=34	15 лет мальчики n=35	16 лет мальчики n=32
ЧСС, уд.в мин	$M \pm m$	79,94 \pm 2,39*	76,23 \pm 2,80	71,00 \pm 2,25*
	δ	13,73	15,60	12,53
САД, мм рт ст.	$M \pm m$	112,06 \pm 1,52	116,19 \pm 2,52	117,00 \pm 1,50
	δ	8,72	14,04	8,34
ДАД, мм рт ст.	$M \pm m$	70,12 \pm 1,63*	78,65 \pm 2,16*	74,16 \pm 1,33
	δ	9,39	12,03	7,39
СО, мл	$M \pm m$	63,70 \pm 1,53*	63,59 \pm 1,60***	91,34 \pm 0,62***
	δ	8,78	8,91	3,44
МОК, мл	$M \pm m$	5060,51 \pm 160,33***	4818,82 \pm 192,09***	6444,06 \pm 148,99***
	δ	921,03	1069,50	829,53
ПД мм рт ст.	$M \pm m$	41,94 \pm 1,52***	37,55 \pm 1,59***	31,45 \pm 1,73***
	δ	8,72	8,83	9,64

Примечание: * – достоверные отличия в разных возрастных группах, $P < 0,05$.

** – достоверные отличия показателей в группах мальчиков и девочек во всех возрастных группах, между группами мальчиков и девочек без деления по возрастам, между мальчиками и девочками в группе 16 летних, $P < 0,05$.

(Примечание для таблицы 1-2)

Возрастная динамика АД связана, как с изменением морфологических характеристик сердечно-сосудистой системы (уменьшение эластичности крупных сосудов, увеличение размеров сердца и силы его сокращения и др.), так и нейроэндокринных влияний) [6].

Установлено увеличение САД и ДАД у мальчиков и девочек 15 летнего возраста по сравнению с 14 летними подростками, так у мальчиков САД увеличилось на 3,55% и ДАД - на 12,16%; у девочек САД увеличилось на 4,48% и ДАД на 5,15% соответственно, с последующим уменьшением к 16 летнему возрасту.

В группах обоего пола выявлены показатели СО и МОК в пределах возрастной нормы и отмечена закономерность увеличения в зависимости от возраста. У мальчиков СО в 16 лет по сравнению с 14-летними увеличился на 43,39%, у девочек на 12,04% соответственно; у мальчиков МОК в 16 лет по сравнению с 14-летними увеличился на 27,34%, у девочек - на 3,25%.

Пульсовое давление пропорционально объему крови, который выбрасывает сердце в период систолы, в нашем исследовании выявлено закономерное увеличение ПД с возрастом у девочек и уменьшение показателя у мальчиков. На основании статистической обработки выявлены достоверные отличия между мальчиками 14 и 16 лет, 15 и 16 лет и между группами мальчики и девочки.

Таблица 3

Показатели вегетативного индекса Кердо, индекса функциональных изменений, у подростков 14-16 лет города Сургута (M±m; δ)

	Индекс Кердоусл.ед.		ИФИ баллы	
	M±m	δ	M±m	δ
14 лет мальчики n=34	10,38±2,90*	16,69	1,94±0,05	0,26
15 лет мальчики n=35	-6,80±4,47*	24,91	2,04±0,06	0,33
16 лет мальчики n=32	-7,23±3,55*	19,75	1,94±0,04	0,23
14 лет девочки n=32	8,14±3,32	18,38	1,97±0,05	0,28
15 лет девочки n=33	-0,97±3,31	19,00	2,05±0,04	0,23
16 лет девочки n=30	-1,66±3,87	21,21	2,02±0,04	0,20

*Примечание: * – достоверные отличия в разных возрастных группах, P < 0,05, "- между группами мальчики и девочки, P < 0,05.*

При оценке индекса Кердо было выявлено, что у детей 14 летнего возраста индекс положительный: у мальчиков он составляет 10,38±16,69 усл.ед., у девочек соответственно 7,78±18,97 усл.ед., что соответствует сдвигу вегетативного равновесия в регуляции нервной системы в симпатическую сторону и наиболее напряженному функционированию и расходованию резервов организма [1]. С 15-ти летнего возраста у подростков отмечалось парасимпатическое преобладание и

соответственно анаболический вариант метаболизма, более экономный режим функционирования. Парасимпатическое преобладание в регуляции гемодинамики у мальчиков данного возраста выше, чем у девочек. У мальчиков 16 лет индекс Кердо составил $-7,23 \pm 19,75$ усл.ед., у девочек 16 лет - $-1,88 \pm 21,56$ усл.ед..

С целью оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы мы определяли ИФИ (таблица 3). При оценке уровня функционирования системы кровообращения проводилась по ИФИ в баллах, у детей в возрасте 14-16 лет выявлен удовлетворительный уровень адаптации, не превышающий 2,59 баллов.

ВЫВОДЫ

1. У подростков Среднего Приобья мы наблюдали статистически значимые возрастные изменения основных показателей гемодинамики. Выявлены достоверные половые различия при исследовании МОК, СО между группами мальчиков и девочек без деления по возрастам, между мальчиками и девочками в группе 16 летних. У девочек 14 и 15 лет выявлены отличия показателя САД, у мальчиков 14 и 15 лет выявлены отличия ДАД. Достоверные возрастные изменения МОК, ПД отмечены у мальчиков разных возрастных групп.

2. При оценке уровня функционирования системы кровообращения по ИФИ в баллах, у детей в возрасте 14-16 лет выявлен удовлетворительный уровень адаптации.

3. Показатель индекса Кердо позволил выявить статистически значимые отличия между мальчиками разных возрастных групп.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблема адаптации и учение о здоровье.-М.: РУДН, 2006.-284с.

2. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний.- М.:Москва, 1997.-253 с.

3. Доклад о состоянии здоровья населения Ханты-Мансийского автономного округа-Югры в 2014 году. Департамент здравоохранения Ханты-Мансийского автономного округа-Югры, <http://www.dzhmao.ru/aktualno//>

4. Корчина И.В., Корчина Т.Я., Козлова Л.А., Кузьменко А.П., Лубяко Е.А. Основные направления повышения адаптационных возможностей организма, проживающего в северном регионе// Научный медицинский вестник Югры. 2014. №1-2 (5-6). С. 163- 172.

5. Озеров М.В. Интерпретация возрастных особенностей электрокардиографии у детей// Казанский медицинский журнал, 2010. № 6. С. 791-795

6. Сомова Т.М., Мещеряков В.В. Роль фактора роста в нормировании и оценке артериального давления у детей и подростков// Вестник СурГУ. Медицина, 2013. №2. С. 43-46.

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ШКОЛЬНИКОВ С ДЕФОРМИРУЮЩИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ КОСТНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

С.Б. Мамонова.¹, В.Н. Крылов, С.А. Сабурцев
ННГУ им. Лобачевского, г. Н. Новгород
Арзамасский филиал ННГУ им. Лобачевского, г. Арзамас

У школьников пре- и пубертатного возраста, страдающих сколиозом и плоскостопием дана оценка некоторых особенностей антропометрических параметров, функционального состояния сердечно-сосудистой системы и механизмов регуляции, состояния регионального мышечного кровообращения при плоскостопии. Астенизация телосложения у школьников выступает предрасполагающим фактором, приводящим к развитию деформации позвоночника и плоскостопия. Выявленное изменение регуляторных механизмов в сторону преобладания быстрой регуляции свидетельствует об активизации автономных уровней управления и подкоркового сердечно-сосудистого центра, а в сторону средней и медленной регуляции при плоскостопии с 13 летнего возраста на усиление активности симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС). При плоскостопии установлено нарушение венозного оттока, состоящее в снижении пульсового кровенаполнения и максимальной скорости кровотока по артериям стоп на фоне повышения тонуса сосудов на уровне посткапилляров.

Ключевые слова: сколиоз, плоскостопие, физическое развитие, вегетативная нервная система, кровообращение нижних конечностей

Morphofunctional characteristics of students with deforming diseases of the musculoskeletal system. The schoolchildren of pre - and puberty age, suffering from scoliosis and flat feet, participated in the study of anthropometric parameters of the functional state of the cardiovascular system and mechanisms of regulation of the regional feet muscular blood circulation. "Asthenia physique" in schoolchildren acts as a predisposing factor leading to the development of spinal deformity and flat feet. The predominance of fast regulation indicates the activation of the autonomous levels of control and subcortical cardiovascular center. Whereas medium and slow regulation of the flatfoot from 13 years old means increased activity of the sympathetic division of the ANS. "Flat feet" leads to the violation of the venous outflow, consisting in the pulse decrease and the maximum speed of blood flow through the feet arteries together with the increase of the vascular tone at the capillary level.

Key words: scoliosis, flat feet, physical development, autonomic nervous system, blood circulation in the lower limbs

Основным ресурсом человеческого общества и экономического развития является подрастающее поколение. Именно школьный возраст чрезвычайно важен в физиологическом, психологическом, нравственном и социальном становлении человека и от здоровья в этом периоде зависит здоровье человека во все последу-

Контакты: ¹ Мамонова С.Б. – E-mail: <ya-sveta-mamonova@ya.ru>

ющие возрастные периоды. В современном мире в связи с низким уровнем социально-экономических условий жизни, негативным влиянием на организм различного рода интоксикаций, увеличением умственных нагрузок на фоне невысокой двигательной активности отмечается снижение доли здоровых детей с одновременным увеличением их заболеваемости [3,15]. Особое место занимают деформирующие заболевания костно-мышечной системы (сколиоз, плоскостопие). Становится все более очевидным, что проблема заболеваемости костно-мышечной системы представляет собой одну из приоритетных проблем не только здравоохранения, но и всего государства. Именно они доставляют физические и психологические страдания, становятся причиной ограничения в выборе профессии, ведут к инвалидности в социально-активном возрасте. По данным X Всероссийского съезда травматологов и ортопедов России (2014) в структуре заболеваемости среди взрослого населения болезни костно-мышечной системы составляет 142,5 на 1000 населения (III место) после болезней системы кровообращения (276,1) и органов дыхания (206,3). За медицинской помощью по поводу болезней костно-мышечной системы в 2013 году обратилось свыше 19 млн. больных, среди них 1,7 млн. детей, 717 тысяч подростков. По данным Гончаровой О.В. и Соколовской Т.А. [3] в прогнозе до 2020 года имеет место увеличение числа детей с костно-мышечной патологией. Актуальность исследования определяется, во-первых, распространенностью деформации позвоночника и стоп: у 86% детей школьного возраста диагностированы деформирующие заболевания костно-мышечной системы [2]. Во-вторых, опорно-двигательный аппарат оказывает определяющее влияние на формирование организма. Позвоночный столб является не только важным элементом обеспечения ортостаза, но и нормализует деятельность внутренних органов и в целом всего организма. Стопа, являясь опорой всего тела, создает осанку и определяет нормальное соотношение частей тела, их статику и динамику. Начальная степень деформирующих заболеваний костно-мышечной системы (ДЗКМС) не имеет выраженных клинических изменений, но относится к группе риска. Основная часть школьников не осознает наличие изменений в тканях при заболеваниях костно-мышечной системы, до тех пор, пока деформация позвоночника, стоп не вызывает негативные косметические изменения, появление болевого синдрома. Школьники – группа детей, неоднородная по образу, условиям жизни, состоянию здоровья, функциональному и нервно-психическому развитию [16]. Но это коллектив, на который можно воздействовать различными массовыми методами и средствами. На современном этапе ориентация педагогов и родителей должна быть направлена на своевременное выявление и преодоление надвигающейся патологии. Необходимо знать виды нарушения развития, причины, их вызывающие, способы их предупреждения, коррекции с учетом клинических и психологических особенностей детей с деформирующимися заболеваниями костно-мышечной системы.

В работе ставится вопрос об изменениях и реакциях на деформацию позвоночного столба и стоп со стороны сердечно-сосудистой системы. В современных компьютерных технологиях диагностики центральной и периферической гемодинамики часто применяются неинвазивные методы – кардиоинтервалография и реовазография. Связано это с тем, что, во-первых, сердечный ритм является одним из удобных показателей, как для регистрации, так и для анализа, позволяющий

получить ценную информацию не только о сердечно-сосудистой системе, но и функциональном состоянии организма в целом. Во-вторых, оценка функционального состояния артериального и венозного кровотока в сосудах конечностей позволяет судить о глубине патологических изменений и установлении их характера. Анализируя показатели центральной и периферической гемодинамики, мы можем оценить функциональное состояние организма при костно-мышечной патологии на ранней стадии заболевания, когда они характеризуются безболевым формой и малой выраженностью ортопедической симптоматики [1-13]. В научной литературе нет освещения вопроса о вегетативной регуляции при деформирующих заболеваниях костно-мышечной системы, а также отсутствуют сведения об особенностях регионального кровотока нижних конечностей при плоскостопии первой степени. Поэтому исследование функциональных нарушений у детей с плоскостопием и сколиозом является актуальным как с теоретической, так и с практической точки зрения.

Цель исследования – раскрыть морфофункциональные особенности школьников 7-15 лет при деформирующих заболеваниях костно-мышечной системы.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу работы использованы результаты обследования 562 школьников (рис. 1).



Рис. 1. План проведенного исследования.

Критерии включения школьников для антропометрического и функционального обследования:

1. учащиеся СОШ города Арзамаса;
2. наличие сколиоза и плоскостопия при отсутствии заболеваний органов кардио-респираторной системы;
3. формирование контрольной группы детей, не страдающих патологией костно-мышечной системы.

В группах школьники разделены согласно возрастной периодизации (1965), по уровню физического развития, который оценивался стандартным набором антропометрических инструментов, прошедших метрический контроль. Определялась масса тела (кг), длина тела (м), рассчитывался индекс массы тела Кетле (ВОЗ, 1997) (таб.1).

Таблица 1

Возрастная и антропометрическая характеристика школьников 7–15 лет, чел.

Экспериментальная группа	Возраст		Масса тела		
	Младший школьный (7–11 лет)	Подростковый период (12–15 лет)	Дефицит (индекс 18,9 и менее)	Нормальная (индекс 18,5-24,9)	Избыточная (индекс 25 и более)
Здоровые дети	164	78	161	73	8
Больные сколиозом	43	102	77	64	4
Больные плоскостопием	99	76	120	48	7
Всего	306	256	358	185	19

Оценку вегетативных функций проводили с использованием временных и спектральных показателей ВСР на компьютерной системе ПОЛИ-СПЕКТР («Нейрософт») (таб. 2, 3).

Таблица 2

Временные показатели variability сердечного ритма у здоровых школьников 7-15 лет и с ДЗКМС г. Арзамаса

Возраст	Показатели									
	AM ₀ , %	BP, с	CV, %	SDNN, мс	RMSSD, мс	ИВР, у.е.	ПАПР, у.е.	ВПР, у.е.	ИН, ус.ед.	
7-8 лет	34,3±1,7	0,51±0,04	8,8±1,2	67,7±14	76,1±13,0	103,8±7,3	50,4±12,5	4,22±0,05	62,4±16,0	

	2	36,6±1, 9	0,6±0,02*	10,7±2, 4*	77,4±10	78,1±14, 0	67,9±6,8*	56,2±6,7	2,98±0,02*	52,9±16,3
	3	42,8±8, 7*	0,37±0,09	8,53±1,7	61,28±11, 0	69,7±15, 8	131,7±9,1	66,0±15, 3*	4,28±0,08	102,0±3,6 6*
9 лет	1	30,1±2, 5	0,48±0,02	10,1±1,7	74,2±13, 4	79,9±15, 0	74,0±18,3	52,35±9, 1	3,75±0,08	59,8±17,4
	2	27,6±7, 9	0,54±0,02	11,2±2,1	88,4±11, 9*	99,4±18, 0*	54,91±6,1 *	36,87±6, 3*	2,59±0,01 *	36,9±12,7 *
	3	25,9±4, 25*	0,82±0,07	11,3±3,2*	86,2±13, 6*	101,0±2 3,4*	60,6±18,6	34,9±9,2 *	3,0±0,02	39,8±8,4*
11 лет	1	37,7±1, 2	0,66±0,02	8,9±1,7	65,1±24, 9	68,1±12, 6	61,3±17,2	50,29±8, 2	2,65±0,08	49,6±19,7
	2	40,7±2, 2	0,46±0,05 *	9,5±2,3	70,5±18, 5	71,5±8, 15	103,7±29, 6*	50,85±12, 1	3,28±0,04 *	70,96±18, 3
	3	33,1±9, 4	0,4±0,04	8,65±1,8	68,5±13, 2	73,0±13, 1	101,8±7,3 *	43,3±4,6	3,68±0,04 *	66,9±4,1
12 лет	1	34,3±4, 5	0,4±0,02	8,9±1,4	62,3±9,5	57,0±12, 0	173,08±2, 0,8	64,98±18, 8	5,48±0,03	69,03±18, 9
	2	37,6±1, 8	0,48±0,01	10,0±1,9	69,4±13, 9	63,0±16, 0	77,94±12, 5*	65,6±16, 4	3,37±0,01 *	64,7±17,6
	3	36,3±3, 3	0,40±0,02	8,19±2,3	66,3±7,5	76,5±19, 9	122,2±19, 9	48,16±16, 0	3,97±0,04	104,7±3,8 *
13 лет	1	32,5±5, 3	0,49±0,03	9,84±1,7	71,5±12, 7	56,7±7, 03	82,1±18,9	44,1±6,8, 3	3,36±0,05	52,7±5,6
	2	38,7±6, 1	0,36±0,01	9,05±1,3	60,0±10, 7	42,6±2, 5*	123,1±23, 8	33,9±9,4	4,42±0,04 *	85,9±8,7
	3	32,9±2, 3	0,35±0,01 *	8,99±3,2	60±11,7*	68,1±4, 3	106,8±3,7	44,5±1,5	3,95±0,01	75,3±5,43
15 лет	1	36,2±6, 2	0,32±0,01	7,98±1,9	58,7±14, 9	49,8±13, 8	186,2±18, 2	56,6±15, 1	5,75±0,02	94,0±9,4
	2	43,1±1, 2	0,32±0,02	5,8±1,4	42,5±13, 5	37,8±13, 9	218,0±13, 5	63,3±14, 2	7,09±0,03	164,3±10, 3*
	3	43,0±8, 8*	0,64±0,04 *	10,9±4,6	89,0±13, 7*	83,2±23 ,2*	80,9±17,0 *	44,9±17, 6*	2,62±0,05 *	50,54±6,8 *

Примечание: AM_0 - амплитуда моды, BP - амплитуда варибельности пульса, CV - коэффициент вариации, $SDNN$ - среднее квадратичное отклонение «нормальных» интервалов RR , $RMSSD$ - среднеквадратичное различие между длительностью соседних $R-R$ интервалов, IBP - индекс вегетативного равновесия, $ПАПР$ - показатель адекватности процессов регуляции, $ВПР$ - вегетативный показатель ритма, $ИН$ - степень напряжения регуляторных систем. Здесь и далее в таб. Ж: 1 - здоровые дети, 2 - дети с плоскостопием, 3 - дети со сколиозом; достоверно при $p \leq 0,05$ между контрольной группой детей и детьми, страдающими плоскостопием и сколиозом.

Таблица 3

*Спектральные показатели variability сердечного ритма
у здоровых школьников 7-15 лет и с ДЗКМС г. Арзамас*

Показатели		HF %	LF %	VLF %	LF/HF
7-8 лет	11	56,8±2,8	22,7±1,6	22,8±1,7	0,43±0,02
	22	44,1±9,5*	27,4±1,8*	28,6±1,5	0,9±0,09*
	33	44,16±2,1	26,6±1,9*	29,1±3,2	0,75±0,03*
9 лет	11	47,2±5,1	29,3±2,9	23,5±1,58	0,7±0,02
	22	53,9±6,7*	25,7±3,8*	20,2±2,9*	0,52±0,01*
	33	56,2±7,3*	24,5±3,7	19,3±3,6	0,51±0,03*
11 лет	11	44,8±1,5	24,3±5,6	30,8±1,9	0,58±0,02
	22	52,5±4,4*	24,6±3,6	22,85±5,6	0,55±0,04
	33	48,9±9,2	26,1±7,5	25,05±6,3	0,67±0,04
12 лет	11	30,4±1,8	21,3±8,7	48,3±6,7	0,7±0,01
	22	39,2±5,8	26,3±10,5*	34,4±2,3*	0,9±0,02
	33	53,5±7,0*	23,4±6,3	23,0±5,3*	0,45±0,06*
13 лет	11	36,2±7,3	31,8±4,62	29,7±6,6	0,91±0,04
	22	28,6±9,6	31,02±9,7	40,4±7,9	1,55±0,03*
	33	37,9±7,6	26,8±8,1*	35,1±3,6	0,88±0,05
15 лет	11	36,7±	21,1±7,1	42,2±4,4	0,58±0,02
	22	30,3±3,7	48,8±1,7*	20,9±6,2*	2,14±0,06*
	33	35,16±7,2	25,78±10,3	39,07±8,7	0,76±0,02*

Примечание:

HF % - процент колебаний быстрых волн, LF % - процент колебаний медленных волн, VLF % - процент колебаний очень медленных волн, LF/HF - вагосимпатический индекс.

Исследование кровотока нижних конечностей (голень - стопа) осуществлялась на реографическом комплексе (РЕО-СПЕКТР). Анализу подверглось 6 статистических характеристик: РИ, Vmax, Vcp, ДИК, ДИА, Q-x (таб.4).

Математический анализ результатов проведен на персональном компьютере в программе «Статистика». Достоверность различий оценивали по критерию t – Стьюдента, считая их достоверными при p<0,05.

Таблица 4

*Возрастная динамика регионального мышечного кровообращения
у школьников с плоскостопием.*

Показатели			РИ, усл.ед.	V max, Ом/с	ДИК, %	ДИА, %	Q _x , с.
9 лет	голень	1	1,9±0,01	2,39±0,04	36,7±6,6	47,2±7,9	0.24±0.03
		2	1,9±0,02	2.47±0,01	34,3±3,3	50,7±4,9	0.21±0.04*
	стопа	1	0,82±0,03	1.0±0.05	27,4±3,1	46,8±5,4	0.26±0.02
		2	0,86±0,05	1.19±0.07	36,1±5,0	49,9±2,9	0.23±0.03
12 лет	голень	1	2,8±0,02	2,5±0,04	34,0±3,1	34,5±1,2	0,18±0,01
		2	1,44±0,03*	1,89±0,05*	31,1±2,2	40,0±2,6	0,26±0,02*
	стопа	1	1,76±0,08	2,04±0,01	30,7±4,5	38,2±4,2	0,18±0,04
		2	0,45±0,02*	0,63±0,01*	35,9±7,5	46,2±1,8	0,22±0,02*
15 лет	голень	1	0,97±0,01	1,3±0,04	38,6±5,3	53,0±4,3	0.23±0.02
		2	1,63±0,06*	2,10±0,02*	26,2±4,7	54,5±6,8	0.24±0.03
	стопа	1	0,81±0,04	1,51±0,02	52,0±6,4	52,0±1,9	0.27±0.02
		2	0,85±0,05	1,43±0,04	44,0±7,4	52,0±1,7	0.17±0.01*

Примечание: РИ – реографический индекс, V max – максимальная скорость кровенаполнения (Vmax) артерий крупного калибра, ДИК – дикротический индекс, ДИА – диастолический индекс, Q_x - время распространения пульсовой волны. 1 - здоровые дети, 2 – дети с плоскостопием,; достоверно при p≤0,05 между контрольной группой детей и детьми, страдающих плоскостопием.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлена корреляционная связь между дефицитом массы тела и развитием сколиоза и плоскостопия у детей (r=0,9). Процент диагностирования детей с низким физическим развитием в препубертатный период в 3,8 раз превышает процент школьников со средним физическим развитием. В 1,7 раз, по сравнению с пубертатным, увеличилось случаев заболеваемости плоскостопием в препубертатный период (рис.2). Недостаток в массе тела у детей препубертатного возраста при сколиозе выражен на 43-45%, по сравнению с детьми с нормальным физическим развитием. При этом при плоскостопии недобор в массе тела у детей 7-8 лет составил 54%, с уменьшением данного показателя в возрасте с 9-11 лет до 13-23-36%.

Обращает на себя внимание увеличение диагностирования сколиоза в пубертатный период независимо от массы тела: с дефицитом массы тела и со средним физическим развитием в 1,3 - 6 раз выше, по сравнению с пубертатным периодом

(рис.2). Потеря массы тела у школьников с 12 до 15 лет не превышает 22-24,6% при сколиозе и 28-34,7% при плоскостопии, по сравнению с детьми со средним физическим развитием.

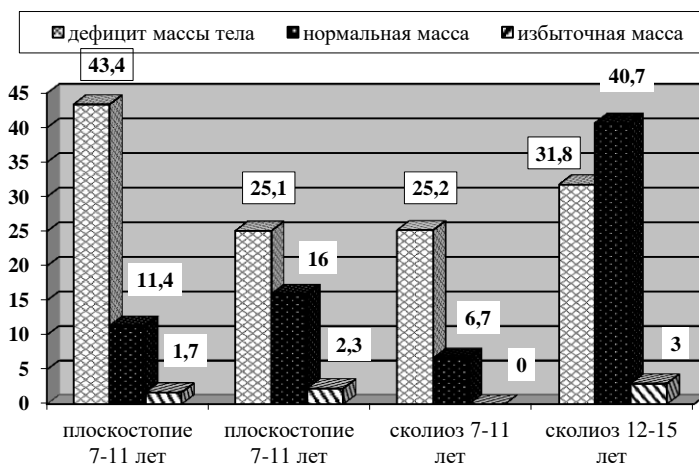


Рис. 2. Особенности физического развития школьников 7-15 лет с ДЗКМС г. Арзамаса

Сочетание неокрепшего костного аппарата, соединенного растяжимыми связками, и слабых мышц, сопровождающих дефицит массы тела, влечет к опущению сводов стопы с перемещением центра тяжести и потерей стопы всех ее функций с одной стороны, и невозможностью мышечного корсета удерживать позвоночник с другой стороны. Таким образом, астенизация телосложения у школьников выступает предрасполагающим фактором, приводящему к развитию деформации позвоночника и плоскостопию. Полученные результаты побуждают в необходимости уделять особое внимание за значениями массы тела у школьников и использовать мероприятия по коррекции выявленных отклонений физического развития у школьников.

Результаты первой части работы дали определенные основания для изучения особенностей variability ритма сердца при данных видах патологии.

При сколиозе и плоскостопии в начальной степени заболевания выявленное смещение вегетативной регуляции представляет собой неспецифический компонент адаптационной реакции в ответ на патологический процесс.

При исследовании степени напряжения регуляторных систем, как интегрального ответа организма на комплекс факторов, установлено повышение активности стресс-реализующих систем, обусловленное преобладанием тонуса симпатического звена регуляции у школьников в 15-летнем возрасте при плоскостопии и при сколиозе в 8 и 12 лет. Компенсаторный дистресс с тенденцией к преобладанию активности стресс-лимитирующих систем зафиксирован у школьников 8-9

лет, больных плоскостопием, и при сколиозе в возрастной категории 9,14,15 лет (рис. 3).

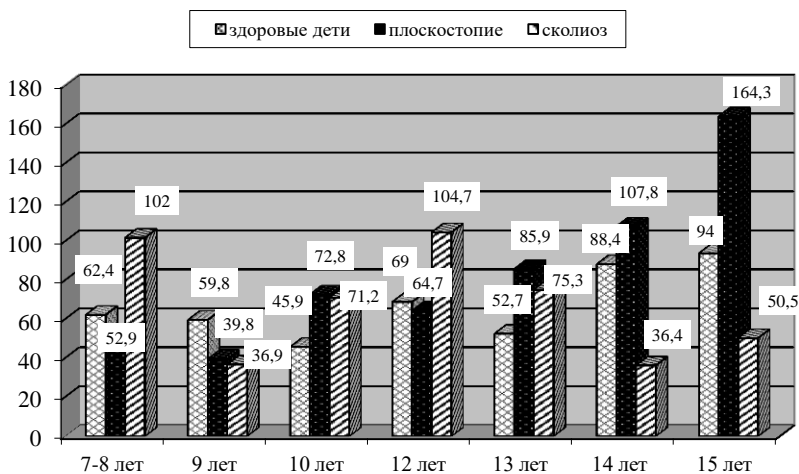


Рис.3. Индекс напряжения у детей с деформирующими заболеваниями КМС, по сравнению со здоровыми детьми.

При ДЗКМС изменение показателей variability сердечного ритма (ВСР) проявляются в зависимости от нозологической формы и возраста (таб.2,3). При сколиозе у школьников 8 лет ВСР была ниже, чем у здоровых сверстников. Увеличение ИН, АМо, ПАПР, VLF, LF, LF/HF с одновременным снижением вариационного размаха и дыхательной составляющей спектра HF сигнализирует о включении в процесс вегетативной регуляции надсегментарного уровня управления. Микадзе Ю.В. (2008) установлено, что миелинизация нервных волокон, улучшающие электрофизиологические показатели, завершается только к 9 летнему возрасту [11].

Это позволяет предположить, что адаптация физиологических систем организма путем напряжения регуляторных механизмов объясняется морфологической и функциональной незрелостью структур ЦНС, недостаточностью механизмов торможения и возбуждения. Выявленный низкий уровень функционирования организма у школьников со сколиозом до возрастания уровня напряжения компенсаторных механизмов, должен быть учтен при проведении медикаментозной терапии, направленной на уменьшение симпатического влияния ВНС, с осуществлением надлежащего контроля эффективности лечения с использованием кардиоинтервалографии. При сколиозе в 9 летнем возрасте баланс ВНС характеризуется парасимпатическим типом вегетативной регуляции, т.е. преобладанием быстрой регуляции. Значения временных показателей при данной патологии отличаются от контрольной группы. Снижение временных показателей АМо, ИН, ИВР, ПАПР, ВПР привело к увеличению таких показателей парасимпатической активности, как SDNN, RMSSD, BP от уровня здоровых сверстников. Ваготони-

ческая направленность функционирования сердечного ритма нашла свое отражение и на показателях ВСП частотной области. Отмечается рост HF со снижением LF и LF/YF, что статистически достоверно по всем показателям. Парасимпатическая активность ВНС при сколиозе в данной возрастной категории дестабилизирует физиологические процессы, обеспечивая максимальное напряжение функционирования организма для мобилизации всех сил адаптации к изменившимся условиям.

У школьников 10-13 лет при сколиозе зафиксирован смешанный тип регуляции с умеренной активизацией симпато-адреналового, гуморального и парасимпатического звеньев регуляции. Значения временных показателей ИВР, ИН, ВПР, RMSSD выше, чем у здоровых детей. Мощность VLF, как индикатора управления метаболическими процессами, была ниже, чем у детей из контрольной группы. Характер изменений является свидетельством перехода регуляции с гуморально-метаболической на рефлекторно-вегетативную, способную обеспечить при данной патологии адекватный гомеостаз и является наиболее оптимально-приспособленным с позиции физиологической регуляции. При сколиозе с 14 лет, с сохранением данной тенденции в возрасте 15 лет, преобладает быстрая регуляция, т.е. доминирование холинергических механизмов регуляции. Значения всех девяти временных показателей отличаются от значений у здоровых детей. Действительно, одни временные показатели (RMSSD, SDNN, CV) увеличились с тенденцией снижения других (ИВР, ПАПР, ВПР, ИН). Вариационный размах увеличился к 15 годам, по сравнению со здоровыми детьми в два раза. О ваготонической направленности функционирования сердечного ритма позволяет судить повышение значений спектрального анализа (LF, LF/HF).

В целом можно сказать, что дестабилизация физиологических процессов при сколиозе в сторону преобладания вагусного влияния обеспечивает максимальное напряжение функционирования организма в целях мобилизации энергетических усилий для противостояния надвигающейся патологии. Считаем, что автономная деятельность низких уровней регуляции при сколиозе без включения высшего уровня свидетельствует о локальном изменении регуляторных механизмов. Кроме того, незначительные изменения при сколиозе I степени с отсутствием признаков сердечно-сосудистой недостаточности объясняется тем, что в грудном отделе при данной патологии чаще наблюдается правосторонняя дуга. При этом патологическая ротация и деформация грудной клетки идут так, что левая половина грудной клетки претерпевает меньше изменений, чем правая. А исчерпание резервных возможностей сердечно-сосудистой системы, по данным литературы, наблюдается при сколиозе III-IV степени, когда наступает транслокация крупных сосудов. С точки зрения анатомии грудного отдела позвоночника, при деформации позвоночника должна увеличиваться симпатико-адреналовая активность, т.к. в грудном отделе преобладают симпатические вегетативные нервы. Полагаем, что причиной активизации парасимпатического звена ВНС при сколиозе в начальной степени, по-видимому, являются восходящие патологические рефлекторные влияния или снижение рефлекторной возбудимости. Нельзя исключить и нарушения кровообращения нервных корешков за счет патологической нервно-рефлекторной дуги. Именно благодаря доминированию парасимпатического отдела ВНС при сколиозе

I степени обеспечивается сохранение кровоснабжения спинного мозга за счет расширения сосудистого русла в целом и в спинном мозге в частности.

При плоскостопии в 8 летнем возрасте преобладает быстрая регуляция, т.е. доминирование холинергических механизмов регуляции с активацией сегментарных структур с одной стороны и снижение центрального влияния на автономный контур регуляции с другой. Об этом свидетельствует изменение временных и спектральных показателей (снижение АМо, ИН, ИВР, ВПР с увеличением показателей variability ВР, ПАПР, SDNN, а также спектральных показателей LF, VLF, LF/HF на фоне снижения дыхательной составляющей от уровня здоровых детей). При плоскостопии в возрастной категории с 9 по 12 лет баланс ВНС также характеризуется парасимпатическим типом вегетативной модуляции. Значения всех временных показателей отличаются от значений здоровых детей. Снижение временных показателей АМо, ИН, ПАПР, ВПР, ИВР привело к повышению таких показателей, как SDNN, RMSSD, CV, ВР. Повышение вагусного влияния свидетельствует о росте стабильности в регуляторном обеспечении ритма сердца, отражает направленность адаптивных изменений и характеризует регуляторную модификацию в ВНС. Парасимпатическая активность ВНС при данной патологии дестабилизирует физиологические процессы, обеспечивая максимальное напряжение функционирования организма для мобилизации энергетических усилий. При плоскостопии в 13 лет, с сохранением тенденции в 14-15 лет, наблюдается активация средней и медленной регуляции, т.е. снижается активность в пределах автономного контура регуляции с включением в процесс регуляции надсегментарного уровня управления. О снижении variability сердечного ритма свидетельствует факт статистически значимого увеличения LF/HF в 14 лет от уровня здоровых детей в 2,3 раза ($p < 0,05$). В 15 лет индекс возрастает до 2,14, что в 3,6 раза превышает значение индекса у здоровых сверстников. Адаптация физиологических систем при плоскостопии с 13 летнего возраста достигается путем напряжения регуляторных систем организма. Усиление расхода энергии, излишней мобилизации организма при плоскостопии подтверждается изменением временных и спектральных показателей. Увеличение одних временных показателей (ИН, АМо, ВПР, ИВР) влечет за собой снижение других показателей временной области (ПАПР, ВР, SDNN, RMSSD). Со стороны спектральных показателей об усилении активности симпатического звена говорит снижение дыхательного компонента HF в 14 лет с сохранением тенденции уменьшения данного показателя в 15 летнем возрасте. Снижение данного показателя привело к повышению LF с последующим возрастанием данного показателя в 15 лет в 2,3 раза по сравнению со здоровыми сверстниками.

С точки зрения анатомии вегетативная нервная система не регулирует сокращения скелетных мышц, но обеспечивает функцию сосудов и сердца. При плоскостопии изменение формы стопы характеризуется с одной стороны опущением ее продольного и поперечного сводов с существенным нарушением биомеханики стопы, а с другой стороны изменением тонуса сосудов, перенапряжением и несостоятельностью мышц и связок. Тем самым оно вызывает на рефлекторном уровне реакции со стороны сердца, что определяется межнейронными связями, регулирующими сердечную деятельность и сосудистый тонус. Мы полагаем, что переутомленные мышцы наряду с растущими нагрузками на стопы вызывают из-

менения параметров нейронной активности, что обуславливает постоянную микротравматизацию мелких суставов, связок, и увеличивает риск возникновения воспалительных процессов и ущемление нервных веточек. Все это определяет появление трофических нарушений в стопе. Постоянное возбуждение под влиянием раздражителя вызывает передачу сигналов по нервам в виде серии импульсов, которые подвергаются переработке со стороны системы регуляции. Считаем, что повышенные сигналы от перенапряженных афферентных рецептов при плоскостопии вовлекают в процесс ограниченное число сегментов спинного мозга. Активизация вагусных нейронов сердца осуществляется за счет рецепторов, возбуждаемых рефлексом отрицательной обратной связи. Выявленное преобладание парасимпатической регуляции ВНС при плоскостопии, способствует сохранению гомеостаза, выполняя трофическую функцию, способствуя на наш взгляд сохранению и накоплению энергии в организме за счет активации анаболических и ограничением катаболических процессов с ограничением энергозатрат. Сосудорасширяющий эффект парасимпатической нервной системы обеспечивает оптимальное снабжение стоп кислородом.

Кроме того, мы полагаем, что длительное перенапряжение мышц с нарастающими статистическими нагрузками посылают неправильные патологические импульсы. По данным Карташовой Т.Ю. (2005), суммация постсинаптических импульсов приводит к развитию в их центре процесса торможения, т.е. неспособности поддержания полноценного напряжения мышц с ослаблением их биоэлектрической активности [7]. Рефлексы с большим латентным периодом при плоскостопии вовлекают в реакцию практически все сегменты спинного мозга с вовлечением вегетативных центров головного мозга. Характер изменений позволяет предположить, что суммация постсинаптических процессов, возникших более интенсивным притоком афферентации, активизирует надсегментарные механизмы с преобладанием симпатического отдела ВНС. Симпатическая регуляция начинает превалировать у школьников с 13 летнего возраста. Данные изменения направлены уже не на сохранение гомеостаза, а как неспецифический компонент адаптационной реакции на патологический процесс, изменяя скорость протекания метаболических процессов в поврежденных тканях стоп.

Таким образом, выявленные изменения при сколиозе и плоскостопии, проявляющиеся в нарушении регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы, свидетельствуют о вовлечении в патологический процесс ВНС и выступают первыми сигналами имеющихся изменений при деформирующих заболеваниях костно-мышечной системы на начальных стадиях при отсутствии клинических симптомов. Полученные результаты побуждают использовать кардиоинтервалографию как метод донозологической диагностики для раннего распознавания заболеваний. Кроме того, учтены при осуществлении коррекционно-профилактических мероприятий, которые направлены на уменьшение рессорной функции при плоскостопии и противостояние прогрессированию сколиоза. При плоскостопии особое внимание уделять детям с 13 летнего возраста, когда начинается снижение функциональных возможностей организма на противостояние патологии. Режимы двигательной активности, подбор адекватной терапии больным следует проводить с учетом выявленных особенностей функционирования вегетативной нервной системы.

Результаты работы по изменению ВСР при плоскостопии, рассмотренные выше, дали определенное основание для изучения особенностей регионального мышечного кровообращения. При исследовании кровообращения дистальных отделов нижних конечностей не было выявлено статистически значимых различий между показателями на правой и левой нижних конечностях, поэтому представлены данные, полученные на левой нижней конечности (таб.4)

Ряд показателей реовазограммы (время распространения пульсовой волны, дикротический индекс) в возрасте 8-15 лет меняются незначительно и не отличаются между группами здоровых детей и детей с плоскостопием. Это свидетельствует об отсутствии различий сократительной активности сердца между группами. В тоже время зарегистрировано существенное различие между группами для таких показателей, как реографический индекс и максимальная скорость кровенаполнения артерий крупного калибра. Наибольшие различия обнаруживаются у детей с 12 лет. Если в возрасте 7-9 лет они незначительны или имеют только тенденцию, то в возрасте 12 лет интенсивность артериального кровотока и скорость его резко снижается в голени и еще большей степени в стопе. Важно отметить, что в этот возрастной период установлена корреляционная взаимосвязь между показателями массы тела и интенсивностью артериального кровотока ($r=0,6$, $p<0,05$). При достижении 15 летнего возраста показатели кровотока по артериям крупного калибра вновь повышаются и отличаются между группами только в голени. При оценке диастолического индекса, характеризующего процесс оттока крови из артерии в вены и тонус сосудов на уровне посткапилляров, отмечено, что значение показателя в голени отличается от контрольной группы здоровых детей в сторону увеличения от физиологической нормы. Фиксируется тенденция к большему увеличению (в 1,2-1,5 раз) диастолического индекса в стопах, по сравнению с контрольной группой. Это позволяет предположить, что при плоскостопии уже на ранних стадиях заболевания повышен тонус посткапилляров, создающий затруднение венозного оттока. Величина коэффициента корреляции между показателями массы тела и показателями диастолического индекса в стопах равнялась $r=0,5$ ($p<0,05$).

Незначительные изменения регионального кровообращения у детей 7-11 лет мы связываем с их анатомо-физиологическими особенностями развития: увеличение числа сосудистой сети на единицу объема органов и межсосудистых анастомозов стоп, капилляры более тонкие и проницаемые. В препубертатном периоде обнаруживаются высокие функциональные возможности организма ребенка со стабильностью обменных процессов, темпов роста детей и массы тела. Под влиянием нагрузок стопа расплывается в два раза больше, чем стопа взрослого, но неутомляемость, высокая подвижность скелетных мышц предрасполагает к быстрому возвращению стопы в исходное положение. Из этого следует предположить, что высокий энергетический потенциал младшего школьного возраста, его способность адаптироваться к изменяющимся нагрузкам, компенсирует начальные нарушения кровообращения при плоскостопии, сохраняя адекватное кровенаполнение в стопах. Старший школьный возраст (12-15 лет) – период вторичного физиологического вытягивания. Сосуды стоп располагаются параллельно поверхности, вены становятся более крупными и менее разветвленными. Сеть сосудов «не успевают» расти так быстро. Система кровообращения на нагрузку реагирует ме-

нее экономно. Сосуды, мышцы, нервы, которые находятся на уровне свода, растягиваются, создавая все условия для нарушения кровообращения. Завершаются процессы оссификации и стопа становится более чувствительна к статистическим нагрузкам. Мы полагаем, что интенсивный рост костей с дифференциацией форм и структур приводит к диспропорции между темпами роста кости и мышц, сосудов. Именно избыточная нагрузка на точки опоры при слабости мышечно-связочного аппарата приводит к нормальному прогрессированию имеющейся в норме незначительной пронации пяточной кости, наклону и ротации костей стопы. Выявленные изменения реографических показателей регионального (голень - стопа) кровообращения могут быть использованы для ранней диагностики скрытых нарушений со стороны системы кровообращения при данной патологии у школьников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во-первых, установленная корреляционная связь развития ДЗКМС у детей с дефицитом массы тела указывает на то, что низкое значение мышечного и костного компонентов является дополнительным фактором в развитии сколиоза и плоскостопия. Во-вторых, установленное нами нарушение регуляции при сколиозе и плоскостопии указывают на увеличение затрат функционального резерва для поддержания нормального уровня функционирования организма. Кроме того, при плоскостопии в период вторичного физиологического вытягивания нарушается венозный отток, проявляющийся снижением пульсового кровенаполнения и максимальной скорости кровотока по артериям стоп и повышением тонуса сосудов на уровне посткапилляров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусова Н.А. Особенности вариабельности сердечного ритма у девочек препубертатного возраста со сколиозом на начальных этапах деформации. Вестник Российской академии естественных наук, 2012, с.57.
2. Бубновский С.М. Профилактика заболеваний костно-мышечной системы школьников средствами кинезотерапии. Диссерт. на соискание уч. степени д.м.н. Москва, 2007, 288с.
3. Гончарова О.В., Соколовская Т.А. Заболеваемость детей 0-14 лет в Российской Федерации: лонгитудинальное и проспективное исследования. Медицинский совет. №6, 2014, с.6-8.
4. Дронь А.Ю. Биоинформационный анализ состояния сердечно-сосудистой системы при функциональных нарушениях позвоночника. Автореферат диссерт. на соискание уч. степени к.б.н., Сургут, 2012, с.115.
5. Егоров М.В. Состояние сердечно-сосудистой системы и механизмы его регуляции при искривлениях позвоночного столба у девушек 15-16 лет. Автореферат дис. к.б.н., Челябинск, 2006, с.122.
6. Ермошкина А.Ю. и др. Клинико-антропометрическая характеристика и вегетативная регуляция у лиц юношеского возраста, больных сколиозом. Красноярск: НИИ СО РАМН, 2011, с.107.

7. Карташова Т. Ю. Эффективность использования биомеханической и электростимуляции для профилактики и коррекции плоскостопия у детей 5-7 лет в условиях дошкольного учреждения: Дис. канд. биол. наук: 14.00.51 Москва, 2005, с.130.

8. Коваленко В.С., Джандарова Т.И. Минеральный обмен и показатели сердечно-сосудистой системы у детей с врожденным сколиозом и косолапостью. 2011-07-7-А-1335.

9. Кондратьева М.В. Вариабельность сердечного ритма в раннем неонатальном периоде у здоровых детей и перенесших гипоксию // ВСР: теоретические аспекты и практическое применение. Материалы IV Всеросс. симп. (19-21 ноября 2008). Ижевск, 2008, с.145-146.

10. Кушнир С.М., Стручкова И.В., Макарова И.И., Антонова Л.К. Состояние вегетативной регуляции сердечного ритма у здоровых детей в различные периоды детства. Научные ведомости. Серия Естественные науки, 2012, №3(122), выпуск 18, с. 161-165.

11. Микадзе Ю.В. Нейрофизиология детского возраста. Сборник статей по исследованиям психических явлений. С-Петербург, 2008.

12. Назаренко С.Ю. Вариабельность сердечного ритма у подростков Архангельской области. Автореф. дис. канд.мед.наук, Архангельск, 2007.

13. Овечкина А.В, Дрожжина Л.А. Физическая реабилитация детей со сколиозом в специализированной школе интернате/ Актуальные вопросы детской травматологии и ортопедии: Материалы совещания главных детских ортопедов – травматологов России. Спб.. 2002, с.120-122.

14. Сабанчиева Л.А. Вариабельность сердечного ритма у детей младшего школьного возраста. Автореферат диссерт. на соискание уч. степени к.м.н. Ставрополь, 2007.

15. Сабгайда Т.П., Окунев О.Б. Изменение заболеваемости российских детей, подростков и взрослого населения болезнями основных классов в постсоветский период. Социальные аспекты здоровья населения, 2012, 23 (1): 1-20.

16. Чекалова Н.Г. Оздоровительные программы для школьников с сочетанной патологией костно-мышечной и нервной систем. Медицинский альманах, 2014, №2, с.9-96

ФИЗИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ

РАЦИОНАЛЬНЫЕ СООТНОШЕНИЯ СРЕДСТВ РАЗЛИЧНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ В ЗАНЯТИЯХ ПО ФИЗИЧЕСКОМУ ВОСПИТАНИЮ С МАЛЬЧИКАМИ И ДЕВОЧКАМИ 5-6 ЛЕТ

М.Б. Чернова¹, А.А. Герасимова, М.М. Герасимов
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии Российской академии
образования», Москва

На основе факторного анализа идентифицированы значимые факторы, определяющие структуру физической работоспособности и двигательной подготовленности мальчиков и девочек 5-6 лет. Изучение общей дисперсии и процентного вклада каждого фактора физической работоспособности в суммарную дисперсию выборки дало возможность определить рациональное соотношение нагрузок различной относительной мощности и баланс средств разной направленности в занятиях по физическому воспитанию с детьми старшего дошкольного возраста.

Ключевые слова: факторный анализ, структура физической работоспособности, соотношение средства аэробной и анаэробной направленности.

Rational combination of different means of physical education of 5-6-year-old boys and girls. Factor analysis helped to identify significant factors determining physical performance and motor readiness in 5-6-year-old boys and girls. The study of the total variance and the percentage contribution of each factor to the overall physical performance sample dispersion made it possible to determine a rational ratio of work load and relative balance in the means of physical education of the senior preschool children.

Keywords: factor analysis, physical performance, ratio of aerobic and anaerobic orientation.

Адаптационные изменения, развивающиеся в организме ребенка под влиянием оздоровительной тренировки, обусловлены выбором не только физической нагрузки определенного типа, но и конкретных соотношений средств физической подготовки. В зависимости от сочетания этих средств формируется тренировочный эффект, определяемый величиной и направленностью происходящих в организме физиологических и биохимических изменений [1, 9, 15]. Поэтому установление рационального соотношения нагрузок разной направленности, при котором удастся достигнуть наиболее сбалансированного прироста показателей физического состояния, является ключевым звеном современных технологий оздоровительной тренировки детей.

В физическом воспитании детей вопрос о рациональном соотношении средств различной направленности обычно решается с учетом исходного уровня

Контакты: ¹ Чернова М.Б. – E-mail: <mashacernova@mail.ru>

физического состояния и типа телосложения [7], уровня и типологических особенностей двигательной подготовленности [11], влияния факторов окружающей среды [6], структуры энергообеспечения мышечной деятельности [12]. Поскольку метаболическая направленность используемых нагрузок в значительной мере определяет оздоровительный эффект занятий физическими упражнениями, последнему критерию уделяется особое внимание [15, 16, 13]. Вместе с тем гетерохронность и нелинейность развития различных компонентов системы энергетического обеспечения мышечной деятельности в онтогенезе [4, 10], изменчивость характера и силы взаимосвязей между биоэнергетическими критериями физической работоспособности и двигательной подготовленности мальчиков и девочек, подчеркивает необходимость дифференцированного подхода к использованию физических нагрузок аэробного и анаэробного характера на различных этапах развития.

Цель исследования – обосновать рациональные соотношения средств аэробной и анаэробной направленности в занятиях оздоровительной тренировки с мальчиками и девочками 5-6 лет.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие дети 5-6 лет, отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе. Средний возраст мальчиков ($n=134$) составил $5,5\pm 0,04$ года, а девочек ($n=121$) – $5,6\pm 0,04$ года.

Для описания физической работоспособности использовали показатели, позволяющие оценить возможности системы энергетического обеспечения мышечной деятельности. В процессе тестирования дети выполняли две нагрузки «до отказа» в зонах большой (2Вт/кг) и субмаксимальной (4Вт/кг) мощности. Время удержания работы (t_1 , t_2) использовали для расчета на основе модели Мюллера мощности нагрузок, предельное время выполнения которых составляло 1 (W1), 40 (W40), 240 (W240), 900 с (W900), а также значений индивидуальных констант b и a [4]. Наряду с эргометрическими в ходе исследования определяли и функциональные показатели: максимальное потребление кислорода (МПК), ватт-пульс (ВтП), мощность нагрузки при пульсе 170 уд/мин (PWC_{170}), интенсивность накопления пульсового долга (ИНПД), максимальную силу (МС) [3, 4].

Физическая подготовленность определялась по общепринятой методике. В программу ее изучения входили: бег 6 мин; прыжок в длину с места; челночный бег 3x9 м; бег 20 м; поднимание туловища из положения «лежа на спине» за 1 мин; наклон вперед. На основании результатов выполнения отдельных двигательных тестов рассчитывали общую оценку физической подготовленности (ОФП).

Полученный фактический материал обработан общепринятыми методами статистического анализа. Для определения ведущих факторов в структуре физической работоспособности использовался факторный анализ – метод главных компонент [2]. Расчет соотношений средств различной направленности для мальчиков и девочек 5-6 лет проводили на основе результатов факторного анализа по методике, предложенной Е.А. Пироговой с соавт. [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение физической работоспособности и двигательной подготовленности детей 5-6 лет позволило выделить пять значимых факторов, описывающих более 61 % и 65 % общей дисперсии выборки у мальчиков и девочек, соответственно. В структуре физической работоспособности и двигательной подготовленности идентифицированы следующие факторы: аэробная емкость; абсолютная аэробная мощность; относительная аэробная мощность; анаэробная гликолитическая работоспособность; анаэробная алактатная работоспособность. Соотношения факторов и доли их вклада в общую дисперсию выборки представлены в табл.1.

Таблица 1

Факторная структура физической работоспособности и двигательной подготовленности детей 5-6 лет

Мальчики			Девочки		
Фактор	позиция	вклад	Фактор	позиция	вклад
Анаэробная алактатная работоспособность	V	5 %	Анаэробная алактатная работоспособность	V	6 %
Относительная аэробная мощность	IV	8 %	Аэробная мощность	IV	9 %
Аэробная мощность	III	12 %	Относительная аэробная мощность	III	13 %
Анаэробная гликолитическая работоспособность	II	14 %	Анаэробная гликолитическая работоспособность	II	17 %
Аэробная емкость	I	22 %	Аэробная емкость	I	20 %

Весовые нагрузки, отражающие степень взаимосвязи перечисленных выше показателей с выделенными факторами в основном характеризовались сильной ($r=0,99-0,7$) и средней ($r=0,69-0,5$) корреляцией. Основу структуры связей фактора «аэробная емкость» составляют его корреляции с константами «b» и «a» уравнения Мюллера, временем удержания «до отказа» нагрузки 2Вт/кг, W900, W240, ИНПД после нагрузки большой мощности. В целом фактор аэробная емкость объединяет показатели, характеризующие возможности организма к предельному удержанию интенсивности физической работы умеренной мощности.

Фактор «аэробная мощность» включал в свой состав абсолютные и относительные показатели PWC₁₇₀, ВтП, МПК. В этот фактор вошли главным образом показатели, отражающие наивысшую скорость преобразования энергии в аэробном процессе. Фактор аэробной мощности оказался многокомпонентным. В его структуре выделены два субфактора относительной и абсолютной аэробной мощ-

ности. Все показатели, имеющие высокую степень статистической взаимосвязи с данным фактором, оценивают способность выполнять работу большой мощности.

Фактор анаэробная гликолитическая работоспособность со значимыми положительными весами объединил показатели, оценивающие мощность, эффективность и, в меньшей степени, емкость лактаcidного источника. С данным фактором тесно коррелируют показатели, характеризующие способность выполнять работу субмаксимальной мощности: W40, время удержания «до отказа» нагрузки 4Вт/кг, ИНПД4Вт/кг, W240.

В фактор анаэробной алактатной работоспособности выделилась группа показателей, характеризующих главным образом мощность и эффективность фосфагенного источника. С данным фактором наиболее сильно коррелировали W1, показатель максимальной силы, ИНПД после спринтерского бега, результаты прыжка в длину и бега 20 м. Все показатели, имеющие сильную степень корреляции с данным фактором, оценивают способность к выполнению кратковременной работы максимальной мощности.

Таким образом, выделенные факторы хорошо соотносятся с зонами относительной мощности. Факторы аэробной работоспособности характеризуют функциональные возможности организма при работе в зоне большой и умеренной мощности. Фактор анаэробной гликолитической работоспособности отражает способность к выполнению работы в зоне субмаксимальной мощности. Фактор анаэробной алактатной работоспособности определяет физические возможности, связанные с выполнением работы максимальной мощности.

Необходимо отметить, что результаты исследования хорошо согласуются с данными о структуре физического состояния, полученными на объединенной репрезентативной выборке детей дошкольного возраста, включающей мальчиков и девочек [5, 14]. Имеющиеся различия касаются главным образом вклада выделенных факторов в общую дисперсию выборки и их значения в структуре физического состояния. Важно подчеркнуть, что в обоих исследованиях использовался сходный комплекс методик оценки физической работоспособности и двигательной подготовленности детей.

В ходе дальнейшей работы парциальные значения факторов в общей дисперсии выборки были учтены для расчета рационального соотношения средств различной направленности. В соответствии с относительным весом дисперсии каждого фактора нагрузки в различных зонах относительной мощности распределялись в общем объеме средств физического воспитания [8, 6]. Парциальные значения каждого фактора в общей дисперсии выборки были учтены отдельно для мальчиков и девочек. Результаты этих расчетов представлены в таблице 2. Важно подчеркнуть, что подобный подход к определению рациональных соотношений средств различной направленности в занятиях по физическому воспитанию с детьми и взрослыми использовался и в других работах [8, 6, 12].

Так, данные факторного анализа послужили фундаментом для определения соотношений физических упражнений различной направленности у лиц 20-69 лет в комплексных занятиях оздоровительной тренировки. При анализе рассчитанных соотношений в возрастном аспекте выявилась четкая тенденция к уменьшению с возрастом объема нагрузок скоростного и скоростно-силового характера и одновременного увеличения доли нагрузок на выносливость и гибкость [8]. В другом

исследовании на основе сопоставления общей дисперсии и процентного вклада факторов, характеризующих физическое состояние подростков 13-15 лет, проживающих в условиях антропогенного загрязнения окружающей среды, рассчитаны эффективные соотношения средств оздоровительной тренировки [6]. В ранее опубликованной работе авторов настоящей статьи с учетом результатов факторного анализа также определены соотношения нагрузок различной относительной мощности в занятиях по физическому воспитанию с тревожными школьниками в критический период развития, связанный с началом систематического обучения в школе [12]. Полученные результаты свидетельствуют о практической ценности используемого методологического подхода.

Таблица 2

*Соотношение упражнений различной направленности у детей
5-6 лет в % к общему объему нагрузки*

Направленность	Кондиционные способности	М	Д
Анаэробная алактатная (зона максимальной мощности)	Скоростные+скоростно-силовые + силовые	8 %	9 %
Анаэробная гликолитическая (зона субмаксимальной мощности)	Силовая+скоростно-силовая +скоростная выносливость	23 %	26 %
Смешанная аэробно-анаэробная (зона большой мощности)	Общая выносливость	33 %	34 %
Аэробная (зона умеренной мощности)	Общая выносливость	36 %	31 %

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе факторного анализа идентифицированы значимые факторы, определяющие структуру физической работоспособности и двигательной подготовленности мальчиков и девочек 5-6 лет. Выделенные факторы соотносятся с максимальной, субмаксимальной, большой и умеренной зонами относительной мощности. Изучение общей дисперсии и процентного вклада каждого фактора физической работоспособности в суммарную дисперсию выборки дало возможность определить рациональное соотношение нагрузок различной относительной мощности и баланс средств разной направленности в занятиях по физическому воспитанию с детьми старшего дошкольного возраста.

Работа поддержана грантом РГНФ (проект № 16-06-00244а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков Н.И. Биохимия мышечной деятельности / Н.И. Волков, А.А. Осипенко, Э.Н. Несен, С.Н. Корсун. – Киев: Олимпийская литература, 2000. – 503 с.
2. Иберла К. Факторный анализ: Пер. с нем. – М.: Статистика, 1980. – 398 с.

3. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.
4. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности: Итоги 30-летнего исследования. Сообщение II. «Зоны мощности и их возрастные изменения» // Физиология человека, 2006. Т.32. – №3. – С. 46-54.
5. Криволапчук И.А. Энергообеспечение мышечной деятельности детей 5-6 лет и комплексная оценка физической работоспособности // Физиология человека. – 2009. – Т.35, №1. – С. 76-87.
6. Круцевич Т.Ю. Управление физическим состоянием подростков в системе физического воспитания: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.04 ; Нац. ун-т физич. воспитания и спорта Украины. – Киев, 2000. – 44 с.
7. Левушкин С.П. Физиологическое обоснование физической подготовки школьников 7-17 лет с разными типами телосложения: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 2005. – 48 с.
8. Пирогова Е.А., Иващенко Л.Я., Страпко Н.П. Влияние физических упражнений на работоспособность и здоровье человека. – К.: Здоровье, 1986.-152 с.
9. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и её практические приложения – М.: Советский спорт, 2005. – 820 с.
10. Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.
11. Усов А.В. Типологическая характеристика физической подготовленности и методика совершенствования двигательных качеств у учащихся младшего школьного возраста: Автореф. дис. ... канд. пед. наук.– М.,1989. – 16 с.
12. Чернова М.Б., Полянская Н.В., Герасимов М.М. Рациональные соотношения средств различной направленности в занятиях по физическому воспитанию с тревожными детьми в критический период развития, связанный с началом обучения в школе // Теоретические и методологические проблемы современного образования. – Москва, 2015. – С. 80 – 82.
13. Global Recommendations on Physical activity for Health. – Geneva, World Health Organization, 2010. – 60 p.
14. Krivolapchuk I. A. Peculiarities of preschool aged boys' and girls' physical state // Medicina dello Sport, 2014, 67(2), 241–250.
15. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association // Med Sci Sports Exerc. – 2007. – V.39. №8. – P. 1423-1434.
16. Physical Activity Guidelines for Americans. – Washington, 2008. – 65 p.

СТРУКТУРА ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТЕЙ 5-6 ЛЕТ И ФАКТОРЫ ЕЁ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ

А.А. Герасимова, М.Б. Чернова¹, М.М. Герасимов
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Россия, Москва

Установлено, что у здоровых детей 5-6 лет факторами, определяющими их физическое состояние, являются: вегетативная регуляция физиологических функций; гемодинамическое обеспечение активного бодрствования; аэробная производительность организма; анаэробная производительность организма; физическое развитие. Наличие значимой взаимосвязи показателей физической работоспособности с такими аспектами физического состояния как вегетативная регуляция физиологических функций и гемодинамическое обеспечение, дает основание полагать, что с помощью адекватных программ занятий физическими упражнениями аэробного и анаэробного характера можно оказывать целенаправленное воздействие на физическое состояние детей и профилактику заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Ключевые слова: факторный анализ, физическое состояние, аэробные и анаэробные возможности организма, информативные показатели.

Factors determining physical state in 5-6-year-old children. There were revealed factors determining the physical state in healthy 5-6-year-old children. They are: vegetative regulation of physiological functions; hemodynamic supply of active wakefulness; aerobic organism's productivity; physical development. The significant interrelation of physical working capability with vegetative regulation of physiological functions and hemodynamic supply leads to the conclusion that adequate aerobic and anaerobic programmes, aimed at physical development, may influence children's physical state and prevent cardiovascular problems.

Key words: factorial analyses, physical state, organism aerobic and anaerobic capability, informative indices.

Разработка эффективных профилактических мероприятий, направленных на сохранение и укрепление здоровья детей дошкольного возраста, требует комплексного изучения особенностей их физического состояния [19, 20, 15]. Сегодня существуют два различных подхода к оценке физического состояния детей. Одни авторы отождествляют физическое состояние с отдельными физиологическими параметрами, характеризующими главным образом аэробную производительность организма [10, 1], другие, напротив, полагают, что физическое состояние определяется не одним, а совокупностью взаимосвязанных показателей. К таким признакам в первую очередь относят: физическую работоспособность и двигательную подготовленность, функциональные возможности органов и физиологических систем организма, физическое развитие, а также пол и возраст занимающихся [9, 19, 20, 11, 3]. Имеется большое количество работ, в которых представ-

Контакты: ¹ Чернова М.Б. – E-mail: <mashacernova@mail.ru>

лены результаты исследований отдельных аспектов здоровья, морфофункционального развития, физической работоспособности и двигательной подготовленности дошкольников. Вместе с тем известно, что не все показатели имеют одинаковую значимость для оценки физического состояния детей. В связи с этим возникает задача поиска наиболее важных и информативных параметров, способных его охарактеризовать.

Цель исследования – изучить структуру физического состояния детей и выявить наиболее информативные показатели его оценки.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие практически здоровые дети 5-6 лет. Средний возраст мальчиков ($n=134$) составил $5,5\pm 0,04$ года, а девочек ($n=121$) – $5,6\pm 0,04$ года.

Для оценки состояния механизмов регуляции физиологических функций использовали математический анализ сердечного ритма [2]. В условиях покоя записывали более 500 кардиоинтервалов. Перед началом записи сердечного ритма ребенок в течение 5-10 минут находился в покое в положении лежа. Исследование проводилось при комфортной температуре окружающей среды не ранее, чем через 2 часа после еды и любых стрессорных воздействий. Обработка кардиоинтервалограмм и анализ вариабельности сердечного ритма проводились с помощью аппарата «Варикард 2.5.1». Определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС), среднюю продолжительность R-R интервала (RRNN), моду (M_0), амплитуду моды (AM_0), разброс кардиоинтервалов ($MxDMn$), среднеквадратическое отклонение (SDNN), стресс-индекс (SI).

Систолическое (СД) и диастолическое (ДД) артериальное давление крови регистрировали с помощью откалиброванного стандартного anerоидного сфигмоманометра. Использовали соответствующую возрасту детскую манжетку. На основании этих измерений по общепринятым формулам рассчитывали среднее давление (САД), двойное произведение (ДП), вегетативный индекс Кердо (ВИК), индекс Мызникова (ИМ).

Для описания физической работоспособности использовали показатели, позволяющие оценить функциональные возможности системы энергетического обеспечения мышечной деятельности: максимальное потребление кислорода (МПК) по Добельну; величину мощности нагрузки при пульсе 170 уд/мин PWC_{170} ; ватт-пульс (ВтП); максимальную анаэробную мощность (МAM) по Margaria; индекс накопления пульсового долга (ИНПД) [5, 6]. Показатель ИНПД определяли после выполнения работы максимальной (ИНПД_{МАХ}), субмаксимальной (ИНПД_{СМ}) и большой (ИНПД_{БМ}) мощности.

Физическая подготовленность определялась по общепринятой методике. В программу ее изучения входили: бег 6 мин; прыжок в длину с места; челночный бег 3x9 м; бег 20 м; поднимание туловища из положения «лежа на спине» за 1 мин; наклон вперед; становая динамометрия (МС). На основании результатов выполнения отдельных двигательных тестов рассчитывали общую оценку физической подготовленности (ОФП).

Показатели длины и массы тела измерялись с помощью стандартных ростомера и весов. На основании этих измерений рассчитывался индекс массы тела (ИМТ).

Полученный фактический материал обработан общепринятыми методами статистического анализа с применением ЭВМ. Для выявления структуры физического состояния детей применяли факторный анализ [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для решения вопроса о ведущих факторах, определяющих структуру физического состояния детей, и отбора наиболее информативных критериев его оценки, использовался факторный анализ (табл. 1). В результате расчетов была получена пятифакторная структура, объясняющая более 62 % дисперсии исходных данных.

Фактор I (23 % общей дисперсии выборки) включал 10 показателей, характеризующих симпатическую и парасимпатическую регуляцию функций. С положительными весовыми коэффициентами в него вошли ЧСС, АМо, SI, ДП, ВИК, ИМ, а с отрицательными – Мо, SDNN, RRNN, МхDMn, PWC₁₇₀ (относительный показатель). Наиболее сильную статистическую взаимосвязь с данным фактором имели Мо ($r = -0,97$), RRNN ($r = -0,86$), ЧСС ($r = -0,83$), МхDMn ($r = -0,78$). Данный фактор рассматривается нами как вегетативная регуляция физиологических функций.

Фактор II (14,0 % дисперсии) объединил 10 показателей центральной гемодинамики, вегетативного баланса и физической работоспособности (см. табл.). Обнаружена статистически значимая отрицательная взаимосвязь с данным фактором показателей СД, ДД, САД, ДП, ЧСС, масса тела и положительная – ВИК, ИМ. В состав этого фактора с отрицательными весами также вошли абсолютные значения ВтП и PWC₁₇₀. Наибольшие весовые нагрузки по данному фактору имели ДД ($r = -0,89$), САД ($r = -0,84$), СД ($r = -0,78$), ИМ ($r = 0,65$). Состав переменных, коррелирующих с данным фактором, позволяет идентифицировать его как гемодинамическое обеспечение активного бодрствования.

Фактор III (11 % дисперсии) объединил 9 показателей, характеризующих физическую работоспособность и двигательную подготовленность (см. табл.). Основу структуры этого фактора составляют его тесные связи с абсолютными и относительными величинами МПК, PWC₁₇₀, ВтП, а также с результатами шестиминутного бега, ОФП, становой силой и массой тела. Максимальными значениями факторных коэффициентов отличались PWC₁₇₀ (относительный показатель; $r = 0,87$), ВтП (абсолютный показатель; $r = 0,86$), МПК (относительный показатель; $r = 0,82$). Этот фактор ассоциируется с аэробными возможностями организма и связанными с ними двигательными способностями.

Фактор IV (8 % дисперсии) включал в свой состав 9 показателей (см. табл.). В него вошли также индикаторы физической работоспособности и двигательной подготовленности. С данным фактором коррелировали величины ОФП, ИНПД_{СМ}, ИНПД_{БМ}, ИНПД_{МАХ}, МАМ, результаты выполнения прыжка в длину, поднимания туловища, бега на 20 м, становой динамометрии, шестиминутного бега. Наибольшие весовые нагрузки по данному фактору имели ОФП ($r = 0,81$),

прыжок в длину ($r= 0,76$), ИНПД_{МАХ} ($r= -0,75$). Этот фактор ассоциируется с анаэробными возможностями организма и связанными с ними двигательными способностями.

Таблица 1

Факторная структура физического состояния 5-6 лет

Фактор	Показатель	Весовой коэффициент
Вегетативная регуляция физиологических функций	ЧСС, уд/мин	0,83
	АМо, %	0,75
	ДП, отн.ед.	0,65
	SI, отн.ед.	0,59
	ВИК, отн.ед.	0,48
	PWC ₁₇₀ , кгм/мин* кг	-0,41
	SDNN, мс	-0,53
	МхDMп, мс	-0,78
	RRNN, мс	-0,86
Гемодинамическое обеспечение активного бодрствования	Мо, мс	-0,97
	ИМ, отн.ед.	0,65
	ВИК, отн.ед.	0,53
	PWC ₁₇₀ , кгм/мин	-0,40
	Масса тела, кг	-0,41
	ВтП, кгм/уд	-0,44
	ДП, отн.ед.	-0,45
	ЧСС, уд/мин	-0,59
	СД, мм.рт.ст	-0,78
Аэробная производительность организма	САД, мм.рт.ст	-0,84
	ДД, мм.рт.ст	-0,89
	PWC ₁₇₀ , кгм/мин* кг	0,87
	ВтП, кгм/уд	0,86
	МПК, л/мин*кг	0,82
	ВтП, кгм/уд*кг	0,80
	PWC ₁₇₀ , кгм/мин	0,78
	МПК, л/мин	0,71
	Бег 6 мин, м	0,63
Анаэробная производительность организма	Прыжок, см	0,46
	Масса тела, кг	0,43
	ОФП, балл	0,81
	Прыжок, см	0,76
	МАМ, кгм/с	0,73
	Поднимание туловища, раз/мин	0,65
	МС, кг	0,55
	Бег 6 мин, м	0,42
	ИНПД _{БМ}	-0,57
Физическое развитие	Бег 20 м, с	-0,69
	ИНПД _{СМ}	-0,70
	ИНПД _{МАХ}	-0,75
	Длина тела, см	0,84
	Индекс массы тела, кг/м ²	0,81
	Масса тела, кг	0,69
	МС, кг	0,52

Фактор V (6 % дисперсии) интерпретирован как физическое развитие. Он объединил 4 показателя (см. табл.): длина тела, масса тела, индекс массы тела и МС. Максимальными величинами факторных коэффициентов характеризовались длина тела ($r=0,84$) и ИМТ ($r=0,81$).

На основе использования аппарата многомерной статистики, выявлены факторы, определяющие структуру физического состояния детей 5-6 лет: вегетативная регуляция физиологических функций; гемодинамическое обеспечение активного бодрствования; аэробная производительность организма; анаэробная производительность организма; физическое развитие. Материалы исследования согласуются с точкой зрения о том, что не существует одного интегрального параметра, характеризующего физическое состояние человека в целом [12, 19, 20, 11, 3]. Физиологическая интерпретация фактора I, базируется на традиционных представлениях об участии в регуляции функционального состояния организма симпатического и парасимпатического отделов ВНС, подкоркового сердечно-сосудистого центра и более высоких уровней управления физиологическими функциями [2, 13]. Наличие отрицательной и положительной взаимосвязи фактора вегетативной регуляции с показателями активности парасимпатической и симпатической систем, соответственно, хорошо согласуется с концепцией о двухконтурной модели управления сердечным ритмом [2].

Установлено, что в структуре физического состояния детей 5-6 лет важную роль играют гемодинамические показатели (фактор II). По сравнению с другими параметрами, коррелирующими с фактором II, эта группа физиологических переменных отличается большим факторным весом, превышающим значения всех остальных показателей. Наряду с этим значимые факторные нагрузки гемодинамические показатели имеют и в факторе I. Это свидетельствует о ключевой роли данных физиологических переменных в структуре физического состояния и их высокой информативности.

Выделение двух независимых факторов, характеризующих аэробные (фактор III) и анаэробные (фактор IV) возможности организма, а также связанные с ними двигательные способности, указывает на значение процессов энергетического обеспечения мышечной деятельности в структуре физического состояния детей. Результаты исследования свидетельствуют о нецелесообразности отождествления физического состояния детей только с наличным уровнем аэробной производительности организма. Большое значение в его формировании имеют и анаэробные возможности. Это согласуется с данными, полученными при исследовании структуры физической работоспособности и двигательной подготовленности детей 5-6 лет [8, 17]. Установлено, что физическую работоспособность дошкольников определяют 5 основных факторов, тесно связанных с аэробными и анаэробными возможностями организма [8].

Результаты факторного анализа свидетельствуют о наличии значимых взаимосвязей между параметрами физических кондиций и показателями вегетативной регуляции физиологических функций и гемодинамики. Важно подчеркнуть, что четыре фактора из пяти включали в свой состав показатели физической работоспособности и двигательной подготовленности. Это показывает, что субъекты с высоким уровнем физических кондиций характеризуются более высоким тонусом парасимпатического отдела ВНС и благоприятной структурой гемодинамики.

Сходные данные получены при исследовании факторной структуры функционального состояния детей дошкольного возраста. Выявлены корреляции ряда показателей физической работоспособности с такими аспектами функционального состояния как продуктивность и эффективность когнитивной деятельности, симпатическая и парасимпатическая регуляция физиологических функций, неспецифическая устойчивость организма к простудным заболеваниям [7].

Следует отметить, что показатели развития двигательных способностей распределены по разным факторам в зависимости от специфики энергообеспечения. Показатели, относящиеся к скоростным, силовым, скоростно-силовым способностям и силовой выносливости, выделились, главным образом, в один фактор с параметрами анаэробной работоспособности, тогда как показатель общей выносливости объединился в общий фактор с параметрами аэробной производительности организма.

Антропометрические параметры, характеризующие физическое развитие детей, также выделились в отдельный фактор. Наряду с этим некоторые из них были представлены и в других факторах, что указывает на более существенную роль последних в структуре физического состояния. Определенный интерес представляют данные о корреляции показателей массы тела и индекса массы тела с показателями аэробной производительности организма и гемодинамики.

Материалы настоящего исследования, свидетельствующие о взаимосвязи ряда показателей физических кондиций детей 5-6 лет с вегетативной регуляцией физиологических функций и гемодинамикой, дают основание считать, что целенаправленные занятия физическими упражнениями аэробного и анаэробного характера могут быть использованы для улучшения физического состояния детей и снижения риска развития заболеваний системы кровообращения, не только в этом возрасте, но и в последующие периоды жизни. Такая точка зрения хорошо согласуется с данными научной литературы. В целом ряде работ показано, что у лиц с высоким уровнем физической работоспособности наблюдается сдвиг вегетативного баланса в сторону относительного преобладания активности парасимпатического отдела ВНС в условиях покоя, снижение психофизиологической реактивности и существенное уменьшение риска развития заболеваний сердечно-сосудистой системы [18, 14, 16, 15, 17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе исследования установлено, что у здоровых детей 5-6 лет факторами, определяющими их физическое состояние, являются: вегетативная регуляция физиологических функций; гемодинамическое обеспечение активного бодрствования; аэробная производительность организма; анаэробная производительность организма; физическое развитие. Анализ полученных результатов показал, что большинство показателей, характеризующих физическую работоспособность и двигательную подготовленность, объединились в два независимых фактора, связанных с аэробной и анаэробной производительностью организма. Наличие значимой взаимосвязи показателей физической работоспособности с такими аспектами физического состояния как вегетативная регуляция физиологических функций и гемодинамическое обеспечение, дает основание

полагать, что с помощью адекватных программ занятий физическими упражнениями аэробного и анаэробного характера можно оказывать целенаправленное воздействие на физическое состояние детей и профилактику заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Работа поддержана грантом РГНФ (проект № 16-06-00244а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апанасенко Г.Л. Диагностика индивидуального здоровья // Валеология, 2003. – № 3. – С. 27-31.
2. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. и др. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: Методические рекомендации // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65-87.
3. Волокитина Т.В., Лукманова Н.Б., Сафонова О.А. Характеристика физического состояния детей 7-9 лет с разным уровнем физической подготовленности (лонгитюдное исследование) // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – № 1. – С. 38-44.
4. Иберла К. Факторный анализ: Пер. с нем. – М.: Статистика, 1980. – 398 с.
5. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.
6. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности: Итоги 30-летнего исследования. Сообщение II. «Зоны мощности и их возрастные изменения» // Физиология человека. – 2006. – Т.32, № 3. – С. 46-54.
7. Криволапчук И.А. Факторная структура функционального состояния детей 5-6 лет // Физиология человека. – 2014. – Т.40, № 5. – С. 48-56.
8. Криволапчук И.А. Энергообеспечение мышечной деятельности детей 5-6 лет и комплексная оценка физической работоспособности // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 1. – С. 76-87.
9. Круцевич Т.Ю., Петровский В.В. Управление процессом физического воспитания // Теория и методика физического воспитания / Под ред. Т.Ю. Круцевич. – К.: Олимпийская литература, 2003. – Т.1. – С. 348-412.
10. Купер К. Аэробика для хорошего самочувствия. – М.: Физкультура и спорт, 1989. – 224 с.
11. Левушкин С.П., Сонькин В.Д., Проблема оптимизации физического состояния школьников средствами физического воспитания // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 1. – С. 67-74.
12. Пирогова Е.А., Иващенко Л.Я., Страпко Н.П. Влияние физических упражнений на здоровье и работоспособность человека. – Киев: Здоровье, 1986. – 152 с.
13. Шлык Н.И. Сердечный ритм и центральная гемодинамика при физической активности у детей. – Ижевск, 1991. – 417 с.
14. Crews D.J., Lochbaum M.R., Landers D.M. Aerobic physical activity effects on psychological well-being in low-income Hispanic children // Percept Mot Skills. – 2004. – Vol. 98, № 1. – P. 319-324.

15. Global Recommendations on Physical activity for Health. – Geneva, World Health Organization, 2010. – 60 p.

16. Janssen I, Leblanc A.G. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth // *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2010. 7(40). – P. 1-16.

17. Krivolapchuk I. A. Peculiarities of preschool aged boys' and girls' physical state // *Medicina dello Sport.* – 2014. – 67(2). – P. 241-250.

18. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine // *JAMA.* – 1995. – Vol. 273, № 5. – P. 402-407.

19. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association // *Med Sci Sports Exerc.* – 2007. – V.39. №8. – P. 1423-1434.

20. Physical Activity Guidelines for Americans. – Washington, 2008. – 65 p.

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛЬЧИКОВ И ДЕВОЧЕК 5-6 ЛЕТ

А.А. Герасимова*, С.А. Кесель**, М.Б. Чернова¹, М.М. Герасимов*

*ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Россия, Москва

** Гродненский государственный университет
имени Янки Купалы, Республика Беларусь, Гродно

В ходе исследования установлено, что физическое состояние детей 5-6 лет характеризуется определенными половыми особенностями, которые, по-видимому, обусловлены нелинейностью и гетерохронностью процессов роста и развития, а также тем, что в этом возрасте девочки в целом по степени физиологической зрелости существенно опережают мальчиков.

Ключевые слова: физическое состояние, работоспособность, дети дошкольного возраста, половые особенности

Physical condition of 5-6-year-old boys and girls. It was found that the physical condition of 5-6-year-old children is characterized by certain gender features that seem to be caused by non-linear and heterochronic processes of growth and development, as well as the fact that at this age girls surpass boys in the level of physiological maturity.

Keywords: physical condition, performance, preschool children, sexual features.

Изучение вопроса о физическом состоянии детей дошкольного возраста и их пригодности к работе имеет большое значение и требует сотрудничества специалистов различных областей научного знания. Считается, что рационально организованная система физического воспитания детей должна содержать надежные и объективные критерии оценки их физического состояния, которые предусматривают комплексные исследования различных функций и физиологических систем организма [25, 26, 21. 23].

В настоящее время, считается, что «физическое состояние», определяется не одним каким-либо параметром организма, а совокупностью взаимосвязанных признаков. К таким признакам в первую очередь относят: физическую и умственную работоспособность, двигательную подготовленность, функциональные возможности органов и физиологических систем организма, физическое развитие, а также пол и возраст занимающихся [14, 9, 26, 27, 7, 24]. Сегодня встречается относительно небольшое количество работ, в которых представлены результаты комплексного изучения физического состояния дошкольников. Еще меньше комплексных исследований, посвященных анализу особенностей физического состояния мальчиков и девочек дошкольного возраста.

Цель исследования – выявить особенности физического состояния мальчиков и девочек 5-6 лет на основе анализа комплекса показателей, характеризующих двигательную подготовленность, мышечную работоспособность, физическое раз-

Контакты: ¹ Чернова М.Б. – E-mail: <mashacernova@mail.ru>

витие, механизмы регуляции физиологических функций и эффективность умственной работы.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие практически здоровые дети 5-6 лет. Средний возраст мальчиков ($n=134$) составил $5,5\pm 0,04$ года, а девочек ($n=121$) – $5,6\pm 0,04$ года.

Для описания физической работоспособности использовали показатели, позволяющие оценить функциональные возможности системы энергетического обеспечения мышечной деятельности: максимальное потребление кислорода (МПК) по Добельну; величину мощности нагрузки при пульсе 170 уд/мин PWC_{170} ; индекс накопления пульсового долга (ИНПД); ватт-пульс (ВтП) [3, 6].

Физическая подготовленность определялась по общепринятой методике. В программу ее изучения входили: бег 6 мин; прыжок в длину с места; челночный бег 3×9 м; бег 20 м; поднимание туловища из положения «лежа на спине» за 1 мин; наклон вперед; становая динамометрия (МС). На основании результатов выполнения отдельных двигательных тестов рассчитывали общую оценку физической подготовленности (ОФП).

Для оценки состояния механизмов регуляции физиологических функций использовали математический анализ сердечного ритма [1]. В условиях покоя записывали более 500 кардиоинтервалов. Реализация метода осуществлялась при помощи автоматизированного комплекса на базе персонального компьютера. Определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС), среднюю продолжительность R-R интервала (RRNN), моду (M_0), амплитуду моды (AM_0), разброс кардиоинтервалов ($MxDMn$), среднеквадратическое отклонение (SDNN), стресс-индекс (SI).

Систолическое (СД) и диастолическое (ДД) артериальное давление крови регистрировали с помощью откалиброванного стандартного aneroidного сфигмоманометра. Использовали соответствующую возрасту детскую манжетку. На основании этих измерений по общепринятым формулам рассчитывали среднее давление (САД), двойное произведение (ДП), вегетативный индекс Кердо (ВИК), индекс Мызникова (ИМ). Показатели физического развития измерялись с помощью стандартных ростомера и весов.

Для изучения умственной работоспособности использовалась методика дозирования работы во времени с помощью фигурных таблиц. Умственная работоспособность оценивалась в условиях детского дошкольного учреждения до занятий в среду по традиционной методике [10]. По результатам выполнения тестового задания рассчитывали объём работы (А) и коэффициент продуктивности (Q).

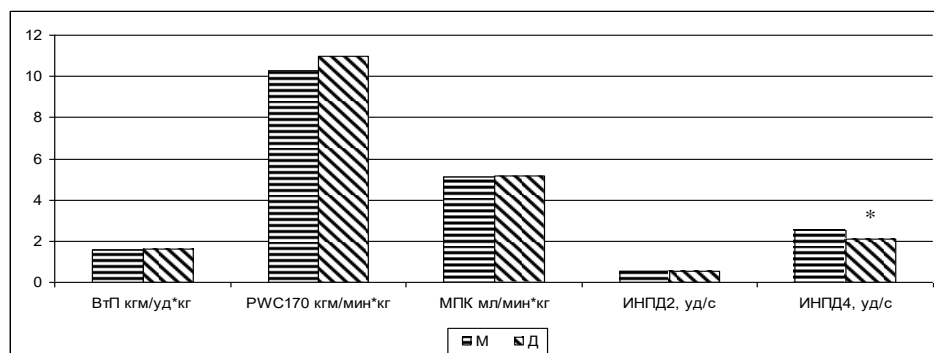
Восьмицветовой тест Люшера использовали в модификации Л.Н. Собчик. Определяли уровень ситуативной тревожности (СТ) и коэффициент вегетативного тонуса (КВТ) [15].

Полученный фактический материал обработан общепринятыми методами статистического анализа с применением ЭВМ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ материалов исследования позволил выявить некоторые особенности физического состояния мальчиков и девочек 5-6 лет (рис. 1, 2). Однако следует отметить, что в большинстве случаев, различия между мальчиками и девочками были несущественными. Так, средние значения длины и массы тела у обследованных нами детей не имели половых особенностей. По уровню физической работоспособности мальчики и девочки также статистически существенно не отличались друг от друга. Величины МПК, PWC_{170} , ВтП, $ИНПД_{2Вт/кг}$ не зависели от пола испытуемых. Исключение составляют различия ($p < 0,05$), выявленные в отношении величины $ИНПД_{4Вт/кг}$: средние значения данного показателя у мальчиков были выше, чем у девочек (см. рис. 1 А).

А



Б

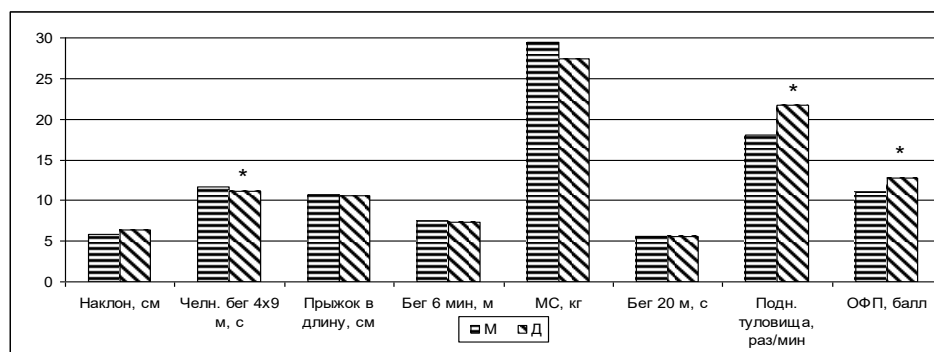


Рисунок 1 – Физическая работоспособность и двигательная подготовленность мальчиков и девочек 5-6 лет

Примечание. Значения показателя «прыжок в длину» уменьшены на порядок, а – «бег 6 мин» на два порядка.

Величины таких показателей двигательной подготовленности как наклон вперед, бег 20 м, прыжок в длину, бег 6 мин, максимальная станочная сила (МС) у девочек и мальчиков были практически одинаковыми. Вместе с тем полученные данные позволили выявить существенные половые различия (см. рис. 1Б): девочки этого возраста превосходили ($p < 0,05$) мальчиков по результатам выполнения челночного бега, поднимания туловища и общей оценке физической подготовленности.

При исследовании вегетативных показателей не выявлено существенных половых различий по большинству анализируемых параметров (см. рис. 2 А). Величины ЧСС, СД, ДП, RRNN. Мо, МхDMn, АМо, SI, ИМ у мальчиков и девочек не отличались. Статистически значимые различия обнаружены только в отношении средних значений ДД, САД и ВИК ($p < 0,05$).

Сравнение параметров умственной работоспособности показало, что по скорости работы мальчики и девочки также не отличаются друг от друга, тогда как в отношении величины коэффициента продуктивности умственной деятельности (Q) выявлены различия. По данному показателю девочки ($p < 0,01$) превосходили мальчиков (см. рис. 2 Б).

На основе использования восьмицветового теста Люшера у детей рассматриваемой возрастной группы был рассчитан уровень ситуативной тревожности и определен коэффициент вегетативного тонуса (см. рис. 2 Б). В отношении последнего показателя установлены статистически значимые различия, причем у девочек его средняя величина была выше, чем у мальчиков ($p < 0,05$).

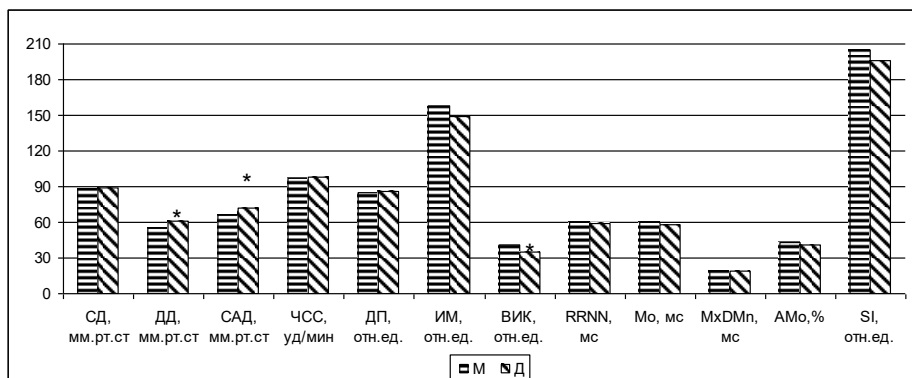
Сравнение результатов исследования с данными литературы показало, что изучаемые параметры физического состояния в целом близки к установленным для этого возраста нормам [19, 27, 17, 20, 21, 11, 12]. Как известно, имеются существенные половые особенности протекания процессов роста и развития у детей. Темп этих процессов у девочек выше, чем у мальчиков. Поэтому степень физиологической зрелости у девочек, как правило, превышает соответствующий показатель, характерный для мальчиков того же возраста [18, 16].

Все это оказывает влияние на различные аспекты физического состояния детей. При исследовании физической работоспособности выявлены существенные различия по величине показателя интенсивности накопления пульсового долга (ИНПД4Вт/кг). Полученные данные указывают на то, что физиологическая цена одинаковой по относительной мощности субмаксимальной нагрузки у девочек ниже, чем у мальчиков, а экономичность выполнения работы смешанного и анаэробного гликолитического характера, соответственно, выше, что совпадает с данным литературы [8].

Анализ двигательной подготовленности показал, что девочки старшего дошкольного возраста превосходят мальчиков по результатам выполнения челночного бега, поднимания туловища и общей оценке физической подготовленности (в структуре, которой преобладают контрольные упражнения скоростного и скоростно-силового характера). Выявленные особенности подтверждают точку зрения о том, что возрастные изменения физической работоспособности и двигательной подготовленности у девочек отличаются от таковых у мальчиков [5, 16] и, в значительной степени, зависят от физиологической зрелости организма [22]. Вероятно, что согласованные по времени с полуростовым скачком, выраженные

морфологические изменения в скелетных мышцах, проявляющиеся в исчезновении недифференцированных волокон и появлении мышечных волокон II типа [16] у девочек происходят раньше, чем у мальчиков. Это обуславливает опережающее созревание анаэробных механизмов энергообеспечения мышечной деятельности у девочек [8].

А



Б

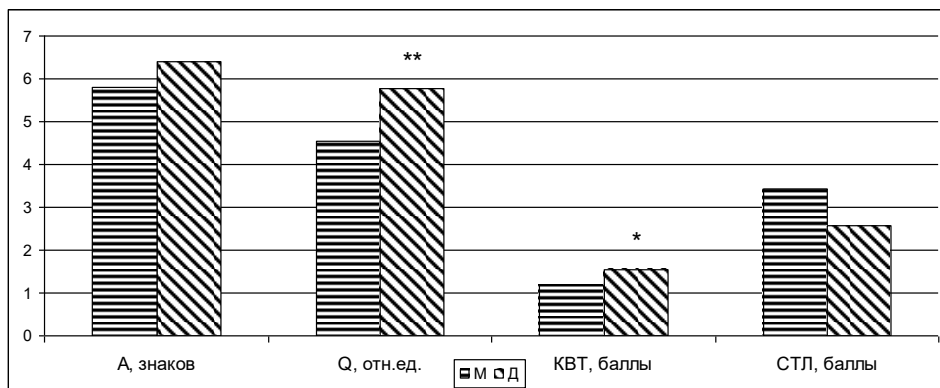


Рисунок 2 – Показатели вегетативного тонуса и умственной работоспособности у мальчиков и девочек 5-6 лет

Примечание. Значения показателя количества просмотренных знаков (А) уменьшены на порядок.

При сравнении вегетативных показателей физического состояния выявлены различия в отношении ряда параметров артериального давления и вегетативной регуляции. Последнее дает основание предполагать, что у девочек 5-6 лет более высокие показатели среднего и диастолического давления крови, а также вегетативного индекса Кердо, отражают не только повышенный тонус симпатического отдела ВНС, но и более высокую степень их физиологической зрелости. Считается, что у детей физиологическая зрелость является одной из важнейших детерми-

нант уровня артериального давления [2, 20]. Это предположение хорошо согласуется с литературными данными, показывающими, что девочки этого возраста обгоняют мальчиков по изменениям темпа роста, интенсивности основного обмена, физической терморегуляции [4, 5].

На основе использования теста Люшера установлено, что у детей 5-6 лет отмечается превалирование активности эрготропной системы мозга над трофотропной, при этом девочки отличаются более высоким коэффициентом вегетативного тонуса. Данный показатель характеризует вегетативно-эмоциональное состояние обследуемого, причем его значения, превышающие единицу, интерпретируются как преобладание эрготропного тонуса и доминирование потребности в затратах энергии [15].

Выявленные половые различия в отношении величины коэффициента продуктивности умственной деятельности (Q) находят подтверждение в научной литературе. Установлено, что, начиная с четырехлетнего возраста, в связи с более высоким темпом созревания, девочки превосходят мальчиков по показателям умственной работоспособности [13].

Таким образом, полученные и проанализированные нами данные позволяют считать, что выявленные половые различия, обусловлены главным образом феноменом общего опережения девочками в процессе возрастного развития мальчиков по степени физиологической зрелости [18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования установлено, что между мальчиками и девочками 5-6 лет по большинству из рассматриваемых показателей физического состояния отсутствуют статистически значимые отличия. Вместе с тем показано, что физическое состояние детей данного возраста характеризуется определенными половыми особенностями. Так, девочки превосходили мальчиков по продуктивности выполнения умственной работы, уровню показателей физической работоспособности и двигательной подготовленности, отражающих анаэробную производительность организма. Они отличались также более высоким артериальным давлением крови и существенным преобладанием тонуса эрготропной системы мозга над активностью трофотропной системы. Выявленные половые различия, вероятно, обусловлены нелинейностью и гетерохронностью процессов роста и развития детей и тем, что в этот возрастной период девочки по степени общей физиологической зрелости существенно опережают мальчиков.

Работа поддержана грантом РГНФ (проект № 16-06-00244а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. и др. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: Методические рекомендации // Вестник аритмологии. – 2001. – №24. – С. 65-87.
2. Калужная Р.А. Школьная медицина. – М.: Медицина, 1975. – 392 с.

3. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.
4. Корниенко И.А., Гохблит И.И. Возрастные преобразования энергетического обмена// Физиология развития ребенка / Под ред. В.И. Козлова, Д.А. Фарбер. – М.: Педагогика, 1983. – С. 89-114.
5. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности: Итоги 30-летнего исследования. Сообщение I. Структурно-функциональные перестройки // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 4. – С.42-46.
6. Корниенко, И.А. Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности: Итоги 30-летнего исследования. Сообщение II. «Зоны мощности и их возрастные изменения»/ И.А. Корниенко, В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева // Физиология человека. – 2006. – Т.32, №3. – С. 46-54.
7. Криволапчук И.А. Факторная структура функционального состояния детей 5-6 лет // Физиология человека. – 2014. – Т. 40, № 5. – С. 48-56.
8. Криволапчук И.А. Энергообеспечение мышечной деятельности детей 5-6 лет и комплексная оценка физической работоспособности // Физиология человека. – 2009. – Т. 35. № 1. – С. 76-87.
9. Круцевич Т.Ю., Петровский В.В. Управление процессом физического воспитания //Теория и методика физического воспитания / Под ред. Т.Ю. Круцевич. – К.: Олимпийская литература, 2003. – Т.1. – С. 348-412.
10. Методические рекомендации по физиолого-гигиеническому изучению учебной нагрузки / Под ред. М.В. Антроповой. – М.: Изд-во АПН СССР, 1984. – 67 с.
11. Нормы для оценки роста детей// Всемирная Организация здравоохранения. – Интернет-сайт. – URL: [http://www.who.int/childgrowth/standards/ru/\[09.08.2016\]](http://www.who.int/childgrowth/standards/ru/[09.08.2016]).
12. Оценка физического развития и состояния здоровья детей и подростков. – М.: ТЦ Сфера, 2005. – 64 с.
13. Параничева Т. М. Функциональное состояние организма и адаптационные возможности детей 4,5,6 лет в процессе развивающего обучения // Новые исследования. – 2008. – №3 (16). – С. 24-42.
14. Пирогова Е.А., Иващенко Л.Я., Страпко Н.П. Влияние физических упражнений на здоровье и работоспособность человека. – Киев: Здоровье, 1986. – 152 с.
15. Собчик Л.Н. Метод цветowych выборов – модификация цветового теста Люшера. – СПб.: Речь, 2006. – 128 с.
16. Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. – М.: Книжный дом «Либроком», 2011. – 368 с.
17. Физиология развития ребенка: Руководство по возрастной физиологии / Под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2010. – 768 с.
18. Харрисон Дж., Уайнер Дж., Тэннер Дж. и др. Биология человека. – М.: Мир, 1979. – 611 с.
19. Шлык Н.И. Сердечный ритм и центральная гемодинамика при физической активности у детей. – Ижевск, 1991. – 417 с.

20. Jackson L.V., Thalange N.K., Cole T.J. Blood pressure centiles for Great Britain // *Arch Dis Child*. – 2007. – 92(4). – P. 298-303.
21. Janssen I, Leblanc A.G. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth// *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2010. 7(40). – P. 1-16.
22. Kondric M., Trajkovski B., Strbad M., Foretić N., Zenić N. Anthropometric influence on physical fitness among preschool children: gender-specific linear and curvilinear regression models // *Coll Antropol*. 2013. – V. 37, № 4. – P. 1245-1252.
23. Krivolapchuk I. A. Peculiarities of preschool aged boys' and girls' physical state // *Medicina dello Sport*. – 2014. – 67(2). – P. 241-250.
24. Krivolapchuk I. A., Chernova M. B. Physical performance and psychophysiological reactivity of 7-8 year-old children to different types of exercise // *Medicina dello Sport*. – 2012. – 65 (2). – P. 173-185.
25. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine // *JAMA*. – 1995. – Vol. 273, № 5. – P. 402-407.
26. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association // *Med Sci Sports Exerc*. – 2007. – V.39, №8. – P. 1423-1434.
27. Physical Activity Guidelines for Americans. – Washington, 2008. – 65 p.

КЛАССИФИКАЦИЯ НАГРУЗОК ПО ВЕЛИЧИНЕ: АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ «ДОЗА–ЭФФЕКТ» У ДЕТЕЙ 7-8 ЛЕТ

И.А. Криволапчук, М.Б. Чернова¹,
А.А. Герасимова, М.М. Герасимов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт возрастной физиологии РАО», Москва

На основе изучения зависимости «доза–эффект» разработана классификация физических нагрузок по величине, предназначенная для детей 7-8 лет, имеющих различную работоспособность. Классификация включает 5 зон. Установлено, что наиболее эффективными для развития аэробных возможностей являются нагрузки, относящиеся ко второй и третьей зонам, а для развития анаэробных возможностей – упражнения, относящиеся к четвертой и пятой зонам.

Ключевые слова: зависимость «доза–эффект», классификация физических нагрузок, уровень работоспособности.

Classification of the work load: the analysis of dependency "dose-effect" in 7-8-year-old children. The "doze-effect" study has laid the foundation for the classification of physical work load according to its amount, aimed at 7-8-year-old children with different work capabilities. The classification includes 5 zones. It was stated that the tensions that are the most effective to develop aerobic capabilities refer to the second and third zones, whereas those to develop anaerobic capabilities relate to the fourth and fifth zones.

Key words: "doze-effect" dependence, physical tensions classification, work performance.

Зависимость «доза–эффект», определяющая соотношение между величиной физической нагрузки и изменениями функционального состояния организма, используется для количественной оценки адаптации к напряженной мышечной деятельности не только в спорте [2], но и в оздоровительной физической культуре [18, 19, 14, 15].

В системе наук о физической культуре различают внешнюю и внутреннюю стороны физической нагрузки [10, 4, 2]. Первую оценивают на основе эргометрических критериев. К ним относят показатели объема и интенсивности, характеризующие совершаемую работу с позиций механики: скорость, мощность, время, вес, метраж, количество механической работы, произведенной за определенный временной отрезок и т. д. Вторую сторону нагрузки подразделяют на физиологическую и психическую [7]. Она определяется величиной функциональных сдвигов, обусловленных выполнением мышечной деятельности. Внутреннюю нагрузку соответственно оценивают с помощью физиологических и психологических показателей. Среди физиологических переменных обычно используют частоту сердечных сокращений (ЧСС), максимальное потребление кислорода (МПК), метаболические единицы (МЕТ), порог анаэробного обмена (ПАНО), интенсивность

Контакты: ¹ Чернова М.Б. – E-mail: <mashacernova@mail.ru>

накопления пульсового долга (ИНПД), двойное произведение, минутный объем дыхания, содержание молочной кислоты в крови, энерготраты и т.д. Для оценки психической стороны нагрузки применяют критерии, характеризующие степень изменения эмоциональных, когнитивных, сенсорно–перцептивных процессов, среди которых наиболее часто применяются показатели субъективного шкалирования состояния [13, 20, 12, 17].

Обычно для контроля за величиной и физиологической стоимостью упражнений используются разработанные, как правило, на базе энергетических критериев, шкалы физических нагрузок по зонам интенсивности [1, 6, 5, 11 и др.], большинство из которых предназначено для юных спортсменов и базируется на оценке зависимости физиологических изменений в организме от мощности нагрузки. При этом, как правило, не учитывается предельное время выполнения нагрузки, заданной интенсивности, у занимающихся с разным уровнем подготовленности.

Целью исследования явилась разработка классификации физических нагрузок по их величине на основе использования эргометрических, физиологических и субъективных показателей функционального состояния для детей 7-8 лет с разным уровнем работоспособности.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие здоровые дети 7-8 лет ($n=131$). Испытуемые занимались физической культурой по общепринятой программе и не посещали спортивные секции. Для разработки классификации нагрузки на основе анализа зависимости «мощность–время» и «мощность–пульс» у каждого испытуемого регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС). Тестирование проводили в хорошо проветриваемом помещении при температуре воздуха 18-24° С, в первой половине дня, через несколько часов после приема пищи.

В лабораторных условиях запись сердечного ритма осуществляли на электрокардиографе ЭКГТ-1 «АКСИОН». Электроды фиксировались на левой стороне груди в отведении по Нэбу. Определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС). На основе измерений ЧСС в состоянии покоя и в период восстановления, рассчитывали интенсивность накопления пульсового долга (ИНПД) [8]. Показатель ЧСС использовался для измерения интенсивности нагрузки при выполнении дозированной работы аэробного и смешанного характера, а показатель ИНПД – для оценки интенсивности и функциональных возможностей организма при работе анаэробного и также смешанного характера.

Уровень физической работоспособности оценивали по результатам выполнения теста PWC170 в модификации В.Л. Карпмана [3]. Субъективную величину испытываемого усилия в диапазоне от 6 до 20 баллов определяли с помощью шкалы Борга [13]. Регистрировали предельное время работы (t_1 , t_2) при нагрузках «до отказа» мощностью 2 (W_1) и 4 (W_2) Вт/кг [9]. За «отказ» принимали резкое снижение интенсивности работы на 10 %.

В процессе исследования посредством применения методики тестирования PWC находили индивидуальные варианты зависимости «мощность-пульс». Для каждого испытуемого рассчитывали уравнение линейной регрессии ($y=a+bx$), от-

ражающее взаимосвязь изменений ЧСС и интенсивности работы в виде простой линии регрессии. Затем анализировалась зависимость «мощность-время» на основе данных о выполнении теста на удержание нагрузки 2 и 4 Вт/кг.

Наряду с этим в процессе исследования использовались физические упражнения «на выносливость», скоростной и скоростно-силовой направленности продолжительностью от 5-10 с до 20-30 мин. В полевых условиях для регистрации ЧСС применяли пульсометр фирмы «Polar». Индивидуальная относительная интенсивность каждого упражнения рассчитывалась по методу M.J. Karvonen [16]. Во время работы определяли ЧСС, а после неё пульсовую сумму восстановления и субъективную величину испытываемого усилия [13].

В ходе математической обработки полученных результатов определяли статистические характеристики ряда измерений и проводили проверку статистических гипотез, использовали также регрессионный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При использовании ЧСС в качестве критерия интенсивности физической нагрузки определяли три критических значения данного показателя: пиковое; пороговое и среднее. Нормативные величины пиковой, пороговой и средней ЧСС у школьников 7-8 лет в зависимости от физической работоспособности, полученные нами в условиях ступенчато возрастающей нагрузки «до отказа», приведены в табл.1.

Таблица 1

Величины нагрузочной ЧСС у школьников 7-8 лет с высокой (В), средней (С) и низкой (Н) физической работоспособностью

Возраст, лет	ЧСС в фоне, уд/мин (M±σ)	Макс. ЧСС, уд/мин (M±σ)	Пульсовой резерв, уд/мин	Пиковая ЧСС, уд/мин	Пороговая ЧСС, уд/мин			Средняя ЧСС, уд/мин		
					Н	С	В	Н	С	В
7 (n=75)	86,5±10,7	212,8±12,7	126	201	138	149	160	160	170	181
8 (n=56)	84,8±9,8	209,3±14,5	125	199	138	148	159	159	170	180

Данную таблицу можно использовать для планирования интенсивности нагрузки, выраженной в процентах от максимальных значений пульса и величины пульсового резерва. Как было отмечено выше, для контроля «физиологической стоимости» упражнений используются шкалы физических нагрузок по зонам интенсивности. При этом, как правило, не учитывается уровень физической подготовленности. В этой связи в ходе дальнейшей работы, на основе экспериментального изучения зависимостей «мощность-ЧСС», «мощность-ИНПД» и «мощность-время», а также данных научно-методической литературы нами разработана шкала, предназначенная для не занимающихся спортом детей 7-8 лет, имеющих различную физическую работоспособность. Для создания шкалы оценки ин-

тенсивности, выраженной в баллах, использовали данные о предельном времени удержания нагрузки заданной мощности (рис.1) и физиологической реакции на нее (табл. 2). Эта шкала может быть использована для перевода интенсивности различных динамических физических упражнений глобального характера в баллы и последующего расчета величины нагрузки. Подобный принцип определения интенсивности работы ранее был реализован при создании «шкалы испытываемого усилия» Борга [13] и классификации нагрузки, предложенной М. Поллоком [20].

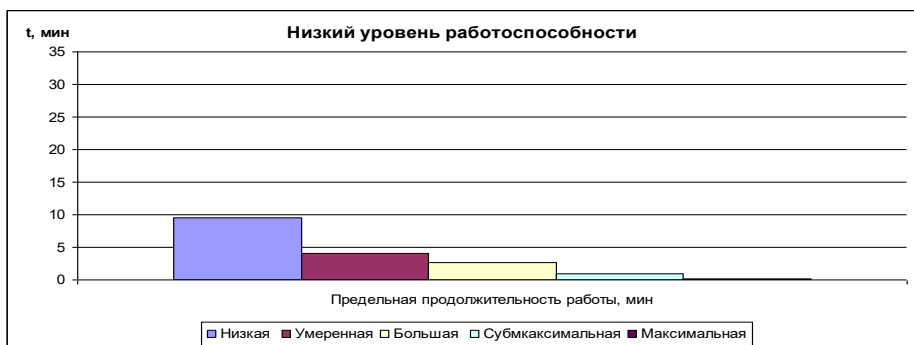
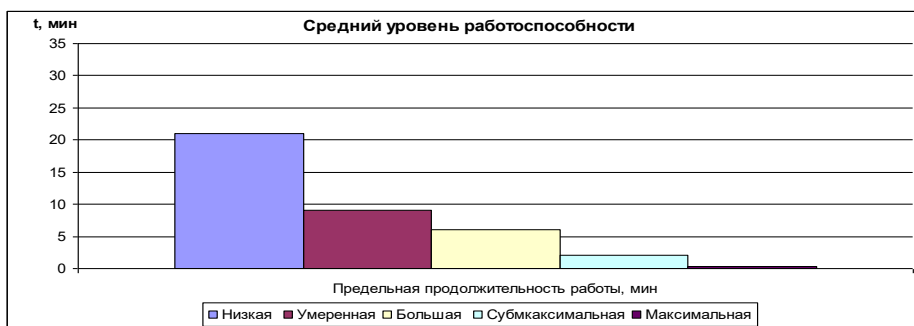
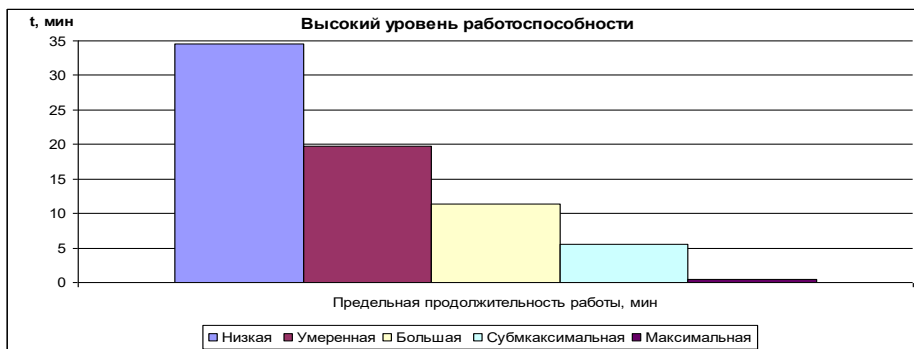
Таблица 2

Шкала для перевода физиологической интенсивности физической нагрузки в баллы (дети 7-8 лет)

Баллы	Интенсивность						
	ЧСС, уд/мин	% ЧСС макс	% резерва ЧСС макс.	Баллы	ЧСС, уд/мин	% ЧСС макс	% резерва ЧСС макс.
1	130	62	33	16	179	85	74
2	135	65	38	17	180	86	75
3	140	67	42	18	182	87	76
4	145	69	46	19	184	88	77
5	150	72	50	20	185	89	78
6	155	74	54	21	187	89	79
7	158	75	56	22	188	90	80
8	160	76	58	23	189	90	81
9	163	78	61	24	190	91	82
10	165	79	63	25	191	91	83
11	168	80	65	26	192	92	83
12	170	81	67	27	193	92	84
13	173	83	69	28	194	92	85
14	175	84	71	29	195	93	85
15	177	85	73	30	196	93	86

В тех случаях, когда линейная зависимость между мощностью работы и ЧСС нарушалась или когда интенсивность нагрузки нельзя было определить непосредственно в ходе выполнения двигательного действия (упражнения силового и скоростно-силового характера), мы оценивали ее по показателю интенсивности накопления пульсового долга (ИНПД) [9].

Считается, что пульсовый долг отражает пределы допустимых отклонений в состоянии внутренней среды организма. При этом максимальная пульсовая задолженность является отражением емкости анаэробных систем организма, а скорость ее накопления в процессе работы тесно связана с интенсивностью нагрузки [8, 9]. Поэтому величина ИНПД позволяет с высокой чувствительностью дозировать нагрузки в занятиях с детьми школьного возраста при выполнении упражнений анаэробного характера, тогда как ЧСС, дает возможность регулировать интенсивность физических упражнений преимущественно аэробной направленности. Разработанная шкала включает 5 зон (табл. 3).



Рису. 1. Пределная продолжительность работы разной мощности у детей 7-8 лет

В первую зону (низкая интенсивность) включены нагрузки аэробной направленности, не оказывающие существенного влияния на организм и рассматриваемые как восстанавливающие. В качестве субстратов окисления используются жиры, гликоген мышц, глюкоза крови и аминокислоты. В широком диапазоне продолжительности работы все физиологические функции не испытывают напряжения, а ЧСС не превышает 100–130 уд/мин. Пределное время работы у детей 7-8 лет в зависимости от уровня работоспособности составляет 10–35 мин, а мощ-

ность нагрузки не превышает 1,0–1,5 Вт/кг. Величина испытываемого усилия по шкале Борга составляет менее 10 баллов.

Ко второй зоне (умеренная интенсивность) относятся аэробные упражнения, выполнение которых происходит в условиях истинного устойчивого состояния. Верхней границей данной зоны мощности является нагрузка, соответствующая ПАНО. Последовательность использования субстратов энергообеспечения такая же, как и при работе в зоне низкой интенсивности. Продолжительность работы с учетом уровня подготовленности колеблется у детей младшего школьного возраста в диапазоне от 5 до 20 мин, а мощность – от 1,5 до 2,5 Вт/кг. ЧСС изменяется в пределах 130–165 уд/мин. ИНПД не превышает 0,5 отн. ед. Субъективная оценка тяжести нагрузки по шкале Борга находится в границах от 11 до 12 баллов.

Таблица 3

Классификация нагрузок для детей 7-8 лет с разной работоспособностью

Зона интенсивности нагрузки	Преимущественная направленность энергообеспечения	ЧСС, уд/мин	ИНПД, отн. ед.	Интенсивность, баллы	Шкала Борга, баллы	Время работы		
						Высокий УР	Средний УР	Низкий УР
I. Низкая	Аэробная	< 130	–	–	< 10	–	–	–
II. Умеренная	Аэробная	130–165	<0,5	1–9	11–12	> 20 мин	> 9 мин	> 5 мин
III. Большая	Смешанная	165–194	0,5–2,0	10–30	13–14	6–12 мин	3–6 мин	2–4 мин
IV. Субмаксимальная	Гликолитическая	> 195	2,0–7,0	> 30	14–16	0,2–6 мин	0,1–3 мин	0,1–2 мин
V. Максимальная	Фосфагенная	–	>7,0	–	> 16	< 0,2 мин	< 0,1 мин	< 0,1 мин

Третью зону (большая интенсивность) составляют упражнения, выполнение которых осуществляется в основном за счёт аэробных источников при значительной доле анаэробного гликолиза. Нижней границей данной зоны мощности является нагрузка на уровне ПАНО, а верхней – на уровне МПК. Основными энергетическими субстратами служат углеводы, расщепляемые как с использованием кислорода, так и в бескислородных условиях, а также жиры, подвергающиеся окислительному расщеплению. Предельное время работы для детей 7-8 лет в зависимости от уровня работоспособности составляет 4–12 мин, а её мощность 2,5–3,5 Вт/кг. ЧСС может находиться в пределах 165–194 уд/мин, а ИНПД – 0,5–2,0 отн. ед. Величина нагрузки по шкале Борга составляет в среднем 13-14 баллов.

В четвертую зону (субмаксимальная интенсивность) входят упражнения, выполняемые преимущественно за счёт анаэробного гликолиза. В качестве основных субстратов энергообеспечения при работе в данной зоне рассматриваются

углеводы (особенно гликоген мышц), расщепляющиеся анаэробным путём. Предельное время работы в этой зоне у школьников 7-8 лет в зависимости от уровня подготовленности находится в пределах от 2 до 6 мин, а мощность от 3,5 до 5,0 Вт/кг. ЧСС может превышать 195 уд/мин. Линейная зависимость между пульсом и мощностью нагрузки отсутствует. ИНПД находится в границах от 2 до 7 отн. ед. Субъективная оценка тяжести нагрузки составляет 15-16 баллов.

Пятая зона (максимальная интенсивность) включает физические упражнения, энергообеспечение которых осуществляется на основе анаэробного алактатного механизма. В этих условиях АТФ ресинтезируется главным образом за счет креатинфосфата. Максимальное время работы в этой зоне составляет в среднем 6–12 с, а мощность превосходит 3,5–5,0 Вт/кг. ИНПД превышает 7 отн. ед., а оценка тяжести нагрузки по шкале Борга – 16 баллов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе изучения зависимости «доза–эффект» разработана классификация физических нагрузок по величине, предназначенная для детей 7-8 лет, имеющих различную работоспособность. Классификация включает 5 зон. Результаты исследования свидетельствуют о том, что её целесообразно использовать для определения величины нагрузки в процессе оздоровительной тренировки.

Установлено, что наиболее эффективными для развития аэробных возможностей детей являются нагрузки, относящиеся ко второй и третьей зонам, а для развития анаэробных – упражнения, относящиеся к четвертой и пятой зонам. Апробация в эксперименте и на практике предложенных методов дозирования нагрузки показала их преимущество по сравнению с имеющимися аналогами в связи с реализацией индивидуального подхода, базирующегося на анализе зависимости типа «доза-эффект».

Работа поддержана грантом РГНФ (проект № 16-06-00211а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакланов Л.Н. Оптимизация нагрузок в подготовке школьников к циклическим видам спорта с проявлением выносливости: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. – М., 1980. – 18 с.
2. Волков Н.И., Осипенко А.А., Несен Э.Н., Корсун С.Н. Биохимия мышечной деятельности. – Киев: Олимпийская литература, 2000. – 503 с.
3. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208
4. Матвеев Л.П. Теория и методика физической культуры – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 543 с.
5. Нормирование нагрузок в физическом воспитании школьников / Под ред. Л.Е. Любомирского. – М.: Педагогика, 1989. – 192 с.
6. Основы управления подготовкой юных спортсменов / под ред. М.Я. Набатниковой. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 280 с.

7. Пуни А.Ц., Горбунов Г.Д. Влияние физических нагрузок на психическую сферу / Психология физического воспитания и спорта / Под ред. Т.Т. Джамгарова, А.Ц. Пуни. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – С. 138-139.
8. Сонькин В.Д. Энергетическое обеспечение мышечной деятельности школьников: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – М., 1990.– 50 с.
9. Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. – М.: Книжный дом «Либроком», 2011. – 368 с.
10. Спортивная метрология / под ред. В.М. Зацiorского. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 256 с.
11. Тиунова О.В. Соотношение объемов физических нагрузок различной интенсивности в занятиях с мужчинами среднего возраста: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. – М., 1994. – 22 с.
12. Уилмор Дж. Х., Костилл Д. Л. Выбор физических упражнений для укрепления здоровья и повышение уровня физической подготовленности // Физиология спорта и двигательной активности. – Киев: Олимпийская литература, 1997.- С. 470-484.
13. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress // Scand J Rehabil Med. – 1970. – 2(2). – P. 92-98.
14. Global Recommendations on Physical activity for Health. – Geneva, World Health Organization, 2010. – 60 p.
15. Janssen I, Leblanc A. Systematic Review of the Health Benefits of Physical Activity in School-Aged Children and Youth //International Journal of Behavioural Nutrition and Physical Activity. – 2010. – Vol. 7, № 40. – P. 1-16.
16. Karvonen M.J., Vuorimaa T. Heart rate and exercise intensity during sport activities: Practical application // Sports Medicine. – 1988. – № 5. – P. 303–312.
17. Kenney W.L., Wilmore J., Costill D. Physiology of Sport and Exercise. – Published by Champaign, IL; Human Kinetics, 2011. – 640 p.
18. Physical Activity and Public Health. A Recommendation From the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine // JAMA. – 1995. – Vol. 273, № 5. – P. 402-407.
19. Physical Activity Guidelines for Americans. – Washington, 2008. – 65 p.
20. Pollock, M.L. Exercise in health and disease: Evaluation and prescription for prevention rehabilitation (2nd ed). / M.L. Pollock, J.H. Wilmore. – Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1990. – P. 670-671.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

В альманахе «Новые исследования», выходящем 4 раза в год, могут быть опубликованы прошедшие рецензирование статьи по всем направлениям возрастной физиологии, морфологии, школьной гигиены и физического воспитания детей и подростков.

При направлении статьи в редакцию рекомендуется руководствоваться следующими правилами:

1. На первой странице указываются название статьи, Инициалы и Фамилия автора, учреждение, из которого выходит статья.

2. Объем статьи: Обобщающих теоретико-экспериментальных работ и обзорных работ – не более одного авторского листа (24 стр.), экспериментальных работ – не более 0.8 авторского листа (18 стр.), кратких сообщений и методических статей – не более 4–5 стр.

3. Изложение материала в статье экспериментального характера должно быть представлено следующим образом: краткое введение, методы исследования, результаты исследования и их обсуждение, выводы, список литературы. Таблицы (не более 3) печатаются на отдельных страницах и должны быть пронумерованы в порядке общей нумерации, в тексте отмечается место, где должна быть помещена таблица.

4. Для иллюстраций статей принимается не более 4 рисунков. Рисунки представляются на отдельных страницах, на полях рукописи указывается место, где должен быть размещен рисунок. Рисунки, как и таблицы, выполняются на отдельных страницах, в тексте отмечается место, где должен быть помещен рисунок.

5. Цитирование авторов производится цифрами в квадратных скобках, список литературы располагать по алфавиту.

6. К статье прилагается аннотация в размере не более 10 строк на русском и английском языках.

7. Статьи направлять на электронном носителе (Word; шрифт Times 14, через 1.5 интервала, поля стандартные: сверху – 2.5 см, снизу – 2.0 см, слева – 3.0 см, справа – 1.5 см)

8. Редакция оставляет за собой право на сокращение и исправление статей. Рукописи, не принятые в печать не возвращаются. В случае возвращения статьи авторам для исправления согласно отзыву рецензента статья должна быть возвращена в течение 2 мес. в доработанном варианте с приложением первоначального.

9. С аспирантов и докторантов плата за публикацию рукописей не взимается.

Статьи следует направлять по адресу:

*119121, Москва, ул. Погодинская 8, корп.2, Институт возрастной физиологии РАО,
отв. секретарю альманаха Догадкиной С. Б. (комн. 32)
Тел/факс: (499) 245-04-33, тел: 708-36-83; E-mail: almanac@mail.ru*

Номер подписан в печать 19.09.2016.
Усл. п. л. 4,375. Тираж 500 экз.
Отпечатано ИП Скороходов В.А.
111401, г. Москва, ул. 3-я Владимирская, 11-18