





## **СОДЕРЖАНИЕ**

### **ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ**

ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПОЛОГИЧЕСКИХ И ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЕТЕЙ 1-2-й СТАДИЙ ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ Тамбовцева Р.В. ....	4
ИНДИВИДУАЛЬНО-ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ У ДЕТЕЙ 4-7 ЛЕТ Гурова О.А. ....	15
ВРЕМЕННЫЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАРДИОРИТМА У 8-ЛЕТНИХ ДЕТЕЙ В ОРТОСТАЗЕ И ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КОГНИТИВНОЙ ЗАДАЧИ Лукина С.Ф., Чуб И.С. ....	24

### **ШКОЛА И ЗДОРОВЬЕ**

СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫЕ РЕАКЦИИ КАК ОДИН ИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АДАПТАЦИИ ВЫПУСКНИКОВ К СДАЧЕ ПРОБНЫХ ЕГЭ Волкова С.И., Сироткина Э.Ю. ....	35
ЗРИТЕЛЬНЫЙ СКРИНИНГ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЫ: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ Подугольников Т.А., Шубина М.О., Черкасова Е.В. ....	41
КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИЕМОВ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО СТРЕССА У ДЕТЕЙ Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Герасимова А.А. ....	52
АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ШКОЛЬНИКОВ 11-14 ЛЕТ Баранцев С.А., Криволапчук И.А., Герасимова А.А., Криволапчук И.И. ....	68

# ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

## ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПОЛОГИЧЕСКИХ И ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЕТЕЙ 1-2-й СТАДИЙ ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ

Р.В. Тамбовцева<sup>1</sup>  
РГУФКСМиТ

ФГНУ «Институт возрастной физиологии» РАО, Москва

*В ходе проведенного исследования было установлено, что характер энергообеспечения в интервале от 10 к 11 годам у детей обоего пола разных конституциональных вариантов имеет свои особенности и тесно взаимосвязан со стадиями полового созревания. На фоне первой стадии полового созревания, определяемые активацией гонадотропной функции гипофиза и надпочечников (адренархе) происходит синхронное интенсивное увеличение скорости ростовых процессов многих компонентов тела и особенно жировой массы. На второй стадии (гонадархе) мальчиков значительно возрастают показатели аэробной и анаэробной энергетики. У девочек остается выраженной только первая фаза полового созревания, так как при реализации второй фазы важную роль играет тестостерон и регулируемые этим гормоном процессы роста мышечной ткани на фазе гонадархе.*

**Ключевые слова:** энергообеспечение мышечной деятельности, половое созревание, компоненты тела, физическая работоспособность

**Typological and individual characteristics of power supply of muscular activity in children of the 1-2d puberty stages.** *The research showed that the nature of power supply between 10 and 11 years old in children of both sexes but of different body types has specific characteristics and is closely connected with puberty stages. During the first puberty stage due to activation of gonadotrophic function of hypophysis and adrenal glands (adrenarache), synchronous intensive increase in speed of growth processes of many body components, especially body fat, takes place. At the second stage (gonadarche) boys demonstrate considerable rise in aerobic and anaerobic energy indices. Girls still have only the first phase of puberty expressed, as at the second phase testosterone and the processes of muscular tissue growth regulated by this hormone (at gonodarche stage) play an important role.*

**Keywords:** *power supply of muscular activity, puberty, body components, physical working ability.*

---

Контакты: <sup>1</sup> Тамбовцева Р.В. – E-mail: <ritta7@mail.ru>

В последние годы активно разрабатывается концепция индивидуального подхода в физическом воспитании на основе морфофункциональной типологии [3; 6; 7; 8; 12; 15; 16; 17; 22; 23]. В связи с этим появились новые разработки тренировочных режимов и методов контроля с учетом типа телосложения школьников. В частности показано, что двигательные возможности связаны с соматотипом, а воздействие на ведущие физические качества оказываются для юношей основных соматотипов наиболее эффективным [3; 12; 14]. Тем не менее, данная проблема остается актуальной и по сей день, так как до конца не изучен вопрос влияния гормональных факторов на формирование энергетики мышечной деятельности, на стабилизацию окончательного физического и психического формообразования. Поэтому задачей настоящего исследования явилось сопоставление гендерных особенностей физического развития и энергообеспечения мышечной работы мальчиков и девочек, находящихся на 1 и 2-й стадиях полового созревания.

### **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В проведенном эксперименте приняли участие мальчики и девочки 10 и 11 лет в количестве 160 человек. Исследования проводились в школе № 710 города Москвы. Все испытуемые по заключению врачей были практически здоровы. Были использованы антропометрические [18; 20; 21] и эргометрические методы исследования [12]. Половое созревание определяли по Таннеру [13]. Статистическая обработка результатов исследования проводилась с помощью компьютерной программы EXCEL.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

При расчете константы скорости роста было показано, что индивидуальное развитие человека сопряжено с многократными периодами ускорения и замедления ростовых процессов. Возможно, это связано с чередованием в ходе индивидуального развития дифференцировок и периодов увеличения активности процессов роста. Было отмечено, что скорость ростовых процессов у мальчиков и у девочек от 10 к 11 годам достоверно увеличивается. По значениям абсолютных величин костной ткани мальчики и девочки 10 и 11-летнего возраста заметно отличаются. У мальчиков и девочек астеноидного, торакального и дигестивного типов телосложения данный параметр увеличивается в 1,5 раза от 10 к 11-летнему возрасту, между тем у детей обоего пола дигестивного типа телосложения костный компонент в исследуемом возрастном диапазоне практически не меняется. При этом выявлено, что у мальчиков и девочек дигестивного и мышечного типа вес костной ткани достоверно превышает массу костной ткани мальчиков и девочек астеноидного и торакального типов телосложения. Самый низкий показатель массы костной ткани отмечается у девочек астеноидного телосложения. Масса мышечной ткани также неуклонно возрастает в период от 10 к 11 годам у детей обоего пола.

Однако самый низкий показатель мышечного компонента отмечается у детей астеноидного типа телосложения. Жировая масса также увеличивается, но различия в исследуемом возрастном диапазоне недостоверны (табл. 1). Приведенные данные показывают, что баллы эктоморфии, мезоморфии и эндоморфии в целом нарастают от 10 к 11 годам, однако представители астеноидного типа телосложения имеют самый высокий балл эктоморфии и самый низкий балл эндоморфии; представители мышечного телосложения имеют самый высокий балл мезоморфии, однако у девочек от 10 к 11 годам данный параметр выше, чем у мальчиков; представители торакального типа телосложения имеют высокие значения экто-и мезоморфии, при этом мальчики и девочки не отличаются друг от друга; представители дигестивного телосложения имеют высокий балл эндоморфии и самый низкий балл эктоморфии. Девочки дигестивного телосложения в 11-летнем возрасте достоверно опережают мальчиков по параметрам мезо-и эндоморфии.

Таблица 1

*Возрастные изменения показателей эктоморфии (L), мезоморфии (M), эндоморфии (F) у мальчиков и девочек астеноидного (A), торакального (T), мышечного (M) и дигестивного (D) типов телосложения 10 и 11 лет*

	А			Т			М			Д		
	L	M	F	L	M	F	L	M	F	L	M	F
10	4,2	2,8	1,7	3,9	2,5	2,6	3,0	2,8	3,2	1,8	3,1	5,3
11	5,3	2,9	1,9	4,4	3,1	2,8	3,1	4,1	3,6	2	3,9	5,8
10	5,4	3	2	3	4	2,7	3,3	4,5	3,9	1,5	3,5	5,5
11	5,6	3,3	2,4	4,3	4,3	3,5	4,4	5	4	1,7	4,5	6,7

Если рассматривать константы скорости роста костного, мышечного и жирового компонентов тела мальчиков и девочек разных конституциональных типов, то динамика изменений даже в такой короткий возрастной промежуток времени будет неодинакова. Фазы интенсивного нарастания скорости роста различных компонентов сменяются фазами замедления. Было отмечено, что в период от 10 к 11 годам как у мальчиков, так и у девочек всех типов конституций в 10-летнем возрасте константа скорости роста всех компонентов тела имеет высокие значения, а к 11 годам скорость роста костного, мышечного и жирового компонентов массы тела значительно снижаются за исключением жирового компонента у девочек, который продолжает неуклонно нарастать в интервале от 10 к 11-годам.

Таким образом, проведенные нами антропометрические исследования на мальчиках и девочках различных конституциональных типов в возрастном интервале, показали чередование ускорения ростовых процессов морфометрических показателей с их замедлением в зависимости от возраста, пола и телосложения. Возрастная динамика интенсивности роста во многом зависит от складывающегося соматотипа. Как показывают наши исследования, именно три компонента тела:

костный, мышечный и жировой – являются важными составляющими типа телосложения. По этим трем составляющим и выявляются существенные различия между конституциональными типами. По развитию костной ткани, как у мальчиков, так и у девочек, типологический ряд выстраивается в следующем порядке: А>Т>М>Д. По росту мышечной ткани типологический ряд выстраивается в следующем порядке: М>Д>Т>А, а по жировому показателю: Д>М>Т>А. Характерно, что девочки дигестивного типа заметно опережают своих сверстников по многим показателям. Этот факт связан с калоригенным влиянием жира на ростовые процессы.

Динамика показателей энергообеспечения мышечной деятельности мальчиков и девочек различных конституциональных типов 10 и 11-летнего возраста представлена в таблицах 2 и 3. При знакомстве с полученными результатами внимание, в первую очередь обращает на то, что у мальчиков на основной оси изменений соматотипа от астеноидного до дигестивного типа телосложения от 10 к 11-летнему возрасту снижается удельная (рассчитанная на единицу массы тела) мощность аэробной энергетики и нарастают мощности анаэробно-гликолитического источника. Возможности анаэробных энергетических механизмов увеличиваются также от 10 к 11 годам. Показательно, что коэффициент «К» у представителей астеноидного и торакального типов телосложения от 10 к 11 годам увеличивается почти в 7 раз, у представителей мышечного телосложения - в 2 раза, а у мальчиков дигестивного телосложения данный параметр увеличивается незначительно. Возможности анаэробного энергообеспечения также увеличиваются, однако наибольшие значения параметра отмечаются у представителей дигестивного телосложения.

Таблица 2

*Типологические особенности возрастных изменений констант уравнения Мюллера и параметров состояния энергетики у мальчиков 7-17 лет. Приведен безразмерный показатель степени «а» и величина общей энергетической емкости «К» в кДж/кг, аэробная и анаэробные мощности – «W<sub>900</sub>» и «W<sub>40</sub>» в Вт/кг и в Вт на весь организм.*

Лет	10	11	10	11	10	11	10	11
Тип	А		Т		М		Д	
«а»	3,4	4,6	3,2	4,5	3,8	3,9	2,1	3,1
«К»	7,1	47,8	5,5	49,6	14,4	24,4	6,4	10,1
W <sub>900</sub> /кг	1,9	2,5	1,8	2,4	2,1	2,2	0,9	1,9
На весь орг.	50,8	83,0	92,8	94	66,1	80,2	36,2	81,3
W <sub>40</sub> /кг	4,8	5,0	4,9	5,0	4,9	5,1	4,3	5,3
На весь орг.	132	165	169	191	155	182	164	224

Таблица 3

*Значения средних констант уравнения Мюллера, величина анаэробной и аэробной мощности в Вт/кг и их отношения у мальчиков 10 и 11 –летнего возраста*

лет	10	11	10	11	10	11	10	11
тип	А		Т		М		Д	
Анаэроб.	4,73	5,23	4,73	5,06	5,35	5,63	4,66	6,10
Аэробн.	2,16	2,53	2,20	2,50	2,53	2,33	1,50	1,90
Ан./аэр.	2,19	2,07	2,15	2,02	2,12	2,41	3,10	3,21
«а»	3,86	4,27	3,80	4,23	3,63	3,93	3,40	3,20
«К»	16,1	44,0	14,8	44,0	18,4	26,3	3,70	8,56

Организацию энергетики также оценивали по средним значениям аэробной и анаэробной мощности, и по величине отношения – анаэробная мощность к аэробной. Приведенные в таблице 3 результаты расчетов показывают, что по возрастной динамике изменений мощности основных источников энергии представители всех представленных телосложений принципиально не отличаются, то есть отмечается неуклонное нарастание мощности обоих источников энергии. Однако отношение мощностей анаэробного и аэробного энергообеспечения имеет уже принципиальное различие в разных конституциональных типах. Так, у мальчиков астеноидного и торакального типов телосложения отношение анаэробной к аэробной мощности от 10 к 11 годам имеет тенденцию к снижению, а у представителей мышечного и дигестивного телосложения наоборот от 10 к 11 годам увеличивается. О высоких значениях аэробной энергетики у мальчиков астеноидного и торакального телосложения свидетельствуют также и величины показателя степени «а» и большие величины константы «К». Коэффициент «К» у мальчиков астеноидного и торакального типов телосложения от 10 к 11 годам увеличивается в 3 раза, что говорит в целом о высоком развитии аэробных возможностей у эктоморфов.

Данные о возрастных изменениях энергетического метаболизма скелетных мышц у девочек приведены в таблице 4. Показано, что у девочек по оси от эктоморфа до эндоморфа каких-либо отличий нет. Такие различия отсутствуют и при анализе зависимостей в изучаемом возрастном диапазоне. Как и у мальчиков, так и у девочек астеноидного и торакальных типов телосложения от 10 к 11 годам нарастают мощности аэробно-окислительной энергетики. Однако необходимо отметить, что у девочек торакального телосложения в исследуемом диапазоне (как и у мальчиков) показатель аэробной энергетики, увеличивается практически в 8 раз. У представительниц мышечного телосложения показатель аэробной энергетики от 10 к 11 годам увеличивается в 11 раз. Следует отметить, что у девочек показатель анаэробного энергообеспечения от 10 к 11 годам находится на достаточно высоком уровне и практически не меняется в исследуемом диапазоне, за



исключением девочек мышечного типа телосложения, у которых мощность анаэробного энергообеспечения возрастает в 3 раза. Все это является свидетельством того, что для девочек мышечного и дигестивного типов телосложения характерно очень раннее развитие энергетики скелетных мышц, очевидно связанное с проявлением значительно более дифференцированных мышечных структур аэробного и анаэробного энергообеспечения. Сопоставление таблиц мальчиков и девочек подтверждает высказанное ранее мнение о том, что мощность энергетических источников у девочек несколько ниже, особенно это отмечается у девочек астеноидного типа телосложения. Однако выявляется некоторая особенность, а именно: отношение анаэробного энергообеспечения к аэробному у девочек выше, чем у мальчиков. Кроме того, по некоторым показателям, представительницы разных типов телосложения имеют более высокие значения в 10-летнем возрасте, по сравнению с мальчиками. А мальчики наоборот имеют высокие значения параметров в 11-летнем возрасте. Данные различия прежде всего говорят о влиянии ускоренного полового созревания на формирование энергетических источников (табл. 5).

Таблица 4

*Типологические особенности возрастных изменений констант уравнения Мюллера и параметров состояния энергетики у девочек 10 и 11 лет. Приведен безразмерный показатель степени «а» и величина общей энергетической емкости «К» в кДж/кг, показатель аэробной мощности «W<sub>900</sub>» и показатель анаэробной мощности «W<sub>40</sub>» в Вт/кг.*

Лет	10	11	10	11	10	11	10	11
Тип	А		Т		М		Д	
«а»	2,9	3,5	3,3	4,5	2,2	3,5	2,8	2,6
«К»	3,0	9,1	5,4	43,7	1,1	12,4	2,8	2,7
W <sub>900</sub> /кг	1,9	1,9	1,8	2,4	1,1	2,2	1,5	1,6
На весь орг.	38	55	60	93	39	92	63	78
W <sub>40</sub> /кг	4,6	4,7	4,6	4,8	1,9	5,5	4,7	5,1
На весь орг.	122	138	154	187	66,1	230	199	248

Таблица 5

*Средние значения констант уравнения Мюллера и величин аэробной и анаэробной мощности в Вт/кг массы тела и отношения анаэробной и аэробной мощностей у девочек 10 и 11 лет*

Лет	10	11	10	11	10	11	10	11
Тип	А		Т		М		Д	
Анаэр.	4,63	4,63	4,7	5,07	5,00	5,57	5,17	6,23
Аэробн.	2,00	1,90	2,13	2,17	1,30	2,10	1,03	1,20
Аэроб/анаэр.	2,31	2,44	2,21	2,34	3,85	2,65	5,02	5,19
«а»	3,77	3,50	4,10	4,03	2,9	3,37	2,13	2,43
«К»	15,03	10,03	19,8	28,5	6,7	15,03	1,10	1,53

Проведенные исследования показали, что характер энергообеспечения в небольшом исследуемом возрастном интервале от 10 к 11 годам у детей обоего пола разных конституциональных вариантов имеет свои особенности и тесно взаимосвязан со стадиями полового созревания. В первые два года периода второго детства (от 8 к 10 годам) в эндокринном статусе организма возрастает роль гипоталамо-гипофизарной системы. Повышается чувствительность желез внутренней секреции к тропным гормонам гипофиза [1]. В диапазоне к 11-12 годам возрастает роль биогенных аминов – адреналина, норадреналина, дофамина, являющихся секреторными продуктами симпатoadреналовой системы [9]. С адреналином связана мобилизация энергетических ресурсов организма. Кроме того, катехоламины повышают эффективность взаимодействия гипоталамуса с вышележащими отделами ЦНС, стимулируют гонадотропную функцию гипофиза. Рост и изменение структуры тела в периоде второго детства происходит главным образом под влиянием соматотропина и инсулина. Оба этих гормона в основном регулируют анаболическое направление обмена веществ. В 10-11 лет концентрация соматотропина в крови стабилизируется до перехода в пубертатный возраст [10].

Как показывают проведенные исследования к 10-11 годам у детей обоего пола ростовые процессы усиливаются, особенно это касается жирового, костного и мышечного компонентов. Стабилизация в исследуемом возрастном периоде гормона роста и увеличение концентрации половых гормонов приводит к накоплению энергетического клеточного потенциала для дальнейших ростовых процессов.

В связи с увеличением жирового компонента массы тела в 10-летнем возрасте, различия между соматотипами стираются и большинство детей объединяются в группу смешанной энергетики с превалированием анаэробных процессов. Этот период характеризуется началом изменения гистохимического профиля раз-

личных типов мышечных волокон [12; 16]. Этот процесс в дальнейшем интенсивно разворачивается в 11-летнем возрасте. В 11 лет происходят глубокие изменения энергетики мышечной деятельности, а именно – значения констант «а» и «b» резко возрастают, возможности аэробного источника увеличиваются более чем на порядок. В большинстве работ, посвященных возрастным изменениям энергетики скелетных мышц с использованием традиционных методов (МПК, PWC, ПАНО) [8; 22] подобного двухфазного изменения энергетики мышечной деятельности у мальчиков 10-11-летнего возраста не описано.

В литературе имеются немногочисленные указания о снижении работоспособности и изменения двигательных координаций у мальчиков 10 лет и значительной активации аэробной энергетики скелетных мышц в 11 лет [6].

Необходимо отметить, что у 10-летних детей при работе в аэробной зоне мощности сильно напряжена система вегетативной регуляции, вследствие чего значительно возрастает индекс накопления пульсового долга, при этом работоспособность снижается. Такая же тенденция обнаруживается и при работе в анаэробной зоне мощности, хотя работоспособность в этой зоне увеличивается, что связано с ростом жировой массы. Можно заключить, что 10-летний возраст является критическим возрастом. Об этом также писали некоторые ученые. Так, по данным Л.К. Семеновой [11] на возраст 10 лет приходится заметное снижение активности желез внутренней секреции. В данный возрастной период происходит уменьшение экскреции катехоламинов. При этом отмечается, что на 9-10-летний возраст у мальчиков и девочек приходится снижение уровня кортизола в плазме крови [10], что свидетельствует о снижении в этом возрасте адаптационных процессов.

По данным Р.А. Калюжной [4], возраст 10 лет является критическим в развитии механизмов сократительной функции левого желудочка сердца. В работе З.Г. Бияшевой [2] именно на 10-летний возраст приходится резкие изменения реакции нервных элементов головного мозга при осуществлении высших психических функций. Исследование энергетики растущего организма показывают, что к 10 годам у детей замедляется возрастное снижение интенсивности метаболических процессов. Повышенный в этом возрасте уровень теплопродукции определяет увеличение индекса циркуляции тепла на поверхности кожи, соответственно при этом увеличиваются теплопотери, что ведет к изменению активности механизмов физической и химической терморегуляции [5].

Наши исследования показывают, что к 10-11 годам наблюдается заметное изменение энергетики скелетных мышц. Среди параметров уравнения Мюллера заметно снижается величина показателя степени «а», что однозначно характеризует перестройку энергетики мышц в сторону увеличения роли анаэробных процессов энергообеспечения. В этот период снижается аэробная емкость, что показывает степень снижения величины аэробных возможностей скелетных мышц. Таким образом, у мальчиков 10 лет (у некоторых испытуемых раньше) наступает волна изменений, проявляющаяся в задержке роста мышечной массы, снижения физической работоспособности, в первую очередь за счет мощности и, особенно,

емкостных показателей аэробной энергетики. Первую фазу этих изменений сменяет вторая, характеризующаяся увеличением скорости роста мышечной массы и активацией окислительного источника энергообеспечения. Эта волна возрастных изменений практически полностью перекрывает наметившуюся связь энергетики мышц с типологическими особенностями организма. Девочки дигестивного, торакально-дигестивного и частично мышечного типов, с низкими баллами эктоморфии и высокими значениями эндоморфии характеризуются преобладанием анаэробного типа энергообеспечения. По сравнению с мальчиками, девочки в возрасте 10-11 лет отличаются большей устойчивостью первоначально установленного типа телосложения и значительно более выраженной зависимостью организации энергетики скелетных мышц от соматотипа. В период от 10 к 11 годам у большинства детей, как указывалось выше, усиливаются ростовые процессы многих морфометрических показателей и отмечается синхронное увеличение скорости роста костного, мышечного и жирового компонентов тела. Согласно современным литературным данным развитие костной, мышечной и жировой тканей во многом определяется гормональным статусом организма. На фоне этих ростовых процессов протекают первые стадии полового созревания, определяемые активацией гонадотропной функции гипофиза и надпочечников (адренархе), на второй (гонадархе) гипофиз и гонады. К 11 годам у мальчиков многих типов конституции значительно возрастают показатели аэробной и анаэробной энергетики. Эти изменения также связаны с начальными стадиями полового созревания и развития органов, обеспечивающих кислородный транспорт. В процессе полового созревания у мальчиков все фазы носят выраженный характер. Андрогены влияют на развитие мышечной ткани, поэтому мышечный компонент у детей мышечного и дигестивного типов телосложения развит сильнее, чем у детей торакального и астеноидного соматотипов, причем у представителей мышечного телосложения больше, чем у ребят дигестивного телосложения, из-за сочетания высокого уровня секреции гормона с более длительным его влиянием [19]. Кроме того, у детей дигестивного типа телосложения выработка андрогенов и эстрогенов активизируется раньше, чем у астеноидов. С достижением половой зрелости выработка соматотропного гормона ослабевает, результатом чего служит большая высокорослость лептосомов, на которых этот секрет действует дольше из-за растянутости пубертатного периода. У девочек (особенно дигестивного и мышечного телосложения) остается выраженной только первая фаза полового созревания, так как при реализации второй фазы важную роль играет тестостерон и регулируемые этим гормоном процессы роста мышечной ткани на фазе гонадархе.

Проведенные нами исследования показывают, что направленность и методика физического воспитания, оценка результатов двигательной подготовленности должны строиться как на конституциональном подходе, так и в полной мере необходимо учитывать все возрастные критические периоды с этапами устойчивого состояния, и особенно влияние разных стадий полового созревания на формирование энергетического статуса растущего организма.

## ВЫВОДЫ

1. Для формирования мышечной системы и особенностей ее энергетики критическим становится 10-летний возраст, когда в организме накапливаются неактивные формы половых гормонов в количестве, достаточном для перестройки мышечных волокон, когда происходит синхронная для многих систем организма перестройка, которую можно означить как фазу торможения и массовых передифференцировок, что является началом развития нового периода.

2. В 10 и 11-летнем возрасте процессы становления энергетики мышечной деятельности проходят неравномерно, вследствие разной скорости роста соматических показателей, активными дифференцировочными процессами и началом полового созревания.

3. Тип энергопродукции скелетных мышц характеризуется рядом признаков: мощными и емкими возможностями энергетических источников, состоянием энергетических источников, состоянием регуляторных и вегетативных систем. Совокупность этих признаков и определяет работоспособность человека во всем доступном ему диапазоне нагрузок.

4. Представители разных соматотипов конституции имеют специфические особенности в уровне, кинетике, регуляции важнейших показателей работоспособности и энергообеспечения мышечной деятельности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бец Л.В. Количественная характеристика половых стероидов у детей допубертатного возраста // Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков. – М., 1977. – Т. 2. – С. 104-105.

2. Бияшева З.Г. Возрастная динамика специализации структур головного мозга школьников при осуществлении высших психических функций: Автореф. дисс. ...докт. биол. наук. – М., 1999. – 42 с.

3. Изаак С.И., Панасюк Т.В., Тамбовцева Р.В. Физическое развитие и биоэнергетика мышечной деятельности школьников. – Москва-Орел, 2005. – 224 с.

4. Калужная Р.А. Физиология и патология сердечно-сосудистой системы детей и подростков. – М.: Медицина, 1973. – 253 с.

5. Корниенко И.А. Возрастные изменения энергетического обмена и терморегуляции. – М., 1979. – 157 с.

6. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Возрастное изменение энергетики мышечной деятельности. Сообщение 1. Структурно-функциональные перестройки // Физиология человека. – 2005. – Т.31. – № 4. – С. 402-406.

7. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности. Сообщение 3. Эндогенные и экзогенные факторы, влияющие на развитие энергетики скелетных мышц // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, №6. – С. 94-99.

8. Сонькин В.Д. Физическая работоспособность и энергообеспечение мышечной функции в постнатальном онтогенезе // Физиология человека. – 2007. – Т.33, №3. – С. 1-19.
9. Савостьянова Е.Б. Об андрогенной активности и конституции детей и подростков по данным изучения близнецов // Дифференциальная психофизиология и ее генетические аспекты. – М., 1975. – С. 242-245.
10. Саяпина Е.С. Особенности секреции соматотропного гормона у детей и его взаимоотношения с некоторыми соматическими признаками // Вопросы антропологии. – 1975. – вып. 50. – С. 146-151.
11. Семенова Л.К. Суставно-связочный аппарат человека в онтогенезе // Труды ин-та физ. воспитания и школьной гигиены АПН СССР. – М.,1995. – Т. 97. – С. 182-244.
12. Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.
13. Таннер Д. Рост и конституция человека // Биология человека. – М., 1979. – С. 399-471.
14. Тамбовцева Р.В. Возрастные изменения типов телосложения школьников // Новые исследования. – 2010. – № 1. – С. 84-89.
15. Тамбовцева Р.В. Физиологические основы развития двигательных качеств // Новые исследования. – 2011. – №1 . – С.5-15.
16. Тамбовцева Р.В. Общие и частные закономерности возрастного развития энергообеспечения мышечной деятельности // Новые исследования. – 2011. – №2. – С. 73-83.
17. Тамбовцева Р.В. Индивидуальные и групповые варианты динамики показателей энергообеспечения мышечной функции у мальчиков младшего школьного возраста // Новые исследования. – 2012. – № 2. – С. 14-27.
18. Хит Б.Х., Картер Д.Л. Современные методы и соматотипологии // Вопросы антропологии: Ч.1. – 1968. – вып. – С. 20-40.
19. Хрисанфова Е.Н. Конституция и биохимическая индивидуальность человека. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 160 с.
20. Штефко В.Г., Островский А.Д. Схемы клинической диагностики конституциональных типов. – М.-Л.: Биомедгиз, 1929. – 79 с.
21. Sheldon W.H. The varieties of human physique. – N.-Y., 1940. – 347 p.
22. Sonkin V.D., Gutnik B.J., Tambovseva R.V. and Nash D. Ergometric Investigation of Work Capacity Ontogeny: Influence of Exogenic and Endogenic Factors // Advances in Medicine and Biology. – 2010. – V. 1. – P. 129-165.
23. Sonkin V., Tambovseva. Energy metabolism in children and adolescents // Energetics. Chorvatia, 2011.

# ИНДИВИДУАЛЬНО-ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ У ДЕТЕЙ 4-7 ЛЕТ

О.А. Гурова<sup>1</sup>

Российский университет дружбы народов, Москва

*Методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) изучен кровоток в коже у 89 здоровых детей 4-7 лет. Выявлены индивидуально-типологические особенности микроциркуляции крови. Мезоемический тип микроциркуляции встречается у 52 % испытуемых и характеризуется средним уровнем кровотока. Гипоемический тип микроциркуляции с низким уровнем тканевого кровотока наблюдается у 33 % детей. Гиперемический тип микроциркуляции с высоким уровнем кровотока имеется у 15 % детей. В период от 4 до 7 лет количество детей с гипоемическим типом микроциркуляции увеличивается. Значительный прирост числа испытуемых с гипоемическим типом микроциркуляции наблюдается в 6 лет.*

**Ключевые слова:** лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ), микроциркуляция крови, дети 4-7 лет.

**Individual typological characteristics of blood microcirculation in 4-7-year old children.** Skin blood microcirculation in 89 healthy 4-7 year old children was studied using Laser Doppler Flowmetry (LDF) method. The study identified individual typological characteristics of blood microcirculation. Mezoemical type of microcirculation is common in 52% of children and is characterised by a medium level blood flow. Hypoemical type of microcirculation with low tissue blood flow is observed in 33 % of children. Hyperemic type of microcirculation with a high level of blood flow is typical for 15 % of children. During the period between 4 and 7 years the number of children with hypoemical type of blood microcirculation increases. The considerable growth in the number of subjects with hypoemical type of microcirculation is common at the age of 6.

**Key words:** Laser Doppler Flowmetry (LDF), blood microcirculation, 4-7-year old children.

При исследовании системы микроциркуляции крови биомикроскопическими методами и методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) установлено наличие индивидуальных особенностей микроциркуляции в коже у лиц разного возраста и пола [2; 5; 7; 8]. Результаты исследований у взрослых и детей старше 7 лет позволили обосновать функциональные характеристики типов микроциркуляции [5]. Тип микроциркуляции, в первую очередь, характеризуется различным уровнем базального тканевого кровотока. На основании анализа ЛДФ-грамм выделяют мезоемический тип, отличающийся средним уровнем кожного кровотока в

---

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

покое, а также гиперемический и гипоемический типы с высоким и низким уровнем тканевого кровотока, соответственно. От типа микроциркуляции зависит реактивность микрососудов при различных воздействиях [5; 8; 9; 10]. Наибольшие функциональные возможности и высокая реактивность микрососудов присущи лицам с мезоемическим типом микроциркуляции.

Частота встречаемости разных типов микроциркуляции с возрастом меняется. Имеются данные [5], что у детей в возрасте 7-12 лет мезоемический тип микроциркуляции встречается в 40-46 % случаев, гиперемический тип – в 25-30 %, и гипоемический – в 30 % наблюдений. У подростков 13-16 лет число испытуемых с мезоемическим типом микроциркуляции увеличивается, и среди мальчиков достигает 87 %, среди девочек – 56 %. Для девочек значительное преобладание мезоемического типа микроциркуляции отмечается только после периода полового созревания: в 16-20 лет этот тип микроциркуляции встречается у них в 72 % наблюдений. В период полового созревания для 29 % девочек характерен гипоемический тип микроциркуляции. Гиперемический тип микроциркуляции в постпубертатном возрасте (16-20 лет) встречается у юношей в 4%, у девочек – в 14 % случаев. По данным [1], в возрасте 20-40 лет нормоемический (или мезоемический) тип микроциркуляции встречается в 46,4 % случаев, в 41-60 лет – в 31 %; гиперемический тип – в 31 и 48,3 %, соответственно. Вместе с тем, данные об индивидуально-типологических особенностях микроциркуляции у детей дошкольного возраста малочисленны [2; 4].

Цель настоящей работы – изучить индивидуально-типологические особенности микроциркуляции крови у детей в возрасте от 4 до 7 лет.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В исследовании приняли участие 89 практически здоровых дошкольников в возрасте от 4 до 7 лет: 11 детей 4 лет, 32 – 5 лет, 28 – 6 лет, 18 детей - 7 лет. Состояние микроциркуляции крови исследовалось методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) в коже 4-го пальца кисти с помощью аппаратов ЛАКК-01 и ЛАКК-ОП (НПО «Лазма», Москва). Методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) [6] определяли параметр микроциркуляции (ПМ) – среднюю величину перфузии единицы объема ткани за единицу времени; среднее квадратичное отклонение (СКО) – среднюю амплитуду колебаний кровотока. Эти показатели измеряются в перфузионных единицах (пф.ед.). При анализе амплитудно-частотного спектра (АЧС) ЛДФ-грамм вычисляли вклад (в %) физиологически наиболее значимых колебаний кровотока в мощность всего спектра: очень низкочастотных колебаний (VLF), связанных с состоянием гуморально-метаболических факторов; низкочастотных колебаний (LF), обусловленных вазомоциями; высокочастотных колебаний (HF), обусловленных периодическими изменениями давления в венозном отделе русла при дыхании; пульсовых колебаний (CF), синхронизированных с сердечным ритмом. VLF и LF-колебания характеризуют активные



механизмы модуляции кровотока, HF и CF – пассивные. Соотношение активных и пассивных модуляций кожного кровотока рассчитывается как индекс флаксмоций (ИФМ).

Модификация прибора ЛАКК-ОП позволяет использовать метод ЛДФ в сочетании с оптической тканевой оксиметрией (ОТО) и традиционной пульсоксиметрией, что существенно расширяет возможности диагностики состояния микроциркуляции. Методом ОТО определяется сатурация крови кислородом (в %) в микроциркуляторном русле. Показатель сатурации крови в микроциркуляторном русле  $SO_2$  характеризует уровень насыщения кислородом крови в артериолах (оксигемоглобин), капиллярах (окси- и дезоксигемоглобин) и венолах (дезоксигемоглобин), т.е. количество кислорода в смешанной крови микроциркуляторного русла. Метод пульсоксиметрии дает возможность регистрировать пульс и сатурацию (уровень насыщения кислородом, в %) артериальной крови ( $SpO_2$ ). На основе полученных данных автоматически рассчитываются комплексные показатели микроциркуляции крови, в частности индекс относительной перфузионной сатурации кислорода в микрокровотоке ( $Sm$ ). С помощью данной модификации прибора обследованы 19 детей 5 и 6 лет.

Полученные результаты обработаны методами вариационной статистики.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При обследовании детей 4-7 лет методом ЛДФ наиболее часто регистрируются ЛДФ-граммы аperiodического вида с относительно высоким уровнем ПМ (рис. 1).

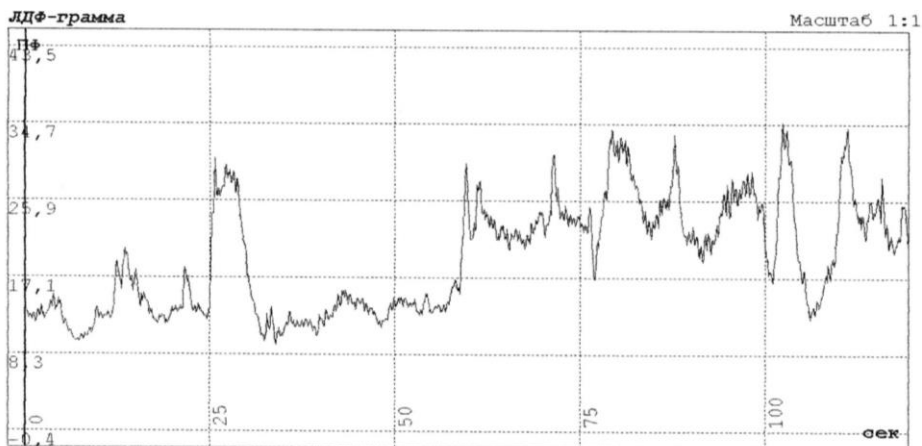


Рис.1. Аperiodическая ЛДФ-грамма у испытуемой 4 лет (мезоемический тип микроциркуляции).

На них хорошо выражены нерегулярные колебания тканевого кровотока большой амплитуды, которые отражают высокий уровень подвижности эритроцитов в потоке крови. Параметры аperiodических ЛДФ-грамм у детей 4-7 лет представлены в таблице 1. ПМ составляет  $31,9 \pm 1,3$  пф. ед., СКО -  $2,5 \pm 0,08$  пф. ед. В АЧС преобладают VLF и LF-колебания, характеризующие активность собственно сосудистых механизмов модуляции кровотока. Величина ИФМ составляет  $1,50 \pm 0,07$  усл. ед. Такие ЛДФ-граммы наблюдаются при мезоемическом типе микроциркуляции, который характерен для 52 % обследованных детей.

Таблица 1

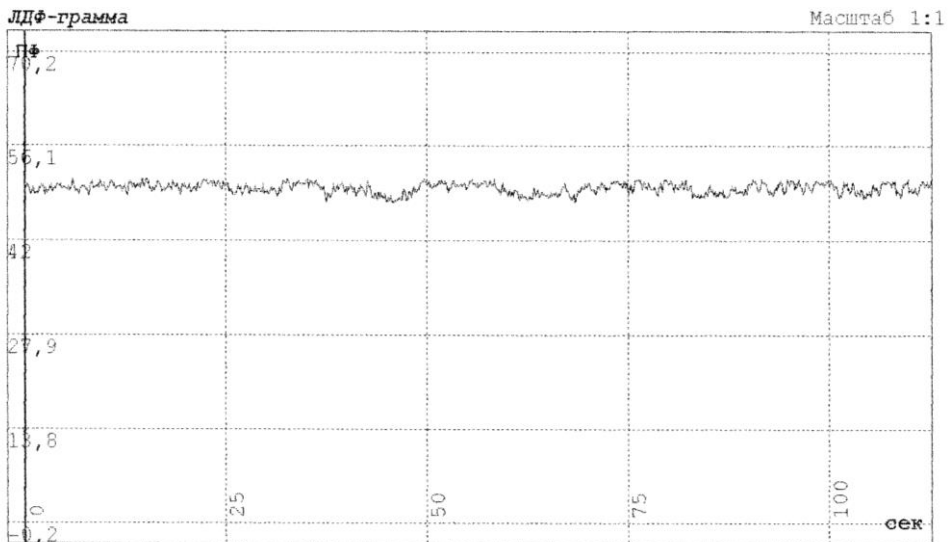
*Индивидуально-типологические особенности микроциркуляции крови у детей 4-7 лет*

Параметры		Мезоемический тип	Гипоемический тип	Гиперемический тип	
<b>Показатели микроциркуляции</b>					
ПМ, пф. ед.		$31,9 \pm 1,3$	$19,9 \pm 1,2^*$	$39,6 \pm 1,9^*$	
СКО, пф. ед.		$2,5 \pm 0,08$	$1,5 \pm 0,08^*$	$1,4 \pm 0,07^*$	
<b>Соотношение ритмических составляющих кожного кровотока</b>					
<b>Частотный диапазон</b>	VLF	А, пф. ед.	$3,9 \pm 0,2$	$2,3 \pm 0,2^*$	$2,1 \pm 0,1^*$
		Вклад, %	43,4	50,6	45,2
	LF	А, пф. ед.	$3,7 \pm 0,2$	$2,1 \pm 0,1^*$	$1,9 \pm 0,1^*$
		Вклад, %	39,3	39,1	38,3
	HF	А, пф. ед.	$1,9 \pm 0,1$	$0,9 \pm 0,1^*$	$1,2 \pm 0,1$
		Вклад, %	16,1	7,9	14,6
	CF	А, пф. ед.	$0,66 \pm 0,06$	$0,50 \pm 0,04$	$0,44 \pm 0,08^*$
		Вклад, %	1,3	2,3	2,0
	ИФМ, усл. ед.		$1,50 \pm 0,07$	$1,44 \pm 0,08$	$1,24 \pm 0,11$

*Примечание: \* - достоверное отличие от показателей мезоемического типа микроциркуляции ( $p \leq 0,05$ ).*

У части детей на ЛДФ-граммах наблюдаются монотонные колебания кровотока с высоким уровнем ПМ (рис. 2). В этом случае ПМ в среднем составляет  $39,6 \pm 1,9$  пф. ед., СКО значительно ( $p \leq 0,05$ ) меньше, чем на аperiodических ЛДФ-граммах, и равен  $1,4 \pm 0,07$  пф. ед. (Табл. 1). При анализе АЧС обнаруживается

снижение амплитуд колебаний всех частотных диапазонов, однако их процентное соотношение (вклад в общую мощность спектра) сопоставим с таковым у аperiodических ЛДФ-грамм. Величина ИФМ снижена до  $1,24 \pm 0,11$  усл.ед., что свидетельствует об уменьшении вклада активных вазомоторных механизмов в регуляцию микроциркуляции. Такой тип ЛДФ-граммы соответствует гиперемическому состоянию, наблюдаемому в случае увеличения притока крови в систему микроциркуляции, что связано с дилатацией микрососудов. Подобное состояние может быть обусловлено как гуморально-метаболическими влияниями, так и преобладанием в регуляции тканевого кровотока парасимпатических влияний. Гиперемический тип микроциркуляции наблюдался в среднем у 15,5 % обследованных детей. Однако с возрастом количество испытуемых с гиперемическим типом уменьшается: среди детей 4 лет к этому типу отнесено 27,3 %, 5 лет - 22,7%, 6 лет - 5,3 %, 7 лет - 11,1 %.



*Рис. 2. Монотонная ЛДФ-грамма с высоким уровнем ПМ испытуемого 5 лет (гиперемический тип микроциркуляции).*

Монотонные ЛДФ-граммы с низким уровнем ПМ (рис. 3) наблюдаются при гипоемическом типе микроциркуляции крови. Для детей с гипоемическим типом микроциркуляции характерно снижение притока крови в микроциркуляторное русло и повышение тонуса микрососудов. У них регистрируются относительно низкие показатели микроциркуляции: ПМ –  $19,9 \pm 1,2$  перф. ед., СКО –  $1,5 \pm 0,08$

перф. ед., ИФМ –  $1,44 \pm 0,08$ . Вклад низкочастотных колебаний, обусловленных активными сосудистыми механизмами модуляции кровотока, максимален: 50,6 % у VLF- и 39,1 % у LF-колебаний. Значительно (до 7,9 %) снижается вклад высокочастотных колебаний (HF), указывающих на парасимпатические влияния. Данный тип ЛДФ-грамма соответствует состоянию, при котором отмечается усиление симпатических влияний в регуляции тканевого кровотока. Среди 4-летних детей с гипоемическим типом не выявлено, среди 5-летних их 13,6 %, 6-летних 57,9 %, 7-летних 50 %. Увеличение количества детей с гипоемическим типом микроциркуляции в период от 4 до 7 лет свидетельствует о постепенном созревании симпатических механизмов, влияющих на регуляцию тканевого кровотока.

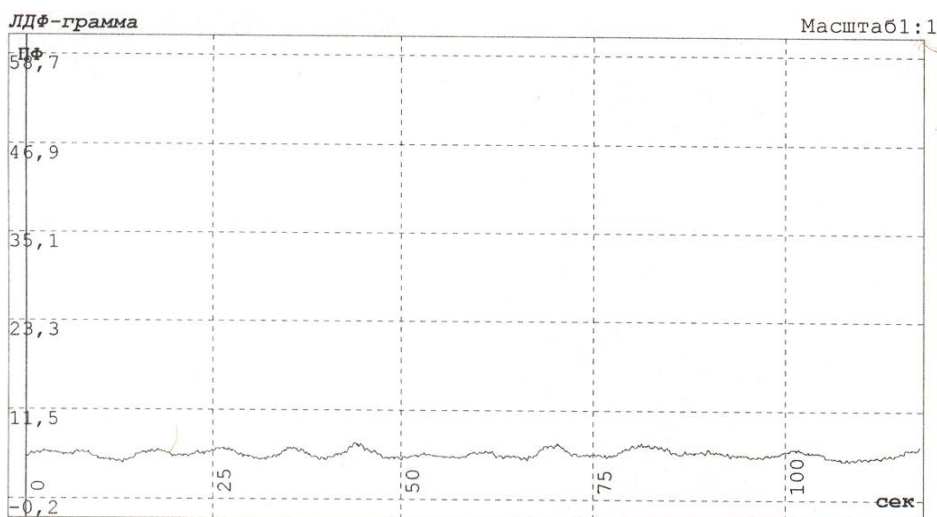


Рис. 3. Монотонная ЛДФ-грамма с низким уровнем ПМ у испытуемого 7 лет (гипоемический тип микроциркуляции).

При сравнении показателей насыщения крови кислородом у обследованных детей (Табл. 2) установлено, что процентные значения не имеют достоверных отличий у испытуемых с разным типом микроциркуляции: насыщение кислородом артериальной крови ( $SpO_2$ ) составляет 98,3-99,0%, крови микроциркуляторного русла ( $SO_2$ ) – 72,6-77,0% при разных типах микроциркуляции. Следует отметить, что величина показателя  $SO_2$  у детей с крайними типами имеет тенденцию к увеличению по сравнению с показателями мезоемического типа микроциркуляции.

Таблица 2

*Показатели насыщения крови кислородом у детей 4-7 лет  
с разным типом микроциркуляции*

Параметры	Мезоемический тип	Гипоемический-тип	Гиперемический-тип
SpO <sub>2</sub> , %	99,0 ± 0,3	98,5 ± 0,5	98,3 ± 0,2
SO <sub>2</sub> , %	72,6 ± 1,7	75,7 ± 1,1	77,0 ± 3,7
Sm, усл.ед.	4,0 ± 0,1	5,1 ± 0,2	3,5 ± 0,1

Нормирование сатурации по показателю перфузии, где  $Sm = SO_2/ПМ$ , позволяет не принимать при расчетах во внимание факторы, не влияющие непосредственно на насыщение крови кислородом. В результате Sm - индекс относительной перфузионной сатурации кислорода в микрокровотоке - у детей с гипоемическим типом микроциркуляции оказывается самым высоким:  $5,1 \pm 0,2$  усл. ед., и достоверно ( $p \leq 0,05$ ) превышает таковой у детей с гиперемическим типом:  $3,5 \pm 0,1$  усл.ед. При мезоемическом типе микроциркуляции этот показатель имеет средние значения:  $4,0 \pm 0,1$  усл.ед. Вероятно, это может свидетельствовать о различиях в эффективности доставки кислорода тканям при разном типе микроциркуляции крови.

В таблице 3 представлены характерные особенности ЛДФ-грамм у детей 4-7 лет с разным типом микроциркуляции крови. Соотношение детей с разным типом микроциркуляции крови в каждой возрастной группе от 4 до 7 лет представлено на рис. 4. В целом среди всех обследованных детей 4-7 лет мезоемический тип микроциркуляции имеют 46 человек (52 %), гипоемический тип - 29 человек (33%), гиперемический тип - 14 человек (15 %). В период от 4 до 7 лет наблюдается постепенное уменьшение количества детей с гиперемическим типом микроциркуляции крови и увеличение числа детей, имеющих гипоемический тип микроциркуляции.

Таблица 3

*Особенности ЛДФ-грамм у детей 4-7 лет  
с разным типом микроциркуляции крови*

Тип микроциркуляции	Вид ЛДФ-граммы	ПМ, пф.ед.	СКО, пф.ед.	Количество детей, человек и %
<b>Мезоемический</b>	Апериодическая	25-40	> 2,0 (2 - 3,6)	46 (52 %)
<b>Гипоемический</b>	Монотонная с низким ПМ	< 25 (10 - 24)	< 2,0 (0,9 - 1,9)	29 (33 %)
<b>Гиперемический</b>	Монотонная с высоким ПМ	> 35 (35-50)	< 2,0 (0,8-1,9)	14 (15 %)

С возрастом происходит снижение базовых показателей микрокровотока, и у здоровых молодых людей 18-20 лет ПМ составляет  $19,0 \pm 0,7$  пф. ед., СКО –  $1,74 \pm 0,13$  пф. ед.,  $SO_2$  –  $74,0 \pm 1,1\%$ , Sm –  $4,3 \pm 0,2$  усл. ед. [3]. Такая динамика показателей связана с развитием в онтогенезе собственно сосудистых механизмов регуляции микроциркуляции: эндотелиальных, миогенных и нейрогенных. Имеют значение особенности влияния на сердце и сосуды автономной нервной системы и гетерохронность созревания в онтогенезе симпатического и парасимпатического контуров регуляции. В период от 4 до 7 лет важнейший этап становления этих механизмов приходится на 6 лет, что косвенно подтверждается и увеличением именно в этот период количества детей с гипоемическим типом микроциркуляции. Окончательное становление особенностей функционирования системы микроциркуляции, по-видимому, приурочено к периоду полового созревания, по завершении которого формируется дефинитивный тип микроциркуляции крови.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У здоровых детей 4-7 лет на основании изучения кровотока в коже методом ЛДФ можно выделить три типа микроциркуляции крови. Мезоемический тип микроциркуляции встречается у 52 % испытуемых и характеризуется средним уровнем базального тканевого кровотока и большой его подвижностью. Гипоемический тип микроциркуляции, при котором наблюдается снижение тканевого кровотока, характерен для 33 % детей. Гиперемический тип микроциркуляции с высоким уровнем кровотока, но малой его подвижностью, отмечается у 15 % детей 4-7 лет. Абсолютные показатели насыщения крови кислородом у детей с разным типом микроциркуляции крови не имеют достоверных различий, однако рассчитанные по отношению к интенсивности кровотока показатели свидетельствуют о различиях в эффективности доставки кислорода тканям при разном типе микроциркуляции. Этот вопрос требует более глубокого изучения.

В период от 4 до 7 лет количество детей с гипоемическим типом микроциркуляции увеличивается, что связано с усилением влияния симпатических механизмов регуляции. Значительный прирост числа испытуемых с гипоемическим типом микроциркуляции наблюдается в 6 лет.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев А.П., Стрельцова Н.Н. Возрастные особенности микрогемодициркуляции // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2012. – Т. 11. – № 4 (44). – С. 23-27.
2. Гурова О.А. Комплексное исследование микроциркуляции крови и вариабельности ритма сердца у детей 4-7 лет // Альманах «Новые исследования». – М.: Вердана, 2010. – № 3(24). – С. 78-86.

3. Гурова О.А. Изменение показателей микроциркуляции крови у студентов в течение дня // Новые исследования. – 2013. – № 2(35). – С. 66-71.
4. Дьяконова Е.Н. Взаимосвязь функциональных показателей вегетативного обеспечения и особенностей микроциркуляции у детей от 3 до 4 лет с перинатальным гипоксически-ишемическим поражением ЦНС в анамнезе // Кубанский научный медицинский вестник. – 2009. – № 4 (109). – С. 92-95.
5. Козлов В.И. Развитие системы микроциркуляции. – М.: РУДН, 2012. – 314 с.
6. Козлов В.И., Азизов Г.А., Гурова О.А., Литвин Ф.Б. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке состояния и расстройств микроциркуляции крови. – М.: ГНЦ лазерной медицины, 2012. – 32 с.
7. Литвин Ф.Б. Возрастные и индивидуально-типологические особенности микроциркуляции у мальчиков-подростков и юношей // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2006. – Т. 5. – № 1. – С. 44-50.
8. Станишевская Т.И. Индивидуально-типологические особенности микроциркуляции крови у девушек-студенток с разным соматотипом: Дис. ... канд. биол. наук. – М., 2006. – 187 с.
9. Тверитина Е.С., Федорова М.З. Реактивность микрососудов кожи у юношей и девушек с разным тонусом вегетативной нервной системы // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2012. – Т. 11. – № 1 (41). – С. 45-51.
10. Чуян Е.Н., Ананченко М.Н., Трибрат Н.С. Индивидуально-типологические реакции микроциркуляторных процессов на электромагнитное излучение миллиметрового диапазона // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2010. – Т. 9. – № 1 (33). – С. 68-74.

# ВРЕМЕННЫЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАРДИОРИТМА У 8-ЛЕТНИХ ДЕТЕЙ В ОРТОСТАЗЕ И ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КОГНИТИВНОЙ ЗАДАЧИ

С.Ф. Лукина<sup>1</sup>, И.С. Чуб  
Северный (Арктический) федеральный  
университет имени М.В. Ломоносова,  
кафедра физиологии и морфологии человека

*Методом кардиоритмографии установлены временные и спектральные характеристики сердечного ритма у 8-летних детей – жителей г. Архангельска в состоянии покоя, ортостатической и когнитивной пробах. Проведён сравнительный анализ параметров ВСП детей г. Архангельска и г. Москвы. Выявлены различия в вегетативной реактивности в зависимости от функциональной пробы и исходного вегетативного тонуса. Показано, что среди обследованных детей более половины имеют хорошие и удовлетворительные адаптационные резервы.*

**Ключевые слова:** дети, вариабельность ритма сердца, адаптация, ортостаз, когнитивная нагрузка, Европейский Север.

**Temporal and spectral characteristics of heart rate in 8-year old children during physical and cognitive tasks.** *Rhythmocardiography was used in this study to reveal temporal and spectral characteristics of HR in 8-year old children from Arkhangelsk during rest and while performing physical and cognitive tasks. HRV parameters of children from Arkhangelsk and from Moscow were analysed. Differences in the vegetative reactivity depending on the functional test and vegetative balance were defined. More than half of the participants of the research have good adaptation reserves.*

**Key words:** children, heart rate variability, adaptation, physical task, cognitive exercise, The European North.

Исследования физиологических реакций и механизмов адаптации к разнородным нагрузкам наиболее значимы в физиологии и медицине. Особое значение их актуальность приобретает в критические, рубежные этапы онтогенеза. Обеспечение должного уровня функционирования физиологических систем осуществляется на основе слаженных и взаимодействующих между собой нервных, гуморальных и информационных звеньев. Известно, что для каждого периода онтогенеза формируются соответствующие нейроэндокринные взаимоотношения, обеспечивающие надёжность физиологических процессов. Результатам длительной адаптации к физическим и психоэмоциональным нагрузкам является перестройка звеньев регуляции с переходом на качественно новый уровень, что отражается на повышении толерантности к возмущающим факторам [8; 17; 18]. Наиболее ин-

---

1  
Контакты: Лукина С.Ф. – E-mail: <lukina68@list.ru>



формативным методом оценки функционального состояния и физиологической «цены» предъявляемой нагрузки до сих пор остаётся исследование variability ритма сердца (ВРС). Практическая ценность метода заключается в том, что с его помощью можно оценить не только организацию вегетативного обеспечения сердечного ритма, но и всего функционального аппарата организма [11]. Значительное число работ как отечественных, так и зарубежных учёных посвящено изучению хронотропной функции миокарда в покое и при выполнении различных функциональных проб. Установлена взаимосвязь между степенью централизации ритма и состоянием гипофизарно-надпочечниковой и симпато-адреналовой систем [15]. В работах О.Н. Крысюк с соавт. отмечается зависимость параметров биоэлектрической активности миокарда и вегетативного обеспечения его функции [10]. В настоящее время перспективными являются исследования спектральных характеристик сердечного ритма, в частности их физиологическая интерпретация. В виду многообразия применяемых подходов для оценки ВРС затрудняется сравнение данных, полученных различными авторами. Недостаточное внимание уделяется специфике вегетативной реактивности при выполнении различных функциональных проб. С целью оценки функционального состояния наиболее часто применяется активная ортостатическая проба, а именно: переход исследуемого из горизонтального в вертикальное положение. Согласно данным В.М. Михайлова, в ответ на изменение положение тела регуляторная система поддержания должного артериального давления вначале запускает барорефлекторные механизмы, затем экскрецию катехоламинов и активацию ренин-ангиотензин-альдостероновой системы [13]. Анализ временных и спектральных характеристик кардиоритма в ортостатическом состоянии позволяет установить вегетативную реактивность и вегетативной обеспечение физической деятельности. Иные механизмы функционируют при проведении пробы с умственным напряжением, или когнитивной нагрузкой. Данный вид деятельности является распространённым и напряжённым у детей на этапе первых лет обучения в начальной школе. Как показывают результаты исследований Н.Ю. Лавровой с соавт., активация вегетативного гомеостаза во время умственных нагрузок происходит надсегментарно, по энергодифицитному типу [12]. В отличие от физической нагрузки, у исследуемых отмечается феномен «отставленной реакции», выражаемой в наличии остаточных явлений после проведения пробы [12]. В имеющейся современной научной литературе практически не встречаются данные о сравнении вегетативной реактивности сердечного ритма после выполнения физических и умственных нагрузок на одной выборке детей. Целью работы явилось определение временных и спектральных параметров сердечного ритма у детей г. Архангельска в ортостатическом состоянии и при выполнении когнитивной нагрузки.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании принимали участие 108 детей 8 лет обоего пола, учащихся школы №50 г. Архангельска. Регистрация физиологических показателей осуществлялась в весенний период, в первой половине дня. Все обследуемые дети были соматически здоровы на момент исследования, не имели заболеваний кардиореспираторной системы. От родителей было получено письменное согласие на проведение обследования, дети добровольно участвовали в исследовании.

Запись кardiоритмограммы (КРГ) осуществлялась во II стандартном отведении на аппаратно-программном комплексе «ВНС-спектр» (Нейрософт, Иваново), с частотой дискретизации 200 Гц, полосой пропускания 0,1-35 Гц, активным режекторным фильтром 50 Гц. Анализировали не менее 150 QRS-комплексов от каждой записи, с выбраковкой артефактных участков, но не более 5%. Регистрировались следующие состояния:

1. Фоновая проба (спокойное бодрствование) в положении лёжа – продолжительность 5 минут;

2. Активная ортостатическая проба, переход в вертикальное положение тела, продолжительность 2 минуты. Необходимость в укороченном варианте записи заключается в усилении стационарности процесса при более длинных вариантах регистрации переходного состояния;

3. Когнитивная проба: математический счёт в уме примеров, соответствующих ступени образования. Проба проводилась после восстановительного периода от предыдущей нагрузки. Математические примеры предъявлялись в условиях лимита времени с устной инструкцией выполнять как можно быстрее и правильнее. Продолжительность нагрузки – 2 минуты.

Аналізу подвергались временные (средний кардиоинтервал, его квадратичное отклонение, число интервалов, различающихся на 50 мс) и спектральные (общая мощность спектра и относительный вклад отдельных спектральных компонент в процентах и абсолютных значениях) характеристики ритма сердца. Также анализировали параметры кардиоинтервалографии по Р.М. Баевскому: Амо (%) и индекс напряжения (усл. ед.) [13]. Индекс напряжения (ИН) выступает в различных работах по ритмографии, как интегральный показатель степени централизации сердечного ритма. На основе градации значений ИН можно судить об исходном вегетативном тоне исследуемых: величина ИН в пределах 80-150 усл. ед. соответствует состоянию нормотонии, менее 80 усл. ед. – ваготонии, свыше 150 усл. ед. – симпатикотонии [1; 3].

Статистическая обработка полученных результатов осуществлялась программными средствами IBM SPSS Statistics v. 20. Применялись методы непараметрической описательной статистики, с проверкой на нормальность распределения методом Колмогорова-Смирнова. Различия в независимых выборках определялись с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни, в зависимых – Уилкоксона. Различия считались достоверными при значении ошибки  $p \leq 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ временных и спектральных характеристик сердечного ритма в фоновой пробе у 8-летних детей не обнаруживает статистически достоверных различий между мальчиками и девочками. Согласно данным ряда авторов, заметные изменения в вегетативной регуляции у детей наблюдаются в препубертатном периоде, и у девочек наступают раньше, чем у мальчиков [2; 5; 6 и др.]. Медиана кардиоинтервалов составляет 688,00 мс, среднее квадратичное отклонение ряда – 62,50 мс, число кардиоциклов, различающихся на 50 мс – 38,46 %, что соответствует третьему центильному коридору, построенному на основании данных исследования на большой выборке детей, проживающих на территории Европейского Севера, Т.В. Волокитиной с соавторами [3].

Результаты исследования спектральных характеристик кардиоритма у детей в фоновом состоянии также не позволяют установить статистически значимых половых различий. В аналогичном исследовании, проведенного С.Б. Догадкиной с соавт. на выборке 8-летних детей из г. Москвы [7], наших обнаружены половые различия в общей модуляции спектрального ритма (ТР), которая у мальчиков оказалась выше на 63%, чем у девочек ( $p \leq 0,05$ ). Нами выявлено, что у детей из г. Архангельска медиана ТР в группе мальчиков 4811,07 мс<sup>2</sup>, у девочек – 5071,78 мс<sup>2</sup>. В отношении остальных спектральных характеристик наши данные согласуются с результатами московских авторов. При сравнении общегрупповых результатов спектрального анализа, установлено, что ТР архангельских и московских детей не имеют значимых различий (4886,20 и 4963,50 мс<sup>2</sup> соответственно). При этом вклад низкочастотной компоненты у детей-северян на 5 % ниже ( $p=0,027$ ), а высокочастотной выше на 3,3 % ( $p=0,0001$ ). Таким образом, симпато-вагусный баланс у московских детей на 12,6 % выше в области преобладания LF-волн, чем у детей из г. Архангельска ( $p=0,02$ ). Одной из причин данных различий является напряжение системы дыхания у архангельских детей, связанное со специфическими эколого-климатическими условиями региона [4]. Известно, что в организации волн высокого порядка в спектре сердечного ритма, участвует дыхательная аритмия. Вклад очень низкочастотной составляющей (VLF) связывают с регулирующим влиянием со стороны центральных эрготропных и гуморально-метаболических уровней. По некоторым данным этот показатель может служить индикатором психоэмоционального напряжения [9]. Установлено, что вклад VLF-компонента (%) в общую модуляцию ритма у детей-северян на 16% ( $p=0,04$ ) ниже, чем у их московских сверстников (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение спектральных характеристик сердечного ритма у детей 8 лет из г. Архангельска и г. Москвы (Ме)

Показатель	дети г. Архангельска (n=108)	дети г. Москвы (по С.Б. Догадкиной) (n=40)
TP, мс <sup>2</sup>	4886,20	4963,50
LF, мс <sup>2</sup>	1244,26	1310,50**
HF, мс <sup>2</sup>	2363,84	2288,00***
LF/HF	0,48	0,54*
VLF, %	17,33	20,60*

Примечание: \* - различия достоверны между показателями ВСР в покое у детей из г. Архангельска и г. Москвы при  $p \geq 0,05$ ; \*\* то же при  $p \geq 0,01$ ; \*\*\* - то же при  $p \geq 0,001$  (критерий Манна-Уитни).

Результаты анализа вегетативной реактивности в ортостатической пробе у мальчиков и девочек в целом характеризуются общей направленностью. Отмечается достоверное сокращение среднего кардиоцикла (6,8 % к фону,  $p \leq 0,001$ ) и увеличение степени ригидности ритма (снижение NN50% на 44,2 %;  $p \leq 0,001$ ). Общая мощность спектра сокращается на 25,5 % ( $p \leq 0,001$ ), в большей степени за счёт снижения на 45,2 % ( $p \leq 0,001$ ) доли высокочастотной компоненты. Прирост ЧСС в ортостазе составляет 8%, ИН – 44,5 % ( $p \leq 0,05$ ). Данный тип реакции на ортопробу является адекватным и доминирует у обследованных нами детей. Половые различия реактивности вегетативного гомеостаза в функциональной пробе связаны с выраженностью описанных выше изменений. У мальчиков наблюдается более резкое снижение как временных, так и спектральных характеристик сердечного ритма. В частности, снижение вариативности ряда интервалограмм (NN50, %) у мальчиков составило около 70 % ( $p \leq 0,001$ ), у девочек – 30 % ( $p \leq 0,001$ ). Аналогично, более выраженные изменения происходят в спектре: снижение TP – 40 % и 16,5 % (соответственно для мальчиков и девочек), сокращение HF – 60 % и 40 % ( $p \leq 0,05$ ). Распределение детей по группам адаптационных резервов (по В.М. Михайлову) показывает, что среди обследованных нами детей около 60 % имеют хорошие и удовлетворительные приспособительные возможности, независимо от пола. Сниженные резервы наблюдаются у 45 % детей, срыв адаптации – менее 2 %. При сравнении полученных нами результатов с данными С.Б. Догадкиной с соавт., различия в ортостатической реактивности наблюдались только в отношении некоторых спектральных составляющих ритма. Это выражается в более резком снижении высокочастотной составляющей спектра у девочек (40% по отношению к фону у девочек из г. Архангельска и 48,8 % у девочек г. Москвы). У мальчиков из г. Архангельска сокращение HF в спектре на 36,8 % ниже, чем у их

сверстников из г. Москвы. Наше исследование показывает, что по результатам ортопробы архангелогородки обладают высоким потенциалом адаптации, в сравнении с москвичками. Мальчики-северяне в ортостазе демонстрируют снижение адаптивных возможностей, по сравнению с московскими мальчиками.

Реакция звеньев вегетативного гомеостаза на умственную нагрузку осуществляется неспецифически, посредством активации симпато-адреналовой системы. Когнитивная нагрузка представляет собой специфический вид деятельности, в связи с тем, что в процессе умственной работы, особенно в условиях лимита времени, происходит активация лимбической системы. Её составным элементом является гипоталамус, как высший центр регуляции висцеральных функций, действующий на организм через автономную нервную систему. Такая специфика активации, объясняет многообразие типов реакции на когнитивную нагрузку. Данные эффекты отражаются на ритмограмме сокращением интервального расстояния, повышением однотипности ритма, снижением общей мощности спектра и вклада отдельных компонент. Сравнение реактивности показателей ВСР в ортостатической и когнитивной пробе по отношению к фону обнаруживает различия у мальчиков и девочек. Снижение RRNN у девочек более выражено в когнитивной пробе: 6 % по сравнению с ортопробой (3 %). Суммарная модуляция спектра сокращается на 20,83 % и 16,5 % (соответственно). При выполнении ортостатической пробы значения ЧСС у девочек повышаются с 89,25 до 92,63 уд/мин, в когнитивной увеличиваются до 95,15 уд/мин ( $p \leq 0,001$ ). Прирост ИН в ортопробе составляет 15,2 %, в когнитивной – 21,7 %. В остальных показателях кардиоритма у девочек эффекты ортостатической пробы выражены в большей степени, чем когнитивной. У мальчиков по всем исследуемым характеристикам влияние пробы с физической нагрузкой оказывается более значительным, чем при когнитивной нагрузке. Однако анализ различий временных и спектральных характеристик в ортопробе и когнитивной нагрузке, выполненный с помощью непараметрического критерия для связанных выборок (Уилкоксона), демонстрирует некоторые особенности. Установлены различия всех исследуемых параметров только у мальчиков, в группе девочек показатели ВСР в ортопробе и когнитивной нагрузке значимо не различаются. Из этого следует, что в основных чертах вегетативной реактивности ответы на умственную и физическую нагрузку у девочек однотипны. Для мальчиков характерна статистически значимая низкая реактивность параметров вегетативного гомеостаза на когнитивную нагрузку, по сравнению с ортостатической пробой (табл. 2).

Таблица 2

Временные и спектральные характеристики сердечного ритма у 8-летних детей г. Архангельска в различных состояниях (Ме)

Параметры	девочки			мальчики		
	фон	ортостаз	счёт	фон	ортостаз	счёт
RRNN, мс	677,50	655,00 <sup>***</sup>	636,50 <sup>###</sup>	690,00	634,00 <sup>***</sup>	+++666,50 <sup>###</sup>
SDNN, мс	62,00	55,50 <sup>**</sup>	56,00 <sup>###</sup>	63,50	45,50 <sup>***</sup>	++54,50 <sup>#</sup>
pNN50, %	39,11	27,72 <sup>***</sup>	32,46 <sup>##</sup>	36,47	11,18 <sup>***</sup>	+++25,82 <sup>###</sup>
TP, мс <sup>2</sup>	5071,78	4236,85 <sup>*</sup>	4015,35 <sup>##</sup>	4811,07	2983,19 <sup>***</sup>	+3743,73 <sup>#</sup>
VLF, мс <sup>2</sup>	760,71	976,11	710,73	951,56	971,44	++776,72
LF, мс <sup>2</sup>	1259,11	1177,46	1037,04	1240,27	1141,95	+++1208,17
HF, мс <sup>2</sup>	2990,03	1814,39 <sup>***</sup>	2090,34 <sup>###</sup>	2229,69	896,79 <sup>***</sup>	+++1510,16 <sup>###</sup>
LF/HF	0,44	0,61 <sup>***</sup>	0,58 <sup>##</sup>	0,53	1,19 <sup>***</sup>	+++0,68 <sup>#</sup>
VLF, %	15,17	23,55 <sup>***</sup>	17,66	17,77	28,44 <sup>***</sup>	+++16,00
LF, %	24,64	26,89	27,12	28,74	33,26 <sup>***</sup>	+++30,21 <sup>#</sup>
HF, %	57,44	43,94 <sup>***</sup>	51,94 <sup>##</sup>	53,17	30,81 <sup>***</sup>	+++48,81 <sup>##</sup>
ЧСС, уд/мин.	89,25	92,63 <sup>***</sup>	95,15 <sup>###</sup>	87,70	96,05 <sup>***</sup>	+++91,12 <sup>###</sup>
Амо, %	33,77	35,75	35,34 <sup>#</sup>	34,48	42,23 <sup>***</sup>	+++35,77
ИН, усл.ед.	82,14	94,60 <sup>*</sup>	99,97 <sup>#</sup>	71,03	140,55 <sup>***</sup>	++91,44 <sup>#</sup>

Примечание: \* - различия с исходным состоянием достоверны при переходе в ортостаз при  $p \geq 0,05$  (\*\*- $p \geq 0,01$ ; \*\*\*-  $p \geq 0,001$ ), # - различия с исходным состоянием достоверны при выполнении пробы «счёт в уме»  $p \geq 0,05$  (##- $p \geq 0,01$ ; ###- $p \geq 0,001$ ), + - различия между параметрами в пробах ортостаз и счёт в уме достоверны  $p \geq 0,05$  (+- $p \geq 0,01$ ; +++-  $p \geq 0,001$ ).

В работах отечественных и зарубежных физиологов часто встречаются данные о различиях в ортостатической реактивности индивидов с различным исходным вегетативным тонусом (ИВТ) [7; 14; 16; 18]. Однако, нами не встречались работы с анализом влияния ИВТ на реактивность в процессе выполнения когнитивной нагрузки. В рассматриваемых нами группах детей, доминирует ваготонический тип регуляции, у мальчиков встречается чаще, чем у девочек (52,4 и

45,5 % соответственно). Для данного типа характерно доминирование в структуре спектра волн высокого порядка, в связи с этим общая модуляция ритма у таких детей повышена, по сравнению с другими типами вегетативного гомеостаза. Это более «экономный» с точки зрения затрат энергетических ресурсов тип реактивности, в ортостатической пробе такие дети демонстрируют минимальный прирост ЧСС и ИН. Нормотонический тип реактивности (с примерно одинаковой представленностью в спектре как медленных, так и быстрых волн) встречается у 31,8 % девочек и 19,0 % мальчиков. Симпатикотонический вариант ИВТ встречается чаще у мальчиков (28,6 %), чем у девочек (22,7 %).

Согласно градации по ИН все дети были разделены без учёта пола на группы ИВТ: 1 группу составили симпатикотоники (n=28), 2 группу – нормотоники (n=26) и 3 группу – ваготоники (n=53). Анализ реакции вегетативной нервной системы на умственную нагрузку демонстрирует достоверные различия по временным характеристикам кардиоритма между группами ИВТ. Сокращение межинтервального расстояния в процессе когнитивной деятельности снижается по группам ИВТ: максимальное снижение по сравнению с фоном наблюдается в 1 группе – 14,5 %, у детей с ваготоническим типом RRNN практически не изменился. Различия по спектральным характеристикам наблюдаются между отдельными группами ИВТ. В частности, сокращение общей мощности спектра максимально проявляется в 1 группе (на 55,92 % по сравнению с фоном), у детей 1 группы наблюдается прирост TP на 5,85 % к исходному уровню (рис. 1).

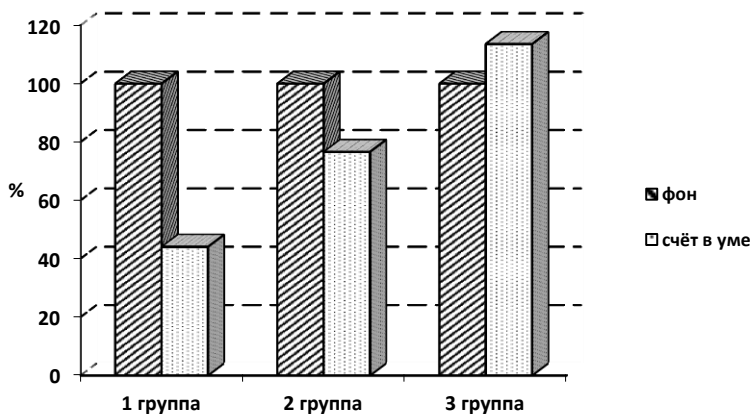


Рис. 1. Динамика общей мощности спектра (TP) у 8-летних детей с различным ИВТ в процессе когнитивной деятельности

Примечание: за 100% приняты фоновые значения параметра, цифрами обозначены достоверные различия между соответствующими группами,  $p \leq 0,05$

Достоверные различия между всеми группами наблюдаются только в отношении вклада быстроволнового компонента спектра. Изменение реактивности волн второго порядка достоверны между группами 1 и 3, симпато-вагусного баланса и амплитуды моды – между группами 1-3 и 1-2. В результате когнитивная нагрузка сопровождается тахикардией: выраженной у детей-симпатотоников (прирост ЧСС к исходной 16,54 %), умеренной у детей-нормотоников (прирост 7%) и практически не сопровождается ростом ЧСС у ваготоников (менее 0,2 %).

## **ВЫВОДЫ**

1. Половые различия по фоновым характеристикам временных и спектральных параметров ВСР детей г. Архангельска не установлены. Симпато-вагусный баланс у детей-северян на 12,6 % ниже, чем у их московских сверстников, что может быть связано с особенностями организации функции внешнего дыхания.

2. Среди обследованных детей 60 % имеют хорошие и удовлетворительные адаптационные резервы, напряжение адаптации отмечается у 45,5 % школьников, независимо от пола.

3. Девочки-архангелогородки характеризуются высоким адаптационным потенциалом, по сравнению со своими московскими сверстницами. Мальчики-северяне обладают сниженными адаптационными возможностями в ортостазе, по сравнению с московскими мальчиками.

4. Выявлена особенность вегетативного гомеостаза мальчиков в процессе когнитивной деятельности, выражающаяся в статистически значимом снижении реактивности, по сравнению с ортопробой.

5. Реактивность параметров вегетативного обеспечения хронотропной функции миокарда в процессе когнитивной деятельности опосредована исходным вегетативным тонусом.

*Работа поддержана государственным заданием Министерства образования и науки РФ на 2013 год проект № 4.5918.2011 "Системная организация когнитивной деятельности человека".*

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма в космической медицине // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 2. – С. 71

2. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология. – М.: Академия, 2002. – 416 с.

3. Волокитина Т.В., Грибанов А.В. .Вариабельность сердечного ритма у детей младшего школьного возраста: монография. – Архангельск: Поморский гос. ун-т, 2004. – 194 с.



4. Гудков А.Б., Лабутин Н.Ю. Влияние специфических факторов заполярья на функциональное состояние организма человека // Экология человека. – 2000. – № 2. – С. 18.

5. Гуштурова И.В. Особенности центральной и периферической гемодинамики в покое и при физических нагрузках у детей дошкольного возраста: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Казань, 1996. – 26 с.

6. Димитриев Д.А., Карпенко Ю.Д. Возрастные особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы у школьников // Вестник ТГГПУ. – 2011. – № 2. – С. 42-46.

7. Догадкина С.Б. Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у детей 8 лет // Новые исследования. – 2011. – Т. 1, № 27. – С. 101-108.

8. Коломиец О.И. Использование психоэмоциональной нагрузочной пробы «математический счёт» в оценке процессов адаптации студентов к учебной и спортивной деятельности // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2007. – № 12. – С. 65-69.

9. Коломиец О.И. Использование психоэмоциональной нагрузочной пробы «математический счёт» в оценке процессов адаптации студентов к учебной и спортивной деятельности // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2007. – № 12. – С. 65-69.

10. Крысюк О.Н. Возрастные, типологические и индивидуальные особенности биоэлектрической активности миокарда и автономной нервной регуляции сердечного ритма у детей 7-11 лет: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2007. – 21 с.

11. Кушнир С.М., Стучкова И.В., Макарова И.В. Состояние вегетативной регуляции сердечного ритма у здоровых детей в различные периоды детства // Научные ведомости Белгородского госуд. ун-та. Серия: Естественные науки. – 2012. – Т. 18, № 3. – С. 161-165.

12. Лаврова Н.Ю., Синяк Е.Д., Шлык Н.И. Вариабельность ритма сердца у детей младшего школьного возраста под влиянием умственных и физических нагрузок // Вариабельность сердечного ритма теорет. аспекты и практ. применение: тез. докл. междунар. симп. – Ижевск, 2003. – С. 23-27.

13. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: Опыт практического применения метода. – Иваново, 2000. – 200 с.

14. Михайлова Л.А., Чеснокова Л.Л. Вегетативный статус здоровых школьников с различной двигательной активностью // Сибирское медицинское обозрение. – 2003. – Т. 25, № 1. – С. 45-47.

15. Ситдииков Ф.Г., Шайхелисманова М.В., Ситдикова А.А. Функциональное состояние симпато-адреналовой системы и особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у младших школьников // Физиология человека. – 2006. – № 6. – С. 22-27.

16. Nováková Z., Fižer B., Honzíková N. Autonomic control of the heart in relation to anthropometric characteristics in children and adolescents // Scripta Medica (BRNO). – 2002. – Vol. 75 (5). P. – 217-222.
17. Pagani M., Somers V., Furlan R. Changes in autonomic regulation induced by physical training in mild hypertension // Hypertension. – 1988. – Vol. 12. – P. 600-610.
18. Wood Robert H., Hondzinski J.M., Matthew Lee C. Evidence of an associations among age-related changes in physical, psychomotor and autonomic function // Age and Ageing. – 2003. – Vol. 32. – P. 415-421.

# ШКОЛА И ЗДОРОВЬЕ

## СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫЕ РЕАКЦИИ КАК ОДИН ИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АДАПТАЦИИ ВЫПУСКНИКОВ К СДАЧЕ ПРОБНЫХ ЕГЭ

С.И. Волкова<sup>1</sup>, Э.Ю. Сироткина  
ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского», Арзамасский филиал

С помощью стандартных методов изучены реакции сердечно-сосудистой системы учащихся старших классов на пробные экзамены в форме ЕГЭ по математике и русскому языку. Обследовано 29 школьников 11 класса (10 мальчиков и 19 девочек) и 20 учащихся 10 класса (8 мальчиков и 12 девочек) Гимназии г. Арзамас Нижегородской области. Пробные ЕГЭ оказывают достаточно сильное влияние на психофизиологическое состояние учащихся. Для нивелирования тревожности выпускников во время сдачи ЕГЭ с целью сохранения их здоровья необходима не только предметная, но и психологическая подготовка старшеклассников к ЕГЭ.

**Ключевые слова:** школьники, стресс, адаптация, сердечно-сосудистая система

**Cardio-vascular reactions as one of the indices of adaptation of High school students to the sample State Exam.** The paper presents the study of cardio-vascular reactions to sample State Exams (Russian language and mathematics) in high school students. Standard methods were used. There were studied 29 students of the 11th grade (10 boys and 19 girls) and 20 students of the 10th grade (8 boys and 12 girls) from gymnasium in Arzamas, Nizhny Novgorod region. Sample State Exams have a rather strong impact on the psychophysiological state of students. In order to eliminate anxiety during these exams not only preparation in the subject field is necessary, but psychological training before the exam should take place.

**Key words:** school students, stress, adaptation, cardio-vascular system.

Жизнь школьников насыщена стрессами и психологическими перегрузками. В исследованиях многих физиологов показано снижение физической и нервно-психической выносливости современных детей и подростков [5; 7]. Наиболее эмоционально учащиеся реагируют в школе на ситуации, связанные с контролем знаний, сдачей экзаменов. Особенно следует выделить государственную аттестацию, когда от полученного результата зависит поступление в ВУЗ, овладение избранной профессией. Вот уже несколько лет все выпускники Российских школ

---

Контакты:<sup>1</sup> Волкова С.И. – E-mail:<volkovasvetlana65@rambler.ru>

сдают выпускные экзамены в новой форме – ЕГЭ, которые являются одновременно и вступительными экзаменами в ВУЗы. Однако физиологических исследований по адаптации организма учащихся к такой форме выпускных испытаний на сегодняшний день практически нет. Имеются лишь данные некоторых работ психологов в этом направлении [3; 6].

Нами проведено изучение реакций сердечно-сосудистой системы учащихся на пробные экзамены в форме ЕГЭ по математике и русскому языку.

Ранее мы проводили подобные исследования параметров сердечно-сосудистой системы девятиклассников во время пробных ГИА по тем же предметам [1].

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Было обследовано 29 школьников 11 класса (10 мальчиков и 19 девочек), а также 20 учащихся 10 класса (8 мальчиков и 12 девочек) Гимназии г. Арзамас Нижегородской области. Клинически больных детей среди испытуемых не наблюдалось.

У учащихся с помощью электронного тонометра исследовались: частота сердечных сокращений (ЧСС) по пульсу, систолическое и диастолическое артериальное давление (САД, ДАД). Пульсовое давление (ПД) рассчитывалось как разница между САД и ДАД.

Измерения проводились непосредственно перед пробным экзаменом в форме ЕГЭ и сразу же после экзамена.

Результаты исследования были обработаны с помощью пакета компьютерных программ «Биостат». Определялись: средний показатель на группу испытуемых ( $M$ ), квадратичное отклонение ( $\sigma$ ), ошибка средней ( $m$ ). Достоверность различий определялась по  $t$ -критерию Стьюдента.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Организм человека способен довольно быстро адаптироваться к широкому кругу самых разнообразных воздействий внешней среды. Но вместе с тем сильные и продолжительные нагрузки могут привести к функциональным расстройствам, а затем и к заболеваниям. В качестве индикатора адаптационной деятельности организма чаще всего рассматривают сердечно-сосудистую систему, что объясняется ролью этой системы в обеспечении организма необходимыми для жизнедеятельности элементами, а сердечный ритм, артериальное давление, пульс являются одним из проявлений системной реакции целостного организма на всевозможные воздействия [2].

Результаты проведенного нами исследования представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Динамика параметров сердечно-сосудистой системы ( $M \pm m$ )  
до и после пробных ЕГЭ во всей группе испытуемых 11-го класса (29 чел.)

Название дисциплины	Показатель	У всей группы	
		До экзамена	После экзамена
Математика	САД	122,9±3,5	131±3,9
	ДАД	75,3±1,6	75,1±1,7
	ЧСС	83,2±2,7	66**±1,6
	ПД	47,8±2,9	54,5±3,53
Русский язык	САД	119±2,1	113,5*±1,7
	ДАД	74,9±1,6	71,8±1,4
	ЧСС	82±2	70,7**±1,9
	ПД	44,2±1,4	41,9±1,4

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$  (достоверность различий показателей до и после экзамена)

Таблица 2

Динамика параметров сердечно-сосудистой системы ( $M \pm m$ )  
до и после пробных ЕГЭ у девочек и мальчиков 11-го класса  
(количество испытуемых: 19 девочек и 10 мальчиков)

Название дисциплины	Показатель	У девочек		У мальчиков	
		До экзамена	После экзамена	До экзамена	После экзамена
Математика	САД	116±2,2	124,6±4,2	135,9**±8,1	143,2**±6,6
	ДАД	72±1,6	73,2±1,8	81,5**±2,6	78,7±3,5
	ЧСС	85,8±3	68,8±1,7	78,3±5,1	60,7**±2,9
	ПД	43,9±2	47,7±2,6	55,1*±7,1	67,2**±7,9
Русский язык	САД	115,6±2,5	109,8±1,5	125,8*±2,8	120,9**±2,8
	ДАД	72,6±1,5	70,3±1,3	79,2*±3,3	74,6±3,2
	ЧСС	84,3±2,5	71,2±2,3	77,6±3,1	69,7±3,7
	ПД	42,9±1,8	39,58±1	46,6±2,2	46,3*±3,1

Примечание: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$  (достоверность различий показателей мальчиков и девочек)

Как показали результаты исследования, перед экзаменом функциональное состояние учащихся характеризовалось повышенным возбуждением. Так, во всей группе испытуемых ЧСС перед обоими экзаменами была достоверно выше, чем после них, такая же тенденция наблюдалась и для такого параметра, как САД, перед экзаменом по русскому языку.

При этом реакции девочек и мальчиков несколько различались. Во-первых, САД, ДАД и ПД у мальчиков перед экзаменами были выше, чем у девочек, а ЧСС, напротив, меньше. Во-вторых, волнение мальчиков было, на наш взгляд, выражено сильнее. Возможно, это связано с большим усердием девочек при подготовке к экзаменам (а, следовательно, и с большей их уверенностью в положительном исходе экзамена), а также с разным отношением девочек и мальчиков к учебе в целом.

Кроме того, нами были обследованы учащиеся более младшего возраста (10 класс), только начинающие готовиться к сдаче ЕГЭ и также сдающие пробные экзамены в форме ЕГЭ, но без самой сложной части в КИМах (без части С). На экзаменах у 10-классников не присутствовали представители руководства школы, как это было в 11 классе. Данные этой части эксперимента представлены нами в таблицах 3 и 4.

Таблица 3

*Динамика параметров сердечно-сосудистой системы ( $M \pm m$ ) до и после пробных ЕГЭ во всей группе испытуемых 10-го класса (20 чел.)*

Название дисциплины	Показатель	У всей группы	
		До экзамена	После экзамена
Математика	САД	112,5±1,9	114,9±2,9
	ДАД	70,5±1,3	76,6**±1,4
	ЧСС	81,3±3,2	69,7**±2,3
	ПД	41,9±1,4	38,9±2,4
Русский язык	САД	117,1±2,8	116,7±3,2
	ДАД	68,8±1,4	72,5±2,4
	ЧСС	78,1±1,9	80,7±1,6
	ПД	48,3±2,2	44,2±2,2

Примечание: \*\*  $p \leq 0, 01$  (достоверность различий показателей до и после экзамена)

Таблица 4

*Динамика параметров сердечно-сосудистой системы ( $M \pm m$ ) до и после пробных ЕГЭ у девочек и мальчиков 10-го класса (количество испытуемых: 12 девочек и 8 мальчиков)*

Название дисциплины	Показатель	У девочек		У мальчиков	
		До экзамена	После экзамена	До экзамена	После экзамена
Математика	САД	109±2,1	111,9±3,2	118±3	120±5,7
	ДАД	69,8±1,5	75*±2,1	71,9±2,4	79,3*±1,2
	ЧСС	85,8±3,2	72,4**±2,8	73,7±6	65±3,5
	ПД	39,6±1,7	36,9±2,2	46±1,6	42,3±5,5
Русский язык	САД	110±2,1	115±4,5	128,6±4	119,2±4
	ДАД	66,9±1,3	73,1*±3,2	71,9±3	71,5±3,6
	ЧСС	81,7±2,1	82,6±2,1	72,3±3,2	77,5±1,8
	ПД	43,1±1,6	42±2,7	56,8±3,9	47,8±3,6

*Примечание: \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$  (достоверность различий показателей до и после экзамена)*

В данном случае наблюдалась несколько иная картина: ЧСС достоверно выше была лишь у девочек и только перед экзаменом по математике. Экзамен же по русскому языку не оказал заметного влияния на параметры сердечно-сосудистой системы десятиклассников (в отличие от учащихся 11 класса). И все же оба экзамена даже у них вызвали нервно-эмоциональное напряжение, что проявилось в достоверном повышении ДАД после обоих экзаменов у девочек, а также после экзамена по математике у мальчиков, и в тенденции к снижению ПД в обеих гендерных группах. Большинство исследователей благоприятной реакция на нагрузку признается в том случае, когда после нее происходит умеренное увеличение пульса [4] и систолического артериального давления, и одновременное снижение диастолического давления. Повышение же диастолического давления и снижение пульса связывают со значительными нагрузками и накоплением утомления в условиях учебной деятельности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, даже пробные ЕГЭ оказывают достаточно сильное влияние на психофизиологическое состояние и вегетативные системы учащихся. Учащиеся до экзамена, в период сдачи экзамена и после него находятся в состоянии нервного, эмоционального и физического напряжения. Экзаменационный стресс может стать пусковым механизмом реактивной депрессии, нервных срывов, появления глубоких функциональных нарушений и заболеваний. При этом необходимо от-

метить более мягкие условия проведения пробных экзаменов в форме ЕГЭ, чем реальные.

Для нивелирования тревожности выпускников во время сдачи ЕГЭ, с целью сохранения их здоровья, как физического, так и психического, необходима не только предметная, но и психологическая подготовка старшеклассников к ЕГЭ. Следует также научить их способам снижения тревоги, управления своим эмоциональным состоянием (саморегуляция, релаксация и др.). Таким образом, готовить выпускников к сдаче ЕГЭ должна команда педагогов, в составе которой нам видятся не только учителя-предметники, но и психологи, а также медицинские работники. Родители при этом должны обеспечить надежный, спокойный, доброжелательный климат для подготовки своих детей к ЕГЭ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова С.И., Сироткина Э.Ю. Влияние пробных экзаменов в форме ГИА на сердечно-сосудистую систему девятиклассников // Международный сборник научных трудов, посвященный году Германии в России «Естественные и гуманитарные науки – устойчивому развитию общества». – М.: ООО «ПКЦ Альтекс», 2012. – С. 53-56.

2. Безруких М.М. Динамика статистических характеристик сердечного ритма у подростков 14-16 лет в процессе учебной деятельности // Новые исследования по возрастной физиологии. – 1985. – №2 (25). – С. 58-62.

3. Гапонова С.А., Романова А.И. Психологические факторы, влияющие на успешность сдачи выпускниками школ итоговых экзаменов в форме ЕГЭ // Вестник университета (Государственный университет управления). – 2012. – №1. – С. 120-123.

4. Голицина И.И. Адаптивные изменения функционального состояния сердечно-сосудистой системы под влиянием физической нагрузки // Адаптации детей школьного возраста к физической нагрузке: Межвузовский сборник научных трудов. – Челябинск, 1981.

5. Макарова В.И. Состояние здоровья детей школьного возраста при экстремальных формах обучения / В.И. Макарова, Г.Н. Дегтева, О.О. Коноплев, Л.И. Кудра, С.Н. Чупрова, Н.Н. Симонова // Гигиена и санитария. – 1997. – № 3. – С. 33-36.

6. Моросанова В.И., Филиппова Е.В. Изучение регуляторных основ психологической успешности учащихся на экзамене // Вестник РУДН, серия Психология и педагогика. – 2009. – № 4. – С. 37-42.

7. Хватова М.В. Физиологические механизмы адаптации школьников к учебной нагрузке в условиях лица // Альманах. Новые исследования. Материалы международной научной конференции «Физиология развития человека», посв.60-летию института возрастной физиологии. – 2004. – № 1-2. – С. 397.



# ЗРИТЕЛЬНЫЙ СКРИНИНГ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЫ: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Т.А. Подугольникова<sup>1</sup>

Институт проблем передачи информации

им. А.А. Харкевича, РАН, Москва

М.О. Шубина, Е.В. Черкасова

ГБОУ СОШ №99

ЦППРиК «Давыдково», Москва

Задача исследования состояла в разработке программы скрининга, позволяющего определить детей со зрительными нарушениями или группу риска. В исследовании принимали участие 372 ребенка с условно нормальным зрением в возрасте от 6 до 10 лет. Программа скрининга состояла из двух этапов. Первый этап включал оценку остроты зрения (ОЗ) и стереозрения (СЗ). Нарушения зрения ( $ОЗ < 1.0$  дес. ед и/или уровень развития  $СЗ \geq 60$  угл с) были обнаружены у 204 (54,8%) учащихся. Сто одиннадцать детей, не выполнившие первый этап скрининга, прошли полное зрительное обследование (второй этап), включающее авторефрактометрию, измерение резерв фузии, ближайшей точки конвергенции, горизонтальной фории и стереозрения, в нашем центре. Результаты обследования показали, что 108 (97,3%) учеников имели нарушения бинокулярных функций.

**Ключевые слова:** зрительный скрининг, дети начальной школы, острота зрения, бинокулярные зрительные функции.

**Visual screening for elementary school children: pilot study.** The purpose of this study was to design a program of screening that may detect children with visual disorders or those who have a risk to develop vision problems. Three hundred seventy two children with “normal” vision, ranged from 6 to 10 years old, participated in this study. The screening program consisted of two phases. The first phase included the assessment of visual acuity (VA) and stereovision (SV). Visual deficit ( $VA < 1.0$  decimal unit and/or response to stereotest  $\geq 60$  sec arc) was found in 204 (54.8 %) pupils. One hundred eleven children who failed the first stage of screening, received a comprehensive vision examination (second phase) in our centre which included measurement of autorefraction, fusion reserves, near point of convergence, horizontal phoria and stereovision. The results of this examination indicate that 108 pupils (97,3 %) had binocular anomalies.

**Key words:** visual screening, elementary school pupils, visual acuity, binocular visual functions.

В процессе развития и обучения детей зрение обеспечивает получение большей части представлений и знаний об окружающем мире. Чтение, письмо, работа

---

Контакты: <sup>1</sup> Подугольникова Т.А. – E-mail: <tap@iitp.ru>

на классной доске, а теперь и использование компьютера и других электронных устройств – ежедневные зрительные нагрузки, которые выполняет ребенок в школе и дома. Это неизбежно приводит к увеличению напряженной зрительной работы на близком расстоянии, часто превосходящей физиологические возможности ребенка [1]. В связи с этим, количество детей с нарушениями зрения неуклонно увеличивается и к настоящему времени среди учащихся четвертых классов таких детей встречается 20-25 % [1; 4]. В ряде исследований показано, что наряду с рефракционными нарушениями [1; 25; 28], негативное влияние на функционирование когнитивных функций, зрительную работоспособность и школьную успеваемость оказывают нарушения бинокулярного зрения [2; 5; 18; 20]. Вовремя не обнаруженные бинокулярные нарушения могут привести к долговременным нарушениям зрения, к задержке в развитии и обучении, особенно при обучении чтению.

В 2009 – 2012 гг в ЦППРиК «Давыдково» была проведена пилотная экспериментальная работа, задача которой состояла в разработке и апробации модели зрительного скрининга для детей младшего школьного возраста, позволяющей эффективно выявлять функциональные зрительные нарушения на ранней стадии их появления.

Изучив опыт зрительных скринингов [3; 8; 11; 12; 24 и многие др.], мы разработали программу проведения скрининга в два этапа. **Первый этап** – массовое тестирование детей с нормальным зрением, с целью выявления зрительного неблагополучия и потенциальной необходимости для дальнейшего обследования. **Второй этап** – проведение дифференциального тестирования зрительных функций у детей не прошедших тестирования, для определения причин нарушения зрения.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В скрининге приняли участие 372 ребенка с потенциально нормальным зрением из 1-4-х классов двух школ г. Москвы. Информация о состоянии зрения детей была получена из школьных медицинских карт. Родители дали письменное согласие на участие детей в скрининге.

**Первый этап скрининга.** Первичное тестирование состояло из двух процедур: оценки остроты зрения (ОЗ) и определения уровня развития стереозрения (СЗ), так как именно эти тесты позволяют выявить зрительные нарушения наиболее часто встречающиеся у исследуемой нами возрастной группы детей. Тестирование проводили специально обученные сотрудники центра с медицинским образованием, педагоги и психологи. Обследование проводили в школе, в специально оборудованном помещении.

**Для оценки ОЗ** были использованы скрининговые таблицы повышенной точности, разработанные в ИППИ РАН, с оптотипом, в виде «буквы Ш», предъявляемым в четырех ориентациях (направление «3-х палочек» вверх – вниз – вправо –

влево) [6; 23]. В отличие от таблиц Головина – Сивцева, обычно используемых в офтальмологических кабинетах, наши таблицы позволяли измерять ОЗ до порогового уровня. Дети, затрудняющиеся в обозначении направлений («право» и «лево»), могли указывать их рукой. Оценку ОЗ проводили отдельно для правого и левого глаза и бинокулярно, с расстояния наблюдения 5 метров.

**Определение уровня развития стереозрения.** Как показала практика проведения зрительных скринингов, самыми чувствительными тестами для выявления нарушений бинокулярного зрения являются стереограммы из случайных точек, так как в них не существует монокулярных признаков закодированных изображений [16; 27]. Поэтому, если испытуемый правильно называет объект, то это свидетельствует о наличии у него СЗ. Для тестирования мы использовали разработанную в ИППИ РАН диагностическую компьютерную программу «Скрининговое обследование стереозрения» (СОС). В этой программе в стереограммах из случайных точек, как и при измерении ОЗ, были закодированы изображения буквы «Ш» в разных ориентациях, которые предъявлялись в случайном порядке. Раздельное предъявление зрительных стимулов правому и левому глазу обеспечивалось методом анаглифной гаплоскопии, т.е. детей тестировали в очках с красно/синими узкополосными фильтрами. Сначала тест-объекты предъявляли с расстояния 50 см и, если ребенок справлялся с заданием, то тестирование повторяли с расстояния 1 м, позволяющего определить общепринятый нормальный уровень развития СЗ ( $\leq 60$  угл. с) [9; 17].

Оба теста были короткими, хорошо понятные детям и легкими для выполнения.

**Второй этап скрининга.** Дети, не прошедшие первого этапа скрининга были приглашены вместе с родителями в офтальмологический кабинет центра «Давыдково» для дифференциального тестирования зрительных функций с целью выявления причин зрительного неблагополучия. Обследование состояло из следующих процедур: (1) повторное определение ОЗ у детей, обнаруживших нарушения на первом этапе скрининга; (2) авторефрактометрия (MRK-3100P) для определения ошибки рефракции (близорукости, дальнозоркости и/или астигматизма); (3) определение ближайшей точки конвергенции методом приближения объекта (ручки или карандаша); (4) повторное определение уровня развития глобального стереопсиса с помощью программы «СОС» у детей не выполнившими тестирование на первом этапе обследования; (5) определение гетерофории (нарушения сбалансированности работы глазодвигательной системы) с помощью диагностической компьютерной программы «Клинок-2»<sup>1)</sup> и теста с заслонкой (cover test); (6) определение уровня развития положительных и отрицательных резервов фузии с помощью программы «Клинок»; (7) заполнение специального опросника для выявления астенопических симптомов (совместно с родителями). После обследования, родители подробно разъясняли результаты тестирования и зрительные проблемы ребенка, и обсуждали пути преодоления этих проблем.

**Обработка данных.** При обработке данных использовали программу

Excel из пакета Microsoft. Для оценки достоверности различий между группами использовали критерий t-Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### Первый этап скрининга

**Оценка остроты зрения.** В офтальмологической практике ОЗ, равная 1.0 дес. ед. считается показателем нормального зрения, при котором ребёнок без напряжения видит объекты, расположенные на разных расстояниях, и ему не требуется коррекция. На рисунке 1 представлены гистограммы распределения монокулярной остроты зрения у учеников разных классов. При сравнении показателей видно, что в каждой возрастной группе у нормально развивающихся детей ОЗ, равная 1.0 дес. ед., является лишь нижней границей нормального зрения, а у большинства детей она превышает этот показатель и может достигать даже  $\geq 2.0$  дес. ед.

<sup>1)</sup> Клинок -2 – лечебно-диагностическая программа (сертификат соответствия № 3ЦСС RU.ME20.H02167)

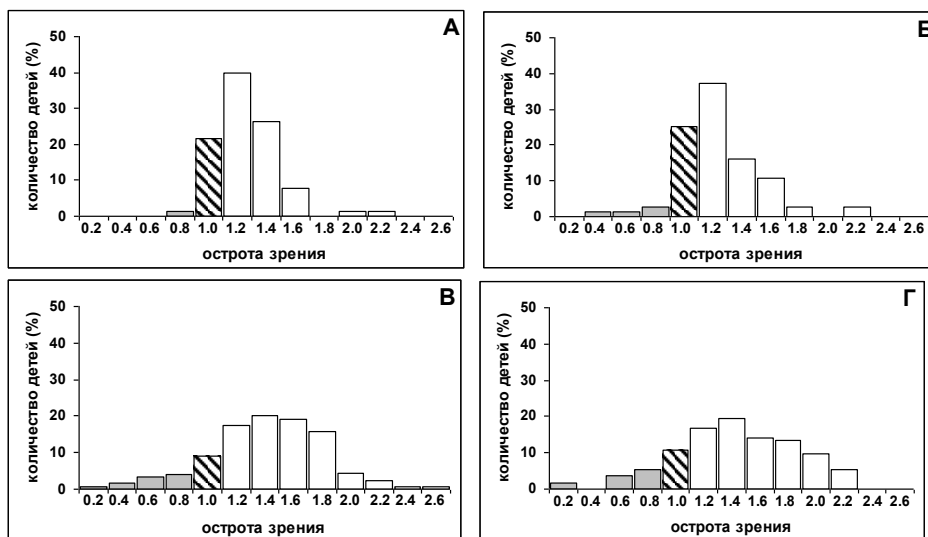


Рисунок 1. Гистограммы распределения показателей монокулярной остроты зрения: А – первый класс, Б – второй класс, В – третий класс, Г – четвертый класс.

Полученные результаты хорошо согласуются с данными других авторов [7; 22]. Анализ полученных нами данных показал (таблица 1), увеличение средней монокулярной ОЗ от 1.24 дес.ед. в первом классе до 1.53 дес.ед. – в четвертом ( $P < 0.001$ ), что соответствует представлениям о постепенном созревании зрительной системы [22]. При этом бинокулярная ОЗ превосходит монокулярную, что свидетельствует о функциональном преимуществе бинокулярного зрения (Таблица 1).

Таблица 1

*Средние показатели остроты зрения для нормально развивающихся детей разных возрастных групп*

Возрастная группа	Возраст	Монокулярная острота зрения			Бинокулярная острота зрения		
		n	M	$\sigma$	n	M	$\sigma$
1-й класс	6-7 лет	62	1.24	$\pm 0.23$	65	1.40	$\pm 0.26$
2-й класс	7-8 лет	67	1.30	$\pm 0.26$	70	1.47	$\pm 0.30$
3-й класс	8-9 лет	105	1.50	$\pm 0.32$	112	1.68	$\pm 0.36$
4-й класс	9-10 лет	89	1.53	$\pm 0.34$	89	1.75	$\pm 0.36$

*Примечание: n - количество обследованных детей; M – среднее значение остроты зрения;  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение*

В связи с этим, чтобы не пропустить начало патологического процесса необходимо измерять ОЗ не до 1.0 дес. ед. (стандартного показателя), а до порогового уровня. Например, у ребенка с ОЗ равной 1.6 дес. ед., при снижении её на 0.2 дес. ед. в год, патологический процесс будет зарегистрирован только через 3 года, и своевременная помощь ребенку не будет оказана. Или, при высокой, но различающейся более, чем на 0.2 дес. ед. ОЗ правого и левого глаза, у ребенка бинокулярное зрение может функционировать не в полном объёме, что очень сказывается на скорости и качестве выполнения зрительных нагрузок, а причина не будет установлена.

Параллельно с ростом ОЗ у одних детей, постепенно увеличивается и количество учащихся с нарушением ОЗ: в первом классе их 3 %, во втором – 10,7 %, в третьем – 12,5% и в четвёртом – 12,4 %. У этих детей можно предположить наличие патологических изменений: ошибку рефракции (дальнозоркость, близорукость и/или астигматизм), спазм аккомодации, анизометропию или амблиопию.

Из 372 человек, участвующих в скрининге, успешно прошли тестирование 323 ребенка (86,8 %), у которых показатели остроты зрения каждого глаза были  $\geq 1.0$ , или разница между глазами не превышала 0.1 дес.ед.

**Оценка уровня развития стереозрения.** СЗ – важный показатель функционального состояния бинокулярного зрения. Снижение остроты СЗ может свиде-

тельствовать о непостоянной экзотропии, гетерофории, амблиопии, анизометропии или снижении ОЗ из-за нескорректированной ошибки рефракции [26]. Поэтому тестирование СЗ, особенно с применением стереограмм из случайных точек, является обязательной составляющей современных скрининговых программ [9; 16; 27]. Эти тесты надежны, просты для выполнения и привлекательны для детей.

В соответствии с критериями, принятыми в международной практике, за норму был принят уровень развития СЗ  $\leq 60$  угл. с [9; 17]. Детей с остротой СЗ от 60 до 100 угл.с относят к группе риска, а при остроте СЗ  $> 100$  угл. с – к группе с нарушением СЗ.

В таблице 2 представлены результаты тестирования СЗ у 366 учащихся разных классов. Из приведенных данных видно, что процент детей с нарушением СЗ во всех возрастных группах намного выше, чем процент детей с нарушением ОЗ (см. выше).

Таблица 2

*Уровень развития стереозрения у детей разных возрастных групп*

Возрастная группа	Кол-во детей	Уровень развития стереозрения (в угл. с.)		
		Норма	Группа риска	Нарушения стереозрения
<b>Первый класс</b>	65	41 (63,1%)	16 (24,6%)	8 (12,3%)
<b>Второй класс</b>	74	32 (43,2%)	29 (39,2%)	13 (17,6%)
<b>Третий класс</b>	115	59 (51,3%)	32 (27,8%)	24 (20,9%)
<b>Четвертый класс</b>	112	43 (38,4%)	38 (33,9%)	31 (27,7%)

Полученные нами результаты хорошо согласуются с данными других исследователей [15]. Очень наглядно динамика изменения стереозрения у детей разных возрастных групп показана на рисунке 2.

Хорошо видно, что по мере взросления, количество детей с нарушенным СЗ неуклонно увеличивается. Даже в первых классах, с наиболее «благополучными» показателями, нормальное СЗ встречается лишь у 63,1 % детей, а к четвертому классу оно сохраняется только у 38,4 % . При этом у большинства детей сохраняется высокая ОЗ. Особое внимание следует обратить на большое количество детей группы риска, у которых нарушения СЗ появились недавно. Из 372 человек, участвующих в скрининге, лишь 180 детей (48,4 %) успешно прошли скрининг по этому показателю.

Результаты первого этапа скрининга для учащихся разных возрастных групп представлены в таблице 3. Из 372 учащихся успешно прошли скрининг по обоим тестам 168 (45.2 %) человек, у которых и ОЗ была  $\geq 1.0$  дес. ед. и уровень развития стереозрения не превышал 60 угл. с. Из 204 детей, не прошедших первичного тестирования, кабинет зрительной терапии нашего центра посетили 111 школьников вместе с родителями.

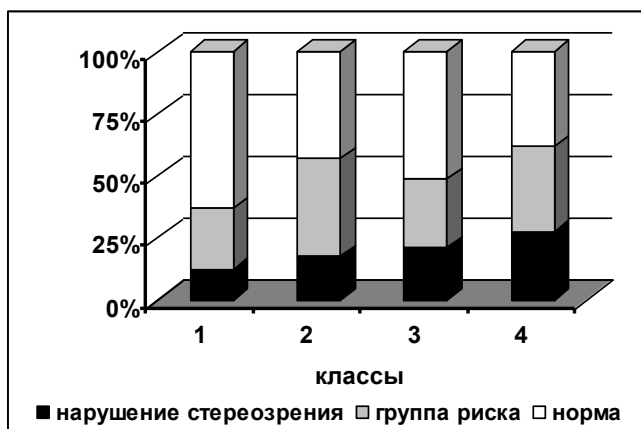


Рис. 2. Процентное соотношение детей с нормальным стереозрением, группы риска и с нарушением стереозрения в разных классах начальной школы.

Таблица 3

Результаты первого этапа скрининга

Класс	Всего детей	Успешно прошли скрининг	Приглашены в Центр
1-е	65	38	27
2-е	74	31	43
3-и	120	55	65
4-е	113	44	69
<b>Всего:</b>	<b>372</b>	<b>168</b>	<b>204</b>

Второй этап скрининга

Результаты *авторефрактометрии* (без циклоплегии) показали, что у 43,2 % детей рефракция нормальная (от -0,25 до +0,75 D). Среди детей с нарушением рефракции у 34,4 % была близорукость слабой степени (от - 0,5 до - 2,75 D), у 5,4 % – близорукость + астигматизм, у 10,8 % - астигматизм от 1,0 до 2,25 PD, у 3,6 % – дальнозоркость слабой степени (от + 1,00 до +1,25D) и у 2,7 % - дальнозоркость + астигматизм. Из приведенных данных видно, что большинство детей имеет слабую близорукую рефракцию, что даёт основание предположить началь-

ную стадию развития близорукости или наличие спазма аккомодации. Всем детям, имеющим снижение остроты зрения и ошибку рефракции, было рекомендовано посетить офтальмолога.

**Гетерофория** слабой степени была обнаружена у 18 % детей, а сильной степени ( $>4$  PD), требующая медицинского вмешательства, – у 11,8 % детей. Детям с гетерофорией для выполнения любой зрительной работы требуется больше времени, чем сверстникам с нормальным зрением, так как при смене фиксации взгляда им требуется дополнительное время для точной фокусировки. При длительной зрительной работе на близком расстоянии у них могут появиться астенопические симптомы, выражающиеся в зрительном напряжении, быстрой утомляемости, головной боли и др. [14; 20].

**Конвергенция** – это способность совместного сведения глаз внутрь (к носу) при фиксации взгляда на близком расположенных объектах для сохранения чёткого зрения. У 45,3 % детей ближайшая точка конвергенции соответствовала норме ( $\leq 5$  см), у 29,3 % - наблюдалось нарушение конвергенции средней тяжести, у 20,7 % детей было значительное нарушение конвергенции (ближайшая точка конвергенции была удалена более чем на 15 см) и у 4,7 % детей конвергенция не работала, так как при двух открытых глазах, на близком расстоянии они смотрят одним глазом. С клинической точки зрения, недостаточность конвергенции характеризуется удалением ближайшей точки конвергенции и снижением положительных резервов фузии, что вызывает неустойчивость бинокулярного зрения. При выполнении зрительной работы на близком расстоянии дети с нарушением конвергенции испытывают сильные астенопические симптомы, у них неустойчивое бинокулярное зрение и снижена зрительная работоспособность [10; 16].

**Фузия** – это процесс слияния в единый образ изображений, отдельно воспринимаемых правым и левым глазом. Предельные величины углов между максимальной конвергенцией и максимальной дивергенцией глаз, при которых сохраняется возможность фузии, называются **резервами фузии**. У обследованных нами учащихся конвергентные резервы фузии достигали нормальных показателей ( $\geq 15$  угл.град.) только у 2,8 %, а дивергентные – у 6,5 % детей (показатель нормы 6-8 угл. град.); у 67,3% детей конвергентные резервы и у 57 % дивергентные резервы были развиты не в полном объёме, а у 29,9 % и 36,5 %, соответственно, и конвергентные и дивергентные резервы отсутствовали ( $< 1$  угл. град.). У одного ребенка фузии вообще не было. Снижение резервов фузии приводит к неустойчивости бинокулярного зрения и невозможности выполнения работы на близком расстоянии в течение продолжительного времени, а также к снижению концентрации внимания [Grisham et al.,07].

**Стереозрение** среди детей, не прошедших первого этапа скрининга, было нормально развито у 17,7 % детей, нарушено у 29 % , а группу риска составляли – 53,3 %. Повторное тестирование подтвердило нарушения стереозрения, выявлены на первом этапе скрининга.



Сопоставление данных тестирования бинокулярных функций (гетерофории, конвергенции, резервов фузии и стереозрения) показали, что у шести (5,5 %) человек (5,5 %) была нарушена только одна функция, у 41 (37,9 %) - были нарушены две функции, у 43 (39,8 %) – три функции и у 18 (16,7 %) – четыре функции. Опрос детей совместно с родителями показал, что 16,8 % детей испытывают очень сильные астенопические симптомы и 59,8 % испытывают симптомы средней тяжести, что свидетельствует о начальной стадии зрительных нарушений.

Нарушения бинокулярных функций имеют центральные причины, внешне незаметны и не приводят к болевым ощущениям. Несмотря на зрительный дискомфорт и астенопические симптомы, дети не жалуются на зрение и думают, что видят нормально. Так как у большинства детей с нарушением бинокулярных функций высокая острота зрения, то родители не связывают такие проявления, как снижение концентрации внимания, нарушение зрительного прослеживания, нарушение тонкой моторики, избегание чтения и др. с нарушением зрения. Однако во многих исследованиях показано, что трудности при обучении, в большинстве случаев обусловлены не только и не столько снижением ОЗ и ошибкой рефракции, а в большей степени нарушениями бинокулярных функций [2; 13; 15; 19; 21].

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В научной литературе очень мало данных, касающихся зрительного статуса практически здоровых нормально развитых детей, испытывающих трудности при обучении, особенно при чтении. Наше пилотное исследование показало, что предложенная нами двухэтапная модель скрининга очень продуктивна, так как:

1. использование таблиц повышенной точности, позволяет определить порог ОЗ и своевременно обнаружить начало и причины процесса её снижения;

2. повышение порога стереозрения даёт основание предположить наличие нарушений бинокулярных функций. У всех детей, не прошедших первого этапа скрининга, при дифференциальном тестировании зрительных функций на втором этапе обследования были определены причины этих нарушений, что позволяет своевременно оказать детям помощь методами зрительной терапии;

3. бинокулярные функции нарушены у значительно большего процента, детей по сравнению со снижением ОЗ. Например, в четвёртом классе ОЗ снижена у 12,4% детей, а СЗ нарушено у 61,6% детей. Поэтому без скринингового тестирования бинокулярных функций эти нарушения могут остаться незамеченными, и не позволят детям полностью использовать свой потенциал при обучении.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексина И.Л., Чечельницкая С.М., Демьянова Т.Г., Авдеева Т.Г. Заболевания глаз и успеваемость детей в школе. // Детская больница. – 2010. – № 1. – С. 45-48.
2. Васильева Н.Н., Рожкова Г.И. Возрастная динамика фузионных резервов, измеренных при помощи циклопических тест-объектов с маркерами // Сенсорные системы. – 2009. – Т. 23, № 1. – С. 40-50.
3. Дембский Л.К. Индустриальная система охраны зрения детей и подростков в условиях реформирования здравоохранения. – Симферополь: Таврия. 1999. – 252 с.
4. Дембский Л.К., Дембская Н.Л. Нарастающая социальная проблема в системе охраны зрения по результатам углублённого скрининга. – 2010. <http://eyecenter.com.ua/direct/drugoe/0.1htm>
5. Подгольникова Т.А., Рожкова Г.И. Зрительная работоспособность дошкольников и первоклассников с нормальным и нарушенным бинокулярным зрением. // Дефектология. – 2000. – № 2. – С. 56-60.
6. Рожкова ГИ, Токарева ВС. Таблицы и тесты для оценки зрительных способностей. – М.: Владос, 2001. – 102 с.
7. Рожкова Г.И., Токарева В.С., Родионова Е.И., Ващенко Д.И., Васильева Н.Н. Возрастная динамика остроты зрения у школьников. III. Соотношение монокулярных и бинокулярных показателей // Сенсорные системы. – 2001. – Т.15, № 3. – С. 264-272.
8. Bailey RN. Assessing the predictive ability of the test positive findings of an elementary school vision screening. // Optom. Vis. Sci. – 1998. – V. 75. – P. 682-691.
9. Birch E, Williams C, Drover J, Adams R. Randot Preschool Stereoacuity test: normative data and validity. // J AAPOS. – 2008. – V. 12. – P. 23-26.
10. Borsting E, Mitchell L, Kulp MT et al. Improvement in academic behaviors after successful treatment of convergence insufficiency. // Optom. Vis. Sci. – 2012. – V.89. – N.1. P. 12-18.
11. Cohen A., Levin S., Mozlin R., et al. Guidelines for school vision screening programs. // American Optometric Association. 1992. P. 1- 24.
12. Gallaway M, Mitchell L. Validity of the VERA visual skills screening. Optometry, 2010, v.81, 571-579.
13. Garzia RP. The relationship between visual efficiency problems and learning. In: Scheiman MRM, ed. St. Louis, MO: CV Mosby; 2006.
14. Goss DA, Reynolds JL, Todd RE. Dissociated phoria twsts: rekiability and correlation with symptom survey scores. // J. Behav. Optom. – 2010. – V. 4. – P. 99-104.
15. Grisham D, Powers M, Riles P. Visual skills of poor readers in high school. // Optometry. – 2007. – V. 78. – P. 542-549.
16. Hammond RS, Schmidt PP. A random dot E stereogram for the vision screening of children. // Arch. Ophthalmol. – 1986. – V.104. – P. 54-60.

17. Jimenez R, Perez MA, Garcia JA, Gonzalez MD. Statistical normal values of visual parameters that characterize binocular function in children // *Ophthal. Physiol. Opt.* – 2004. – V. 24. – P. 528-542.
18. Koslowe KC. Binocular vision, coding tests and classroom achievement. // *J. Behav. Optom.* 1991. V. 2. N 1. P. 16-19.
19. Kulp MT., Schmidt PP. A pilot study. Depth perception and near stereoacuity: is it related to academic performance in young children? // *Binocular Vis. Strabismus Q.* – 2002. – V. 17. – P. 129-134.
20. Kulp MT., Schmidt PP. Effect of oculomotor and other visual skills on reading performance: a literature review. // *Optom. Vis. Sci.* – 1996. – V.73. – P. 283-292.
21. Kulp MT., Schmidt PP. Visual predictors of reading performance in kindergarten and first grade children. // *Optom. Vis. Sci.* – 1996. – V.73. P. 255-262.
22. Lam SR, LaRoche GR, De Becker I, Macpherson H. The range and variability of ophthalmological parameters in normal children aged 4 ½ to 5 ½ years. // *J. Pediatr. Ophthalmol. Strabismus.* – 1996. – V. 33. – P. 251-256.
23. Messina E. Standards for visual acuity. – 2006, pp 1-18.
24. Mozlin R. The epidemiology of school vision screenings. // *J. Behav. Optom.* – 2002. – V. 13. N 3. – P. 59-65.
25. Roch-Levecq A., Brody BL, Thomas RG, Brown SI. Ametropia, preschooler`s cognitive abilities, and effects of spectacle correction // *Arch. Ophthalmol.* – 2008. – V.126. N 2. – P. 252-258.
26. Rutstein RP, Corliss DA. Distance stereopsis as a screening device. // *Optom. Vis. Sci.* 2000. V.77. P. 135-139.
27. Schmidt PP. Vision screening with the RDE stereotest in pediatric populations. // *Optom. Vis. Sci.* – 1994. – V. 71. N.4. – P. 273-281.
28. Williams WR, Latif AHA, Hannington L., Watkins DR. Hyperopia and educational attainment in a primary school cohort. // *Arch. Dis. Child.* – 2005. – V. 90. – P. 150-153.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИЕМОВ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО СТРЕССА У ДЕТЕЙ

И.А. Криволапчук<sup>1</sup>, М.Б. Чернова, А.А. Герасимова  
ФГНУ «Институт возрастной физиологии» РАО, Москва

Предложена новая модель классификации приемов профилактики и коррекции стрессовых состояний. В соответствии с данной классификацией средства и методы управления состоянием психологического стресса подразделяются на 4 группы: I) приемы, позволяющие «избегать» формирования неблагоприятных функциональных состояний (ФС); II) приемы, уменьшающие чрезмерные психофизиологические затраты организма при стрессе; III) приемы, обеспечивающие адекватное «отреагирование» мобилизованных в стрессорных условиях психофизиологических резервов; IV) приемы, обеспечивающие увеличение психофизиологических резервов организма. В рассматриваемые группы средств управления ФС включены физические упражнения различной направленности.

**Ключевые слова:** оптимизация функционального состояния, профилактика и коррекция, физические упражнения, психологический стресс, адаптация, резервы организма, дети и подростки.

**Classification of stress coping strategies in children.** A new classification of methods of stress prevention and correction was suggested. According to this classification there are 4 groups of means and methods of stress management. They are: 1) techniques to "avoid" the formation of unfavourable functional states (FS); 2) techniques lowering excessive psychophysiological costs when under stress; 3) methods providing adequate "reaction" of reserves mobilized in stress; 4) techniques providing boosting of psychophysiological reserves of the organism. These groups of methods and techniques managing FS include different physical exercises.

**Key words:** functional state optimization, prevention and correction, physical exercises, psychological stress, adaptation, reserves of the organism, children and adolescents.

## Проблема классификации способов оптимизации функционального состояния при стрессе

В настоящее время проблема борьбы со стрессом посредством разработки средств и методов профилактики и коррекции неблагоприятных изменений функционального состояния (ФС), а также обоснования новых классификаций спосо-

---

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

бов его оптимизации привлекает к себе большое внимание специалистов из разных областей научного знания [4; 18; 33]. Особенно остро проблема управления ФС организма при стрессе стоит в отношении контингента детей школьного возраста. Во многом это связано с тем, что, осуществляемая в настоящее время модернизация всех сфер общественной жизни и связанные с ней изменения в содержании школьного образования предъявляют повышенные требования к нервно-психическим функциям детского организма, находящегося в процессе роста и развития. Как известно младший школьный и подростковый возраст рассматриваются в качестве критических периодов развития, характеризующихся увеличенной мозговой пластичностью [25]. Избыточная активация системы ответа на стресс в течение этих критических периодов может оказать глубокое влияние на нервно-психические функции детского организма, приводя к патологическим состояниям. В частности, в эти периоды развития, психосоциальные травмы обычно заканчиваются отдаленной предрасположенностью к беспокойству, депрессии и другим, связанным со стрессом болезням [5]. Все это делает проблему оптимизации ФС школьников весьма актуальной.

Существует большое разнообразие средств и методов оптимизации ФС человека при стрессе. Однако до настоящего времени нет общепринятой их классификации. В значительной мере это связано с высокой потребностью в профилактических, коррекционных и реабилитационных мероприятиях, разработка и внедрение которых нередко опережает формирование научно аргументированных представлений о механизмах осуществляемого воздействия, характере и особенностях оптимизируемых с их помощью состояний [4; 18; 19; 20]. Вместе с тем создан ряд достаточно обоснованных систематизаций, которые, однако, не охватывают весь спектр методов регуляции ФС [2; 7; 8; 40; 11 и др.]. Последнее обстоятельство при решении ряда фундаментальных и, особенно, прикладных задач существенно затрудняет адекватное использование отдельных приемов и методик. Это вызывает необходимость подразделения всего многообразия способов оптимизации ФС человека на более общие группы, объединяющие, в соответствии с определенными признаками, различные психологические, физиологические, психотерапевтические, медицинские, педагогические средства и методы. В качестве таких признаков в литературе рассматривают (табл. 1) позицию, которую занимает индивид по отношению к оказываемому воздействию [20], характер управления ФС [21], уровень саморегуляции, компоненты структуры состояния, ведущую систему активации [13], ориентацию преимущественно на профилактику неблагоприятных ФС или на их коррекцию [40], уровень оказываемой помощи и продолжительность воздействия [10], сферу применения различных способов профилактики и коррекции ФС в последовательном процессе развития когнитивных, аффективных и поведенческих реакций при формировании психосоциального стресса [33].

Наиболее полная и обоснованная классификация приемов управления состоянием психологического стресса, включающая профилактическое и коррекционное направления оптимизации ФС, создана В.А. Бодровым [4] на основании результа-

тов собственных многолетних исследований и анализа литературных данных. В рамках этих направлений выделены четыре группы способов регуляции ФС: приемы групповой профилактики стресса; приемы индивидуальной профилактики стресса; приемы внешней индивидуальной регуляции стресса; приемы психической саморегуляции. Опыт практического использования данной систематизации позволил автору сделать заключение о том, что выбор средств и методов преодоления стресса определяется рядом факторов, к которым, прежде всего, относятся: индивидуальные особенности субъекта (психический статус, состояние здоровья, возраст и др.); индивидуальный стиль жизни (формы активности, нагрузки), эмоциональные реакции при реализации различных видов деятельности; использование процедур объективного и субъективного контроля за функциональным состоянием; цели коррекции состояния стресса (снижение эмоциональных проявлений, устранение объективных нарушений психического статуса, оптимизация межличностных отношений и т.д.) [4].

Таблица 1

*Классификаторы и группы средств оптимизации ФС*

<b>Классификационный признак</b>	<b>Группы методов и средств</b>	<b>Автор</b>
Ориентация на превентивные или оперативные стратегии преодоления стресса	Превентивные: избегание стрессоров, регулирование уровня требований к человеку, трансформация видов поведения, вызывающих стресс. Оперативные: контроль за стрессорами и симптомами стресса, активное преодоление стресса, повышение стрессоустойчивости, снижение уровня активации (возбуждения).	Matheny К., 1986 [40]
Позиция, которую занимает индивид по отношению к оказываемому воздействию	Способы опосредованного воздействия на ФС, способы непосредственного внешнего воздействия и внутренней оптимизации ФС.	Леонова А.Б., 1993 [20]
Характер управления ФС	Методы оперативного управления: методы психической и психофизиологической регуляции. Методы программного управления: физиолого-гигиенические методы и фармакологические средства.	Марищук В.Л., 2001 [21]
Уровень саморегуляции (1), ведущий компонент структуры состояния (2), ведущая система активации (3)	Способы саморегуляции ФС, дифференцированные по отношению к уровню регуляции, компонентам структуры деятельности, ведущим механизмам активации: 1). Произвольный и неосознаваемый, произвольный и осознаваемый, осознаваемый и	Дикая Л.Г., 2002 [13]

	целенаправленный; 2) Активационный, активационно-эмоциональный, когнитивно-эмоциональный, когнитивно-мотивационный; 3) Генерализованная активация, избирательная и локальная активация, эмоционально-волевые, мотивационно-целевые.	
Направленность методов и средств управления стрессом преимущественно на профилактику неблагоприятных ФС или на их коррекцию	Профилактические: приемы группового опосредованного воздействия, приемы индивидуального непосредственного воздействия. Коррекционные: методы и средства внешнего индивидуального воздействия, методы психической саморегуляции.	Бодров В.А., 2006 [4]
Уровень оказываемой помощи (1) и продолжительность воздействия (2)	1) Самопомощь, взаимопомощь, первая помощь, квалифицированная, специализированная; 2) Сверхбыстрая, быстрая, длительная, сверхдлительная.	Глухов Д.В., 2011 [10]
Сфера применения различных способов оптимизации ФС в последовательном процессе развития когнитивных, аффективных и поведенческих реакций при стрессе	Способы регуляции, позволяющие избежать формирования неблагоприятных ФС, способы, направленные на снижение чрезмерных психофизиологических затрат организма, способы, обеспечивающие адекватное «отреагирование» мобилизованных психофизиологических ресурсов.	Everly D., 2013 [33]

Важно отметить, что в этих классификациях определенное внимание уделяется физическим упражнениям (ФУ) и оздоровительным технологиям физического воспитания. Однако потенциальные возможности упражнений различной направленности как средства оптимизации ФС при психологическом стрессе раскрываются в них в крайне незначительной степени, неоправданно мало внимания уделяется профилактической ценности адекватных возрастным и индивидуальным особенностям детей физических нагрузок (ФН).

### **Физические упражнения как средство оптимизации функционального состояния**

Вместе с тем оздоровительные технологии, рожденные в недрах физической культуры, средства и методы физического воспитания должны занимать ведущее место в системе профилактических мероприятий, обеспечивающих оптимизацию ФС детей и подростков в условиях хронического психоэмоционального напряжения. Данные литературы и исследований, проведенных нами на различных контингентах учащихся, показывают, что систематическое использование физических упражнений в занятиях по физическому воспитанию способствует экономи-

зации физиологических функций в условиях психологического стресса, повышению эффективности реализации напряженной информационной нагрузки, снижению уровня тревожности и депрессии, нормализации самочувствия и настроения, улучшению самооценки и возрастанию уверенности в себе.

Под влиянием систематических занятий ФУ, как правило, отмечается снижение фонового функционального уровня неспецифической активации. Меньшая активированность сочетается с увеличением резервов организма. Благодаря этому диапазон внешних воздействий, на которые человек реагирует адекватным образом, значительно расширяется. Вследствие систематической физической тренировки один и тот же психофизиологический эффект достигается при более значительной интенсивности влияния на фоне повышения мощности и экономичности функционирования организма. С другой стороны, долговременная адаптация к адекватным физическим нагрузкам приводит к тому, что «стандартное» стрессорное воздействие вызывает у одного и того же человека меньший психофизиологический эффект. Это связано с тем, что физические нагрузки обладают способностью одновременно формировать как неспецифические, так и специфические функциональные изменения. Нарушения гомеостаза, вызванные физической нагрузкой, через высшие уровни регуляции активирует системы, ответственные за адаптацию [23, 45]. В результате возникают две цепи явлений: во-первых, происходит мобилизация функциональной системы, специфически ответственной за адаптацию к физической нагрузке; во-вторых, запускаются общие, неспецифические изменения, обусловленные повышением активности эрготропной системы мозга и, соответственно, стресс-реализующих адренергической и гипофизарно-адреналовой систем, стереотипно реагирующих не только на ФУ, но и самые различные воздействия, достигающие порогового уровня [1; 3; 22; 23; 24; 45].

Эти неспецифические изменения практически не связаны с качественными характеристиками ФН. Их величина определяется преимущественно «силой» воздействия мышечной деятельности независимо от конкретных особенностей ФУ. Кроме того, изменения метаболизма, отмечаемые на клеточном и молекулярном уровнях при напряженной ФН однотипны с изменениями обмена веществ, вызванными различными стресс-факторами: сдвиг рН в кислую сторону, усиление катаболических процессов, повышение амиакообразования, набухание митохондрий, частичное разобщение дыхания с фосфорилированием, усиление гликолиза и накопление лактата [28]. Отмечаются и специфические сдвиги, создающие в ряде случаев общий фундамент для перекрестной адаптации. Это, прежде всего, связано с повышением возможности клеток осуществлять адаптивный синтез белков, устойчивых к различным альтерирующим факторам. Дело в том, что увеличенная физиологическая функция активирует генетический аппарат клетки, стимулируя синтез нуклеиновых кислот и белков, образующих ключевые структуры клеток, лимитирующие их работоспособность. В результате избирательного роста этих ключевых структур формируется так называемый системный структурный след, лежащий в основе перехода срочной, но несовершенной адаптации, в устой-



чивую долговременную адаптацию [3; 23]. Совокупность рассматриваемых психофизиологических изменений является неспецифической основой повышения устойчивости ФС к неблагоприятным воздействиям.

Вместе с тем физиологические и биохимические изменения в нервной системе, обусловленные физической нагрузкой, значительно отличаются от процессов, характерных для дистресса, что, в частности, выражается в отличиях в уровне ростовых факторов, половых и тиреоидных гормонов при стрессе и при физической работе [26]. Существенным фактом, опровергающим стресс-принадлежность физической работы, является компенсирующее влияние физической нагрузки на ферментативные процессы синтеза нейропептидов в различных отделах центральной нервной системы при стрессе. Полученные результаты позволили сформулировать гипотезу о «физически тренированной нервной системе» [26].

Как известно в основе обучения и памяти лежит явление синаптической пластичности – способности синапсов к функциональным и морфологическим перестройкам в процессе их высокой активности [12]. Под влиянием физических упражнений в мозге происходит усиление выработки BDNF (brain-derived neurotrophic factor) – одного из наиболее важных нейротрофических факторов, необходимых для синаптической перестройки [29; 47]. При систематических физических нагрузках наблюдается изменение количества серотонина, дофамина и норадреналина, высвобождающихся из пресинаптических окончаний в ответ на сигнал, трансформация количества рецепторов на постсинаптической мембране, а также их сродства к эффекторам [41; 42], что позволяет рассматривать данное явление, как «тренировку» синапса [26].

На базе современных сведений о физиологических механизмах оздоровительного влияния рационально организованной двигательной активности и оптимизирующих эффектах ФУ раскрываются принципиальные возможности создания инновационных педагогических технологий, позволяющих осуществлять нефармакологическую коррекцию донозологических нарушений ФС, профилактику и лечение атеросклероза, артериальной гипертензии, диабета, неврозов, ожирения, ИБС, аллергии, нарушений функций иммунной системы, ряда психических и онкологических заболеваний [3; 9; 14; 17; 23; 35; 36; 43]. Особенно многообещающим представляется использование ФУ для профилактики и коррекции неблагоприятных последствий психологического стресса [6; 15; 31; 32, 34; 37; 38; 39; 44; 46, 48].

Выделяются срочные, отставленные и кумулятивные эффекты влияния ФН на ФС организма в условиях психологического стресса [15; 20; 33]. Все виды эффектов рассматриваются как проявление феномена положительной перекрестной адаптации. В основе перекрестного профилактического эффекта адаптации к ФН лежат, прежде всего, приспособительные изменения, проявляющиеся на биохимическом, физиологическом, нейро- и психодинамическом уровнях интегральной индивидуальности. Человек всегда подвержен влиянию сложного комплекса факторов, каждый из которых выражен в разной степени относительно своего опти-

мального значения. При комплексном воздействии между отдельными факторами возникают определенные взаимоотношения, при которых действие одного фактора может усиливать или ослаблять влияние другого. Изменение устойчивости к воздействию комбинаций различных факторов также является проявлением перекрестной адаптации.

Наиболее эффективный путь формирования положительных перекрестных эффектов заключается в использовании комбинированной адаптации к нескольким одновременно действующим факторам. Однако сочетание основного (физической нагрузки) и дополнительного (холода, гипоксии, эмоционального напряжения) факторов является эффективным лишь тогда, когда последний адекватно усиливает нарушения гомеостаза, вызываемые первым.

### **Модель классификации приемов профилактики и коррекции стрессовых состояний**

С учётом вышеизложенного нами разработана классификация способов оптимизации ФС, базирующаяся на теоретических подходах D. Everly [33] (табл. 2). В рамках этой классификации выделены четыре группы средств нормализации ФС. Мы сочли необходимым включить в их состав различные виды ФУ, а также те приемы улучшение и коррекции состояния человека, которые базируются на использовании физической активности.

*Таблица 2*

#### *Классификация способов оптимизации функциональных состояний*

<b>Способы, позволяющие «избегать» формирования неблагоприятных функциональных состояний</b>
<b>Группа I</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Библиотерапия</li> <li>Витаминотерапия</li> <li>Выработка навыков самоощущения</li> <li>Групповой тренинг</li> <li>Изменение образа жизни</li> <li>Изменения режима питания</li> <li>Нормализация условий труда</li> <li>Оптимальная двигательная активность</li> <li>Оптимизация социально-психологического климата</li> <li>Освоение методов стимулирования положительных эмоций (положительного эмоционального тона ощущений)</li> <li>Психотерапевтическое консультирование</li> <li>Психофармакотерапия</li> <li>Рационализация режима труда и отдыха</li> </ul>

<p>Самооценка стрессоров Устранение лишних стрессоров</p>
<p><b>Способы, уменьшающие чрезмерные психофизиологические затраты организма при стрессе</b></p>
<p><b>Группа II</b></p>
<p>Аромифитоэргономика Арттерапия, имаготерапия Аутогенная тренировка Биологическая обратная связь Внушение, самовнушение Гипноз, самогипноз Идеомоторная тренировка и сенсорная репродукция Йога Массаж, самомассаж Медитация Нервно-мышечная релаксация Постуральные (познотонические) упражнения Психофармакотерапия Регулируемое дыхание Рефлексотерапия Тай-цзы Танцевальная терапия (отставленный эффект) Телесная психотерапия (отставленный эффект) Физические упражнения анаэробной гликолитической направленности (отставленный эффект) Физические упражнения аэробно-анаэробной направленности (отставленный эффект) Физические упражнения аэробной направленности (отставленный эффект) Физические упражнения в комплексе с другими средствами оптимизации ФС (отставленный эффект) Физические упражнения, обуславливающие интенсивную вестибулярную афферентацию (отставленный эффект) Функциональная музыка и светомузыка</p>
<p><b>Способы, обеспечивающие адекватное «отреагирование» мобилизованных при стрессе психофизиологических ресурсов</b></p>
<p><b>Группа III</b></p>
<p>Гипоксическая тренировка (срочный эффект) Закаливающие процедуры (срочный эффект) Катарсис Постуральные физические упражнения (срочный эффект) Психогимнастика (срочный эффект) Танцевальная терапия (срочный эффект) Телесная психотерапия (срочный эффект) Физические упражнения анаэробной алактатной направленности (срочный эффект) Физические упражнения анаэробной гликолитической направленности (срочный эффект)</p>

<p>Физические упражнения аэробно-анаэробной направленности (срочный эффект)</p> <p>Физические упражнения аэробной направленности (срочный эффект)</p> <p>Физические упражнения в комплексе с другими средствами оптимизации ФС (срочный эффект)</p> <p>Физические упражнения, обуславливающие интенсивную вестибулярную афферентацию (срочный эффект)</p>
<p><b>Способы, обеспечивающие увеличение психофизиологических резервов организма</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>Группа IV</b></p> <p>Комбинированная долговременная адаптация к нескольким одновременно действующим дозированным факторам (физическая нагрузка, холод, гипоксия, эмоциональное напряжение и т.д.).</p> <p>Систематическая гипоксическая тренировка (кумулятивный эффект)</p> <p>Систематическое использование дозированных стрессорных воздействий (эмоциональное напряжение, холод и т.д.)</p> <p>Систематическое использование дозированных физических нагрузок анаэробной гликолитической направленности (кумулятивный эффект)</p> <p>Систематическое использование дозированных физических нагрузок аэробной направленности (кумулятивный эффект)</p> <p>Систематическое использование дозированных физических нагрузок аэробно-анаэробной направленности (кумулятивный эффект)</p> <p>Систематическое использование закалывающих процедур (кумулятивный эффект)</p> <p>Систематическое использование физических упражнений в комплексе с другими средствами оптимизации ФС</p> <p>Систематическое использование физических упражнений, обуславливающих интенсивную вестибулярную афферентацию</p>

В первую группу вошла двигательная активность как неспецифическое средство улучшения психофизиологического статуса организма. Вторая группа дополнена ФУ преимущественно аэробной, анаэробной и смешанной направленности, познотоническими упражнениями и вестибулярными нагрузками. Отставленные эффекты данных средств физического воспитания знаменуют формирование такого исходного ФС (трофотропная настройка), на фоне которого адекватное приспособление к действию разнообразных стресс факторов протекает за счёт меньшей мобилизации и экономичного расходования ресурсов организма. В эту группу включены также аэрофитозэргономика, танцевальная терапия, арттерапия, имаготерапия, телесная психотерапия, упражнения йоги и тай-цзы. В состав третьей группы вошли ФН аэробной, смешанной и анаэробной направленности, вестибулярные и познотонические упражнения, закалывающие процедуры, гипоксическая тренировка, танцевальная и телесная терапия. Срочные эффекты этих средств оптимизации ФС обеспечивают эволюционно закреплённую биологически целесообразную «утилизацию» мобилизованных ресурсов, перестройку метаболизма в сторону преобладания трофотропных процессов.

Анализируемые выше данные о том, что рационально дозированная адаптация к определенным факторам окружающей среды (мышечным нагрузкам, гипоксии, холодовым воздействием, психосоциальному стрессу и т.д.), обеспечивает повышение резервных возможностей, функциональной устойчивости, мощности и экономичности функционирования систем вегетативного обеспечения деятельности, стресс-реализующих, стресс-ограничивающих систем организма [1, 3, 22, 23, 28, 45], позволили дополнить рассматриваемую классификацию четвертой группой способов оптимизации ФС. Средства и методы, входящие в состав данной группы, обеспечивают расширение психофизиологических резервов организма, снижение избыточной психофизиологической реактивности, повышение устойчивости к действию стрессоров различной природы (см. табл. 2). Данная группа способов оптимизации ФС сформирована на основе учета положительных перекрестных эффектов долговременной адаптации к «управляемому» воздействию ряда природных и социальных стресс-факторов: мышечных нагрузок (аэробной, смешанной и анаэробной направленности); нагрузок на вестибулярный аппарат; гипоксии; высоких и низких температур окружающей среды; психоэмоционального напряжения.

Необходимо отметить, что подразделение указанных способов оптимизации ФС на 4 группы носит весьма условный характер, поскольку многие из рассматриваемых приемов могут быть использованы и для профилактики неблагоприятных ФС и для их непосредственной коррекции на различных этапах адаптации к стрессорному воздействию.

Поскольку ФУ являются самым распространенным и легко регламентируемым видом стрессорного воздействия, они рассматриваются нами как основное средство долговременной оптимизации ФС детей и подростков. При этом мы далеки от мысли, что использование ФУ является «единственным» универсальным способом регуляции ФС. Очевидно, что не существует всеобъемлющих профилактических и коррекционных средств, позволяющих устранять негативные влияния различных факторов, действующих во всем многообразии внешних условий. Вместе с тем, акцентирование внимания на потенциальных возможностях ФУ различной направленности в плане учета их оптимизирующих эффектов в отношении неблагоприятных ФС, характеризующихся повышенной актуализацией психофизиологических резервов, нам представляется весьма необходимым.

### **Параметры физической нагрузки оздоровительной направленности при стрессе для детей школьного возраста**

Качество оптимизирующих эффектов ФУ, во многом, определяется соответствием параметров используемых нагрузок возрастным и индивидуальным адаптационным возможностям детей и подростков. Выбор эффективных ФН оздоровительной направленности осуществляется с учетом характеристик и критериев, отражающих меру воздействия физических упражнений на ФС занимающихся. К

таким характеристикам относятся основные компоненты ФН тесно взаимосвязанные друг с другом:

- 1) вид упражнений (специфичность);
- 2) оздоровительный потенциал;
- 3) особенности энергообеспечения (аэробные, анаэробные, смешанные);
- 4) интенсивность нагрузки;
- 5) объем нагрузки;
- 6) кратность занятий;
- 7) распределение нагрузки во времени;
- 8) взаимосвязь нагрузок различной направленности.

От соотношения этих компонентов зависят особенности приспособительных изменений в организме. Опираясь на адаптационные возможности организма, можно целенаправленно использовать те или иные формы воздействия и, регулируя компоненты нагрузки, формировать те функциональные изменения, которые повышают устойчивость детей и подростков к воздействию психосоциальных стрессоров.

Вместе с тем при выборе адекватных средств и методов оптимизации ФС детей при стрессе, большое значение имеет учет онтогенетических закономерностей развития ребенка, определяющих его особенности, функциональные и адаптационные возможности в различные возрастные периоды [25; 27]. В этой связи для разработки принципов использования разнообразных приемов профилактики и коррекции психологического стресса в возрастном аспекте, важно также принимать во внимание, что многие средства и методы оптимизации ФС имеют определенные ограничения по их применению, обусловленные возрастом и индивидуальными особенностями детей, тогда как правильно дозированные физические упражнения таким «недостатком» не обладают. В таблице 3 представлены наиболее общие параметры физических нагрузок оздоровительной направленности, рекомендуемые для оптимизации ФС детей 5-17 лет [16; 30; 36].

*Таблица 3*

*Параметры физической нагрузки оздоровительной направленности при стрессе для детей 5-17 лет*

Параметры нагрузки	Направленность
	аэробные и анаэробные
Продолжительность в день	20-60 мин
Продолжительность в неделю	120-360 мин
Частота занятий в день	1-2
Частота занятий в неделю	6-12
Интенсивность (МЕТ)	3,0-7,0
Интенсивность (по шкале Борга от 0 до 10)	5-8

Целесообразно подчеркнуть, что, несмотря на имеющиеся данные общего порядка, касающиеся объема, интенсивности, направленности физической нагрузки и частоты занятий, необходимы дальнейшие углубленные комплексные исследования для детального обоснования рациональных двигательных режимов, поиска эффективных средств, методов и технологий физического воспитания, учитывающих возрастные, типологические и индивидуальные особенности детей на разных этапах развития. Особенно важно определить адекватные параметры физических нагрузок, способствующих нормализации ФС в стрессорных условиях в критические периоды развития, характеризующиеся качественными морфофункциональными преобразованиями базовых механизмов адаптации ребенка к смене социально-средовых факторов [27].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа современных сведений о механизмах оздоровительного влияния рационально организованной двигательной активности и физических упражнений на состояние организма и результатов собственных исследований, предложена новая модель классификации приемов профилактики и коррекции неблагоприятных последствий психологического стресса. В соответствии с данной классификацией средства и методы управления состоянием психологического стресса подразделяются на четыре группы: I) приемы, позволяющие «избегать» формирования неблагоприятных ФС; II) приемы, уменьшающие чрезмерные психофизиологические затраты организма при стрессе; III) приемы, обеспечивающие адекватное «отреагирование» мобилизованных психофизиологических резервов; IV) приемы, обеспечивающие увеличение психофизиологических резервов организма.

В первую группу вошла двигательная активность как неспецифическое средство улучшения ФС организма; во вторую – «отставленные» эффекты физических упражнений преимущественно аэробной, анаэробной и смешанной направленности, познотонических упражнений и вестибулярных нагрузок; в третью – «срочные» эффекты физических упражнений преимущественно аэробной, анаэробной и смешанной направленности, познотонических упражнений и вестибулярных нагрузок, закаливающих процедур, гипоксической тренировки, танцевальной и телесной терапии; в четвертую – «долговременные» положительные перекрестные эффекты адаптации к управляемому воздействию ряда природных и социальных стресс-факторов: мышечных нагрузок (аэробной, смешанной и анаэробной направленности); нагрузок на вестибулярный аппарат; гипоксии; высоких и низких температур окружающей среды; психоэмоционального напряжения.

В заключение целесообразно подчеркнуть, что ценность физических упражнений как средства повышения стрессоустойчивости детей состоит не только в том, что с их помощью можно управлять морфофункциональным развитием ор-

ганизма и содействовать формированию всех сторон личности ребенка, но и оптимизировать физиологические, психологические и поведенческие аспекты ФС при напряженной когнитивной деятельности.

*Работа выполнена при поддержке Российского гуманитарного научного фонда (грант № 13-06-00191а).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 284 с.
2. Алексеев А.В. Психомышечная тренировка - метод психической саморегуляции. – М.: Физическая культура и спорт, 1979. – 28 с.
3. Аэробные упражнения / А.А. Виру, Т.А. Юриямяэ, Т.А. Смирнова. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 142 с.
4. Бодров В.А. Психологический стресс: развитие и преодоление. – М.: ПЭР СЭ, 2006. – 528 с.
5. Брызгунов И.П., Михайлова А.Н., Столяров Е.В. Посттравматическое стрессовое расстройство у детей и подростков. – М.: ИД «МЕДПРАКТИКА-М», 2008. – 144 с.
6. Бунзен П.В., Евдокимов О.М., Унесталь Л.Э. Современные технологии укрепления психофизического состояния и психосоциального здоровья населения // Теория и практика физической культуры. – 1996. – №8. – С. 57-63.
7. Вяткин Б.А. Управление психическим стрессом в спортивных соревнованиях. – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 112 с.
8. Габдреева Г.Ш. Основы самоуправления психическим состоянием // Проблемы самоуправления в системе психологической службы вузов. – Казань: Изд-во КГУ, 1983. – С. 135-191.
9. Гаврилова Е.А., Шабанова Л.Ф. Стресс-индуцированные нарушения иммунной функции и их психокоррекция // Физиология человека. – 1998. – Т. 24. – № 1. – С. 123-130.
10. Глухов Д.В., Михайлин В.Н., Жовнерчук Е.В. Медико-психологическая коррекция информационного стресса у офицеров оперативного управления // Психическое здоровье. – 2011. – №6 (61). – С. 59-64.
11. Гримак Л.П. Резервы человеческой психики: Введение в психологию активности. – М.: Политиздат, 1987. – 286 с.
12. Данилова Н.Н. Психофизиология. – М.: Аспект Пресс, 2008. – С. 324-356.
13. Дикая Л.Г. Психология саморегуляции функционального состояния субъекта в экстремальных условиях деятельности: Автореф. дис. ... докт. психол. наук. – М., 2002. – 40 с.



14. Косицкий Г.И. Биологическая эволюция человека и профилактика сердечно-сосудистых заболеваний // Превентивная кардиология / Под ред. Г.И. Косицкого. – М.: Медицина, 1987. – С.11-21.
15. Криволапчук И. А. Немедикаментозная профилактика и коррекция последствий школьного стресса: возможности физических упражнений // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2004. – № 1. – С. 10-16.
16. Криволапчук И.А. Оптимизация функционального состояния детей в процессе физического воспитания: монография. – Гродно: ГрГУ, 2007. – 346 с.
17. Купер К. Аэробика для хорошего самочувствия. – М.: Физкультура и спорт, 1989. – 224 с.
18. Леонова А.Б. Основные подходы к изучению профессионального стресса // Вестн. москв. ун-та. Сер. Психология. – 2000. – № 3. – С. 4-20.
19. Леонова А.Б. Психодиагностика функциональных состояний человека. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1984. – 200 с.
20. Леонова А.Б., Кузнецова А.С. Психопрофилактика стрессов. – М.: Изд-во Москв. ун-та, 1993. – 124 с.
21. Марищук В.Л., Евдокимов В.И. Поведение и саморегуляция человека в условиях стресса. – СПб.: Изд. дом «Сентябрь», 2001. – 260 с.
22. Медведев В.И. Адаптация человека. – СПб.: Институт мозга РАН, 2003. – 584 с.
23. Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. – М.: Медицина, 1988. – 256 с.
24. Пшенникова М.Г. Адаптация к физическим нагрузкам // Физиология адаптационных процессов: Руководство по физиологии / Под ред. О.Г. Газенко, Ф.З. Меерсона. – М., 1986. – С. 124-221.
25. 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.
26. Соловьев В. Б. Роль пептидергической системы в адаптационных процессах и регуляции метаболизма при физической работе: автореф. дис. ... д-ра. биол. наук: 03.01.14. – М., 2011. – 39 с.
27. Фарбер Д.А., Безруких М.М. Методологические аспекты изучения физиологии развития ребенка // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 5. – С. 8-16.
28. Яковлев Н.Н.: Живое и среда. – М.: Наука, 1986. – 176 с.
29. Achiron A., Kalron A. Physical activity: positive impact on brain plasticity // Harefuah. 2008. – Vol. 147, №3. – p. 252-255, 276.
30. Australia's Physical Activity & Sedentary Behaviour Guidelines for Young People (13 -17 year olds). Australian Government Department of Health and Ageing, 2013.  
(<http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/content/health-publth-strateg-phys-act-guidelines#npa05>, accessed 07.05.2014).

31. Brooke S.T., Long B.C. Efficiency of Coping with a Real-Life Stressor: A Multimodal Comparison of Aerobic Fitness // *Psychophysiology*. – 1987. – Vol. 24. – N 2. – p. 173-180.
32. 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.
33. Everly G., Latin J. *A Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response*. – NY: Springer, 2013. – 486 p.
34. Forcier K., Stroud L.R., Papandonatos G.D. et al. Links between physical fitness and cardiovascular reactivity and recovery to psychological stressors: A metaanalysis // *Health Psychol*. – 2006. – Vol. 25, № 6. – P. 723-739.
35. Georgiades A., Sherwood A., Gullette E.C. et al. Effects of Exercise and Weight Loss on Mental Stress-Induced Cardiovascular Responses in Individuals With High Blood Pressure // *Hypertension*. – 2000. – Vol. 36. – P. 171-176.
36. Global recommendations on physical activity for health. – Geneva, World Health Organization, 2010. – 60 p.
37. Hale B.S., Koch K.R., Raglin J.S. State anxiety responses to 60 minutes of cross training // *Br. J. Sports Med*. – 2002. – Vol. 36. – P. 105-107.
38. Holmes D., Roth D. Association of Aerobic Fitness with Pulse Rate and Subjective Responses to Psychological Stress // *Psychophysiology*. – 1985. – Vol. 22, N5. – P. 525-529.
39. Hull E., Yong S., Ziegler M. Aerobic Fitness Affects Cardiovascular and Catecholamine Responses to Stressors // *Psychophysiology*. – 1984. – Vol. 21., N 3. – P. 353-360.
40. Matheny K., Aycock D.W., High J.L., Cutlette W.L., Silva-Cannella K.A. Stress coping: A qualitative and quantitative synthesis with implications for treatment // *Counseling Psychologist*. – 1986. – Vol. 14 (2). – P. 499-549.
41. Meeusen R. Exercise and the brain: insight in new therapeutic modalities // *Ann Transplant*. – 2005. – Vol. 10, №4, – P. 49-51.
42. Meeusen R., De Meirleir K. Exercise and brain neurotransmission // *Sports Med*. – 1995. – Vol. 20, №3. – P. 160-188.
43. Pate R.R., Pratt M., Blair S.N. et al. 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. – P. 402-407.
44. Shulhan D., Scher H., Furedy J. Phasic Reactivity to Psychological Stress as a Function of Aerobic Fitness Level // *Psychophysiology*. 1986. – Vol. 23. – № 5. – P. 562-566.
45. Sothmann M. S. The cross-stressor adaptation hypothesis and exercise training/ *Psychobiology of physical activity* / Eds. E. O. Acevedo & P. Ekkekakis. – Champaign: Human Kinetics Publishers. 2006. – P. 152-154.

46. Spalding T.W., Jeffers L.S., Poges S.W., Hatfield B.D. Vagal and cardiac reactivity to psychological stressors in trained and untrained men // *Med. Sci. Sports Exerc.* - 2000. – Vol.32. – N 3. – P. 581-591.
47. Vaynman S., Ying, Z., Gomez-Pinilla, F. Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition // *Eur J Neurosci.* – 2004. – Vol. 20, № 10. – P. 2580-2590.
48. Wipfli B.M., Rethorst C.D., Landers D.M. The anxiolytic effects of exercise: a meta-analysis of randomized trials and dose-response analysis // *J Sport Exerc Psychol.* – 2008. – Vol. 30, № 4. – P. 392-410.

# АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ШКОЛЬНИКОВ 11-14 ЛЕТ

С.А. Баранцев, И.А. Криволапчук<sup>1</sup>, А.А. Герасимова, И.И. Криволапчук  
ФГНУ «Институт возрастной физиологии» РАО, Москва

*На основе использования факторного анализа установлено, что физическую работоспособность детей 11-12 и 13-14 лет определяют общие факторы, характеризующих аэробные и анаэробные процессы энергообеспечения мышечной деятельности. Разработана комплексная оценка физической работоспособности детей 11-14 лет, включающая 10 информативных показателей, отобранных в результате факторного анализа и экспертной оценки. Алгоритм определения комплексной оценки физической работоспособности и подготовленности включал 5 основных этапов: выявление информативных показателей, характеризующих работоспособность; разработка шкалы оценок; определение весовых коэффициентов, характеризующих вклад показателя в общую оценку работоспособности; определение итоговой бальной оценки отдельного показателя с учетом весового коэффициента; построение комплексной оценки работоспособности на основе суммирования оценок информативных переменных.*

**Ключевые слова:** физическая работоспособность, двигательная подготовленность, аэробные и анаэробные биоэнергетические процессы, комплексная оценка, школьники

**Algorithm of complex assessment of physical working ability and readiness in 11-14-year old children.** *The results of factor analysis showed that in 11-12 and 13-14 year old children physical working ability is determined by common factors characterizing aerobic and anaerobic processes of muscular energy supply. There was developed complex assessment of physical working ability in 11-14 year old children. The assessment included 10 indexes selected via factor analysis and expert judgements. The algorithm of complex assessment of physical working ability and readiness included 5 main stages: determining factors characterizing working ability; developing assessment scale; determining weight indexes characterizing index contribution to the general work ability assessment; finding out the particular index with the weight index record; determining complex assessment of working ability based on the sum of assessment variables.*

**Key words:** working ability, motor readiness, aerobic and anaerobic processes, complex assessment, school students.

---

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

В настоящее время не существует единого подхода к разработке комплексной оценки физической работоспособности и двигательной подготовленности человека. Известно, что всесторонне оценить уровень «общей» физической работоспособности можно только после изучения составляющих ее компонентов [2; 5]. Поэтому для измерения различных аспектов работоспособности необходим комплекс тестов, позволяющий определить мощность, емкость и эффективность аэробного и анаэробных энергетических источников при выполнении циклической работы глобального характера [7; 5; 13]. Именно такой подход рассматривается в качестве естественнонаучной основы оценки работоспособности в физическом воспитании детей. При этом ключевой проблемой является выбор из большого числа имеющихся функциональных проб наиболее надежных, информативных и удобных для практического применения тестов [13].

Вышеизложенное показывает целесообразность использования для определения физической работоспособности гетерогенного комплекса аутентичных тестов, дающих возможность изучать не только отдельные системы и функции, но и осуществлять интегративную оценку физического состояния. К сожалению, приходится констатировать отсутствие общепринятой методики комплексной оценки физической работоспособности, позволяющей получать информацию об основных компонентах физического состояния детей в возрастном аспекте.

Целью исследования явилась разработка алгоритма комплексной оценки физической работоспособности и двигательной подготовленности детей 11-14 лет.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В исследовании приняли участие дети 11-14 лет (11-12 лет –  $n=144$ , 13-14 лет –  $n=106$ ), отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе. Испытуемые занимались физической культурой по общепринятой программе и не посещали спортивные секции. Исследование проходило в соответствии требованиями Хельсинской декларации.

Физическая работоспособность оценивалась на основе использования комплекса функциональных и эргометрических показателей, отражающих различные стороны физического состояния. В ходе исследования определяли максимальное потребление кислорода (МПК), мощность нагрузки при ЧСС 170 уд/мин ( $PWC_{170}$ ), ватт-пульс (ВтП) при стандартной работе, индекс накопления пульсового долга (ИНПД) и предельное время работы ( $t_1$ ,  $t_2$ ) при нагрузке «до отказа» мощностью 3 и 5 Вт/кг [7; 14].

На основе уравнения Muller по данным выполнения работы «до отказа» находили величины мощности нагрузок, максимальное время реализации которых составляло 40, 240, 900с ( $W_{40}$ ,  $W_{240}$ ,  $W_{900}$ ), коэффициенты, отражающие емкость аэробного источника (b) и степень разнокачественности/гомогенности скелетно-мышечной ткани (a) [13; 14].

Физическая подготовленность определялась по общепринятой методике. В программу ее изучения входили 6 моторных тестов: 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.

Полученный фактический материал обработан общепринятыми методами статистического анализа в пакете Statistica. Определялись статистические характеристики ряда измерений и проводилась проверка статистических гипотез. Для изучения структуры физической работоспособности проводился факторный анализ показателей по методу главных компонент. Экспертная оценка определялась методом предпочтения (ранжирования).

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Разработка комплексной оценки физической работоспособности базировалась на основе применения факторного анализа. Наряду с этим отбор информативных показателей осуществляла группа квалифицированных экспертов.

Использование факторного анализа позволило определить ряд ортогональных факторов, характеризующих физическую работоспособность детей 11-12 и 13-14 лет. В результате факторизации матрицы интеркорреляций, в каждой из рассматриваемых возрастных групп, выделились 4-5 значимых факторов, вклад которых в суммарную дисперсию переменных превышал 70 %. Идентифицированы несколько общих факторов, характеризующих аэробные и анаэробные компоненты работоспособности детей в возрастном аспекте.

В комплекс наиболее информативных параметров физической работоспособности детей рассматриваемых возрастных групп, входили показатели, имеющие высокие весовые коэффициенты в каждом из выделенных факторов и высокие экспертные оценки, которые в ряде случаев значительно расходятся (табл. 1, 2). Алгоритм разработки интегративной оценки физической работоспособности включал следующие этапы:

1) выявление наиболее информативных показателей, характеризующих работоспособность детей;

2) разработка для каждой переменной пятибалльной шкалы оценок (Z-шкала), отдельно для детей 11-12 и 13-14 лет;

3) определение весовых коэффициентов, характеризующих вклад отдельного показателя в общую оценку физической работоспособности;

4) определение итоговой бальной оценки отдельного показателя с учетом весового коэффициента;

5) построение комплексной оценки работоспособности на основе суммирования оценок 10 информативных переменных, выделенных в результате факторного анализа и экспертной оценки. Подобный подход использовался нами для разработки комплексной оценки работоспособности детей 5-6 лет [8].

Таблица 1

## Комплексная оценка физической работоспособности детей 11-12 лет

Показатели	Уровень физической работоспособности (УФР)							
	низкий	ниже среднего		средний		выше среднего		высокий
	I	II		III		IV		V
МПК, л/мин	<1,57	1,57	1,68	1,68	1,92	1,92	2,03	>2,03
Балл	0,5	1,0		1,5		2,0		2,5
$PWC_{170}$ , кгм/мин	<353,51	353,5	412,1	412,1	529,3	529,3	587,9	>587,9
Балл	1,0	2,0		3,0		4,0		5,0
$ИНПД_{2Вт/кг}$ , усл. ед.	<0,17	0,17	0,39	0,39	0,83	0,83	1,05	>1,05
Балл	2,5	5,0		7,5		10,0		12,5
$t_1$ , с	<164,2	164,2	405,4	405,4	887,8	887,8	1128,9	>1128,9
Балл	2,8	5,6		8,4		11,2		14,0
Коэфф. А, усл. ед.	<3,29	3,29	3,86	3,86	4,99	4,99	5,56	>5,56
Балл	1,0	2,0		3,0		4,0		5,0
Коэфф. В, усл. ед.	<8,64	8,64	9,49	9,49	11,19	11,19	12,04	>12,04
Балл	0,4	0,8		1,2		1,6		2,0
$W_{40}$ , Вт/кг	<3,99	3,99	4,22	4,22	4,67	4,67	4,89	>4,89
Балл	0,4	0,8		1,2		1,6		2,0
$W_{240}$ , Вт/кг	<2,46	2,46	2,67	2,67	3,08	3,08	3,29	>3,29
Балл	0,6	1,2		1,8		2,4		3,0
Прыжок, см	<143,2	143,2	150,3	150,3	164,4	164,4	171,5	>171,5
Балл	0,3	0,6		0,9		1,2		1,5
Бег 6 мин, м	<1040,0	1040,0	1113,0	1113,0	1259,0	1259,0	1332,0	>1332,0
Балл	0,5	1,0		1,5		2,0		2,5

Таблица 2

Комплексная оценка физической работоспособности детей 13-14 лет

Показатели	Уровень физической работоспособности (УФР)							
	низкий	ниже среднего		средний		выше среднего		высокий
	I	II		III		IV		V
МПК, л/мин	<1,85	1,85	1,98	1,98	2,25	2,25	2,38	>2,38
Балл	0,4	0,8		1,2		1,6		2,0
PWC <sub>170</sub> , кгм/мин	<433,9	433,9	503,0	503,0	641,4	641,4	710,6	>710,6
Балл	1,0	2,0		3,0		4,0		5,0
ИНПД <sub>2Вт/кг</sub> , усл. ед.	<0,05	0,05	0,26	0,26	0,70	0,70	0,92	>0,92
Балл	2,8	5,6		8,4		11,2		14,0
t <sub>1</sub> , с	<174,6	174,6	527,5	527,5	1233,5	1233,5	1586,5	>1586,5
Балл	3,0	6,0		9,0		12,0		15,0
Коэфф. А, усл. ед.	<4,16	4,16	4,82	4,82	6,13	6,13	6,79	>6,79
Балл	0,8	1,6		2,4		3,2		4,0
Коэфф. В, усл. ед.	<10,38	10,38	11,44	11,44	13,58	13,58	14,65	>14,65
Балл	0,6	1,2		1,8		2,4		3,0
W <sub>40</sub> , Вт/кг	<4,59	4,59	4,81	4,81	5,25	5,25	5,47	>5,47
Балл	0,3	0,6		0,9		1,2		1,5
W <sub>240</sub> , Вт/кг	<3,15	3,15	3,36	3,36	3,77	3,77	3,98	>3,98
Балл	0,4	0,8		1,2		1,6		2,0
Прыжок, см	<159,9	159,9	168,0	168,0	184,1	184,1	192,2	>192,2
Балл	0,3	0,6		0,9		1,2		1,5
Бег 6 мин, м	<1148,0	1148,0	1209,8	1209,8	1333,3	1333,3	1395,1	>1395,1
Балл	0,4	0,8		1,2		1,6		2,0



В результате получена обобщенная оценка, объединяющая такие показатели как время удержания нагрузки 3 Вт/кг, МПК, PWC170, ИИПД после работы большой мощности, коэффициенты «а» и «b» уравнения Muller,  $W_{40}$ ,  $W_{240}$ , результат бега 6 мин и прыжка в длину (см. табл. 1, 2).

Все эти переменные характеризуют аэробные и анаэробные возможности организма в широком диапазоне доступных нагрузок. Это выглядит вполне закономерным, поскольку энергетический потенциал является интегральным показателем физического состояния организма, его можно градуировать и отразить в уровнях соматического здоровья [1].

Выделяли высокий, выше среднего, средний, ниже среднего и низкий уровень физической работоспособности. После учета весовых коэффициентов итоговая шкала комплексной оценки физической работоспособности у детей 11-12 лет приобрела следующий вид: низкому уровню соответствовали значения интегративного показателя < 22 балла; ниже среднего – 22-27; среднему – 28-36; выше среднего – 37-42; высокому - >42. У детей 13-14 лет градации общей оценки работоспособности выглядели следующим образом: низкому уровню соответствовали значения < 22 балла; ниже среднего – 22-27; среднему – 28-35; выше среднего – 36-40; высокому – >40.

Сопоставление ряда показателей функционального состояния, характеризующих его психологические, физиологические и поведенческие аспекты у детей 11-14 лет позволило выявить их ухудшение по мере снижения величины комплексной оценки физической работоспособности. В ряде случаев оптимальные значения показателей функционального состояния наблюдались при средней и выше средней оценках работоспособности. Вместе с тем ведущая тенденция психофизиологических изменений в обследуемых возрастных группах состоит в том, что с возрастанием уровня общей физической работоспособности наблюдается улучшение функционального состояния.

Разработанная в настоящем исследовании на основе факторного анализа большого числа функциональных и эргометрических показателей при участии группы квалифицированных экспертов комплексная оценка физической работоспособности детей 11-12 и 13-14 лет, дает общее представление о функциональных возможностях школьников данного возраста.

В ходе исследования идентифицированы факторы, определяющие структуру физической работоспособности детей в широком диапазоне доступных нагрузок. Показано, что у детей 11-12 и 13-14 лет на фоне сохранения общей структуры физической работоспособности неодинаково распределены вклады рассматриваемых факторов в обобщенную дисперсию выборки, а также физиологические показатели, входящие в состав отдельных факторов и их весовые коэффициенты. Полученные результаты подтверждают представление о том, что биоэнергетические процессы при мышечной деятельности являются важнейшим аспектами, определяющим физическую работоспособность человека на различных этапах онтогенеза [2; 5; 3; 13; 16; 17; 18; 19].

Результаты факторного анализа послужили основанием создания комплексной оценки физической работоспособности и двигательной подготовленности школьников 11-12 и 13-14 лет. Поскольку сегодня не существует единого подхода к разработке обобщенных критериев физической работоспособности детей, предложенный нами алгоритм интегральной оценки рабочих возможностей их организма, позволяющий количественно оценить комплекс биоэнергетических факторов работоспособности, базируется на нескольких подходах, обоснованных ранее в других исследованиях. Согласно этим подходам диагностика физической работоспособности может осуществляться как посредством использования напряженных функциональных нагрузок, так и тестовых систем, позволяющих прогнозировать уровень функциональных возможностей, опираясь на оценку состояния организма в условиях покоя. Подобные формализованные системы оценки физического состояния нашли широкое применение в практике здравоохранения [1; 15], физического воспитания школьников [12], спортивной [2; 6; 10] и оздоровительной [1; 11] тренировки. В частности, созданы оценочные системы, основанные на комплексе клинико-физиологических показателей, дающие возможность определять уровень физического состояния на различных этапах онтогенеза без использования функциональных проб с напряженной физической нагрузкой [1; 11]. Последний подход оправдан в работе с лицами, имеющими отклонения в состоянии здоровья и при отсутствии условий для проведения нагрузочных тестов, тогда как в процессе изучения физического состояния здоровых детей, предпочтение необходимо отдавать прямым методам оценки энергопотенциала организма, характеризующим уровень физической работоспособности индивида. Однако не все функциональные и эргометрические показатели имеют одинаковую значимость для интегральной оценки рабочих возможностей организма [9]. Поэтому, как было отмечено выше, центральной проблемой является выбор из большого числа имеющихся, наиболее аутентичных функциональных проб и моторных тестов [13].

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Установлено, что физическую работоспособность детей 11-12 и 13-14 лет, определяют общие факторы, характеризующих аэробные и анаэробные процессы энергообеспечения мышечной деятельности детей в возрастном аспекте. Результаты работы подтверждают представление о том, что биоэнергетические возможности являются важнейшим аспектом, определяющим физическую работоспособность и уровень развития кондиционных двигательных качеств детей.

Обоснована комплексная оценка физической работоспособности детей 11-14 лет, объединяющая информативные показатели мощности и емкости энергетических систем, отобранные в результате факторного анализа и экспертной оценки.

Алгоритм расчета комплексной оценки физической работоспособности и подготовленности включал 5 основных этапов: выявление информативных показате-

лей, характеризующих работоспособность; разработка шкалы оценок; определение весовых коэффициентов, характеризующих вклад показателя в общую оценку работоспособности; определение итоговой бальной оценки отдельного показателя с учетом весового коэффициента; построение комплексной оценки работоспособности на основе суммирования оценок информативных переменных. В комплексную оценку вошли следующие показатели: время удержания нагрузки 3 Вт/кг, МПК, PWC170, ИНПД после работы большой мощности, коэффициенты «а» и «б» уравнения Muller, W40, W240, результат бега 6 мин и прыжка в длину.

В зависимости от величины комплексной оценки выделяли высокий, выше среднего, средний, ниже среднего и низкий уровень физической работоспособности.

*Работа выполнена при поддержке Российского гуманитарного научного фонда (грант №14-06-00211 а).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апанасенко Г.Л., Попова Л.А. Медицинская валеология. – Ростов н/Д.: Феникс, 2000. – 248 с.
2. Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте. – М.: Медицина, 1990. – 192 с.
3. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов. – М.: Советский спорт, 2009. – 348 с.
4. Волков Н.И. Биохимические факторы спортивной работоспособности // Биохимия / Под ред. В.В. Меньшикова, Н.И. Волкова. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 320-330 с.
5. Волков Н.И., Осипенко А.А., Несен Э.Н., Корсун С.Н. Биохимия мышечной деятельности. – Киев: Олимпийская литература, 2000. – 503 с.
6. Гонестова В.К. Методика комплексного контроля за функциональной подготовленностью спортсменов (циклические виды спорта). – Минск: ИИП «Логопринт», 1995. – 24 с.
7. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208.
8. Криволапчук И.А. Энергообеспечение мышечной деятельности детей 5-6 лет и комплексная оценка физической работоспособности // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, N 1. – С. 76-87.
9. Левушкин С.П. Физиологическое обоснование физической подготовки школьников 7-17 лет с разными типами телосложения: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. – М., 2005. – 48 с.
10. Мищенко В.С. Функциональные возможности спортсменов. – К.: Здоровья, 1990. – 200 с.

11. Пирогова Е.А., Иващенко Л.Я., Страпко Н.П. Влияние физических упражнений на здоровье и работоспособность человека. – Киев: Зорьве, 1986. – 152 с.
12. Романов К.Ю. Организация и содержание уроков физической культуры с оздоровительной направленностью // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2004. – № 1. – С. 6-9.
13. Сонькин В.Д. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. – М.: книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 С.
14. Сонькин, В.Д., Корниенко, И.А., Богатов, А.А. Способ эргометрической оценки физической работоспособности и описания индивидуальной структуры энергообеспечения мышечной деятельности: Патент РФ на изобретение № 2251967, с приоритетом от 02 июля 2002 г., (заявка № 2002117373, зарегистрировано в Гос.реестре изобретений РФ 20 мая 2005 г.).
15. Управление физическим состоянием организма. Тренирующая терапия / Т.В. Хутиев, Ю.Г. Антомонов, А.Б. Котова, О.Г. Пустовойт. – М.: Медицина, 1991. – 256 с.
16. Inbar O, Bar-Or O. Anaerobic characteristics in male children and adolescents // *Med Sci Sports Exerc.* – 1986. – 18(3):264-9.
17. Leclair E., Borel B., Thevenet D., Baquet G., Mucci P., Berthoin S. Assessment of child-specific aerobic fitness and anaerobic capacity by the use of the power-time relationships constants // *Pediatr Exerc Sci.* – 2010. – 22(3):454-66.
18. Riner, W. F., McCarthy, M., DeCillis, L., & Ward, D. S. Relationship of anaerobic to aerobic function in children and adolescents//*Medicine and Science in Sports and Exercise.* – 1997. – V. 29 (№5), 1528-1534.
19. Van Praagh E. Anaerobic fitness tests: what are we measuring? // *Med Sport Sci.* –2007. 50:26-45.