

**Российская академия образования
Институт возрастной физиологии**



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 4(41) 2014

Выходит с 2001 г.

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

Главный редактор

Безруких Марьяна Михайловна

Заместитель главного редактора

Сонькин Валентин Дмитриевич

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Догадкина С.Б., к.б.н.

(ответственный секретарь)

Криволапчук И.А., д.б.н.

Адамовская О.Н., к.б.н.

Курганский А.В., к.б.н.

Мачинская Р.И., д.б.н.

Параничева Т.М., к.б.н.

Сельверова Н.Б., д.м.н.

Филиппова Т.А., к.б.н.

Шумейко Н.С., к.б.н.

Безобразова В.Н., к.б.н.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Баранов А.А., д.м.н., акад. РАМН

Безруких М.М., д.б.н., акад. РАО

Фельдштейн Д.И., д.псих.н., акад. РАО

Фарбер Д.А., д.б.н., акад. РАО

Тамбовцева Р.В., д.б.н., проф.

Макеева А.Г., к.пед.н.

Полянская Н.В., к.м.н.

Рублева Л.В., к.б.н.

Рыбаков В.П., д.м.н.

Соколов Е.В., к.б.н.

Криволапчук И.А., д.б.н.

СОСТАВИТЕЛЬ

Догадкина С.Б.

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

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

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

ВНИМАНИЕ!!!

Журнал распространяется:

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

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

Альманах «Новые исследования» - М.: Институт возрастной физиологии, 2014, № 4(41). - 98 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВОЗРАСТНАЯ МОРФОЛОГИЯ

ОСОБЕННОСТИ АНСАМБЛЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В КОРЕ БОЛЬШОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ ОТ 8 ДО 12 ЛЕТ Васильева В.А., Шумейко Н.С.	4
--	---

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА РАБОЧИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МАЛЬЧИКОВ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА Тамбовцева Р.В.	11
--	----

ЛИЧНОСТНАЯ И ШКОЛЬНАЯ ТРЕВОЖНОСТЬ ДЕТЕЙ 10-11 ЛЕТ КАК ДЕТЕРМИНАНТА УРОВНЯ КОРТИКОСТЕРОИДОВ Ермакова И.В.	18
---	----

СОСТОЯНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЫХАНИЯ В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К УМЕРЕННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ У ДЕТЕЙ 8-И ЛЕТНЕГО ВОЗРАСТА Соколов Е.В.	32
--	----

«ТЕРМОХРОН iButton» - КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ АДАПТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ЧЕЛОВЕКА Пронина Т.С.	38
---	----

ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТЕЙ 11-12 ЛЕТ ПОД ВЛИЯНИЕМ ИНФОРМАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ Криволапчук И.А., Чернова М.Б.	52
--	----

УРОВЕНЬ ВЫНОСЛИВОСТИ КАК ФАКТОР, ДЕТЕРМИНИРУЮЩИЙ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКУЮ РЕАКТИВНОСТЬ ДЕТЕЙ 11-12 ЛЕТ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ Криволапчук И.А., Зайцева Г.А., Чернова М.Б., Баранцев С.А., Полянская Н.В.	59
--	----

ОКУЛОМОТОРНАЯ АКТИВНОСТЬ ПРИ ЧТЕНИИ У ДЕТЕЙ С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ СФОРМИРОВАННОСТИ НАВЫКА СООБЩЕНИЕ 1. ОСОБЕННОСТИ ОКУЛОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ У ХОРОШО И ПЛОХО ЧИТАЮЩИХ ДЕТЕЙ 6-7 ЛЕТ Безруких М.М., Иванов В.В.	67
---	----

ОБЗОРЫ

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МЕХАНИЗМАХ РЕГУЛЯЦИИ ФУНКЦИИ ГИПОТАЛАМО-ГИПОФИЗАРНО-НАДПОЧЕЧНИКОВОЙ СИСТЕМЫ Ермакова И.В.	77
--	----

ВОЗРАСТНЫЕ АСПЕКТЫ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОГО РИСКА Лукьянчиков В.С., Шарапов А.Н.	87
--	----

ВОЗРАСТНАЯ МОРФОЛОГИЯ

ОСОБЕННОСТИ АНСАМБЛЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В КОРЕ БОЛЬШОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ ОТ 8 ДО 12 ЛЕТ

В.А. Васильева¹, Н.С. Шумейко
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Москва

В результате исследования левых полушарий детей от 8 до 12 лет методом компьютерной морфометрии установлены особенности гнездных группировок III слоя полей 4p, 6 и бор двигательной коры, полей 17 и 19 зрительной и поля 37ac задней ассоциативной областей коры большого мозга человека (26 наблюдений). Во всех изученных полях структура микроансамблей различается как по площади профильных полей клеточных группировок, так и по количеству, размерам и позиции нейронов в группировках.

Ключевые слова: *возраст, двигательная кора, зрительная кора, задняя ассоциативная область, нейрон, микроансамбли, компьютерная морфометрия*

Cortical ensembles in 8-12-year-old children. *This paper presents the study held with the help of computer morphometry in layer III of 4p, 6, 6ор areas of motor zone, in visual areas 17, 19 and posterior associative zone area 37ac of the cerebral cortex (26 left hemispheres) in 8-12-year-old children. The structures of micro groups of the all studied zones differ in size of specific areas of cell groups and in number, size and composition of neurons.*

Key words: *age, motor cortex, visual cortex, posterior associative cortex, neuron, microgroups, computer morphometry*

Ведущее место среди возрастных изменений мозга занимают изменения нейронов и межнейрональных связей, которые в значительной степени определяют системную деятельность мозга и его функцию как целостного органа [7]. В настоящее время большое внимание уделяется модульной организации коры и нейронных ансамблей [2; 3; 11; 17]. Однако данные о структурных преобразованиях архитектоники ансамблей в двигательной, зрительной и задней ассоциативной областях коры большого мозга человека в детском и подростковом возрастах малочисленны.

Задачей нашей работы было изучение возрастных особенностей ансамблевой организации в двигательной, зрительной и задней ассоциативной областях коры большого мозга у детей от 8 до 12 лет методом компьютерной морфометрии. Новым в нашей работе является применение объективных методов количественного исследования. Данная работа является продолжением и углублением наших исследований по изучению структурных особенностей и размерных характеристик нейронных группировок в полях различных областей коры большого мозга человека.

Контакты:¹ Васильева В.А. – E-mail: <vavasileva@mail.ru>

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучено 26 левых полушарий большого мозга детей от 8 до 12 лет. После фиксации мозга в 12 %-ном формалине на вершине центральной извилины выделяли поля 4р, 6 и 6ор, в затылочной области – поля 17 и 19, в височно-теменно-затылочной подобласти – поле 37ас. Кусочки мозга обезживали в спиртах восходящей концентрации и заливали в парафин. На микротоме делались срезы толщиной 10 микрометров (мкм) (с каждого блока по 8-10 стёкол с 3-4 срезами на каждом), которые окрашивались крезоловым фиолетовым по Нислю и импрегнировались азотнокислым серебром по Гольджи и Петерсу. На препаратах, окрашенных по Нислю, на установке “Armigistol” (Лабметод) по специальной программе определяли в III³ подслое полей 4р, 6, 6ор, 19, 37ас и в IVb подслое поля 17 ширину, высоту и площади профильных полей (ППП) клеточных группировок нейронов, размеры и количество пирамидных нейронов, входящих в состав каждой группировки.

Обработка количественных данных проводилась методами вариационной статистики. Доверительный интервал (L) средних арифметических величин (M) рассчитан по таблицам Р.Б.Стрелкова [14] при $P \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Двигательная область коры характеризуется чёткой колончатой организацией. В разных полях и слоях коры группировки нейронов имеют разнообразные размеры и взаиморасположение в них клеток. Форма группировок зависит от пространственного расположения входящих в их состав нейронов, количество которых также варьирует. В поле 4р в коре большого мозга детей до 7 лет вертикальная упорядоченность клеток лучше выражена в нижних слоях коры, а после 8 лет – во всех слоях [15]. В период от 8 до 12 лет изменяется ширина колонок и упорядоченность нейронов в колонках.

Компьютерное исследование нейронных группировок проводилось в III слое двигательной коры, где, как известно, осуществляются наиболее сложные формы анализа сенсорной информации в пределах нейронного ансамбля. Нейронной основой “колонок” III слоя сенсомоторной коры мозга являются, по мнению Е.И.Краснощевой с соав. [12], группы пирамидных клеток, объединенные пучком апикальных дендритов.

В 8 лет в поле 4р средняя площадь профильных полей (ППП) клеточных группировок составляет $3563,73 \pm 80,2$ мкм², ширина – $44,58 \pm 1,12$ мкм, высота – $79,94 \pm 1,76$ мкм. Клеточные группировки небольшие и состоят из малых и средних нейронов. До 9-10 лет нет существенных изменений в композиции и размерах пирамидных нейронов в компактных гнёздных группировках, имеющих преимущественно округлую, грушевидную, реже овальную форму и образованных 5-8 малыми и средними пирамидными нейронами. Средняя ППП группировок в III³ подслое поля 4р коры большого мозга детей 9 лет составляет $3792,23 \pm 106,85$ мкм². В коре мозга детей 10 лет средняя ППП группировок равна $3801,06 \pm 97,56$ мкм². В состав клеточных группировок входит, как правило, 5-8 нейронов размером от 50 до 125 мкм. Гнёздные группировки становятся более компактными, чем в воз-

расте 6-7 лет. К 12 годам из всех количественных параметров лишь немного увеличивается высота нейронных группировок.

В поле 6 вертикальная упорядоченность клеток выражена лучше, чем в поле 4р, вероятно, отчасти из-за меньших размеров нейронов. Группировки нейронов по своей конфигурации в III^3 подслое значительно отличаются от таковых в полях 4р и бор. Нередко в III слое наблюдаются лестничные группировки. В V слое часто встречаются группировки, состоящие из 2-3 крупных и нескольких мелких пирамидных клеток. На препаратах, импрегнированных по Гольджи, нами во II слое выявлены группировки некрупных пирамидных нейронов со слабо ветвящимися базальными и апикальными дендритами. За период от 8 до 12 лет ширина группировок значимо увеличивается от 8 лет ($44,50 \pm 1,00$ мкм) к 11 годам ($54,8 \pm 1,46$ мкм), высота группировок – от 8 ($83,40 \pm 1,50$ мкм) до 10 лет ($87,20 \pm 1,38$ мкм), а средняя ППП группировок – от 8 ($3711,30 \pm 107,52$ мкм²) к 9 годам ($4262,12 \pm 86,94$ мкм²), оставаясь до 12 лет на том же уровне. К 12 годам наблюдается некоторое разрежение структуры коры.

В поле бор в период от 8 до 12 лет выявляется более чёткая упорядоченность коры и наибольшее разнообразие клеточных группировок в ансамблеобразующих III и V слоях. В III^3 подслое чаще встречаются гнёздные группировки из 6-10 довольно крупных пирамидных нейронов с длинными апикальными дендритами, сходящимися в пучки, но есть и типичные лестничные группировки. В V слое чаще встречаются смешанные группировки. Ширина нейронных группировок достоверно увеличивается от $49,94 \pm 1,68$ мкм в 8 лет до $52,48 \pm 1,39$ мкм в 9 лет, достигая максимума ($56,72 \pm 1,71$ мкм) в 11 лет. Высота нейронных группировок колеблется на протяжении всего изучаемого периода, а средние ППП группировок почти не изменяются и составляют $4599,88 \pm 96,12$ мкм² в 12 лет. Вертикальные взаимосвязи в клеточных колонках в полях двигательной коры в период от 8 до 12 лет усложняются благодаря развитию апикальных дендритов, эфферентных аксонов и афферентных волокон.

В период от 8 до 12 лет в полях двигательной области коры, кроме отчётливо выраженных клеточных группировок, на некоторых препаратах прослеживаются макроансамбли. Так, у ребёнка 10 лет в поле 4р на уровне V слоя между двумя радиальными сосудами мы наблюдали макроансамбль диаметром 400 мкм, состоящий из 7-8 колонок нейронов, на уровне III^3 подслоя его ширина составляет 450 мкм (8-9 колонок), II слоя – 570 мкм (около 15 колонок), т.е. этот макроансамбль имеет вид конуса, сужающегося к белому веществу. Аналогичные макроансамбли были выявлены в поле 6 у детей 9 и 12 лет. В поле бор коры большого мозга ребёнка 9 лет также наблюдался макроансамбль шириной на уровне II слоя 880 мкм, состоящий из 11-13 колонок нейронов, на уровне III^3 подслоя его ширина составляет 610 мкм (10-11 колонок), V слоя – 460 мкм (8 колонок), т.е. макроансамбль также имеет вид конуса.

Изучение возрастной динамики ансамблевой организации зрительной коры проводили с помощью компьютерной морфометрии в IVb подслое поля 17, характеризующемся хорошо развитым афферентным звеном, воспринимающим импульсы при входе в кору, и в III^3 подслое полей 19 и 37ас, дающем начало системе ассоциативных связей коры и каллозальным афферентам.

Как показали полученные нами ранее данные, наиболее значительный рост гнездных группировок нейронов в поле 17 отмечается к 1 году (в 1,6 раза), 3 годам (в 2 раза) и 5 годам [8].

По сравнению с 7 годами к 8 годам жизни площадь профильных полей (ППП) группировок нейронов в IVb подслое поля 17 изменяется незначительно и составляет $1156,75 \pm 45,14$ мкм². В поле 17 встречаются как лестничные, так и гнёздные группировки, которые в основном образованы однотипными (пирамидными) нейронами, но встречаются и смешанные группировки, в состав которых входят звёздчатые и пирамидные нейроны. Звёздчатые нейроны в основном расположены на периферии группировки. В составе группировок определяется от 3 до 6 клеток. Форма группировок разнообразна: округлые, в виде цепочки. К 10 годам в IVb подслое поля 17 достоверно увеличиваются размеры группировок нейронов преимущественно за счет высоты ($39,9 \pm 1,08$ мкм) и в среднем составляют $1279,76 \pm 44,23$ мкм². ППП группировок нейронов значимо увеличивается к 12 годам до $1521,61 \pm 49,10$ мкм² как за счет ширины, так и высоты группировок. В этом возрасте в составе группировок более часто определяются звездчатые нейроны крупных размеров. Также к 12 годам отмечается увеличение размеров пирамидных нейронов.

В поле 19 затылочной области коры по данным компьютерной морфометрии достоверное увеличение площади профильных полей нейронных группировок отмечается к 1 году (в 2,6 раза), 3 годам (в 3,4 раза), 4 и 6 годам.

К 8 годам в поле 19 в составе гнёздных группировок определяется от 4 до 9 нейронов, увеличиваются размеры пирамидных нейронов, а также ППП группировок нейронов в основном за счет их высоты ($89,8 \pm 2,50$ мкм) и в среднем составляет $4939,52 \pm 217,36$ мкм². К 9 годам ППП группировок нейронов существенно не изменяется, но наиболее часто выявляются гнёздные образования нейронов, нарастает их многообразие. Большая часть группировок состоит из одного крупного пирамидного нейрона, расположенного у основания овальной группировки, 5-6 средних и 1-2 малых пирамидных нейронов. Некоторые группировки образованы тремя крупными нейронами, тремя средними и двумя малыми нейронами. В смешанных группировках помимо пирамидных нейронов определяются 1-2 звездчатых, расположенных в центре группировки или на её периферии. К 10 годам уменьшается ППП группировок нейронов до $4616,28 \pm 235,72$ мкм², что, по-видимому, обусловлено более плотным расположением нейронов в группировках и увеличением ширины радиарных пучков волокон, отделяющих группировки друг от друга. К 12 годам отмечается достоверное увеличение площади группировок до $5156,71 \pm 165,03$ мкм² в основном за счет их высоты. В этом возрасте также отмечается увеличение размеров пирамидных нейронов, сопровождающееся усложнением ветвлений базальных дендритов и усложнением связей по горизонтали в III³ подслое поля 19. Одним из существенных факторов объединения пирамидных нейронов в группировки являются вертикально ориентированные пучки апикальных дендритов, осуществляющих синхронизацию работы вертикально организованного объединения нейронов [4; 12].

В поле 37ас задней ассоциативной области коры, связанной с процессом зрительного узнавания, отмечается значительная вариабельность форм группировок: лестничные, цепочечные, гнездные. В поле 37ас площадь профильных полей

нейронных группировок увеличивается к 1 году (в 2 раза) и 2 годам (в 2,5 раза) без существенных изменений до 7 лет. В период от 8 до 12 лет в поле 37ас выявляется более четкая вертикальная упорядоченность коры. В составе группировок определяется от 6 до 12 нейронов, преобладают группировки овальной формы. К 8 годам отмечается достоверное увеличение площади профильных полей клеточных группировок до $4232,82 \pm 195,85$ мкм². Увеличение ППП происходит в основном за счет ширины нейронных группировок. К 9 годам увеличивается суммарная площадь нейронов (до $785,14 \pm 47,56$ мкм²), входящих в группировку. К 10 годам в составе группировок увеличивается площадь профильных полей пирамидных нейронов и число крупных клеток высоких размерных классов (от 119 до 153 мкм², а ППП существенно не изменяется и составляет $4168,31 \pm 237,76$ мкм²). К 12 годам ППП группировок не изменяется, но увеличивается гетерогенность клеточного состава группировок. К 8-12 годам по сравнению с более ранним возрастным периодом в заднем ассоциативном поле 37ас нарастает разветвленность базальных дендритов пирамидных нейронов. В этот период отмечается достоверное увеличение ширины радиарных пучков и удельного объема волокон, что отражает усложнение внутри- и межполушарных связей, ведущее к совершенствованию сложных форм зрительного восприятия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По нашим данным, в период от 8 до 12 лет структурные преобразования в полях двигательной зоны коры большого мозга человека осуществляются неравномерно. К 7-8 годам структура полей 4р, 6 и бор достигает уровня развития структуры взрослого человека. Изменения пространственного расположения клеточных элементов в коре изученных нами полей в период от 8 до 12 лет характеризуются, как и в первые годы после рождения, увеличением упорядоченности нейронов не только в нижних, но и в верхних слоях, и уменьшением густоты расположения клеток. Межнейронные взаимодействия внутри вертикального ансамбля обусловлены специализацией различных группировок. Функциональные миниколонки рассматриваются как элементарные функциональные единицы системы неокортекса, обеспечивающие приём и первичную обработку информации [13].

В двигательной коре детей от 8 до 12 лет во всех изученных нами полях мы наблюдали ансамбли нейронов, имеющие форму конуса, сужающегося к белому веществу. В макроансамблях сенсомоторной коры количество колонок нейронов изменяется от слоя к слою: на уровне V слоя наблюдается 6-8 колонок в ансамбле, а на уровне II слоя – 13-18 колонок, что было показано ранее А.М.Антоновой [1, 2] и В.Н.Казаковым с соавт. [10].

Изучение структуры нейронных группировок в П³ подслое полей 4р, 6 и бор двигательной коры большого мозга человека с помощью компьютерного анализа оптических изображений позволило точнее установить пространственные взаимоотношения нейронов в плоскости среза, более четко выявить качественный нейронный состав группировок и определить размеры группировок и составляющих их нейронов по площадям профильных полей. Наименьшие величины площадей профильных полей нейронных группировок отмечены нами в поле 4р, наибольшие – в поле бор. Значимое увеличение площадей профильных полей

нейронных группировок происходит в полях 4р и 6 к 9 годам, в поле бор – к 8 и 10 годам. Становление ансамблевой организации коры повышает надёжность осуществления физиологических функций.

Концепция модульной организации нервной системы является новым взглядом на ее строение. В зрительной коре модули служат для фрагментации, выделения и сравнения зрительных событий [9].

Анализ полученных данных показал, что структура микроансамблей в разных полях зрительной коры в период от 8 до 12 лет имеет различия по количеству, расположению и композиции нейронов в группировках. В разных полях и слоях зрительной коры количество нейронов в группировках варьирует. В IVb подслое поля 17 в составе группировок определяется от 3 до 6 нейронов, а в III слое полей 19 и 37ас – от 4 до 12 нейронов. Площадь профильного поля группировок нейронов в полях 19 и 37ас в 2,5-3,0 раза больше, чем в поле 17, что, вероятно, связано с более сложной формой анализа сенсорной информации ассоциативными полями и с их мультифункциональностью. Интенсивность роста размеров группировок нейронов наиболее выражена в поле 19.

В период от 8 до 12 лет достоверное увеличение площади профильных полей группировок нейронов в поле 17 отмечается к 10 и 12 годам, в поле 19 – к 8 и 12 годам, в поле 37ас – к 8–9 годам.

Отмеченные нами преобразования в структуре зрительной коры в период от 8 до 12 лет являются важным фактором совершенствования её функциональной организации. По данным нейрофизиологов у детей 9-10 лет ассоциативные области коры преимущественно вовлекаются в осуществление поздних этапов анализа стимула [5]. В этот же возрастной период усиливается интеграция зрительной проекционной и ассоциативных областей [6; 16].

Таким образом, структурные преобразования нейронных ансамблей осуществляются в различных полях коры по единому принципу, но в разные сроки, с разным количественным и качественным представительством каждого из структурных компонентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонова А.М. Ансамблевая организация двигательной области коры мозга взрослого человека // Архив анат., гистол. и эмбриологии. – 1977. – Т. 73, № 11. – С. 22-23.
2. Антонова А.М. Структурные основы функциональной организации нейро-глио-сосудистых ансамблей коры большого мозга: автореф. дис. ... докт. биол. наук. – М., 1985. – 32 с.
3. Бабминдра В.П. Структура и модели нейронных комплексов головного мозга: монография / В.П. Бабминдра, Т.А. Брагина, И.П. Ионов [и др.]. – Л.: Наука, 1988. – 96 с.
4. Батуев А.С., Куликов Г.А. Введение в физиологию сенсорных систем // Л.: Высшая школа. – 1983. – 247 с.
5. Бетелева Т.Г. Онтогенез структурно-функциональной организации воспринимающей системы мозга // Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. – Л., 1990. – С. 65-87.

6. Бетелева Т.Г., Фарбер Д.А. Системная организация процесса восприятия // Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребёнка. – Москва-Воронеж, 2009. – С. 119-160.
7. Боголепов Н.Н. Пластичность нейрональных связей коры большого мозга в возрастном аспекте // Вестник АМН СССР. – 1988. – № 11. – С. 35-38.
8. Васильева В.А., Шумейко Н.С. Особенности ансамблевой организации в коре большого мозга у детей от 4 до 7 лет // Новые исследования. – 2014. – № 1 (38). – С. 5-10.
9. Глезер В.Д. Модули – функциональные единицы зрительного мозга и их роль в зрительном восприятии // Физиологический журнал им. Сеченова. – 1987. – Т. 73, № 2. – С. 202-210.
10. Казаков В.Н. Колонки в коре головного мозга (морфофункциональный аспект) / В.Н. Казаков, Н.И. Шевченко, В.Т. Пронькин // Успехи физиол. наук. – 1979. – Т. 10, № 4. – С. 96-115.
11. Кириченко Е.Ю. Роль щелевых контактов в локальном ритмогенезе корковых колонок / Е.Ю. Кириченко, П.Е. Повилайтите, А.Г. Сухов // Морфология. – 2008. – Т. 133, № 1. – С. 31-34.
12. Краснощёкова Е.И. Гистохимическое, цитоархитектоническое, морфометрическое исследование модульной организации неокортекса и верхнего двухолмия мозга млекопитающих / Е.И. Краснощёкова, П.А. Зыкин, Л.А. Ткаченко, А.С.Самарина // Колосовские чтения. – 2002: IV Межд. конф. по функциональной нейроморфологии. – СПб, 2002. – С. 147-148.
13. Максимова Е.В. Онтогенез коры больших полушарий. – М.: Наука, 1990. – 184 с.
14. Стрелков Р.Б. Экспресс-метод статистической обработки экспериментальных и клинических данных. – М.: Изд. П МОЛГМИ, 1986. – 86 с.
15. Шумейко Н.С. Особенности нейронных группировок в двигательной коре большого мозга у детей от рождения до 7 лет // Матер. междунар. конф. «Физиология развития человека». – М., 2009. – С. 119-120.
16. Farber D.A. Principles of structural and functional brain organization in ontogenesis. Main stages of its formation // Developing brain and cognition / Eds. D.Farber, S.Njiokiktjen. V.4. Amsterdam: Suyi Publ. – 1993. – P. 156.
17. Маунткэстл В. (V.V.Mountcastle). Организующий принцип функции мозга – элементарный модуль и распределенная система // Разумный мозг. – М.: Мир, 1981. – С. 15-67.

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА РАБОЧИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МАЛЬЧИКОВ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Р.В. Тамбовцева¹

ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Москва

Общие закономерности возрастного развития физической работоспособности и энергообеспечения мышечной деятельности на различных этапах постнатального онтогенеза определяются развитием преимущественно механизмов аэробной энергетики, а на более поздних этапах, при завершении полового созревания, максимально развиваются анаэробно-гликолитические процессы. Использование нелинейной математической модели Мюллера позволяет оценить мощность трех энергетических систем и интегральную емкость энергетических систем организма.

Ключевые слова: эргометрия, предельное время работы, энергообеспечение, кинетика, мощность, длительность, аэробный, анаэробный, возраст.

Age dynamics of working ability of boys of school age. *The general patterns of age development of physical working capacity and power supply of muscular activity at various stages of post-natal ontogeny are determined by the development of mainly aerobic mechanisms, and at later stages, at end of puberty, anaerobic glycolytic processes reach their maximum. The use of Müller nonlinear mathematical model allows to estimate the power of three power systems and integrated capacity of power systems of an organism.*

Keywords: *ergometry, limit operating time, power supply, kinetics, power, duration, aerobic, anaerobic, age.*

В современных условиях стратегической задачей развития физической культуры и спорта в России является освоение подрастающим поколением основных ценностей физической и спортивной культуры, обеспечивающей укрепление физического и нравственного здоровья, умственной и физической работоспособности детей, подростков и юношей. Онтогенетический аспект проблемы физической работоспособности является весьма актуальной и позволяет рассматривать все физиологические характеристики спортивной работоспособности в процессе естественного развития [5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 13; 14]. Целью настоящего исследования явилось изучение рабочих возможностей мальчиков школьного возраста, используя эргометрические и энергетические критерии.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

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

Данное исследование проведено на базе московской школы. В эксперименте приняли участие мальчики от 7 до 17 лет в количестве 1206 человек. Все испытуемые, принимавшие участие в эксперименте, были по заключению школьных врачей практически здоровы. На момент эксперимента они не имели острых респираторных заболеваний и были допущены к занятиям на уроках физической культуры по обычной программе. В работе использовались эргометрические и статистические методы.

Эргометрические методы. Исследования проводились с помощью велоэргометра с электромагнитным торможением марки ELECTRONIC ERGOMETR – 1000. Испытуемые выполняли две нагрузки ногами в двух зонах мощности: большой и субмаксимальной. Для определения возрастных физических возможностей детей и подростков использовали уравнение Мюллера: $t=e/W^a$ [6,12], связывающего предельное время выполнения нагрузки с ее мощностью.

Статистические методы. Статистическая обработка результатов исследования проводилась с помощью компьютерной программы EXCEL.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования показали, что во всем исследованном диапазоне мощностей величина предельной выполненной работы, то есть емкость энергетических механизмов $C = W \times t_{\text{пред}}$, с увеличением нагрузки неуклонно снижается и тем значительнее, чем больше показатель степени «а» уравнения Мюллера: $C = e^b / W^{(a-1)}$.

Этот пример характеризует роль показателя степени «а», величина которого определяется соотношением времени работы при меньшей и большей нагрузках. Чем больше время работы при меньшей, более аэробной нагрузке, тем больше показатель степени «а», и наоборот. Таким образом, физиологический смысл этого показателя можно связать с отношением возможностей аэробного и анаэробно-лактоацидного источника энергии.

В таблице 1 представлены возрастные изменения показателя «а» в исследуемом возрастном диапазоне. Можно видеть, что его величина с возрастом практически не меняется, удерживаясь на уровне 3,5-3,6. Показатель «b», являющийся точным отображением изменения возрастных рабочих возможностей от 7 до 17 лет возрастает на 2,73 единицы, что соответствует увеличению числителя уравнения Мюллера в 14,8 раз. Его абсолютная величина соответствует времени предельной работы при нагрузке, равной единице мощности и характеризует возможности устойчивого состояния функционирования двигательного аппарата, то есть общую выносливость испытуемого. Еще более яркой картиной возрастного расширения рабочих возможностей служит динамика величины энергетической емкости «Е» или резерва работоспособности, которая определяется работой при нагрузке 1 Вт/кг. Большие значения величины энергетической емкости (порядка 5-10 кДж/кг и более) свидетельствует об активности аэробных источников энергообеспечения скелетных мышц. Этот показатель по сути является отражением суммарной аэробной емкости. Примерно 30-кратное увеличение этого показателя у мальчиков от 7 до 17 лет вполне соответствует реальному возрастанию интегральной работоспособности за этот период. Характерно, что в возрастной динамике этого

показателя отчетливо выделяются три этапа: от 7 до 10 лет, когда показатель колеблется, но в целом практически не растет; от 11 до 13 лет – первая фаза роста показателя, связанная очевидно, с началом пубертатных перестроек в скелетных мышцах; от 14 до 17 лет – период быстрого и неуклонного возрастания показателя, отражающего значительное расширение функциональных возможностей на основе морфофункциональных перестроек второй фазы пубертатного процесса.

Таблица 1

Возрастные изменения предельного времени работы (t_3 и t_5), констант уравнения Мюллера «а» и «б» и расчетных параметров W_{40} и W_{900}

Возраст, лет	t_3 , с ($M \pm m$)	t_5 , с ($M \pm m$)	a ($M \pm m$)	b ($M \pm m$)	W_{40} ($M \pm m$)	W_{900} ($M \pm m$)
7	113 ± 2,15***	15,9 ± 0,81**	3,83 ± 0,02	8,57 ± 0,02	3,93 ± 0,13	1,74 ± 0,06
8	167 ± 3,01***	18,3 ± 0,65***	4,32 ± 0,07	9,86 ± 0,02	3,95 ± 0,11	1,92 ± 0,07
9	138 ± 5,08***	29,7 ± 0,46**	3,01 ± 0,01	8,23 ± 0,03	4,52 ± 0,05	1,60 ± 0,09
10	231 ± 10,7***	32,4 ± 0,78***	3,84 ± 0,02	9,66 ± 0,03	4,72 ± 0,09	2,10 ± 0,08
11	455 ± 11,4***	23,6 ± 0,53**	3,49 ± 0,09	9,22 ± 0,02	5,94 ± 0,08	2,44 ± 0,08
12	617 ± 9,67***	30,7 ± 0,45**	3,54 ± 0,04	10,3 ± 0,06	6,47 ± 0,09	2,69 ± 0,07
13	712 ± 12,7**	38,2 ± 0,34***	3,45 ± 0,07	10,4 ± 0,05	6,87 ± 0,16	2,79 ± 0,03
14	1025 ± 28,7***	56,3 ± 0,32***	3,42 ± 0,04	10,7 ± 0,03	7,72 ± 0,05	3,11 ± 0,03
15	1102 ± 18,9**	60,8 ± 0,49***	3,42 ± 0,04	10,8 ± 0,07	7,89 ± 0,07	3,17 ± 0,06
16	1454 ± 32,1***	73,6 ± 0,55	3,51 ± 0,02	11,1 ± 0,04	8,29 ± 0,05	3,42 ± 0,04
17	1611 ± 38,5	77,9 ± 1,23	3,57 ± 0,03	11,3 ± 0,01	8,44 ± 0,03	3,53 ± 0,02

*Достоверность различий: *** - ($P < 0,001$); ** - ($P < 0,01$); - ($P < 0,05$)*

Все описанные количественные отношения имеют геометрическую интерпретацию на графике «мощность-длительность» (рис. 1). При использовании логарифмической шкалы обсуждаемая зависимость имеет вид прямой линии. Ее пересечение с линией, параллельной оси абсцисс, образует угол, тангенс которого соответствует показателю степени «а». При увеличении числителя (e^b), при сопоставимых нагрузках, прямая линия зависимости «мощность-длительность» все больше удаляется от горизонтальной оси.

Параметры уравнения Мюллера не могут быть прямо сопоставлены с обычными физиологическими характеристиками, используемыми для оценки работоспособности. Однако это уравнение дает возможность рассчитать, например, уровень максимальной мощности, полностью исчерпывающий резерв рабочих возможно-

стей за данный интервал времени. Такие тесты прямой оценки мощности, как известно, используют в физиологии – Уингейтский анаэробный тест, 1-минутный анаэробный тест [3]. Проведение таких тестов встречает затруднение в связи с необходимостью проявления испытуемым специального навыка, необходимого для полного «выкладывания» в заданный интервал времени.

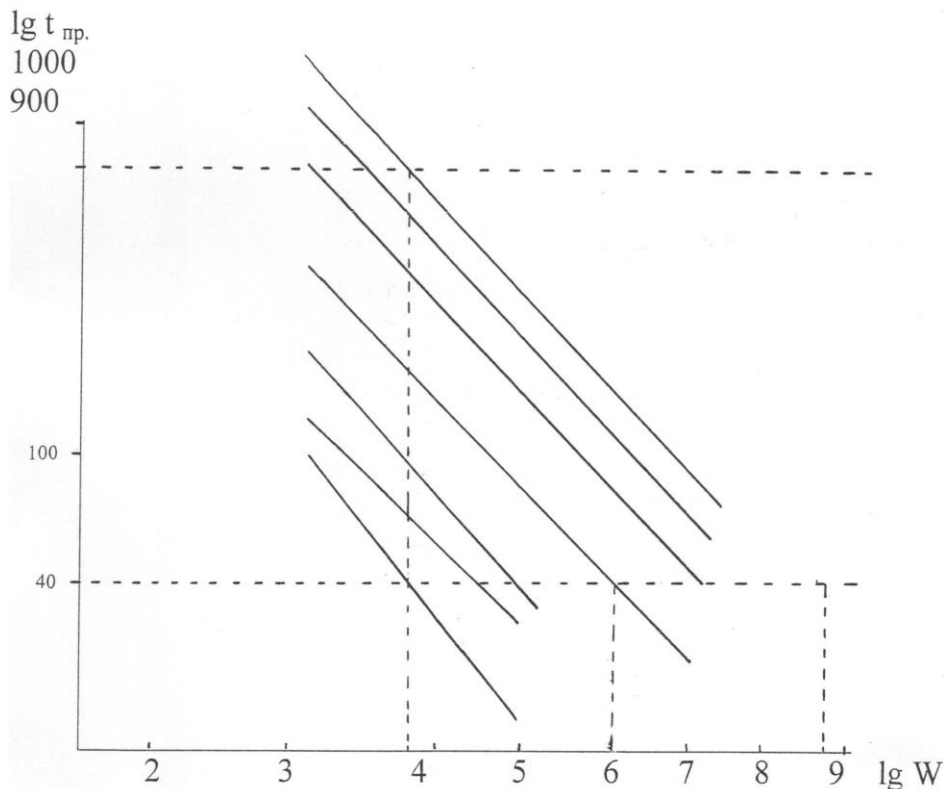


Рис. 1. Линии «мощность-длительность» мальчиков 7, 9, 10, 11, 13, 15, 17 лет.

Для 7, 11 и 17 лет приведены графические построения для определения W_{40} и W_{900} . По оси абсцисс – $\lg W$, по оси ординат – $\lg t_{пред}$.

Знание особенностей кинетики каждого из энергетических источников позволяет оценить их мощностные характеристики. Так, например, в последнее время для определения мощности анаэробно-лактацидного источника предлагают использовать время удержания максимальной мощности в течение 40 секунд. Используя уравнение Мюллера, можно с большой точностью рассчитать величину такой мощности, который испытуемый сможет удержать ровно в течение 40 секунд. Этот энергетический параметр обозначен как $W_{40} = (e^b / 40)^{(1/a)}$ [4]. Такую оценку можно провести и графически (рис. 1), определив точку пересечения линии «мощность-длительность» с линией, соответствующей предельной работе длительностью 40 секунд. В таблице 1 представлены значения W_{40} для исследо-

ванных нами возрастных групп. Сопоставление с литературными источниками показывает, что в старшей возрастной группе (15-16 лет) величина W_{40} имеет примерно такое же значение, как и показатели мощности анаэробно-лактацидного источника у взрослых, не занимающихся специальными, активно использующими субмаксимальный диапазон видами спорта [1,2]. В возрасте от 7 до 17 лет наблюдается постепенное возрастание W_{40} от 3,9 до 8,3 Вт/кг. Выделяется возраст 12 и 14-16 лет, когда приросты величины W_{40} наиболее значительны. В литературе имеются данные, подтверждающие значение этих возрастных периодов для развития гликолитического источника энергообеспечения [1; 11; 14].

Исходное уравнение Мюллера может быть использовано и для расчета параметров, характеризующих аэробную энергетику. В этом случае также должен быть задан определенный интервал. В свое время G. Tornvall [15] предложил графический способ оценки показателя PWC_{max} , основанный на оценке длительности предельной работы при двух нагрузках и расчете мощности предельной работы длительностью шесть минут. Предполагалось, что полученные значения близки к величине МПК, и могут быть использованы для оценки максимальной аэробной мощности. В то же время известно, что район МПК характеризуется функционированием не только аэробного, но и анаэробно-лактацидного источников энергообеспечения. Для преимущественно аэробного энергообеспечения характерно функционирование в стационарном или квазистационарном режиме с длительным удержанием устойчивых потоков веществ и энергии. В связи с этим, для оценки возможностей «чисто аэробной» энергетики в нашем эксперименте был использован более длительный 15-минутный интервал, рассчитывая показатель W_{900} [1; 2]. На рисунке 1 представлен способ графического определения этой величины. Возрастные изменения также представлены в таблице 1. Показано, что от 7 до 17 лет этот показатель возрастает в два раза. В возрасте от 11 до 14 лет аэробные возможности мальчиков увеличиваются наиболее значимо. Сравнительно-возрастные сопоставления показывают ряд несоответствий. Выше уже отмечалось, что относительные значения МПК и $W_{кр}$ в этом возрастном диапазоне практически не меняются, в то время как показатель W_{900} заметно увеличивается, четко отмечая возрастные периоды, когда аэробные возможности скелетных мышц по данным практики физического воспитания значительно возрастают [1; 4]. Совершенно очевидно, что это связано с возрастными изменениями зон относительной мощности. Это позволяет считать, что эргометрические методы оценки аэробных возможностей более адекватно отражают возрастные изменения рабочих возможностей аэробного источника энергии. Можно полагать, что представленный метод оценивает не всю мощность окислительного аппарата скелетных мышц, активируемую в режиме МПК, а только ту часть ее, которая наиболее полно используется в энергетическом обеспечении сократительного акта. По-видимому, это связано с тем, что в младшем школьном возрасте имеют место особенности окислительного метаболизма, связанные с высоким уровнем базального обмена и низкой эффективностью функционирования кислород-транспортной системы [6; 10; 13]. Все это способствует развитию аэробной энергетики, связанной, в первую очередь, с возможностью длительного функционирования в устойчивом состоянии.

ВЫВОДЫ

1. Возрастное развитие физической работоспособности и энергетики мышечной деятельности представляет собой сложный гетерохронный процесс.
2. Общая закономерность возрастного развития энергообеспечения мышечной деятельности определяется тем, что на этапах постнатального онтогенеза, соответствующему младшему школьному возрасту, у детей развиваются преимущественно аэробные механизмы, в то время как на более поздних этапах, при завершении пубертатного процесса, свое максимальное развитие находят анаэробно-гликолитические процессы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев В.Ф. Индивидуальные особенности энергетического обеспечения мышечной работы // Новые исследования в психологии и возрастной физиологии. – 1991. – № 2 (6). – С. 86-89.
2. Воробьев В.Ф., Корниенко И.А. Интегральный показатель энергетического обеспечения мышечной деятельности // Новые исследования в психологии и возрастной физиологии. – 1990. – № 2 (4). – С. 123-126.
3. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. – М.: Физкультура и спорт, 198. – 234 с.
4. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Воробьев В.Ф. Эргометрическое тестирование работоспособности // Моделирование и комплексное тестирование в оздоровительной физической культуре. – М. – 1991. – С. 68-82.
5. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 6. – С. 94-99.
6. Сонькин В.Д. Энергетическое обеспечение мышечной деятельности школьников: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 1990. – 50 с.
7. Сонькин В.Д. Физическая работоспособность и энергообеспечение мышечной функции в постнатальном онтогенезе // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 3. – С. 1-19.
8. Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.
9. Тамбовцева Р.В. Общие и частные закономерности возрастного развития энергообеспечения мышечной деятельности // Новые исследования. – 2011. – № 2. – С. 73-83.
10. Тамбовцева Р.В. Индивидуальные и групповые варианты динамики показателей энергообеспечения мышечной функции у мальчиков младшего школьного возраста // Новые исследования. – 2012. – № 2. – С. 14-27.
11. Фарфель В.С., Шурышев Н.А. Силовые способности мальчиков 8-15 лет: Тезисы симпозиума: Развитие двигательных способностей у детей. – М., 1976. – С. 185-197.

12. Muller G. (цит. По: Фарфель В.С. Физиологические основы классификации физических упражнений // Физиология мышечной деятельности, труда и спорта. – Л.: Наука, 1969. – С. 425-439.
13. 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.
14. Sonkin V., Tambovtseva R. Energy metabolism in children and adolescents // Bioenergetics/Kevin Clark (ed). - 2012. Chapter 5. pp.
15. Tornvall G. Assessment of physical capabilities // Acta Physiol. Scand. – 1963. – V. 58, suppl. 201. – P. 1-102.

ЛИЧНОСТНАЯ И ШКОЛЬНАЯ ТРЕВОЖНОСТЬ ДЕТЕЙ 10-11 ЛЕТ КАК ДЕТЕРМИНАНТА УРОВНЯ КОРТИКОСТЕРОИДОВ

И.В. Ермакова¹

ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Москва

В статье рассматриваются эмоционально-личностные особенности детей 10-11 лет. Представлены результаты исследования взаимосвязи тревожности и личностных характеристик с уровнем кортикостероидов в слюне.

Ключевые слова: дети, школьная и личностная тревожность, нейротизм, личностные характеристики, социальный статус, кортизол, соотношение кортизол/ДГЭА.

Personal and school anxiety in 10-11-year-old children as a determinant of corticosteroid level. *The article deals with emotional and personal characteristics of children at the age of 10-11 years old. It presents the results of studies of the relationship between anxiety and personality characteristics with corticosteroid level in saliva.*

Keywords: children, school and personal anxiety, neuroticism, personality characteristics, social status, cortisol, cortisol / DHEA ratio.

В современном мире неуклонно растёт число детей, которые при обучении в школе испытывают эмоциональный дискомфорт. Тревожность, как показатель эмоционального неблагополучия, оказывает влияние на успешность их познавательной деятельности: негативно сказывается на произвольном внимании, объёме оперативной памяти, скорости восприятия, умственной работоспособности и успеваемости [7; 13; 17-19; 21; 32]. Повышенная тревожность является фактором, способствующим возникновению у детей неврозов и психосоматических болезней: бронхиальной астмы, гастрита, артериальной гипертонии [2; 3; 25-29; 38].

Традиционно выделяют две формы тревожности – состояние и свойство личности. Первая является временной эмоциональной реакцией на реальную или воображаемую опасность; вторая выражается в индивидуальной предрасположенности к состоянию тревожности даже при незначительных вызовах окружающей среды. А.М. Прихожан рассматривает тревожность как устойчивое личностное образование, которое сохраняется на протяжении длительного времени [23]. Следует отметить четкую возрастную специфику тревожности. Особенно остро эта проблема проявляется у детей в подростковом возрасте в период полового развития, когда она может приобрести форму устойчивого личностного образования.

Если рассматривать феномен тревожности с точки зрения системного подхода как интегративное явление, то, кроме психологического и психосоциального аспектов, важно учитывать физиологический компонент, который проявляется на уровне реакций различных систем организма: нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной и эндокринной. В реализации тревожности как эмоционального состояния главное место занимает лимбическая система, баланс между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы и её реактивность

Контакты: ¹ Ермакова И.В. – E-mail: <ermek61@mail.ru>

[40; 43]. При тревоге происходит активация симпато-адреналовой и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой систем, но физиологические маркеры повышенной тревожности до конца ещё не выяснены. В связи с этим особую актуальность приобретают психофизиологические исследования, призванные выявить биохимические детерминанты личностной и ситуативной тревожности у детей 10-11 лет, находящихся на пороге взросления, что и стало целью исследования.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящем исследовании принимали участие 488 учащихся 3-5 классов средних общеобразовательных школ г. Москвы, практически здоровых, в возрасте 10-11 лет. Среди них было 235 мальчиков и 253 девочки. Средний возраст испытуемых – $10,59 \pm 0,02$ лет; средний рост – $143,68 \pm 0,41$ см; средний вес – $36,69 \pm 0,51$ кг. Мальчики и девочки достоверно не различались по показателям физического развития.

Медицинский осмотр, во время которого оценивалось половое развитие детей по методике Н.Б. Сельверовой [14], проводила детский эндокринолог, к.м.н. Т.И. Бурая.

Эмоциональное состояние детей оценивали по тесту школьной тревожности Филлипса и шкалы явной тревожности СМАС в адаптации (А.М. Прихожан) [24]. Особенности личности школьников изучали с помощью теста Г. Айзенка и Р. Кеттелла (Э.М. Александровская, И.Н. Гильяшева). Дополнительно проводили социометрический тест в модификации А.Я. Каплана (2006).

Концентрацию кортикостероидов: кортизола и дегидроэпиандростерона (ДГЭА) в утренней слюне, собранной сразу после пробуждения, определяли иммуноферментным методом с помощью стандартного диагностического набора фирмы DRG International, Inc. Оптическую плотность и значения концентрации стероидных гормонов определяли на ИФА-анализаторе «Униплан». Концентрацию кортизола выражали в нг/мл, ДГЭА - в пг/мл.

Статистическую обработку проводили с помощью программы SPSS.13 Достоверность различий изучаемых параметров между группами оценивали с помощью критерия Стьюдента. Также использовали корреляционный анализ (коэффициент Пирсона), описательную статистику. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно результатам исследования эмоционального состояния учащихся 3-5-х классов при обучении в школе (тест Филлипса) средний уровень школьной тревожности в целом по группе составил $8,65 \pm 0,24$ балла. У девочек средние значения данного показателя были выше, чем у мальчиков ($9,10 \pm 0,35$ против $8,16 \pm 0,34$ балла; $p < 0,05$). При этом, 21,93 % детей имели повышенный, а 9,43 % - высокий уровень школьной тревожности. Оказалось, что страх не соответствовать ожиданиям окружающих и страх ситуации проверки знаний испытывают 41,39 % и 40,98 % детей. Страх самовыражения и социальный стресс переживают 36,89 % и 31,56 % учащихся (см. табл. 1). Однако средние значения этих факторов не раз-

личаются между полами. У девочек чаще, чем у мальчиков, регистрируется низкая физиологическая сопротивляемость стрессу ($1,80 \pm 0,10$ против $1,45 \pm 0,09$ балла, $p < 0,05$), страх и проблемы в отношениях с учителями ($3,64 \pm 0,09$ против $3,37 \pm 0,09$ балла, $p < 0,05$). Полученные нами результаты не противоречат данным других авторов [20; 22].

Испытуемые, принимавшие участие в нашем исследовании, обучались как в начальной, так и в средней школе. Известно, что в 5 классе, по сравнению с начальным этапом, происходит изменение характера учебной деятельности: появляются новые предметы, увеличивается интенсивность обучения, повышаются требования к школьникам. Вероятно, в этот сложный переходный период меняются и эмоциональное состояние детей. Сравнительный анализ школьной тревожности показал, что учащиеся 3-4-х ($n=269$) и 5-х ($n=219$) классов с большой степенью достоверности ($p < 0,001$) различаются по средним показателям следующих факторов: фрустрация потребности в достижении успеха ($4,18 \pm 0,12$ против $5,07 \pm 0,14$ балла), страх самовыражения ($2,56 \pm 0,10$ против $3,19 \pm 0,12$ балла), страх ситуации проверки знаний ($2,89 \pm 0,10$ против $3,36 \pm 0,12$ балла), низкая физиологическая сопротивляемость стрессу ($1,27 \pm 0,09$ против $2,09 \pm 0,10$ балла) и проблемы и страхи в отношениях с учителями ($3,28 \pm 0,09$ против $3,80 \pm 0,09$ балла).

Таблица 1

Дети 10-11 лет с разным уровнем школьной тревожности (%)

№	факторы школьной тревожности	уровень школьной тревожности								
		нормальный			повышенный			высокий		
		все	м	д	все	м	д	все	м	д
1	общая тревожность в школе	68,65	72,77	64,43	21,93	19,57	24,50	9,43	7,66	11,07
2	переживание социального стресса	68,44	63,41	73,12	26,84	34,04	20,16	4,72	2,55	6,72
3	фрустрация потребности в достижении успеха	80,74	77,45	83,80	17,62	21,70	13,83	1,64	0,85	2,37
4	страх самовыражения	63,11	63,41	62,85	16,19	15,74	16,60	20,70	20,85	20,55
5	страх ситуации проверки знаний	59,02	62,55	55,73	16,60	15,32	17,79	24,38	22,13	26,48
6	страх не соответствовать ожиданиям окружающих	58,61	56,60	60,48	19,87	19,15	20,55	21,52	24,25	18,97
7	низкая физиологическая устойчивость к стрессу	72,13	77,45	67,15	12,71	10,21	15,02	15,16	12,34	17,79
8	проблемы в отношении с учителями	75,82	78,30	73,51	22,34	20,00	24,51	1,84	1,70	1,98

Таблица 2

*Концентрация кортизола и соотношение кортизол/ДГЭА
у детей 10-11 лет с разным уровнем личностной тревожности (M±m)*

уровень личностной тревожности	кортизол (нг/мл)			кортизол/ДГЭА		
	все	мальчики	девочки	все	мальчики	девочки
низкий	7,49 ±0,83	7,93 ±1,13	6,60 ±1,11	54,61 ±7,72	49,89 ±8,01	44,11 ±8,01
нормальный	7,25 ±0,25	7,19 ±0,37	7,32 ±0,33	56,86 ±4,81	64,61 ±7,63	46,23 ±4,16
повышенный	7,85 ±0,56	7,98 ±0,74	7,72 ±0,85	105,25 ±20,80*	141,01 ±34,50	64,38 ±16,05
высокий	8,40 ±0,92	9,15 ±2,49	8,05 ±0,76	118,35 ±28,61**	107,87 ±62,49	123,59 ±31,66

*Примечание: группа с высоким уровнем состоит из детей с явно повышенным и очень высоким уровнем тревожности; * - различия между нормальным и повышенным уровнем тревожности достоверны при $p < 0,01$; ** - между нормальным и высоким уровнем тревожности достоверны при $p < 0,001$*

В средней школе страх самовыражения, страх ситуации проверки знаний и страх не соответствовать требованиям окружающих испытывают почти половина учащихся (44,29 %, 47,94 % и 47,94 %, соответственно), тогда как в начальной школе - немного больше трети школьников (30,85 %, 35,32 % и 36,06 %, соответственно). Наши результаты согласуются с данными других исследователей [4; 12], показавших, что переход на новую ступень обучения приводит к повышению уровня школьной тревожности. У учащихся в 5 классе, как правило, снижается успеваемость, часто взрослые предъявляют к ним завышенные требования, которые не соответствуют возможностям детей, что также приводит к ухудшению эмоционального состояния школьников.

У девочек в 5 классе, по сравнению с ученицами начальной школы, уровень тревожности выше по 3 факторам: страх самовыражения, проблемы, проблемы и страхи в отношениях с учителями, низкая физиологическая сопротивляемость стрессу ($p < 0,05-0,01$). У мальчиков наблюдается другая картина - различия средних показателей в 3-4-х и 5-х классах наиболее статистически значимы для факторов: общая тревожность в школе, переживание социального стресса, фрустрация потребности в достижении успеха, низкая физиологическая устойчивость к стрессу, проблемы и страхи в отношениях с учителями ($p < 0,001$). Различия по другим факторам статистически значимы при уровне достоверности $p < 0,05-0,01$.

На рис. 1-2 представлен уровень факторов школьной тревожности у учащихся 3-4 и 5 класса. Видно, что в начальной школе у девочек, по сравнению с их сверстниками, статистически выше средний уровень школьной тревожности, страх ситуации проверки знаний, страх и проблемы в отношениях с учителями и ниже физиологическая устойчивость к стрессу ($p < 0,05-0,01$). В 5 классе у мальчиков и девочек средний уровень показателей школьной тревожности примерно одинаков, только переживание социального стресса и фрустрация потребности в достижении успеха у школьников достоверно выше, чем у их сверстниц ($p < 0,05$).

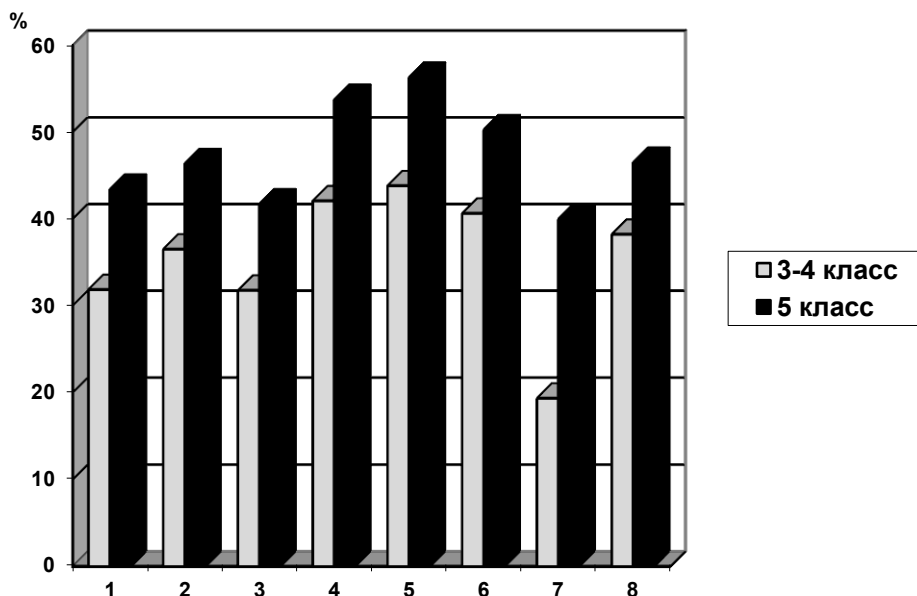


Рис. 1. Среднее значение факторов школьной тревожности у мальчиков 10-11 лет

(1. - общая тревожность в школе; 2. - переживание социального стресса; 3. - фрустрация потребности в достижении успеха; 4. - страх самовыражения; 5. - страх ситуации проверки знаний; 6. - страх не соответствовать ожиданиям окружающих; 7. - низкая физиологическая сопротивляемость стрессу; 8. - проблемы в отношениях с учителями)

Таким образом, исследование эмоционального состояния 10-11-летних школьников показало, что девочки более тревожны, чем мальчики, они отличаются от своих сверстников низкой физиологической устойчивостью к стрессу. Мальчики в процессе обучения проявляют большую фрустрацию потребности в достижении успеха. Учащиеся 5 класса, по сравнению с учениками начальной школы, отличаются более высоким уровнем страха самовыражения, страха ситуации проверки знаний, демонстрируют большую фрустрацию потребности в достижении успеха и низкую физиологическую сопротивляемость стрессу. В целом, можно отметить, что у детей 10-11 лет при оценке школьной тревожности по тесту Филлипса самым значимым фактором является страх ситуации проверки знаний и страх несоответствовать требованиям окружающих. Большинство школьников тревожатся по поводу оценок, которые дают им окружающие, ожидают негативное к себе отношение, испытывают отрицательные эмоциональные переживания при публичной проверке своих знаний и умений, что может свидетельствовать об особенностях их психофизиологической организации, которая снижает приспособляемость к стрессовым ситуациям.

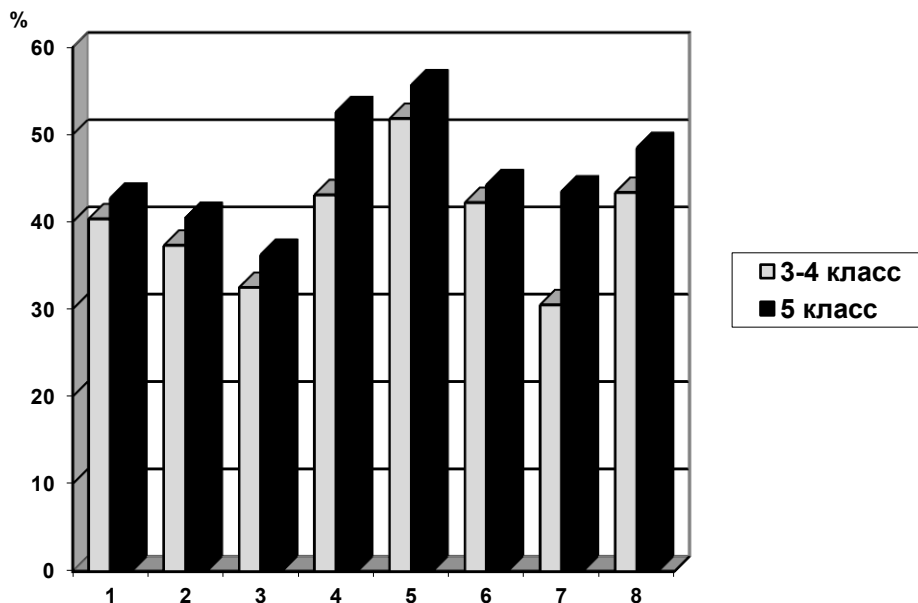


Рис. 2. Среднее значение факторов школьной тревожности у девочек 10-11 лет (обозначения факторов как на рис. 1)

Личностная тревожность как устойчивая черта является индивидуальной психологической особенностью, которая проявляется в склонности к частым и интенсивным переживаниям состояния тревоги не только в ситуации учебной деятельности, но и в других сферах повседневной жизни [16]. Согласно результатам исследования среднее значение уровня личностной тревожности у детей 10-11 лет по шкале явной тревожности СМАС в целом по группе составило $5,80 \pm 0,10$ балла. Различий между полами не наблюдали: у девочек $5,87 \pm 0,14$ балла, а у мальчиков $5,74 \pm 0,15$ балла; $p > 0,05$. При этом 24,32 % детей имели несколько повышенную тревожность; 9,36 % - явно повышенную тревожность; 5,20 % - очень высокую тревожность. Схожие результаты были получены и другими авторами [22]. Исследования А.М. Прихожан [23] показали, что школьная тревожность как разновидность ситуативной тревожности является специфической формой выражения общей, т.е. личностной тревожности. Согласно этой точки зрения, мы провели анализ уровня школьной тревожности и её факторов у детей 10-11 лет с разным уровнем личностной тревожности и выявили, что ученики с явно повышенной и очень высокой личностной тревожностью демонстрируют самый высокий уровень школьной тревожности (рис. 3-4). Корреляционный анализ показал тесную связь между уровнем личностной и общей школьной тревожности ($r=0,63$ у мальчиков и $r=0,54$ у девочек; $p < 0,01$); страхом самовыражения ($r=0,58$ и $r=0,54$; $p < 0,01$, соответственно); низкой физиологической устойчивостью к стрессу ($r=0,56$ и $r=0,41$; $p < 0,01$).

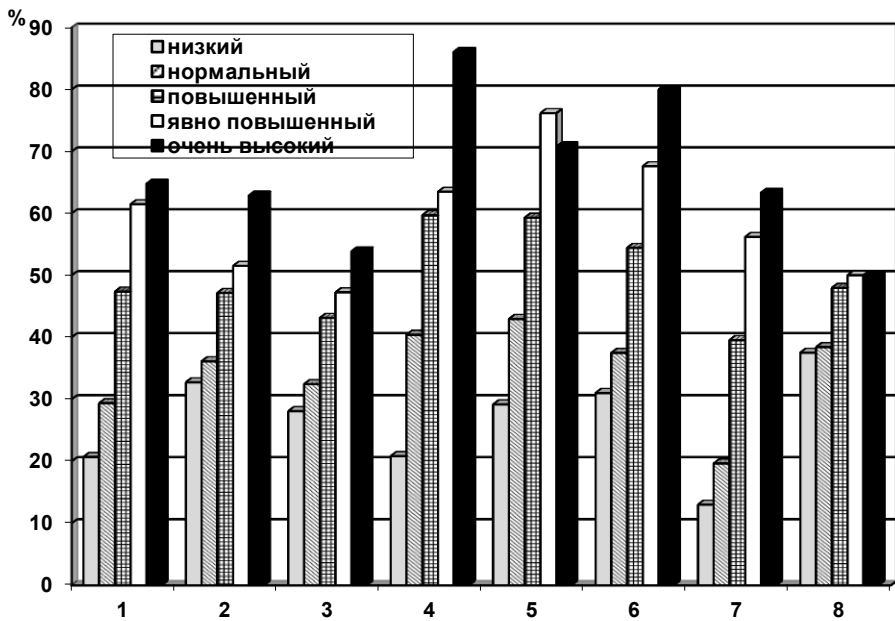


Рис. 3. Среднее значение факторов школьной тревожности у мальчиков с разным уровнем личностной тревожности (обозначение факторов как на рис. 1)

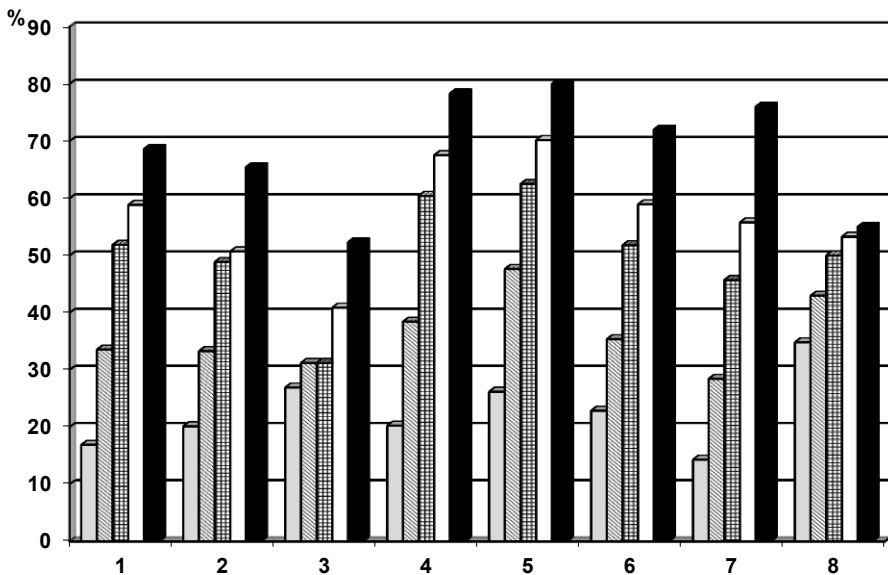


Рис. 4. Среднее значение факторов школьной тревожности у девочек с разным уровнем личностной тревожности (обозначение факторов как на рис. 1; уровня тревожности как на рис. 3)

Полученные нами данные подтверждают мнение многих исследователей о том, что личностные и ситуативные проявления тревожности имеют единое происхождение: личностный компонент - это константа тревожности, а ситуативный компонент - её лабильная составляющая [6; 24]. Мы также установили, что школьники с очень высоким уровнем личностной тревожности имеют высокий уровень нейротизма, т.е. предрасположены реагировать сильной эмоциональной реакцией на психосоциальные стресс-факторы [34]. В целом по группе выявили, что у 23,45 % школьников повышенный (15-19 баллов) уровень нейротизма, а у 8,91 % - высокий (20-24 балла). При этом, девочек с высоким уровнем нейротизма примерно в 2 раза больше, чем их сверстников (11,43 % против 6,17 %). Оказалось, что в подгруппе детей с очень высокой личностной тревожностью и явно повышенной тревожностью уровень нейротизма был в 1,9 и 1,7 раза выше, чем у школьников с нормальным уровнем личностной тревожности. Как у мальчиков, так и у девочек установлена одинаковая по своей значимости корреляционная связь между нейротизмом и личностной тревожностью ($r=0,68$; $p<0,01$). Аналогичные результаты получены А.И. Боравовой и др. [5], которые обнаружили, что школьники младших классов с высокой оценкой нейротизма показывают достоверно значимые более высокие показатели тревожности в тестах на реактивную, личностную и школьную тревожность. Также мы установили, что школьники с высоким уровнем тревожности обладают такими личностными качествами (тест Р. Кеттелла), как эмоциональная неуравновешенность (фактор С), неуверенность в себе (фактор О) и напряженность (фактор Q₄); сочетание высоких оценок по двум последним факторам часто наблюдается при разных проявлениях тревожности как черты личности. У девочек по сравнению с мальчиками отмечена более тесная корреляционная связь между показателями личностной тревожности и факторами эмоционального блока теста Р. Кеттелла ($r=-0,47$ против $r=-0,31$ для С; $r=0,51$ против $r=0,44$ для О; $r=0,44$ против $r=0,28$ для Q₄; $p<0,01$). Итак, тревожные дети 10-11 лет эмоционально неустойчивы, неуверенны в себе, фрустрированы и испытывают дискомфорт в школьной жизни.

В социально-психологической сфере тревожность влияет на статусное положение ученика в классе и на его взаимоотношения со сверстниками. Из-за неуверенности в себе, замкнутости, малообщительности или, напротив, излишней назойливости такие дети непопулярны в школьном коллективе. С другой стороны, низкий социальный статус, переживаемый и осознаваемый подростком, способствуя развитию фрустрированности, внутренней конфликтности и низкой самооценки, может стать одним из условий развития тревожности. Для определения статуса каждого ученика в классе проводилось социометрическое исследование. Оказалось, что у девочек по сравнению с мальчиками больше величина социометрического индекса *Статус* ($p<0,01$), они менее изолированы и напряжены по сравнению со своими сверстниками ($p<0,001$ и $p<0,01$; соответственно). Выявили, что у детей с явно повышенной и высокой тревожностью по сравнению с подгруппой школьников с нормальным уровнем тревожности достоверно ($p<0,05$) меньше величина индексов *Статус* и *Востребованность*, которые показывают, насколько ребёнок популярен среди сверстников. Схожие результаты получены И.А. Андреевой [1], которая установила, что личностная тревожность у подростков опосредована переживанием эмоционального неблагополучия во взаимоотно-

ношениях со значимыми сверстниками. В целом по группе обнаружили обратную корреляционную связь между социометрическим индексом *Статус* и такими факторами школьной тревожности, как переживание социального стресса ($r=-0,16$; $p<0,05$), фрустрация потребности в достижении успеха ($r=-0,30$; $p<0,01$) и страх не соответствовать ожиданиям окружающих ($r=-0,17$; $p<0,05$). Школьники обоего пола с низким социальным статусом эмоционально неустойчивы ($r=0,30$; $p<0,01$). Таким образом, школьники, обладающие низким социальным статусом в классе, имеют высокий уровень тревожности, эмоционально неустойчивы, с трудом устанавливают дружеские отношения со сверстниками, с ними не хотят дружить, сидеть за одной партой, приглашать на детские праздники.

В современной психологии существует понятие предподросткового кризиса, сопровождаемого множеством негативных проявлений, в том числе и повышением уровня тревожности. С целью определения степени полового созревания испытуемых был проведён медицинский осмотр. Известно, что дети 10-11 лет различаются по биологическому возрасту, инициация полового развития происходит в 9-11 лет у девочек и в 10-13 лет у мальчиков [10]. Подростковый возраст также отличается повышенной возбудимостью, эмоциональной неустойчивостью. Именно в этот период тревожность, как реакция на определённую ситуацию, может трансформироваться в устойчивую черту личности, которая характеризуется многозначностью факторов детерминации. В настоящем исследовании уровень биологической зрелости определяли по степени развития вторичных половых признаков согласно методике Н.Б. Сельверовой. Испытуемые девочки находились на I (34,25 %), II (36,07 %), III (17,35 %) IV (10,05 %) и V (2,28 %) стадиях; мальчики – на I (65,69 %), II (27,94 %), III (5,39 %) и IV (0,98 %) стадиях полового созревания. Итак, 65,75 % девочек и 34,31 % мальчиков по физиологическим показателям можно считать подростками. Установили, что девочки на II стадии пубертата переживают больший социальный стресс ($p<0,05$), чем их биологически более зрелые сверстницы (IV стадия). Однако достоверных различий по факторам школьной и личной тревожности у детей, находящихся на разных стадиях полового созревания выявить не удалось, т.к. большинство детей 10-11 лет только вступили в пубертат. Вероятно, для психологических показателей более корректной является периодизация подросткового возраста, предложенная Д.Б. Элькониным, которая опирается не на физическое развитие организма, а на появление психологических новообразований во время становления личности.

В пубертатный период из-за бурного роста и перестройки организма у подростков резко повышается интерес к своей внешности. Излишний вес, появлению которого способствует увеличение содержания жировой массы тела в пубертате, особенно у девочек, [33] расстраивает подростка, способствует развитию чувства неполноценности, повышает уровень тревожности [9]. Недавние исследования показали, что у детей и подростков, страдающих ожирением чаще, чем в контрольной группе отмечается повышенная тревожность [8; 31]. Это объясняется тем, что, с одной стороны, клетки жировой ткани вырабатывают большое количество активных веществ, которые участвуют в регуляции функции клеток, вызывающих реакции в тканях гипоталамуса, надпочечников, поджелудочной железы. С другой стороны, нарушение регуляции системы стресса за счет увеличения секреции кортизола и катехоламинов, особенно в вечерние часы, а также одновре-

менное повышение концентрации инсулина, приводит к развитию центрального ожирения, инсулинорезистентности и метаболического синдрома [36]. В нашем исследовании школьники с избытком веса испытывали больший страх ситуации проверки знаний и страх не соответствовать требованиям окружающих по сравнению с детьми нормального телосложения ($p < 0,05$), у них также меньше показатель социометрического индекса *Востребованность* ($p < 0,01$) и *Статус* ($p < 0,05$).

Современные исследования на близнецах убедительно доказывают генетическую обусловленность тревожности [35; 42; 45]. Косвенным подтверждением этого факта могут служить полученные нами результаты о стабильности проявления показателей тревожности у школьников. Наша выборка 10-11-летних детей включала подгруппу пятиклассников ($n=66$), у которых в 1 классе определяли уровень школьной тревожности, нейротизма и личностные характеристики. Сравнительный анализ показал, что в 5 классе 47 % детей, у которых в начальной школе обнаружили высокий уровень школьной тревожности, по-прежнему, испытывали эмоциональный дискомфорт при обучении в среднем звене. У 56,25 % учеников 5 класса сохранился страх самовыражения ($r=0,42$; $p < 0,01$), у 50 % - страх и проблемы в отношениях с учителями, у 46,43 % - страх не соответствовать ожиданиям окружающих. Кроме того, при обследовании в 5 классе 52,7 %, 37,5 % и 35 % детей подтвердили ранее выявленную неуверенность, эмоциональную лабильность и напряженность ($r=0,30$ и $r=0,27$; $p < 0,05$).

Известно, что на состояние тревоги организм отвечает разнообразными физиологическими реакциями: изменяется частота сердечных сокращений, величина артериального давления, параметры дыхания, температура тела, секреция гормонов. Кортикостероидам принадлежит особая роль в сохранении гомеостаза организма в стрессовых ситуациях. Кортизол является главным стрессовым гормоном коры надпочечников, а ДГЭА широко известен своим антистрессовым эффектом, препятствующим разрушительному воздействию кортизола на мышечную ткань, иммунные клетки и мозг [30]. В целом по группе среднее значение уровня кортизола в утренней слюне составило $7,63 \pm 0,22$ нг/мл и колебалось в широком диапазоне. Сравнительный анализ не выявил гендерных различий концентрации кортикостероида ($7,63 \pm 0,33$ нг/мл у мальчиков и $7,62 \pm 0,31$ нг/мл у девочек). Однако уровень кортизола как в группе в целом, так и в зависимости от пола рос по мере увеличения тревожности (см. табл. 2), хотя различия между группами не были статистически достоверными. При клинической форме тревожности и депрессии у многих пациентов определяется нормальный уровень кортизола, что не означает отсутствие у них нарушений со стороны ГНС. Соотношение кортизол/ДГЭА считается более чувствительным маркером, чем отдельная оценка уровня этих кортикостероидов [39]. Среднее значение этого показателя в целом по группе составило $72,17 \pm 6,14$; а у девочек ниже, чем у мальчиков ($62,57 \pm 7,24$ против $79,94 \pm 9,40$; $p > 0,05$). Тот факт, что у девочки более тревожны, а соотношение кортизол/ДГЭА у них меньше, чем у их сверстников, вероятно, связан более высоким уровнем ДГЭА, который является предшественником половых стероидов и связан с биологическим возрастом, что подтверждают данные наших предыдущих исследований [11]. Сравнительный анализ величины соотношения кортизол/ДГЭА у детей 10-11 лет с разным уровнем личностной тревожности установил, что по мере роста тревожности увеличивается и этот коэффициент. Значимые различия

по величине соотношения кортизол/ДГЭА обнаружили при попарном сравнении групп с нормальным и повышенным уровнем, нормальным и высоким уровнем тревожности. Также установлена положительная корреляция показателя соотношения кортизол/ДГЭА с уровнем личностной тревожности ($r=0,40$; $p<0,01$ у девочек и $r=0,29$; $p<0,01$ у мальчиков) и отрицательная с величиной социометрического индекса *Востребованность* ($r=-0,16$; $p<0,05$). В целом по группе была обнаружена тесная связь между концентрацией кортизола и напряженностью – фактором Q_4 ($r=0,21$; $p<0,05$). Полученные нами результаты не противоречат литературным данным, свидетельствующим о существовании положительной корреляции между тревожностью как чертой личности и уровнем кортизола [37, 44]. Однако в других исследованиях при сопоставлении показателей кортизола в слюне и уровня тревожности (по тесту Филлипса) не удалось выявить статистически достоверных различий [15]. Причину таких противоречивых результатов объясняет Е.А. Shirtcliff [41], которая при поперечном исследовании обнаружила, что у детей в 11 лет низкая концентрация кортизола связана проблемами интернализации поведения, а в при продольном установила, что высокий уровень гормона и плоский ритм в 11 лет предсказывают повышенную тревожность у 13-летних подростков. Такой паттерн секреции кортизола у тревожных детей вполне ожидаем, т.к. они имеют большую физиологическую реакцию на стресс, восприимчивость как к положительным, так и к отрицательным событиям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Школьная тревожность является ярким показателем эмоционального неблагополучия детей. 31,36 % учеников испытывают дискомфорт в школьной жизни, при этом девочки тревожнее мальчиков. Чаще всего школьники испытывают страх не соответствовать ожиданиям окружающих и страх ситуации проверки знаний. При переходе из начальной школы на многопредметное обучение уровень школьной тревожности повышается, а к уже имеющимся страхам добавляется страх самовыражения. В основе тревожности детей в ситуациях учебной деятельности лежит личностная тревожность. Высокотревожные дети, как правило, имеют высокий уровень нейротизма, обладают такими личностными качествами как эмоциональная неустойчивость, неуверенность в себе, напряженность. Школьники с избытком массы тела в период пубертата в большей степени склонны к тревожности, чем их сверстники с нормальным телосложением. Проявление повышенной тревожности оказывает влияние на статусное положение ученика в классе. Дети с высоким уровнем тревожности наименее популярны в коллективе, о чем свидетельствует величина социометрических индексов *Статус* и *Востребованность*. Тревожность является устойчивой чертой личности; у более 40 % детей сохраняется её высокий уровень при продольном исследовании. Уровень кортикостероидов (кортизола и соотношения кортизол/ДГЭА) является физиологическим показателем напряженности детей группы риска. Концентрация кортизола и величина коэффициента кортизол/ДГЭА увеличивается по мере роста уровня личностной тревожности детей. Результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что физиологические проявления тревожности тесно связаны с эмоционально-личностными особенностями детей 10-11 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева, И.Н. Взаимосвязь личностной тревожности и социально-психологических характеристик подростков / И.Н. Андреева: автореф. ... дисс. канд. психол. наук. – Минск. – 2002. – 21 с.
2. Асташенко, А.П. Тревога и депрессия у детей с соматическими заболеваниями / А.П. Асташенко // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2014. – Т. 4, № 5. – С. 645.
3. Билецкая, М.П. Семейный и системный подход в изучении психоэмоциональных особенностей детей с бронхиальной астмой / М.П. Билецкая, М.И. Буракова // Практическая медицина. – 2012. – № 57. – С. 89-92.
4. Битянова М.Р. Организация психологической работы в школе / М.Р. Битянова. – М.: Совершенство, 1998. – 298 с.
5. Боровова, А.И. Соотношение показателей функциональной межполушарной асимметрии, темперамента и успеваемости у школьников в раннем подростковом возрасте / А.И. Боровова, Н.С. Галкина, В.Ф. Фокин // Асимметрия. – 2007. – Т. 1, № 1. – С. 37-44.
6. Бреслав, Г.М. Психология эмоций: учебное пособие / Г.М. Бреслав. – 3-е изд. – М.: Академия. – 2007. – 544 с.
7. Викторова, В.В. Анализ взаимосвязи тревожности и устойчивости внимания у детей с СДВГ / В.В. Викторова // Вестник МГОУ. Серия «Психологические науки». – 2010. – № 1. – С. 123-129.
8. Волгина, С.Я. Состояние здоровья девушек-подростков с конституционально-экзогенной формой ожирения / С.Я. Волгина, М.Х. Валиуллина // Вопросы современной педиатрии. – 2006. – Т. 5, № 5. – С. 39-44.
9. Дарвиш О.Б. Возрастная психология: Учеб. пособие для студ. ВУЗа / О.Б. Дарвиш. – М.: Изд-во Владос-Пресс. – 2013. – 263 с.
10. Дедов, И.И. Руководство по детской эндокринологии / И.И. Дедов. – М.: Универсум Паблишинг, 2006. – 600 с.
11. Ермакова, И.В. Физическое развитие, компонентный состав тела и уровень ДГЭА у детей 9-15 лет в период полового созревания / И.В. Ермакова, Т.И. Бурая, Н.Б. Сельверова // Новые исследования. – 2013. – Т. 34, № 1. – С. 102-111.
12. Иванова, О.Н. Тревожность и её особенность в подростковом возрасте / О.Н. Иванова, В.Р. Бильданова // Международный журнал экспериментального обучения. – 2011. – № 8. – С. 56.
13. Кожевникова, И.С. Характеристика слуховых когнитивных вызванных потенциалов Р300 у детей с высоким уровнем тревожности / И.С. Кожевникова: автореф. ... дисс. канд. биол. наук. – Архангельск, 2012. – 18 с.
14. Колесов Д.В., Сельверова Н.Б. Физиолого-педагогические аспекты полового созревания. – М.: Педагогика, 1978. – 224 с.
15. Костромина, С.А. Уровень кортизола в слюне у школьников 10-11 лет / С.А. Костромина, М.Ф. Рзянкина. – 2013. www.rusnauka.com.
16. Кравцова, М. Тревожные дети / М. Кравцова // Школьный психолог. – 2003. – № 19. – С. 6-7.

17. Мужиченко М.В. Особенности высшей нервной деятельности учащихся в зависимости от темперамента и уровня тревожности / М.В. Мужиченко // Межд. научно-практ. Интернет-конф. «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте». – 2013. www.sworld.com.ua
18. Нехорошкова, А.Н. Трансформация структуры зрительно-моторной деятельности при высокой тревожности у детей / А.Н. Нехорошкова, А.В. Грибанов, И.С. Кожевникова [и др.] // Экология человека. – 2012. – № 5. – С. 20-24.
19. Нехорошкова, А.Н. Интеллектуальная деятельность тревожных детей в условиях ограничения времени / А.Н. Нехорошкова // Вестник Северного (Арктического) фед. ун-та. Серия: медико-биологические науки. – 2014. – № 1. – С. 84-88.
20. Павловец, Г.Г. Показатели школьной тревожности как маркеры психологических проблем учащихся начальной школы / Г.Г. Павловец, Р.Ш. Чаваев // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2014. - № 5-2. – С. 247-250.
21. Полунина, Л.В. Повышенная школьная тревожность как фактор снижения успеваемости учащихся пятых классов / Л.В. Полунина // Вестник МГОУ. Серия «Психологические науки». – 2012. – № 2. – С. 92-98.
22. Поляшова, Н.В. Динамика тревожности младших школьников в образовательном процессе начальной школы / Н.В. Поляшова // Герценовские чтения. Начальное образование. – 2014. – Т. 5, № 1. – С. 153-158.
23. Прихожан, А.М. Тревожность у детей и подростков: психологическая природа и возрастная динамика / А.М. Прихожан. – М.: МПСИ; Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК», 2000. – 304 с.
24. Прихожан, А.М. Психология тревожности: дошкольный и школьный возраст / А.М. Прихожан. – М.: Питер. – 2009. – 192 с.
25. Прохорова, Ж.В. Особенности эмоционального развития подростков с эссенциальной артериальной гипертензией / Ж.В. Прохорова, Л.И. Колесникова, В.В. Долгих [и др.] // Бюллетень ВНСЦ СО РАМН. – 2009. – Т. 68, № 4. – С. 35-38.
26. Сильченко, И.В. Личностная тревожность как предиктор психосоматических заболеваний / И.В. Сильченко // Известия Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. – 2014. – Т. 83, № 2. – С. 134-138.
27. Фетисова, А.С. Влияние характера семейных отношений и индивидуально-личностных особенностей ребёнка на возникновение и течение заболеваний желудочно-кишечного тракта у детей 8-12 лет / А.С. Фетисова // Уч. записки: электр. науч. журнал Курского гос. ун-та. – 2011. – № 4.
28. Фролова, О.В. Психологические особенности больных хроническими соматическими заболеваниями / О.В. Фролова // Казанский педагогический журнал. – 2009. – № 9-10. – С. 104-112.
29. Царева, А.Б. Изучение школьных неврозов и способов их коррекции / А.Б. Царева // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2010. – № 8. – С. 369-371.
30. Brown, G.R. Steroid hormones, stress and the adolescent brain: a comparative perspective / G.R Brown, K.A. Spencer // Neuroscience. – 2013. – V. 26. – P. 115-128.
31. Esposito, M. Anxiety and depression levels in prepubertal obese children: a

case-control study / M. Esposito, B. Gallai, M. Roccella [et al.] // *Neuropsychiatr. Dis. Treat.* – 2014. – V. 3, № 10. – P. 1897-1902.

32. Ferneyhough, E.] Anxiety modulates the effects of emotion and attention on early vision / E. Ferneyhough, M.K. Kim, E.A. Phelps [et al.] // *Cogn. Emot.* – 2013. – V. 27, № 1. – P. 166-176.

33. Fujii, K. Change with age in regression construction of fat percentage for BMI in school-age children / K. Fujii, T. Mishima, E. Watanabe [et al.] // *J. Physiol. Antropol.* – 2011. – V. 30, № 2. – P. 69-76.

34. Lahey, B.B. Public health significance of neuroticism / B.B. Lahey // *Am. Psychol.* – 2009. – V. 64, № 4. – P. 241-256.

35. Lamb, D.J. Heritability of anxious-depressive and withdrawn behavior: age-related changes during adolescence / D.J. Lamb, C.M. Middeldorp, C.E. van Beijsterveldt [et al.] // *J. Am. Acad. Child. Adolesc. Psychiatry.* – 2010. – V. 49, № 3. – P. 248-255.

36. Pervanidou, P. Stress and obesity/metabolic syndrome in childhood and adolescence / P. Pervanidou, G.P. Chrousos // *Int. J. Pediatr. Obes.* – 2011. – V. 6, Suppl. 1. – P. 21-28.

37. Pervanidou, P. Circadian cortisol profiles, anxiety and depressive symptomatology, and body mass index in a clinical population of obese children / P. Pervanidou, D. Bastaki, G. Chouliaras [et al.] // *Stress.* – 2013. – V. 16, № 1. – P. 34-43.

38. Romero-Acosta, K. Age and gender differences of somatic symptoms in children and adolescents / K. Romero-Acosta, J. Canals, C. Yernandez-Martinez [et al.] // *J. Ment. Health.* – 2013. – V. 22, № 1. – P. 33-41.

39. Saczawa, M.E. Methodological considerations in use of the cortisol/DHEA(S) ratio in adolescent populations // M.E. Saczawa, J.A. Graber, J. Brooks-Gunn [et al.] // *Psychoneuroendocrinology.* – 2013. – V. 38, № 11. – P. 2815-2819.

40. Sharma, R.K. Heart rate variability study of childhood anxiety disorders / R.K. Sharma, Y.P. Balhara, R. Sagar [et al.] // *J. Cardiovasc. Dis. Res.* – 2011. – V. 2, № 2. – P. 115-122.

41. Shirtcliff, E.A. Concurrent and longitudinal associations of basal and diurnal cortisol with mental health symptoms in early adolescence / E.A. Shirtcliff // *Dev. Psychobiol.* – 2008. – V. 50, № 7. – P. 690-703.

42. Trzaskowski, M. Stable genetic influence on anxiety-related behaviours across middle childhood / M. Trzaskowski, H.M.S. Zavos, C.M.A. Haworth et al. // *J. Abnorm. Child. Psychol.* – 2012. – V. 40. – P. 85-94.

43. Van den Bulk, B.G. Amygdala activation during emotional face processing in adolescents with affective disorders: the role of underlying depression and anxiety symptoms / B.G. van den Bulk, P.H. Meens, N.D. van Lang [et al.] // *Front. Hum. Neurosci.* – 2014. – V. 8. – P.1-13.

44. Vreeburg, S.A. Salivary cortisol levels in persons with and without different anxiety disorders / S.A. Vreeburg, F.G. Zitman, J. van Pelt [et al.] // *Psychosomatic Medicine.* – 2010. – V. 72, № 4. – P. 340-347.

45. Waszczuk, M.A. The phenotypic and genetic structure of depression and anxiety disorder symptoms in childhood, adolescence, and young adulthood / M.A. Waszczuk, H.M. Zavos, A.M. Gregory [et al.] // *Jama Psychiatry.* – 2014. – V. 71, № 8. – P. 905-916.

СОСТОЯНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЫХАНИЯ В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К УМЕРЕННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ У ДЕТЕЙ 8-И ЛЕТНЕГО ВОЗРАСТА

Е.В. Соколов¹

ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Москва

С целью изучения резервных возможностей и адаптационных способностей дыхательной системы обследованы школьники основной группы здоровья 8-ми лет. При исследовании функции внешнего дыхания использованы методы: спирография, фазовый анализ дыхательного цикла, анализ кривой поток-объем (КПО) при помощи спироанализатора "Рид-124Д". Использованный методический подход позволил установить, что состояние вегетативной регуляции является существенным фактором влияющим на состояние респираторной системы детей 8-летнего возраста.

Ключевые слова: детский возраст, дыхание, биомеханика

State of respiratory biomechanical characteristics while adapting to moderate level of exercise in 8-year-old children. To study the reserve capabilities and adaptive capacity of the respiratory system 8-year-old pupils of basic health group were studied. The following methods were used: spirometry, phase analysis of the respiratory cycle, the analysis of flow-volume curve (PAC) using "Reed-124D". These methods allowed us to conclude that the condition of the autonomic regulation is an essential factor in the regulation of the respiratory system in the 8-year-olds.

Keywords: children, respiratory system, biomechanics.

Проблемы сохранения и укрепления здоровья детского населения обостряются с каждым годом, о чем свидетельствуют статистические и клинико-эпидемиологические данные, отражающие прогрессирующее ухудшение соматического и психического здоровья детей дошкольного и школьного возраста в России [2; 3]

У подавляющей части детей школьного возраста дыхание в условиях относительного покоя испытывает на себе недостаток двигательной активности. При предъявлении даже относительно небольших физических нагрузок (подвижные игры, длительная ходьба и т.п.) такие дети испытывают одышку и сердцебиение, что напрямую связано с системой дыхания. То есть отмечена достаточно тесная зависимость между показателями физического развития детей и внешним дыханием [6; 8; 9].

По сдвигам функциональных показателей в ответ на стандартную тестирующую нагрузку можно судить о развитии аэробной системы энергообеспечения. Чем меньше сдвиги функциональных показателей после применения стандартной

Контакты:¹ Соколов Е.В. – E-mail:<evgesok@mail.ru>

нагрузки, тем экономичней она выполнена, тем более высоко развито аэробное обеспечение.

Для оценки объемных, скоростных и временных параметров был использован аппаратно-программный диагностический комплекс (Рид 124) для исследования функции внешнего дыхания. Проводились исследования: ЖЕЛ – жизненная емкость легких (л); ФЖЕЛ – объем форсированного выдоха жизненной емкости легких (л); ФЖЕЛ-ЖЕЛ – показатель, характеризующий проходимость дыхательных путей (л); ИТ – индекс Тиффно (ОФВ₁:ЖЕЛ, в %); ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за 1 с (л); МВЛ – максимальная вентиляция легких (л*мин), ПОС – пиковая объемная скорость выдоха (л/с); МОС₂₅ – максимальная объемная скорость потока на уровне выдоха 25 % ФЖЕЛ (л/с); МОС₅₀ – максимальная объемная скорость потока на уровне выдоха 50 % ФЖЕЛ (л/с); МОС₇₅ – максимальная объемная скорость потока на уровне выдоха 75 % ФЖЕЛ (л/с). Для всех обследованных детей был рассчитан весоростовой индекс (коэффициент Кетле).

При рассмотрении показателей биомеханических параметров дыхания выявлено, что ЖЕЛ у школьников 8 лет равна $1,59 \pm 0,08$ л, ФЖЕЛ - $1,6 \pm 0,08$ л, ОФВ₁ равен $1,38 \pm 0,06$ л/с, индекс Тиффно равен 88,77 %. Показатель ФЖЕЛ-ЖЕЛ, был положительным. Это свидетельствует об отсутствии обструктивных изменений дыхательных путей. Жизненный показатель (или жизненный индекс) составляет у обследованных детей $57,14 \pm 2,86$ мл/кг.

В таблице 1 представлены данные по показателям биомеханической функции легких в группах детей с высоким и низким весоростовым индексом. Хорошо заметно, что именно в зависимости от степени физического развития (в данном случае, величины весоростового индекса Кетле) распределяются значения объемных скоростей дыхания.

Таблица 1

Биомеханические характеристики легких и проходимость дыхательных путей у детей 8 лет с высоким и низким весоростовым индексом (M±m)

Группа	ЖЕЛ, л	ОФВ ₁ л/с	МВЛ, л*мин	ЖП, л/кг	ПОС л/с	МОС ₂₅ л/с	МОС ₅₀ л/с	МОС ₇₅ л/с
Высокий индекс Кетле	1,72 ±0,11	1,51 ±0,09	35,18 ±2,2	54,5 ±3,67	2,92 ±0,20	2,70 ±0,20	2,38 ±0,18	1,37 ±0,11
Низкий индекс Кетле	1,43 ±0,12	1,22 ±0,08	25,97 ±2,8	60,6 ±4,52	2,66 ±0,22	2,43 ±0,23	2,18 ±0,17	1,29 ±0,09

Так, у детей с высоким весоростовым индексом (индекс Кетле больше 200) [5] величина ФЖЕЛ больше на 25 %, ПОС. – на 9,7 %, V₅₀ – на 9,1 %, а V₇₅ – на 6,2 %, чем соответствующие показатели у детей с низким весоростовым индексом. Подобным образом соотносятся и относительные (в % к должным) величины объем-

ных скоростей дыхания. Но при этом у детей с высоким весоростовым индексом относительные величины объемных скоростей дыхания во всех случаях, кроме V_{75} , ниже своих должных значений на 0,5-26,3 %, а у детей с низким весоростовым индексом – ниже на 2,7-27,7 %. Значения показателя V_{75} (показатель проходимости мелких бронхов) больше своей должной величины у детей с высоким весоростовым индексом на 11,9 %, а у детей с низким весоростовым индексом – на 12,6 %.

Таким образом, дети физически более развитые, с высоким весоростовым индексом имеют нормальные, соответствующие возрасту значения легочных объемов и емкостей, а также показателей проходимости бронхов крупного и среднего калибра. Дети с низким весоростовым индексом несколько отстают от своих физически развитых сверстников по показателям проходимости дыхательных путей на всех уровнях.

В таблице 2 приведены среднестатистические показатели внешнего дыхания обследованных детей 8 лет, отдельно у мальчиков и девочек.

Таблица 2

Функциональные показатели внешнего дыхания у детей 8 лет ($M \pm m$)

Группа	ЖЕЛ л	ОФВ1 л/с	МВЛ, л*мин	ЖП л/кг	ПОС л/с	МОС25 л/с	МОС50 л/с	МОС75 л/с
Мальчики	1,68 ±0,07	1,47 ±0,08	31,48 ±2,14	58,20 ±2,30	2,93 ±0,24	2,68 ±0,24	2,39 ±0,21	1,41 ±0,12
Девочки	1,59 ±0,11	1,30 ±0,10	30,93 ±3,18	59,47 ±4,30	2,69 ±0,17	2,49 ±0,20	2,21 ±0,14	1,26 ±0,08

Заметны некоторые половые различия в величине ЖЕЛ, ОФВ1, МВЛ, ЖП, что косвенно отражает большую слабость дыхательной мускулатуры и уменьшение проходимости дыхательных путей у девочек. Значения проходимости крупных бронхов, бронхов среднего и мелкого калибра у обследованных мальчиков также превышают величину показателей у девочек (7,6 % - 11,9 %), но эти изменения не достоверны. Можно предположить, что на величину показателей проходимости у мальчиков влияет лучшая степень развития дыхательной мускулатуры и их способность сделать резкий выдох, по сравнению с девочками.

У подавляющей части детей школьного возраста дыхание в условиях относительного покоя испытывает на себе недостаток двигательной активности. При предъявлении даже относительно небольших физических нагрузок (подвижные игры, длительная ходьба и т.п.) такие дети испытывают одышку и сердцебиение, что напрямую связано с системой дыхания. То есть отмечена достаточно тесная зависимость между показателями физического развития детей и внешним дыханием. По сдвигам функциональных показателей в ответ на стандартную тестирующую нагрузку можно судить о развитии аэробной системы энергообеспечения. Чем меньше сдвиги функциональных показателей после применения стандартной

нагрузки, тем экономичней она выполнена, тем более развито аэробное обеспечение.

Анализ полученных данных позволил установить, что у детей 8 лет все показатели дыхательной системы крайне вариабельны после выполнения нагрузочного теста (коэффициент вариации отдельных показателей достигает величины 52 %).

Таблица 3

Некоторые показатели проходимости дыхательных путей у детей 8 лет до и после физической нагрузки ($M \pm m$)

этап. эксп.	ОФВ ₁	Тиффно	ПОС	МОС25	МОС50	МОС75	СОС	ОПОС
покой	1,38	88,77	2,81	2,58	2,30	1,34	2,3	0,47
	$\pm 0,06$	$\pm 1,65$	$\pm 0,15$	$\pm 0,15$	$\pm 0,12$	$\pm 0,07$	$\pm 0,10$	$\pm 0,03$
нагрузка	1,4	86,5	2,9	2,6	2,3	1,3	2,0	0,5
	$\pm 0,08$	$\pm 2,57$	$\pm 0,16$	$\pm 0,17$	$\pm 0,16$	$\pm 0,10$	$\pm 0,14$	$\pm 0,04$

Из таблицы 3 видно, что и ОФВ₁ и показатель пробы Тиффно (характеризующего в первую очередь состояние бронхиальной проходимости), у обследованных детей практически не изменился. Объемные скорости выдоха на уровне крупных, средних и малых бронхов (МОС25-75), ПОС, ОПОС так же остались практически без изменений. Средняя объемная скорость (СОС) уменьшилась после нагрузки на 13,04 %.

Если тестирование МВЛ в первые 60 секунд восстановительного периода выявляет, что ее величина не изменилась, или повысилась, или снизилась, но не достигает нулевой величины, то выполняемая нагрузка является относительно адекватной. Максимальная вентиляция легких у детей 8 лет после нагрузки увеличилась на 2,5 % относительно уровня покоя. То есть реакция на данную нагрузку у них благоприятная, адаптация к ней происходит без дополнительного напряжения со стороны системы внешнего дыхания, без признаков утомления дыхательной мускулатуры.

А с учетом того, что некоторые рассмотренные показатели зависят от степени развития такого фактора биомеханики, как растяжимость легких и грудной клетки, а также определяются развитием дыхательной мускулатуры, то можно говорить о двигательной активности детей и об уровне их физического развития.

В процессе улучшения физической подготовленности повышается эффективность работы сердечно-сосудистой системы и системы вентиляции, увеличивается мощность аэробных и анаэробных процессов энергообразования, происходят становление произвольной двигательной функции, оптимизация метаболизма и увеличение силы мышц. В основе возникновения как одномоментных, так и долгосрочных физиологических сдвигов лежит формирование нового уровня функционирования вегетативной нервной системы [1; 7]. Именно поэтому состояние вегетативной регуляции является определяющим фактором в процессе развития адаптации организма к физической нагрузке и обязательным показателем для врачебного контроля у детей в случае использования альтернативной методики

физического воспитания. Снижение резервных и адаптивных возможностей организма детей 8-12 лет вследствие ослабления роли симпатических влияний на функционирование различных систем организма наблюдали Удовыдченко и Бутова [9].

В результате предварительно проведенного тестирования методом кардиоинтервалографии были отобраны дети с преобладанием влияния симпатического отдела автономной нервной системы («симпатотоники»), со сбалансированной автономной регуляцией («нормотоники») и с преобладанием парасимпатического отдела автономной нервной системы («ваготоники») [4]. По мере роста и взросления детей происходит увеличение влияния парасимпатического звена вегетативной нервной системы (ВНС), что находит отражение в уменьшении средних величин уже у 8 летних детей (табл. 4). В возрасте 8 лет у «ваготоников» отмечаются более низкие величины резервных и биомеханических параметров дыхательной системы, а так же некоторое уменьшение величин дыхательного объема по сравнению с «нормотониками» и «симпатотониками». Физиологический смысл данного явления заключается в том, что в условиях преобладания парасимпатического отдела ВНС у детей отмечается относительно низкий уровень функционирования и, следовательно, большие функциональные резервы органов и систем, обеспечивающих адаптацию к нагрузкам. Подобные изменения со стороны респираторной системы мы и наблюдали у обследованных 8-летних детей.

Таблица 4

Основные параметры функционального состояния системы дыхания детей 8 лет ($M \pm t$)

Тип регуляции*	ЖЕЛ, л	ФЖЕЛ, л/с	ОФВ1, л/с	МВЛ, л*мин	ЖП, л/кг	ПОС	МОС25, л/с	МОС50, л/с	МОС75, л/с
С	2,15 ±0,1	2,08 ±0,1	1,83 ±0,1	43,62 ±4,80	58,71 ±5,57	3,73 ±0,2	3,39 ±0,3	3,08 ±0,2	1,69 ±0,2
Н	1,6 ±0,1	1,60 ±0,1	1,51 ±0,1	37,71 ±5,02	58,23 ±3,76	3,20 ±0,2	3,02 ±0,3	2,76 ±0,3	1,52 ±0,2
В	1,67 ±0,7	1,65 ±0,3	1,53 ±0,2	37,42 ±7,79	65,08 ±5,65	2,98 ±0,1	2,85 ±0,2	2,29 ±0,2	1,40 ±0,2

Примечания: * Тип регуляции- С – симпатотоники; Н – нормотоники; В – ваготоники

Литературные данные свидетельствуют о том, что за последние годы исследования по оценке физического развития становятся предметом повышенного внимания педиатров, гигиенистов и представителей других медицинских специальностей, как важнейший инструмент первичного контроля за состоянием здоровья детей. При оценке уровня физического развития решающее значение имеет гармоничное сочетание основных антропометрических (точнее соматометрических) и функциональных признаков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка возможностей организма и риск развития заболеваний. – М.: Медицина, 1997.
2. Баранов А.А., Щеплягина Л.А, Физиология роста и развития детей и подростков (теоретические и клинические вопросы) / Под ред. А.А. Баранова, Л.А.Щеплягиной. – М., 2000. – 584 с.
3. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология (физиология развития ребенка). – М., Академа, 2007. – 416 с.
4. Догадкина С.Б. Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у детей 8 лет // Новые исследования. – 2011. – № 2. – 0.5 п.л.
5. Доскин В.А. Морфофункциональные константы детского организма: Справочник / В.А. Доскин, Х. Келлер, Н.М. Мурасенко, Р.В. Тонкова-Ямпольская. – М.: Медицина, 1997. – С. 65-79.
6. Зайцева В.В. Конституция, телосложение, характер // Взгляд физиолога. – 2005. – №17-18.
7. Меерсон Ф.З. Адаптация сердца к большой нагрузке и сердечная недостаточность. – М.: Наука, 1975 – 263 с.
8. Соколов Е.В. Возрастное развитие системы дыхания и особенности ее резервных возможностей // Физиология развития ребенка: Руководство по возрастной физиологии / Под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М.:Изд. Московского психолого-социального института; Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК», 2010. – 767 с. – Гл 10. – С. 527-558.
9. Удовыдченко Е.А., Бутова О.А. Адаптивные возможности организма детей второго периода детства // Материалы XIV Международного симпозиума «Эколого-физиологические проблемы адаптации». – М.: РУДН, 2009. – С. 413-415.

«ТЕРМОХРОН iButton» – КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ АДАПТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ЧЕЛОВЕКА

Т.С. Пронина¹

ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Москва

Метод «ТЕРМОХРОН iButton» оптимален для длительного мониторинга температуры кожи людей без отрыва от их обычного режима, т.к. термометр имеет большую память, высокую чувствительность, он легко крепится и позволяет определять температуру через небольшие промежутки времени. Свойства этого термометра позволяют использовать его для исследования циркадианного и ультрадианного ритма температуры. Полученные параметры мезора и амплитуды ЦРТ у людей разного возраста свидетельствуют о возможности применения этого метода в физиологии и медицине.

Ключевые слова: термометр «Термохрон iButton», кожная температура, циркадианный ритм температуры, возраст.

"THERMOCHRON iButton" as a method of studying adaptive functions.
"THERMOCHRON iButton" method is best for long-term monitoring of the human skin temperature in people without interrupting their usual activity. It is possible because the thermometer has a large memory, high sensitivity, and it is easy to attach and to measure the temperature regularly in short time periods. The characteristics of this thermometer allow it to be used for the study of circadian and ultradian rhythms of temperature. The parameters of mesor and CRT amplitude among people of different ages indicate the possibility of applying this method to physiology and medicine.

Keywords: «Thermochron iButton» thermometer, skin temperature, temperature circadian rhythm, age.

Температура (Т) тела человека является одним из интегральных показателей общего состояния организма, она отражает характер энергетического обмена и уровень его нейроэндокринной регуляции. Температурный баланс организма достигается при определенном соотношении теплопродукции и теплоотдачи, поэтому отведение тепла через кожу является важнейшей задачей терморегуляции [13; 43; 46].

Несмотря на множество исследований Т тела в последние 30 лет, по-прежнему нет единого мнения в отношении наиболее подходящего термометра и лучшего анатомического места для ее измерения.

Известно, что Т внутренних органов (ядро) выше, чем Т поверхности тела [25]. Температура ядра, как правило, определяется как температура, измеренная в легочной артерии. Существуют другие места контроля температуры ядра: дистальный отдел пищевода, мочевого пузыря и носоглотка. [27; 41]. Наиболее распространенный в клинической практике способ измерения Т ядра у детей – это определение ректальной температуры. Однако данный метод достаточно дискомфортен и трудно применим в обычных условиях. Так как глубокие ткани для из-

Контакты:¹ Пронина Т.С. – E-mail:<pronina.ts@mail.ru>

мерений T недоступны, врачи используют другие места для измерения T, включая подмышечную впадину, подъязычную область, и барабанную перепонку [16; 36]. Недавние исследования показали, что T барабанной перепонки точно отражает T легочной артерии [19]. Измерение температуры в подмышечной области имеет ряд преимуществ: оно безопасно, легко доступно, и достаточно удобно [26; 28], однако такой термометр невозможно использовать для длительного мониторинга T тела, также как и метод измерения T на барабанной перепонке специальным термометром.

В настоящее время для регистрации T ядра применяется метод телеметрических таблеток, когда радиочастотный сигнал принимается внешним блоком, размещенным вокруг талии испытуемого. В этом случае время записи ограничено и зависит от кишечного транзита [20]. Санд-Левандер с коллегами [41] представили обзор литературных данных, которые показали, что у каждого анатомического места есть собственный диапазон T, и что величина измеренной T зависит от географического места, времени суток, сезона и др.

Анализ многочисленных литературных данных позволил сопоставить параметры T разными термометрами и в разных анатомических местах ее определения [36]. Так, в подмышечной впадине ртутным термометр диапазон T у здорового человека равен 34,7 – 37,3, диапазон ректальной T таким же термометром: 36,6 – 37,9, а на барабанной перепонке: 35,7 – 37,5. Диапазон ректальной T и диапазон T барабанной перепонки, которые отражают T ядра, не очень отличаются, диапазон подмышечной впадины (T поверхности тела) на два градуса шире, что позволяет лучше улавливать изменения этого показателя под влиянием различных факторов.

Достижения в области инфракрасной тепловизионной технологии позволили проводить высокоточные бесконтактные и неинвазивные измерения T поверхности кожи [11]. Так, Маквалд с коллегами рассчитывали дистально-проксимальный градиент T кожи на руках и ногах при использовании тепловизора [32; 21], но с помощью этого метода нельзя определять T в динамике в течение длительного времени.

Группой ученых был предложен комплексный метод термометрии (ТАР), основанный на анализе трех одновременных записей: T кожи запястья, двигательной активности (А) и положения тела (Р) [34]. Авторы назвали его «Суточный индекс функции». Это обусловлено тем, что ТАР предоставляет информацию о статусе циркадианной системы, поскольку она включает в себя не только переменную с большим количеством эндогенных компонентов, но и переменные, которые являются реактивными поведенческими критериями: двигательная активность и положение тела.

Эти литературные данные подтверждают необходимость поиска простого, надежного метода с минимальными неудобствами в проведении длительного (несколько суток) мониторинга T без отрыва от режима дня. Такие исследования необходимы для определения индивидуального суточного ритма T у человека любого возраста и при различных воздействиях экзогенного и эндогенного характера.

Суточные ритмы занимают ведущее место среди биологических ритмов человека. Современные авторы вполне обоснованно называют их совокупность и согласованность - временной организацией, подчеркивая, что они играют особую

роль при взаимодействии организма с окружающей средой [39]. В последнее время биоритмологический подход, рассматривается как ведущий при диагностике, лечении и прогнозе ряда заболеваний, а также при характеристике состояния здоровья. Этот подход основан на выявлении изменений в хронодезме - коридоре динамической (ритмологической) нормы любого показателя [46].

Циркадианный ритм температуры (ЦРТ) считается «ритмом маркером», который используется как ориентир биологических часов человека для определения синхронизации (или десинхронизации) других физиологических ритмов. По данным М. Гилоха Т поверхности кожи коррелирует с основной Т тела и свидетельствует о состоянии их терморегуляции [21]. На практике в качестве маркера, кроме Т, для оценки суточных ритмов функции широко используются ритмы гормонов: мелатонина и кортизола [33, 40]. Даффи с сотрудниками, показали, что у людей в условиях постоянного освещения эндогенный период Т тела, мелатонина, и кортизола был стабильным и составлял в среднем $24,18 \pm 0,15$ ч. [18].

Как известно, основными параметрами ЦР являются средний уровень (мезор), амплитуда колебаний и акрофаза (время максимума функции). Мезор «отражает» так называемую центральную линию, вокруг которой происходят колебания физиологической функции на протяжении суток (хронодезм). Так как организм человека является термостатом, а сам процесс постоянства температуры состоит из процессов теплопродукции и теплоотдачи, то среднесуточная величина температуры кожи (мезор) является показателем среднесуточной величины теплоотдачи.

Амплитуда ЦР наиболее пластичный показатель, она одна из первых отвечает на внутренние и внешние влияния, а ее изменение служит показателем развития адаптационного процесса и характеризует «биологический статус организма» [12]. Высокая подвижность амплитуды является механизмом приспособления организма к меняющимся факторам среды. Динамику амплитуды ЦРТ кожи отражает иной механизм адаптации. Размах суточных колебаний является показателем адаптационных способностей многих функциональных систем организма: капиллярной системы кожи, теплоотдачи подкожной жировой прослойки, а также активности центральных органов, ответственных за циркадианный ритм, таких как эпифиз (мелатонин) и гипоталамус (СХЯ).

Основаниями для выбора метода явились следующие требования:

1. простота и воспроизводимость;
2. выраженность ритмичности в исследуемый период;
3. возможность периодической регистрации;
4. пригодность для самонаблюдения;
5. минимальные неудобства в проведении исследования без отрыва от режима дня.

«Thermochron iButton DS-1921» (Dallas Semiconductor Corp.), является уникальным устройством температурного мониторинга [4]. Термометр позволяет проводить регистрацию Т кожи через определенные, заранее заданные промежутки времени и сохранять полученную информацию в собственной памяти. Термометр имеет вид таблетки небольшого размера, он легко крепится на теле человека и нечувствителен к ударам и вибрации. Термохрон – полностью автономное, экономичное устройство. Емкости элемента питания достаточно для непрерывной эксплуатации в течение 10 лет. Чувствительность термометра составляет $0,125^\circ \text{C}$.

Снятие информации, накопленной устройством, а также задание новых, установочных значений для продолжения работы, осуществляется с помощью компьютерной программы.

Мониторинг Т с помощью этого термометра дает возможность сделать большое количество замеров в течение нескольких суток без отрыва от обычного режима дня, и, тем самым, составить подробный индивидуальный «термохронобиологический профиль» ЦРТ, в котором можно выявить ряд особенностей.

Задачами настоящей работы было изучение возможности применения «Thermochron iButton» для мониторинга ЦРТ кожи у человека при различных воздействиях экзогенного и эндогенного характера.

Для этого были проведены следующие исследования:

1. Определение температуры на разных анатомических участках кожи.

Показано, что в коротком эксперименте (не более часа) с применением термометра «Thermochron iButton» исследования Т кожи в динамике, необходимо устанавливать наименьший интервал. Было проведено часовое исследование динамики Т (с интервалом в 1 минуту) кожи у мальчика 11 лет после 30-секундной физической нагрузки на велоэргометре. Термометры прикрепляли на четырех анатомических частях тела: на верхней части спины, на груди, в области ключицы (шея) и на верхней части предплечья. Представленные в табл. 1 данные, свидетельствуют, что Т повышалась на всех участках кожи, однако реакция была различной. Наибольшая величина Т ($p < 0,001$) была на коже шеи (область ключицы), меньшая Т в области груди и на плече, а наименьшая ($p < 0,001$) на коже плеча.

Таблица № 1

Средняя температура (60 мин) у мальчика 11 лет после физической нагрузки в четырех анатомических местах прикрепления термометра

место прикрепления.	ср.температура
шея	33,91 ± 0,01
	0,05
грудь	33,11 ± 0,01
	0,1
плечо	32,56 ± 0,03
	0,18
спина	33,33 ± 0,03
	0,31

t (2сут.) плечо-спина 4,34 плечо-грудь 2,32 спина-грудь 2,17

Примечание : нижний ряд – сигма

t критерий Стьюдента, различия между двумя группами

t - плечо-грудь 18,33, ($p < 0,001$); плечо-спина 7,33 ($p < 0,001$) плечо-шея - 14,67 ($p < 0,001$)

Этот эксперимент показал, что термометр может быть использован для определения Т кожи в коротких экспериментах при физических нагрузках.

Определение анатомического места прикрепления термометра для исследования ЦРТ.

Возможность применения метода «Thermochron iButton» для определения ЦРТ в разных анатомических участках кожи был проведен при мониторинге Т на коже спины, груди и плеча с 10-минутными интервалами на протяжении двух суток (48 часов) у девушки 20 лет. На основании полученных результатов были построены графики, рассчитан средний уровень (мезор) и амплитуда (разница между максимальными и минимальными значениями) циркадианных колебаний. ЦРТ был выявлен на всех участках кожи с некоторыми различиями его параметров. В табл.2 представлены мезор и амплитуда Т в области плеча, спины и груди. Величина мезора ЦРТ достоверно выше на коже спины (1 и 2 сутки), ниже на коже груди (2 сутки) и еще ниже на плече (1 и 2 сутки). Двухсуточный эксперимент не дал возможность получить многократные результаты по величине амплитуды ЦРТ, однако видно, что в области плеча она выше как в первые, так и во вторые сутки.

Таблица 2

Мезор и амплитуда циркадианного ритма температуры кожи в области плеча, спины и груди у девушки 20 лет

		плечо	спина	грудь
Мезор ЦРТ	1 сутки сигма	35,3±0,08 0,92	35,56±0,06 0,78	35,21±0,07 0,82
	2 сутки сигма	34,35±0,08 0,98	34,81±0,07 0,89	34,58±0,07 0,84
Ампл. ЦРТ	1 сутки	6,47	3,87	4,38
	2 сутки	5,11	3,93	3,8

t (1сут) плечо-спина 2,60 плечо-грудь 0,85 спина-грудь 3,80

Примечание: t_ критерий Стьюдента, различия между двумя группами

Во всех последующих исследованиях термометр прикрепляли только на верхней трети плеча, так как это место прикрепления термометра явилось наиболее удобным и надежным. Параметры интервала для суточного мониторинга Т оставались всегда одинаковым (10 мин).

2. Исследование особенностей ЦРТ у людей разного возраста.

Используя термометр «Thermochron iButton» для изучения возрастных особенностей ЦРТ для каждого испытуемого, (160 школьников 3 – 11 классов 8-17 лет, и 47 студентов 20-22 года), были построены индивидуальные графики, рас-

считан среднесуточный уровень (мезор) и амплитуда (разница максимум – минимум) ЦРТ.

Диапазон T у испытуемых разного возраста находился в пределах от $29,0^{\circ}$ до $37,5^{\circ}$. Средний период циркадианного ритма T кожи плеча был определен с помощью анализа рядов Фурье, он был равен $24,19 \pm 0,09$ часа.

Мониторинг ЦРТ кожи у девочки 15 лет плеча на протяжении двух последовательных суток выявил сходство суточной динамики (рис.1) Сходство динамики ЦРТ кожи плеча наблюдалась у некоторых детей не только на протяжении двух суток, но и в разные годы исследований (рис. 2). На диаграмме представлена динамика T на протяжении двух суток у двух мальчиков (в 9 лет, и у них же через год, в 10 лет). Такой результат наблюдался менее чем у 10 % обследуемых детей.

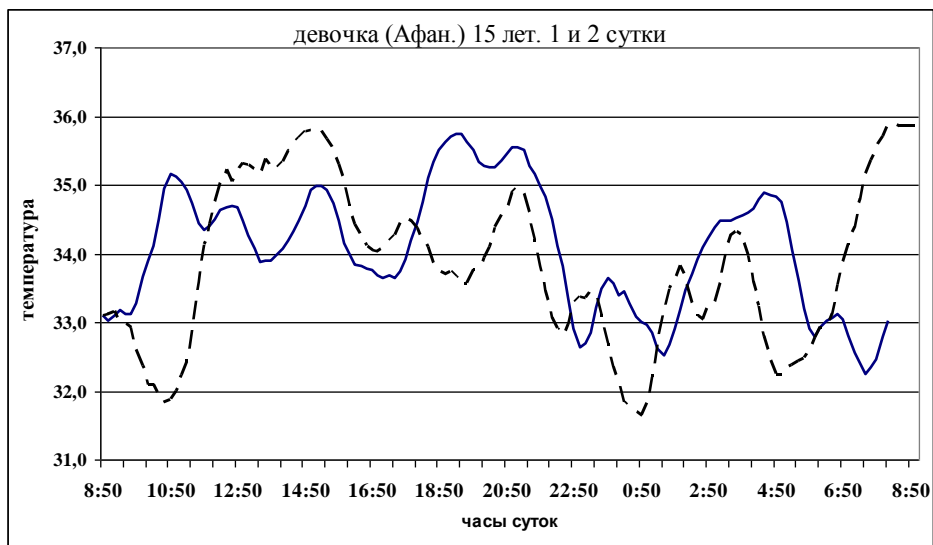
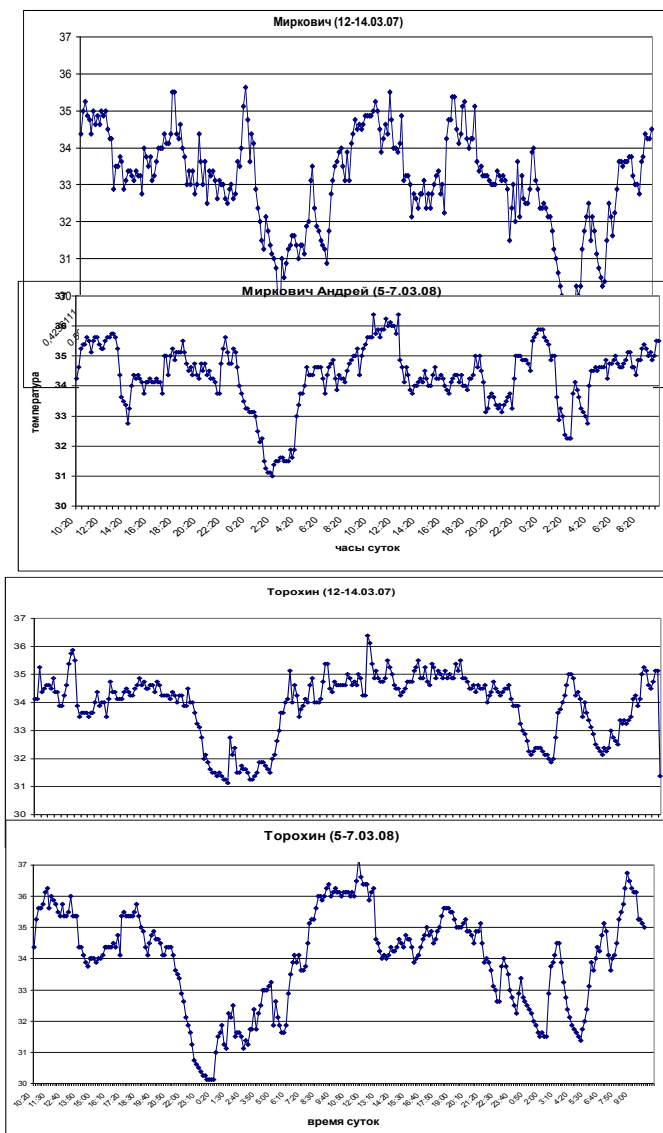


Рисунок 1. Динамика температуры в первые (—) и вторые (-----) сутки у девочки 15 лет.

На рис.3 представлены образцы индивидуальной динамики T кожи плеча у мальчиков 15 и 17 лет в течение суток. Наиболее высокая T наблюдалась у подростков в период пребывания в школе, она снижалась во время выхода из школы и вновь повышалась в период пребывания дома. У подростка 15 лет T повышалась во время тренировки, а затем, (после тренировки), вновь снижалась. Можно отметить резкое возрастание T в начале сна и большая амплитуда ультрадианных колебаний в ночное время (особенно у старшего мальчика).

Сопоставление величины мезора и амплитуды ЦРТ позволило определить возрастную динамику хронопоказателей. Обнаружено, что во время полового созревания у детей наблюдаются периоды увеличения и снижения теплоотдачи. Кроме того, процесс терморегуляции у детей в период от 8 до 17 лет имеет гендерные отличия [7; 8].



Суточная динамика температуры у одного мальчика (07 и 08 годы)

Суточная динамика температуры у одного мальчика (07 и 08 годы).

Рисунок № 2. Двухсуточная динамика температуры у двух мальчиков в разные годы исследования (первый возраст 9 лет, второй возраст – 10 лет).

3. Исследование изменений ЦРТ под воздействием эндогенных факторов (цикл «сон-бодрствование»).

Эндогенные факторы влияют на суточную динамику Т кожи. Индивидуальный «термохронобиологический профиль», отразил снижение теплоотдачи в ночной период и увеличение этого показателя в дневное время у всех детей (цикл

«сон-бодрствования»). Сопоставление средней Т и амплитуды дневных и ночных колебаний показало возрастные особенности цикла. отражает Суточный дисбаланс в некоторых возрастных периодах, связанный с перестройкой терморегуляторной и эндокринных функций может свидетельствовать о большей подвижности (чувствительности) вегетативных функций у детей в эти периоды полового созревания [8; 22; 30].

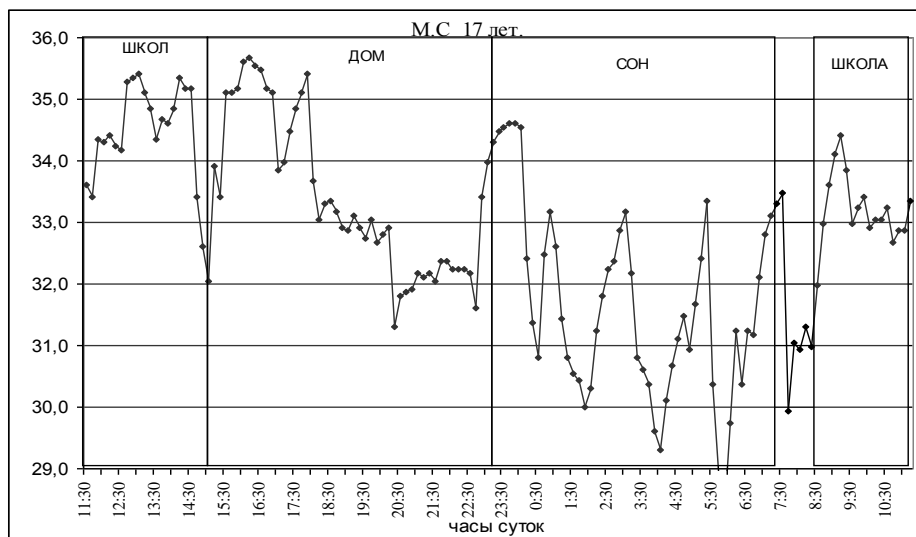
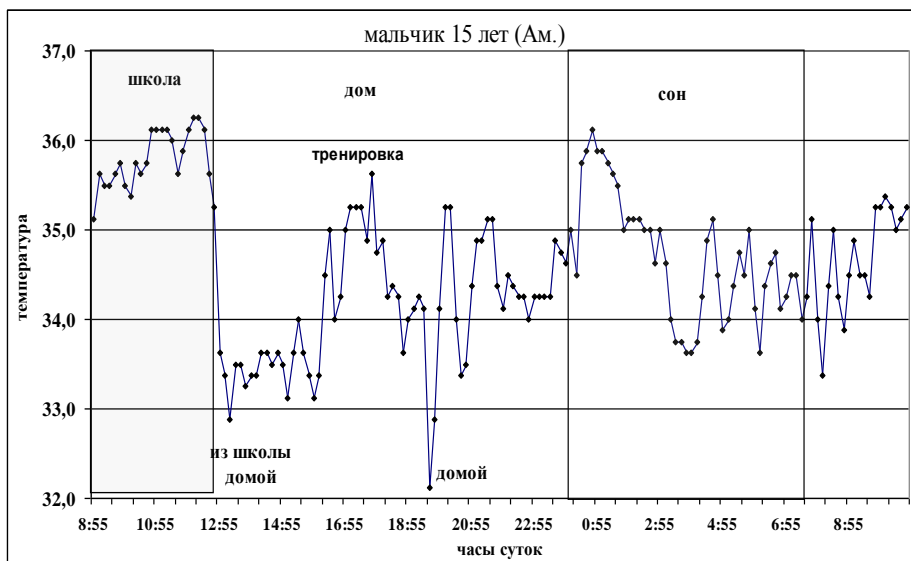


Рисунок 3. Суточная динамика температуры у подростков 15 лет (верхний рис.) и 17 лет (нижний рис.).

Результаты нашего исследования цикла «сон-бодрствование» у лиц женского пола (девочки, девушки, пожилые женщины) показали достоверно ($p \leq 0,01$) высокую ночную T у пожилых женщин, что может свидетельствовать о возрастном снижении активности эпифизарной железы [9]. Кроме того, характер индивидуальной суточной динамики T у пожилых отражает качество сна и может служить диагностическим критерием при лечении бессонницы, ночная T у них может значительно превышать дневную (рис. 4). Такой результат наблюдался у испытуемых с тревожным уровнем сна [10].

Таким образом, изменения динамики T в цикле «сон-бодрствование» отражает адаптацию организма к гормональным влиянием, прежде всего, к мелатонину, который является регулятором многих физиологических функций и участвует в формировании суточных биологических ритмов [3; 15; 35].

4. Исследование изменений ЦРТ под воздействием экзогенных факторов.

Влияние экзогенных факторов на ЦРТ, определяемый методом «Thermochron iButton», было выявлено в эксперименте с участием спортсменов спелеологов в период 6-дневного пребывания в пещере (среднесуточная $T = 6^\circ$). Исследование индивидуального «термохронобиологического профиля» ЦРТ в каждый день пребывания в подземной среде, отражает сложный адаптационный процесс, происходящий в организме человека, при экстремальном воздействии факторов среды [6]. Сопоставление величин мезора и амплитуды ЦРТ (до, во время и после пребывания в пещере) не только выявило адаптационный период для всей группы спортсменов, но и показало индивидуальные различия процесса адаптации. Важным свидетельством о неблагоприятном воздействии факторов пещеры является выраженный межиндивидуальный десинхроноз. Этот факт может указывать на индивидуальную реакцию временной организации терморегуляторной системы организма. Именно возможность определения индивидуальной суточной динамики показателя (в данном случае ЦРТ), при многодневном воздействии какого-либо экзогенного фактора дает возможность выявить индивидуальный адаптационный процесс, что является крайне важным для физиологии и медицины.

5. Определение ультрадианных колебаний температуры.

Простой метод «Thermochron iButton» дает возможность исследовать возрастную особенность ультрадианных колебаний T . Используя анализ Фурье, было показано, что у детей 9 лет обнаружены ультрадианные колебания T в интервале от 720 до 60 мин. Ритмы с периодами 120, 90 и 60 мин. выявлены у большинства мальчиков (в отличие от девочек). Эти данные отражают гендерные хронофизиологические различия у детей уже в 9 лет.

Аналогичные результаты были получены нами у подростков 13-14 лет [5]. Следовательно, можно констатировать, что величина циркадианных колебаний (амплитуда) и частота ультрадианных колебаний больше у детей мужского пола. Рядом авторов [14; 31] было обнаружено, что изменение частоты и количества ультрадианных ритмов температуры тела связано с изменением функции центральной нервной системы, что в свою очередь, связано с изменением активности центральных ритмоводителей и чувствительностью периферических рецепторов [24].

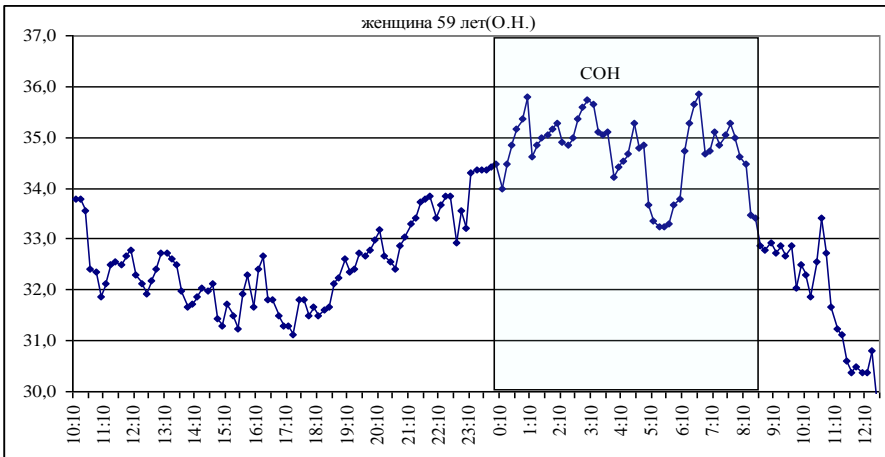
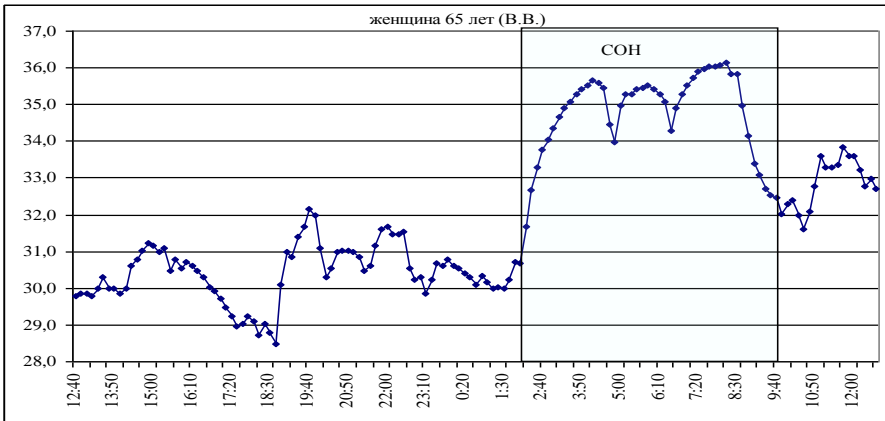
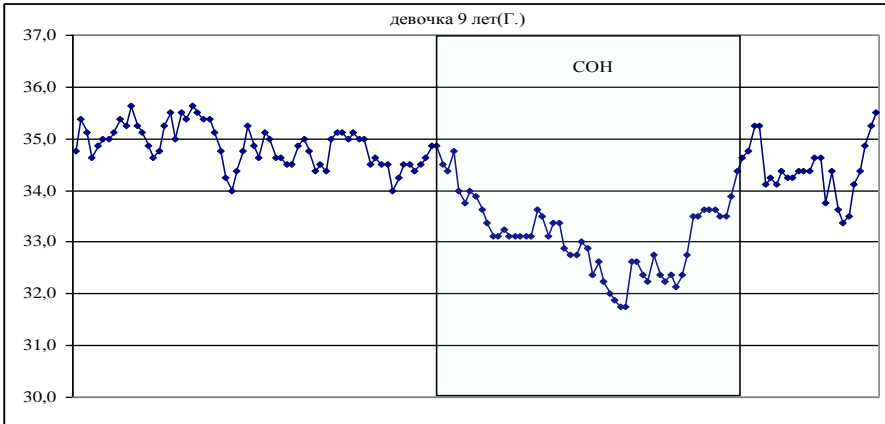


Рисунок 4. Суточная динамика температуры у девочки 9 лет (верхний рис.), у двух женщин: 65 лет (средний рис.) и 59 лет (нижний рис.).

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют, что термометр «Термохрон iButton» может применяться для изучения ЦРТ у детей и взрослых. Этот термометр дает возможность сделать большое количество замеров в течение нескольких суток без отрыва от обычного режима дня, и, тем самым составить, подробный индивидуальный «термохронобиологический профиль», изменения которого отражают процесс адаптации под влиянием эндогенных и экзогенных факторов. С помощью этого простого метода были получены новые данные о возрастных различиях хроноструктуры ЦРТ и, тем самым, о возрастной характеристике одного из терморегуляторных качеств организма.

Конструкция большинства исследований температуры тела была ограничена одним измерением на теле одного испытуемого. Вариабельность результатов в этих работах связана с возрастом ребенка и продолжительностью времени размещения измерительного прибора [17; 27]. Исследуя ЦРТ взрослых людей различными термометрами в различных местах тела, исследователи получали результаты, при которых мезор, амплитуда и акрофаза могли отличаться [23; 38; 42; 44].

Применение метода «Термохрон iButton» для выявления хроноархитектоники ЦРТ представляет особый интерес, так как полученный результат может служить нормативной возрастной хронокартой [1; 2]. Предложенный нами стандарт – 48 часов исследования при 10-минутном интервале, около 300 значений T для каждого испытуемого. Именно при таком объеме исследования ЦРТ можно судить о возрастном хронодезме. Такая хронокарта T для каждого возраста важна не только в физиологии, но и в медицине, так как ЦРТ (через СХЯ гипоталамуса) может быть и синхронизатором ритмов других осцилляторов [45].

Термохрон может быть так же применен для исследования адаптационного процесса теплоотдачи в цикле «сон-бодрствование» у людей во время разных стадий сна, что может помочь разобраться с процессами невротизма [47]. Кроме того, метод применим для выяснения соотношений ультрадианных ритмов T на разных этапах онтогенеза для прогнозирования состояния организма в последующих возрастах. Изучение этих проблем является основой для будущих исследований процесса термогенеза организма человека с изменением возраста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Губин Д.Г. Преимущества использования хронобиологических нормативов при анализе данных амбулаторного мониторинга артериального давления / Д.Г. Губин, Г.Д. Губин, Л.И. Гапон // Вестник ритмологии. – 2000. – №16. – С. 84-94.
2. Губин Д.Г. Температура тела человека как проблема хронобиологии. /Д.Г. Губин, Г.Д. Губин, С.В. Куликова // Тез. докл. «Циклы»: Материалы третьей межд. конф. Ставрополь: Изд-во СевКавГТУ, 2001. – С. 31-39.
3. Мелатонин перспективы применения в клинике / под ред. С.И. Раппопорта. – М.: ИМА-ПРЕСС. 2012. – 176 с.
4. Программа: Thermo Chron. Revisor, [Электронный ресурс].
www, elin.ru

5. Пронина Т.С. Возрастные и половые особенности циркадианного и ультрадианнных ритмов температуры кожи у детей 9-10 лет и взрослых молодых людей. //Пронина Т.С., Рыбаков В.П.// Материалы международной научной конференции «Физиология развития человека». – М., 2009. – С. 112-114. – (0,25 п.л.)
6. Пронина Т.С. Влияние экстремальных факторов подземной среды на суточный ритм температуры кожи студентов спелеологов. / Пронина Т.С, Павлов Е.А. // Новые исследования. – 2012. – Т. 31., № 2. – С. 56-61
7. Пронина Т.С. Особенности циркадианного ритма температуры кожи у детей 8-9 лет и молодых людей. / Т.С. Пронина, В.П. Рыбаков // Физиол. Человека. – 2011. – Т. 37., № 4. – С. 1-7.
8. Пронина Т.С. «Характеристика циркадианного ритма температуры кожи у человека в период полового созревания человека» / Пронина Т.С., Рыбаков В.П. // Новые исследования. – 2012. – № 4. – С. 30-39.
9. Пронина Т.С. Циркадианный ритм температуры – опосредованный метод определения мелатонина у девочек, девушек и пожилых женщин / Т.С. Пронина // Материалы конф. с международным участием «Физиологические проблемы адаптации». – Ставрополь. – апрель 2013. – С. 201-202.
10. Сон и тревожность / под ред. Е.В.Вербицкого. – Ростов на Дону: Изд-во ЮНЦ РАН. 2008. – 340 с.
11. Соськин В.Д. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. / В.Д. Соськин, Р.В. Тамбовцева. – М.: Изд-во «Книжный дом Либроком», 2011. – 368 с.
12. Степанова С.И. Биологические аспекты проблемы адаптации. – М., Наука, 1986. – 244 с.
13. Biatteis C.M. Age-Dependent Changes in Temperature Regulation / C.M. Biatteis // Gerontology. – 2012. – V. 58, №4. – P. 289-295.
14. Bcakova-Rocher A. Circadian rhythm of the axillary temperature in mood disorders. Prominent ultradian period in major thymic disorders / A. Bcakova-Rocher, A. Gorceix, A. Reinberg, J. Nouguier-Soule, J. Nouguier // Encephale. – 1992. – V. 18, № 1. – P. 75-76.
15. Cagnacci A. Homeostatic versus circadian effects of melatonin on core body temperature in humans / A. Cagnacci // J. Biol. Rhythms. – 1997. – V. 12, № 6. – P. 509-517.
16. Chamberlain J. M. New light on ear thermometer readings. (Chamberlain J M, Terndrup T E.) // Contemp Pediatr. – 1994. – 11(3). – P. 66-76.
17. Craig J.V. Temperature measured at the axilla compared with rectum in children and young people: systematic review. (J.V. Craig, G. A. Lancaster, P. R. Williamson, R.L. Smyth). BMJ. – 2000. – April 29, V. 320(7243). – P.1174-1178.
18. Duffy J.F. Sex difference in the near-24-hour intrinsic period of the human circadian timing system / J.F. Duffy, S.W. Cain, A.M. Chang., A.J. Philips et al. // Proc. Nati. Acad. Sci. – 2011. – V. 13, № 108, Suppl. 3. – P. 15602-15608.
19. Duru C.O. A comparison of tympanic and rectal temperatures in term NIGERIAN neonates. / C.O. Duru, F.O. Akinbami, A.E.Orimadegun // BMC Pediatr. – 2012. – № 12. – P. 86-91

20. Edwards B.A. Aging and sleep: physiology and pathophysiology / B.A. Edwards, D.M. O'Driscoll, A. Ali, A.S. Jordan et al. // *Semin Respir Crit Care Med.* – 2010. – V. 31, № 5. – P. 618-633.
21. Giloh M. Skin surface temperature of broiler chickens is correlated to body core temperature and is indicative of their thermoregulatory status. / M. Giloh, D.Shinder, S.Yahav // *Poult. Sci.* – 2012. – V. 91, № 1. – P. 175-188.
22. Griggs SD. Overnight oscillations of rectal temperature. / SD Griggs, DM Tappin, RP Ford, MP Wailoo // *Arch. Dis. Child.* - 1995. – V. 73, №3. – P. 277
23. Hanneman S.K. Measuring circadian temperature rhythm /Hanneman S.K.// *Biol.Res.Nurs.* – 2001. – № 2. – P. 236-248.
24. Harper D.G. Stress induced disorganization of circadian and ultradian rhythms: comparisons of effects of surgery and social stress / D.G. Harper, W.Tornatzky, K.A.Miczek // *J. Psychol.* – 2001. – V.25. – P. 138-140.
25. Hiddinga A.E. Endogenous and exogenous components in the circadian variation of core body temperature in humans / A.E. Hiddinga , D.G. Beersma , R.H. Van den Hoofdakker // *J Sleep Res.* – 1997. – V. 6, № 3. – P. 156-63.
26. Karatsoreos I.N. Disruption of circadian clocks has ramifications for metabolism, brain, and behavior / I.N.Karatsoreos, S.Bhagat, E.B.Bloss, J.H.Morrison, B.S.McEwen // *Proc.Nati.Acad.Sci.* – 2011. – V. 108, № 4. – P. 1667-1662.
27. Kelly G.S. Body Temperature Variability (Part 2): Masking Influences of Body Temperature Variability and a Review of Body Temperature Variability in Disease. /G.S. Kelly // *Altern. Med. Rev.* – 2006. – V. 11, № 4. – P. 278-93.
28. Kenney W.L. Invited review: aging and human temperature regulation / W.L. Kenney, T.A. Munce // *J.Appl. Physiol.* – 2003. – Dec. ,V. 95, № 6. – P. 2598-2598.
29. Knox D.M. Core body temperature, skin temperature, and interface pressure: Relationship to skin integrity in nursing home residents / D.M. Knox // *Adv. Wound Care.* – 1999. – Jun. – V. 12, №5. – P. 246-252.
30. Kubota T. Effects of nocturnal bright light on saliva melatonin, core body temperature and sleep propensity rhythms in human subjects / T. Kubota // *Neurosci. Res.* – 2002. – V. 42, №2. – P. 115-122.
31. Lindsley G. A Persistent circadian Ultradian rhythm is identified in human core temperature / G. Lindsley, H.B. Dowse, P.W. Burgoon, M.A. Koika, L.A. Stephenson // *Cronobiol. Int.* – 1999. – V. 16, № 16. – P. 69-78
32. Markwald R.R. Effects of the melatonin MT-1/MT-2 agonist ramelteon on daytime body temperature and sleep / R.R. Markwald , T.L. Lee-Chiong , T.M. Burke J.A. Snider , et al // *Sleep.* – 2010. – Jun., V. 33, №6. – P. 825-831.
33. Ootsuka Y. Brown adipose tissue (BAT) thermogenesis heats brain and body as part of the brain-coordinated ultradian basic rest-activity cycle (BRAC). / Y. Ootsuka, C. Rodrigo, A. Abbas, V. Z. Dmitry et al. // *Neuroscience.* – 2009. – 164, № 2. – P. 849-863.
34. Ortiz-Tudela E. A new integrated variable based on thermometry, actimetry and body position (TAP) to evaluate circadian system status in humans / E. Ortiz-Tudela, A. Martinez-Nicolas, M.Compos, MA Rol, JA Madrid // *PLoS Comput Biol.* – 2010. – V. 11, № 6: e 1000996.
35. Parades SD. Melatonin and triptophan affect the activity-rest rhythm, core and peripheral temperatures, and interleukin levels in the ringdove: changes with age / S.D.

Parades, A.M. Marchena., I. Bejarano, J. Espino et al. // *J. Gerontol. Med. Sci.* – 2009. – Mar. – V. 64, № 3. – P. 340-350.

36. Radhi A.S. Thermometry in pediatric practice. / A.S. Radhi and W. Barry // *Arch Dis Child.* – 2006. – V. 91, № 4. – P. 351-356.

37. Redfern P Circadian rhythms, jet lag, and chronobiotics: an overview / Redfern P., Minors D., Waterhouse J // *Chronobiol. Intern.* – 1994. – 11. – P. 253-256.

38. Reinberg A. Problems related to circadian rhythms in human skin and their validation. / A. Reinberg, I. Le Fur, E. Tschachier // *J. Invest. Dermatol.* – 1998. – Oct. - V. 111, №4. – P. 708-709.

39. Refinetti R. The circadian rhythm of body temperature / R.Refinetti// *Front. Biosci.* – 2010. Jan. – V. 1, № 15. – P. 564-594

40. Ring E.F. New standards for devices used for the measurement of human body temperature / E.F. Ring, H. McEvoy, A. Lung, J. Zuber, G. J. Machin // *Med. Eng. Technol.* – 2010. May. – V. 34, № 4. – P. 249-253.

41. Sund-Levander M. Normal, oral, rectal, tympanic and axillary body temperature in adult men and women: a systematic literature review / M. Sund-Levander, G. Eorsherg, L.K.Wahren // *Scand. J Caring. Sci.* – 2002. – V. 16, № 2. – P. 122-128.

42. Thomas K.A. Biological rhythm development in preterm infants: does health status influence body temperature circadian rhythm? / K.A.Thomas // *Res Nurs Health.* – 2001. – V. 24, № 3. – P. 170-180.

43. Van Someren E.J. Circadian and age-related modulation of thermoreception and temperature regulation: mechanisms and functional implications /E.J.Van Someren, R.J. Raymann, E.J. Scherder, H.A. Daanen, D.F. Swaab // *Ageing Res. Rev.* – 2002, Sep. – V. 1, № 4. – P. 721-78.

44. Waterhouse J. A comparison of some different methods for purifying core temperature data from humans /J. Waterhouse, D. Weinert, D. Minors, S. Folkard , D. Owens, G. Atkinson, I. Macdonald, N. Sytnik, P. Tucker, T. Reilly// *Chronobiol Int.* – 2000. – Jul., V. 17, № 4. – P. 539-66.

45. Weinert D. Ageing Research Reviews / D.Weinert // *Thermodynamics and Ageing.* – 2010. – V. 9, № 1. – P. 51-60.

46. Weldemichael D.A. Circadian rhythm disturbances in patients with Alzheimer's disease: a review / D.A. Weldemichael, G.T. Grossberg // *J. Alzheim. Dis.* – 2010. – Sep., № 2. – 716453Int.

47. Yoon I.Y. Age-related changes of circadian rhythms and sleep-wake cycles / I.Y. Yoon // *J. Clin. Physiology.* – 2003. – V. 51, № 8. – P. 1085-1091.

ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТЕЙ 11-12 ЛЕТ ПОД ВЛИЯНИЕМ ИНФОРМАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ

И.А. Криволапчук¹, М.Б. Чернова
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Москва

В процессе исследования установлено, что у детей 11-12 лет в условиях информационной нагрузки, реализуемой с комфортной скоростью, проявляются два противоположных комплекса вегетативных реакций (по симпатическому и парасимпатическому типам), тогда как при информационной нагрузке, реализуемой с максимальной скоростью, выявляется лишь комплекс вегетативных реакций по симпатическому типу. У детей 11-12 лет обнаружены половые различия в уровне фоновой активированности, характере вегетативного реагирования на информационную нагрузку и эффективности ее выполнения.

Ключевые слова: функциональное состояние, информационная нагрузка, тип вегетативного реагирования, половые различия.

Functional state changes in 11-12-year-old children while under the informational work load. *It was found out in the research that being under conditions of informational work load, performed at comfortable speed, 11-12-year-old children demonstrate 2 opposite sets of vegetative reactions (of sympathetic and parasympathetic types). Whereas when it is performed at maximal speed only the complex of vegetative reactions of sympathetic type is elicited. There were found out sex differences in the level of background activity, type of vegetative response to information work load and the efficiency of such work.*

Key words: functional state, information work load, vegetative reaction type, sex differences.

В настоящее время происходит постоянное ускорение темпов жизни школьников. Новые средства, формы, методы и технологии обучения предъявляют к их деятельности и эмоциональной сфере все более высокие требования. Во многом это связано с увеличением когнитивной нагрузки, обусловленной необходимостью интенсификации процессов памяти, внимания, мышления и управляющих функций (программирования, регуляции и контроля) в условиях дефицита времени. В связи с возрастающими нагрузками на психику детей школьного возраста особую значимость приобретают диагностика, профилактика и коррекция неблагоприятных изменений функционального состояния (ФС) ЦНС, базирующиеся на современных научных данных [1; 10; 13].

Высокая когнитивная нагрузка, реализуемая в условиях увеличения объема и сложности перерабатываемой информации, повышенных требований к скорости и точности выполнения учебных заданий, дефицита времени для принятия решений на фоне сниженной двигательной активности, является наиболее характерной причиной развития напряженности и стресса у учащихся [2]. Поэтому установле-

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

ние критериев соответствия когнитивной (информационной) нагрузки функциональным возможностям школьников, является одной из важнейших задач возрастной физиологии и педагогической психофизиологии [6].

Цель исследования – выявить особенности функционального состояния мальчиков и девочек 11-12 лет в условиях напряженных информационных нагрузок.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании принимали участие мальчики и девочки в возрасте 11-12 лет ($n=176$), отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе. Испытуемые не имели каких-либо противопоказаний для выполнения тестовых нагрузок. Организация исследования соответствовала требованиям Хельсинской декларации.

Функциональное состояние ЦНС анализировали на основе регистрации омега-потенциала (ОП) [8]. Регистрация осуществлялась с поверхности кожи головы с использованием портативной установки для исследования сверхмедленных электрических процессов головного мозга и слабополяризующихся хлорсеребряных электродов. В состоянии покоя на основании начальных значений омега-потенциала оценивали уровень активного бодрствования [8]. Определяли знак и величину омега-потенциала после выхода на плато и его изменения в условиях тестовых нагрузок.

Для оценки степени напряженности регуляторных систем использовали математический анализ сердечного ритма [14]. Определяли среднюю продолжительность R-R интервала (RRNN), моду (M_0), амплитуду моды (AM_0), разброс кардиоинтервалов ($MxDMn$), среднеквадратическое отклонение (SDNN), стресс-индекс (SI). Частота сердечных сокращений (ЧСС) рассчитывалась по 6-секундным отрезкам записи с пересчетом на 1 минуту.

Систолическое (СД) и диастолическое (ДД) артериальное давление крови регистрировали в соответствии с рекомендациями ВОЗ с помощью откалиброванного стандартного anerоидного сфигмоманометра, цена делений шкалы которого составляла 2 мм рт.ст. Применяли адекватную возрасту детскую манжету. Рассчитывали среднее давление (САД), двойное произведение (ДП).

В качестве модели информационной нагрузки использовали работу буквенными корректурными таблицами. Обследование осуществлялось в состоянии покоя и в двух режимах работы: 1) автотемп; 2) максимальный темп при наличии «угрозы наказания». Перед выполнением первого задания испытуемым сообщалось, что они должны работать в удобном для себя темпе, а перед реализацией второго - им давалась инструкция, содержащая требование безошибочно работать с максимально возможной скоростью. В качестве «наказания» применялся стандартный набор порицающих замечаний и сильный звук.

По результатам выполнения корректурной пробы рассчитывали объем работы (А) и коэффициент продуктивности (Q). На этом основании определяли соотношения $Q/\Delta ЧСС$, $Q/\Delta SI$, $Q/\Delta ДП$, $A/\Delta ЧСС$, $A/\Delta SI$, $A/\Delta ДП$, характеризующие физиологическую цену деятельности.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета статистических программ. Значимость различий определялась посредством применения параметрических и непараметрических критериев достоверности оценок.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ показателей ФС, зарегистрированных в состоянии покоя (таблица 1), свидетельствует о том, что между мальчиками и девочками в ряде случаев имеются существенные различия в уровне фоновой активированности. Так, установлено, что мальчики характеризовались более низкими значениями ОП, САД ($p < 0,05-0,01$) по сравнению с девочками и превосходили их по величине RRNN, Мо, МхDMn ($p < 0,01$).

Таблица 1

Показатели функционального состояния ($M \pm m$) при спокойном бодрствовании у детей 11-12 лет

Показатель	Фон	
	М	Д
ОП, мВ	21,5±1,5	30,0±1,6***
СД, мм рт. ст.	108,3±1,5	110,6±1,7
ДД, мм рт. ст.	67,6±1,4	69,3±1,5
САД, мм рт. ст.	84,0±1,3	87,9±1,2*
ЧСС, уд/мин	84,5±1,5	87,3±1,4
ДП, отн.е.	91,8±1,8	96,6±1,9
RRNN, с	0,75±0,01	0,71±0,01**
Мо, с	0,73±0,01	0,69±0,01**
МхDMn, с	0,31±0,01	0,27±0,01**
SDNN, мс	63,5±5,1	61,4±4,9
АМо, %	43,6±1,8	46,0±1,9
SI, отн.е.	118,4±14,7	127,2±12,6

В ходе дальнейшей работы изучалась динамика психофизиологических показателей ФС в условиях информационной нагрузки различной степени сложности (рис. 1-2). Выполнение когнитивного задания в режиме автотемпа сопровождалось изменениями ряда изучаемых переменных по сравнению с состоянием относительного покоя. Сопоставление изменений ФС при информационной нагрузке, реализуемой в режиме автотемпа, позволило выявить существенные различия ($p < 0,01$) между мальчиками и девочками в отношении некоторых изучаемых показателей. Эти различия касались RRNN, Мо и МхDMn (рис. 1).

Анализ индивидуальных изменений ФС на нагрузку в режиме автотемпа показал, что у детей 11-12 лет, так же как и у взрослых, можно выделить комплексы реакций в виде противоположных сдвигов ряда изучаемых показателей. Первый, преобладающий комплекс вегетативного реагирования по симпатическому типу (85 %), второй, менее распространенный – по парасимпатическому типу (15 %).

При реализации информационной нагрузки в режиме максимального темпа, выполняемой в условиях дефицита времени и угрозы «наказания», происходили наиболее существенные ($p < 0,01-0,001$) изменения исследуемых физиологических переменных. В это время отмечалось дальнейшее увеличение ОП, ЧСС, АМО, СИ, СД, ДД САД, ДП и уменьшение RRNN, Мо, МхDMn, SDNN. Рассматриваемая степень информационной нагрузки вызывала у всех детей, независимо от исходного вегетативного тонуса и индивидуальных психологических особенностей, повышение уровня активации ЦНС. Важно отметить, что вегетативное реагирование по симпатическому типу явилось доминирующим типом реагирования на информационную нагрузку, выполняемую с максимальной скоростью в условиях дефицита времени.

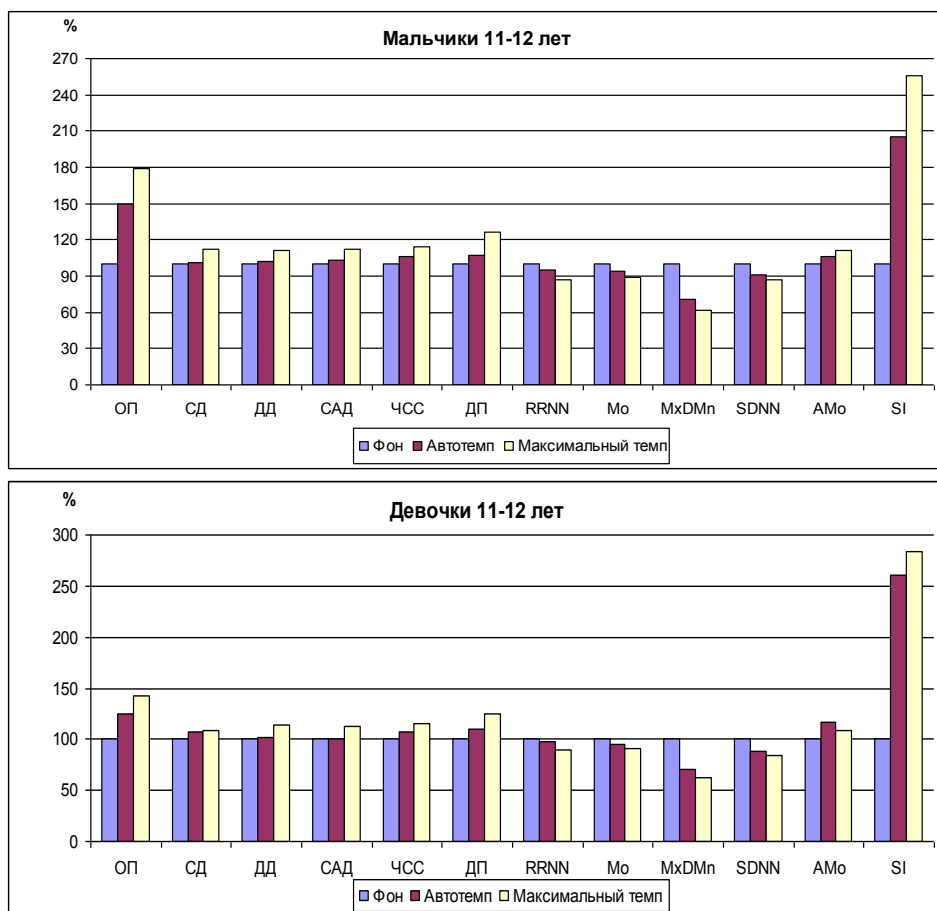


Рис. 1. Показатели ФС в различных экспериментальных ситуациях
Примечание. За 100 % приняты показатели ФС мальчиков

Дифференциальный анализ изменений ФС при информационной нагрузке, реализуемой в максимальном темпе, выявил существенные различия ($p < 0,05$) между мальчиками и девочками в отношении таких показателей как Q и Q/ЧСС (рис. 2).

Полученные нами данные о существовании у мальчиков и девочек 11-12 лет двух крайних типов вегетативного реагирования на информационную нагрузку, реализуемую с комфортной скоростью, согласуются с результатами других работ. Как известно, наиболее часто, выделяют взрослых людей с противоположным типом вегетативного реагирования. Одна группа субъектов реагирует на информационную нагрузку по симпатическому, а другая – по парасимпатическому типу [4; 9]. Исследования индивидуальных особенностей вегетативного проявления реакции активации, выступают в поддержку представления о том, что различные комплексы вегетативного реагирования, зависящие не только от характера выполняемого задания, но и от индивидуальных психологических и физиологических особенностей субъекта, в конечном счете, определяются разными типами функционирования модулирующей системы мозга [7; 6].

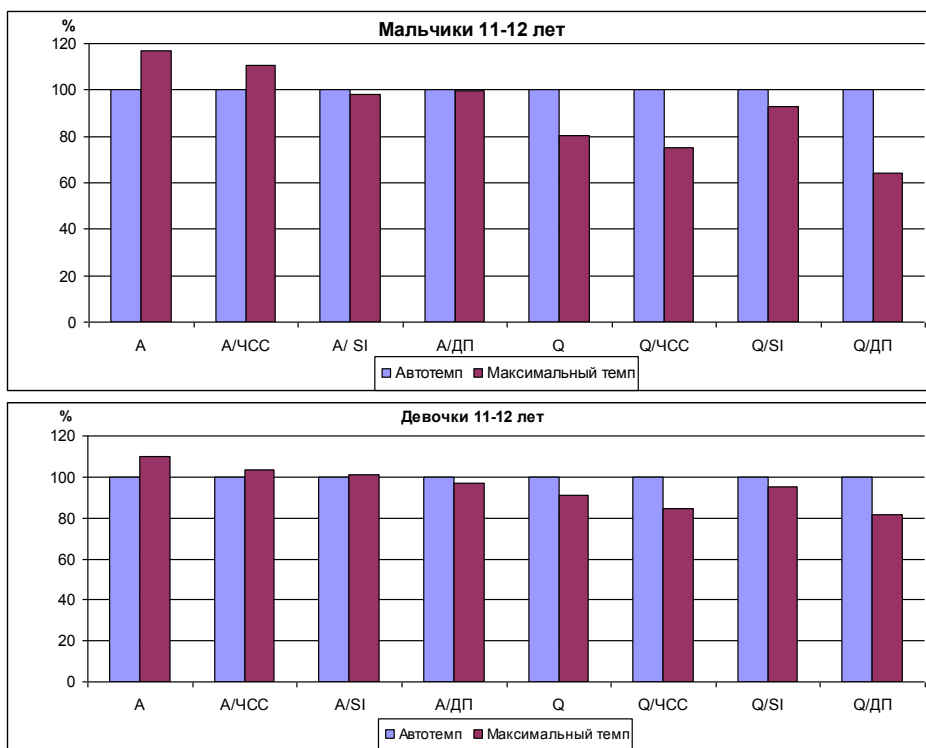


Рис. 2. Показатели эффективности деятельности в различных экспериментальных ситуациях

Примечание. За 100 % приняты показатели эффективности деятельности у мальчиков

Известно, что существуют два типа процессов активации, сопровождающих целенаправленную деятельность: продуктивная, базирующаяся на ориентировочно-исследовательском поведении, и непродуктивная, связанная с различными формами оборонительного поведения [5]. Полученные данные свидетельствуют, что реализация нагрузки в режиме автотемпа осуществляется на фоне продуктивной активации. Возрастание требований, предъявляемых условиями тестирования к переработке информации при нагрузке в максимальном темпе, по-видимому, вызывает подавление ориентировочного рефлекса и замещение его оборонительным, что характерно для непродуктивной активации, в частности, при стрессе.

Понятно, что происходящие в острую фазу стресса неспецифические процессы направлены не только на подавление ориентировочных реакций и усиление оборонительных [6], но и на мобилизацию энергетических и структурных ресурсов организма [3; 11; 15], обеспечение адекватного кровоснабжения жизненно важных органов, поддержание «заданного» уровня артериального давления и сохранение объема жидкости [12].

Обнаруженные у детей 11-12 лет половые различия в уровне фоновой активированности, характере вегетативного реагирования на информационную нагрузку и эффективности ее реализации, в значительной степени обусловлены гетерохронностью созревания структур ЦНС, определяющих специфику когнитивных процессов на этом этапе развития [13], а также особенностями функционирования модулирующей системы мозга и систем вегетативного обеспечения деятельности у мальчиков и девочек данного возраста.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение ФС показало, что у детей 11-12 лет в условиях информационных нагрузок, реализуемых с комфортной скоростью, также как и у взрослых, обнаруживаются два противоположных комплекса вегетативных реакций обусловленных особенностями функционирования модулирующей системы мозга: реагирование по симпатическому типу и реагирование по парасимпатическому типу.

Установлено, что информационные нагрузки, реализуемые с максимальной скоростью, вызывают у детей 11-12 лет повышение уровня активации ЦНС, сдвиг вегетативного баланса в сторону преобладания активности симпатического отдела ВНС, усиление центральных регуляторных влияний на ритм сердца и стимуляцию системной гемодинамики. Эти данные дают основание полагать, что доминирующим видом реагирования на «максимальную» информационную нагрузку является комплекс вегетативных реакций по симпатическому типу. Подобные сдвиги показателей ФС рассматриваются как проявление функционального напряжения, направленного на мобилизацию ресурсов организма для обеспечения адекватной степени результативности интенсивной когнитивной деятельности.

В состоянии спокойного бодрствования и при информационной нагрузке, реализуемой с комфортной скоростью, по ряду параметров ФС выявлены половые различия в уровне активации, проявляющиеся в более экономичном функционировании у мальчиков систем вегетативного обеспечения по сравнению с девочками.

При информационной нагрузке, реализуемой с максимальной скоростью, девочки превосходили мальчиков по некоторым показателям продуктивности и цены деятельности. Последнее может свидетельствовать о том, что они выполняют когнитивные задания подобного типа с более высокой эффективностью, чем мальчики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов А.А. Состояние здоровья детей в Российской Федерации // Педиатрия. Журнал им. Г. Н. Сперанского. – 2012. – Том 91, N 3. – С. 9-14.
2. Бодров В.А. Информационный стресс. – М.: ПЕР СЭ, 2000. – 352 с.
3. Гринберг Дж. Управление стрессом / Дж. Гринберг. – СПб.: Питер, 2002. – 496 с.
4. Данилова Н.Н. Зависимость сердечного ритма от тревожности как устойчивой индивидуальной характеристики / Н.Н. Данилова [и др.] // Журн. высш. нервн. деят. – 1995. – Т.45, № 6. – С. 647-660.
5. Данилова Н.Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний. – М.: Изд-во МГУ, 1992. 192 с.
6. Данилова Н.Н. Психофизиология. – М.: Аспект Пресс, 2008. – 324 с.
7. Данилова Н.Н., Коршунова С.Г., Соколов Е.Н. Показатели сердечного ритма при решении человеком арифметических задач // Журн. высш. нервн. деят. – 1994. Т. 44. – Вып. 6, № 4-5. – С. 932-943.
8. Илюхина В.А. Психофизиология функциональных состояний и познавательной деятельности здорового и больного человека. – СПб.: Изд-во Н-Л, 2010. – 368 с.
9. Коршунова С.Г. Эффективность решения умственных задач и вариантность сердечного ритма // Вестн. МГУ. Сер. 14, Психология. – 1996. – № 1. – С. 31-41.
10. Кучма В.Р., Соколова С.Б. Поведение детей опасное для здоровья: современные тренды и формирование здорового образа жизни. – М.: ФБГНУ НЦДЗ, 2014. – 160 с.
11. Меерсон, Ф.З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенникова. – М.: Медицина, 1988. – 256 с.
12. Теппермен Дж, Теппермен Х. Физиология обмена веществ и эндокринной системы. – М.: Мир, 1989. – 656 с.
13. Физиология развития ребенка: Руководство по возрастной физиологии / Под ред. Безруких М.М., Фарбер Д.А. – М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2010. 768 с.
14. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. — Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 259 с.
15. Sothmann M.S. The cross-stressor adaptation hypothesis and exercise training // Psychobiology of physical activity / Eds. Acevedo E.O., Ekkekakis P. Champaign: Human Kinetics Publishers. – 2006. – P. 152.

УРОВЕНЬ ВЫНОСЛИВОСТИ КАК ФАКТОР, ДЕТЕРМИНИРУЮЩИЙ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКУЮ РЕАКТИВНОСТЬ ДЕТЕЙ 11-12 ЛЕТ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ

И.А. Криволапчук¹, Г.А. Зайцева, М.Б. Чернова,
С.А. Баранцев, Н.В. Полянская
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Москва
Национальный исследовательский технологический университет
(НИТУ) «МИСиС», Москва

Установлено, что школьники 11-12 лет с высоким уровнем развития аэробной выносливости, характеризуются низкой активированностью в состоянии спокойного бодрствования и менее выраженными психофизиологическими изменениями функционального состояния при информационной нагрузке, реализуемой с оптимальной и максимальной скоростью, а также низкой физиологической ценой деятельности.

Ключевые слова: аэробная выносливость, функциональное состояние, информационная нагрузка, школьники

Stamina level as a factor determining psychophysiological reactivity in 11-12 year old children under informational load. *It was stated that 11-12 aged schoolchildren with a high level of aerobic stamina are characterized by low activation in the state of calm wakefulness and less expressed psychophysiological changes when under informational work load (performed at optimal and maximal speed as well at a low physiological cost of the activity).*

Key words: aerobic stamina, functional state, informational tension, schoolchildren.

В последние десятилетия физические упражнения нашли широкое практическое применение как средство улучшения процессов адаптации школьников к неблагоприятным природным и социальным факторам, профилактики и лечения ряда неинфекционных заболеваний [26; 27; 31]. Данные научно-методической литературы свидетельствуют о том, что из колоссального арсенала средств физического воспитания наиболее эффективными с этой точки зрения являются физические упражнения, направленные на развитие общей выносливости [10; 14; 15].

Под общей выносливостью обычно подразумевается способность продолжительное время выполнять глобальную физическую работу преимущественно аэробного характера без снижения ее эффективности. Уровень общей выносливости определяется комплексом факторов, включающим физиологические механизмы ее развития (аэробная производительность, функциональная устойчивость, функциональная экономичность), степень совершенства технического мастерства, личностно-психологические особенности занимающихся [3, 11; 12; 13]. Вместе с

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

тем она, главным образом, характеризуется емкостью и эффективностью аэробного источника энергообеспечения и рассматривается как элемент функциональной подготовленности всех составляющих системы транспорта и утилизации кислорода [7; 11].

Результаты экспериментальных и эпидемиологических исследований рассматриваемого вопроса, свидетельствуют о положительном влиянии физических упражнений «на выносливость» на функциональное состояние организма человека в условиях информационных перегрузок, а также при психологическом стрессе [2; 9; 22; 24; 25; 34; 35; 37]. Установлено, что уровень развития общей выносливости в значительной степени определяет психофизиологическую реактивность как взрослых людей, так и детей школьного возраста [8; 21; 23; 26; 28; 30; 32; 38]. Вместе с тем онтогенетический аспект рассматриваемой проблемы требует дальнейшего изучения. До сих пор не выявлены особенности функционального состояния школьников при напряженных информационных нагрузках на различных этапах развития в зависимости от уровня кондиционных двигательных способностей в целом и общей выносливости, в частности.

Целью настоящей работы явилось исследование особенностей функционального состояния детей 11-12 лет с высоким и низким уровнем развития общей выносливости при информационной нагрузке различной степени сложности.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие практически здоровые дети 11-12 лет (n=134). Родители обеспечили письменное информированное согласие на участие их ребенка в обследовании.

Оценку уровня развития выносливости проводили на основе использования добротных тестов. В процессе исследования определяли времени удержания «до отказа» нагрузки 3 Вт/кг (Т1) [18], расстояние, пробегаемое за шесть минут и показатель мощности нагрузки, предельное время выполнения которой составляет 900 с (W900) [18].

В ходе статистической обработки полученных данных с помощью перцентильной шкалы была осуществлена градация всей выборки испытуемых по трем уровням развития выносливости. Величины, лежащие в пределах $M \pm 0,67\sigma$, соответствовали среднему уровню. Результаты, имеющие более значительные отклонения от средней в сторону увеличения или уменьшения, относились к высокому и низкому уровням. Высокому уровню соответствовала оценка в 3 балла, среднему - 2 балла, низкому – 1 балл. Интегральная оценка общей выносливости находилась по сумме баллов, полученных по каждому из трех показателей.

В качестве модели информационной нагрузки использовали работу с буквенными корректурными таблицами. Обследование осуществлялось в состоянии покоя и в двух режимах работы: 1) автотемп; 2) максимальный темп при наличии «угрозы наказания». По результатам выполнения тестового задания рассчитывали объём работы (А) и коэффициент продуктивности. Перед выполнением каждого задания у испытуемых с помощью варианта 8-цветового теста Люшера определяли уровень ситуативной тревожности (СТ) [17].

Систолическое (СД) и диастолическое (ДД) артериальное давление крови регистрировали в соответствии с рекомендациями ВОЗ. Применяли адекватную возрасту детскую манжету. Рассчитывали среднее давление (САД), двойное произведение (ДП), вегетативный индекс Кердо (ВИК), индекс Мызникова (ИМ).

Для оценки степени напряженности регуляторных систем использовали математический анализ сердечного ритма [20]. Определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС), среднюю продолжительность R-R интервала (RRNN), моду (Мо), амплитуду моды (АМо), разброс кардиоинтервалов (MxDMn), среднеквадратическое отклонение (SDNN), стресс-индекс (SI).

Эффективность деятельности оценивали на основании соотнесения результативности работы с величиной вегетативных сдвигов при её выполнении. Для этого определяли такие показатели как Q/ЧСС, Q/SI, Q/ДП, А/ЧСС, А/SI, А/ДП.

Для изучения индивидуально-психологических особенностей школьников использовался опросник Филипса [16]. По результатам тестирования оценивались 8 факторов (синдромов) тревожности: 1) общая тревожность; 2) переживание социального стресса; 3) фрустрация потребности в достижении успеха; 4) страх самовыражения; 5) страх ситуации проверки знаний; 6) страх несоответствия ожиданиям окружающих; 7) низкая физиологическая сопротивляемость стрессу; 8) проблемы и страхи в отношениях с учителями.

Математическая обработка данных осуществлялась с использованием стандартной программы в пакете Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования обнаружены психофизиологические отличия между испытуемыми, подразделенными на группы с учетом уровня развития общей выносливости. Установлено, что у детей 11-12 лет индивидуальный уровень активированности в условиях спокойного бодрствования, физиологические и психологические изменения функционального состояния при информационной нагрузке, их направленность и степень выраженности определяются уровнем развития общей выносливости (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Показатели функционального состояния детей 11-12 лет, в отношении которых выявлены значимые различия, обусловленные уровнем развития общей выносливости

Критерий	Показатели		
	Фон	Автотемп	Максимальный темп
Суммарная оценка выносливости	SI, ДП, Мо, MxDMn, ЛТ (фактор 7 по Филлипсу)	ЧСС, Мо, Δ ЧСС, А/ЧСС, А/ДП, Q/ЧСС, А/SI, Q/ДП, СТ (по Люшеру)	ЧСС, Мо, А/ЧСС, Q/ДП

Примечание: представлены межгрупповые различия при $p < 0,05-0,001$.

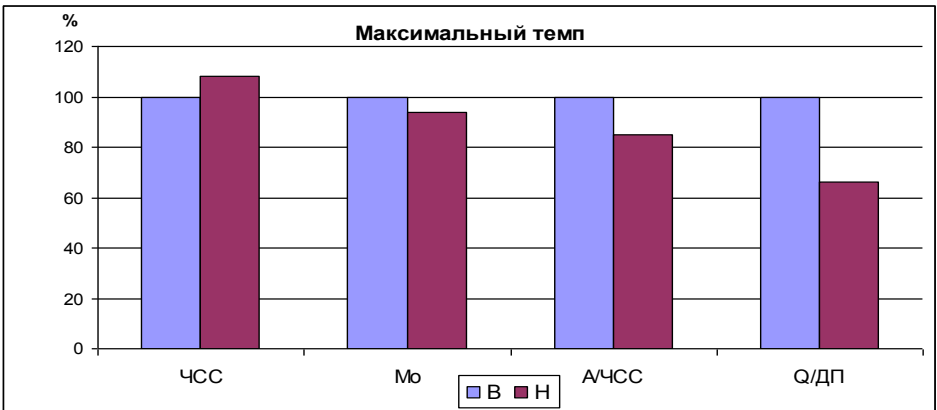
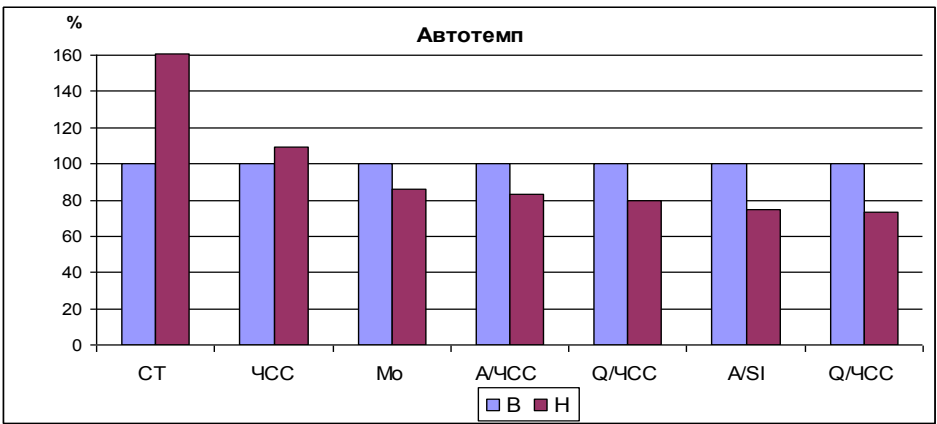
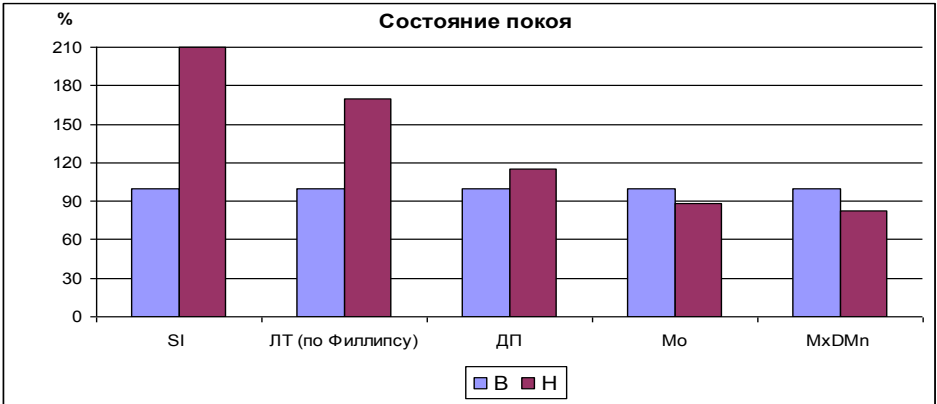


Рис. 1 Психофизиологические различия между детьми 11-12 лет с высоким (В) и низким (Н) уровнем развития общей выносливости

В состоянии покоя межгрупповые различия ($p < 0,05-0,001$) выявлены в отношении SI, ДП, Мо, МхDMn, ЛТ (фактор 7 по Филлипсу).

В условиях информационной нагрузки дети 11-12 лет с высоким уровнем аэробной выносливости характеризуются высокой умственной работоспособностью и низкой психофизиологической ценой напряженной интеллектуальной деятельности. Для них в целом характерна высокая физиологическая устойчивость к стрессу. Значимые ($p < 0,05-0,001$) межгрупповые различия между испытуемыми с высоким и низким уровнями общей выносливости при работе с комфортной скоростью обнаружены в отношении ЧСС, Мо, Δ ЧСС, А/ЧСС, А/ДП, Q/ЧСС, А/СИ, Q/ДП, СТ (по Люшеру). При реализации информационной нагрузки с максимальной скоростью различия ($p < 0,05-0,001$) касались только ЧСС, Мо, А/ЧСС, Q/ДП (см. табл.).

Таким образом, показано, что учащиеся 11-12 лет с высоким уровнем общей выносливости отличались низкой активированностью в состоянии покоя и сдвигом вегетативного баланса в сторону преобладания тонуса парасимпатического отдела ВНС. Имеется значительное число исследований специфики функционального состояния в зависимости от физической кондиции. В работах, посвященных анализу индивидуальных различий в уровне активации, установлено, что лица с высокой физической подготовленностью и работоспособностью отличаются адекватно сниженной активированностью в состоянии покоя на фоне высоких психофизиологических резервов [5, 38, 6, 36]. В состоянии спокойного бодрствования отчетливо проявляются различия, отражающие изменения вегетативной регуляции в сторону преобладания тонуса парасимпатического отдела ВНС у лиц с высокой физической работоспособностью и подготовленностью [1, 5, 6, 8, 20], что сочетается обычно с усилением индивидуальной сопротивляемости стрессу [4, 19].

Сведения о том, что дети с высоким уровнем аэробной выносливости обнаруживают менее выраженные психофизиологические изменения функционального состояния в процессе реализации напряженной информационной нагрузки, являются относительно новыми. Литература, касающаяся данной проблемы, крайне скудна. Тем не менее, имеется ряд работ, в которых показано, что у лиц с высоким уровнем аэробных возможностей психофизиологическая реактивность ЦНС по вегетативным показателям активации снижена по сравнению с испытуемыми, проявляющими низкую общую выносливость [28, 35, 22, 24, 23, 37; 21, 25; 33, 29, 8].

Сопоставление показателей цены деятельности, отражающих соотношение результативности работы и сопровождающих ее психофизиологических сдвигов, показало, что между детьми с высоким и низким уровнем выносливости отмечаются существенные различия в эффективности реализации напряженной информационной нагрузки. Используемые показатели эффективности у школьников с высокой физической подготовленностью были выше, а цена деятельности, соответственно, ниже.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования свидетельствуют о том, что функциональное состояние детей 11-12 лет в значительной степени зависит от уровня развития общей (аэробной) выносливости.

Установлено, что выносливые школьники 11-12 лет по ряду показателей характеризуются низкой активированностью в состоянии спокойного бодрствования, сдвигом вегетативного баланса в сторону преобладания тонуса парасимпатического отдела ВНС и высокой физиологической сопротивляемостью стрессу.

Информационные нагрузки, реализуемые в режиме оптимального и максимального темпа работы, вызывают у выносливых детей 11-12 лет менее значительные изменения отдельных вегетативных показателей функционального состояния на фоне более высокой эффективности деятельности, по сравнению со школьниками, имеющими недостаточную физическую подготовленность.

Таким образом, уровень развития общей выносливости можно рассматривать как фактор, детерминирующий изменения функционального состояния детей 11-12 лет в условиях информационных нагрузок различной степени сложности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский, Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кириллов, С.З. Клецкин. – М.: Медицина, 1984. – 220 с.
2. Бодров, В.А. Психологический стресс: развитие и преодоление / В.А. Бодров. – М.: ПЭР СЭ, 2006. – 528 с.
3. Волков, В.М. Человек и бег / В.М. Волков, Е.Г. Мильнер. – М.: Физкультура и спорт, 1987. – 144 с.
4. Данилова, Н.Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний / Н.Н. Данилова. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 192 с.
5. Детская спортивная медицина / под ред. С.Б. Тихвинского, С.В. Хрущева. – М.: Медицина, 1991. – 560 с.
6. Ефимова, И.В. Психофизиологические основы здоровья студентов / И.В. Ефимова, Е.В. Будыко, Р.Ф. Проходовская. – Иркутск: Иркут. ун-т, 2003. – 124 с.
7. Коц, Я.М. Физиология спорта / Я.М. Коц. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 240 с.
8. Криволапчук И.А. Функциональное состояние школьников 10-11 лет с высоким и низким уровнем развития общей выносливости / И.А. Криволапчук, М.Б. Чернова, С.А. Баранцев, Д.В. Мельников, Н.В. Полянская // Новые исследования. – 2013. – № 2. – С. 78-85.
9. Криволапчук, И.А. Оздоровительные эффекты физических упражнений и их место в системе средств оптимизации функционального состояния человека / И.А. Криволапчук // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2004. – № 5. – С. 8-14.
10. Купер, К. Аэробика для хорошего самочувствия / К. Купер. – М.: Физкультура и спорт, 1989. – 224 с.
11. Кучкин, С.Н. Физиологическая характеристика двигательных качеств // Физиология человека / Под ред. В.И. Тхоревского. – М.: Физкультура, образование и наука, 2001. – С. 338-367.
12. Лях, В.И. Двигательные способности школьников: основы теории и методики развития / В.И. Лях. – М.: Терра-спорт, 2000. – 192 с.

13. Матвеев, Л.П. Теория и методика физической культуры / Л.П. Матвеев. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 543 с.
14. Медведев, В.И. Адаптация человека / В.И. Медведев. – СПб.: Институт мозга РАН, 2003. – 584 с.
15. Меерсон, Ф.З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенникова. – М.: Медицина, 1988. – 256 с.
16. Микляева А.В., Румянцева П.В. Школьная тревожность: диагностика, профилактика, коррекция. – СПб.: Речь, 2007. 248 с.
17. Собчик Л.Н. Метод цветowych выборов – модификация цветowego теста Люшера. – СПб.: Речь, 2006. – 128 с.
18. Соськин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. – М.: книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.
19. Ульянинский, Л.С. Эмоциональный стресс и экстракардиальная регуляция / Л.С. Ульянинский // Физиологический журнал. – 1994. – Т. 80, № 2. – С. 23–33.
20. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 259 с.
21. Aerobic exercise training and cardiovascular reactivity to psychological stress in sedentary young normotensive men and women / T.W. Spalding [et al] // Psychophysiology. – 2004. – Vol. 41, № 4. – P. 552-562.
22. Brook, S. Efficiency of Coping with a Real-Life Stressor: A. Multimodal Comparison of Aerobic Fitness / S. Brook, B. Long // Psychophysiology. – 1987. – Vol. 24, № 2. – P. 355-365.
23. Cardiovascular response to mental stress and to handgrip in children. The role of physical activity / L.A. Ferrara [et al] // Jpn Heart J. – 1991. – Vol. 32, № 5. – P. 645-654.
24. Cardiovascular Responses to Stress: II. Relationships to Atrobic Exercise Patterns / K. Light [et al] // Psychophysiology. – 1987. – Vol. 24. № 1. – P. 79-86.
25. Crews, D.J. Aerobic physical activity effects on psychological well-being in low-income Hispanic children / D.J.Crews, M.R. Lochbaum, D.M. Landers // Percept Mot Skills. – 2004. – Vol. 98, № 1. – P. 319-324.
26. Everly G., Latin J. A Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response. NY: Springer, 2013. – 486 p.
27. Global Recommendations on Physical activity for Health. – Geneva, World Health Organization, 2010. – 60 p.
28. Holmes, D. Association of Aerobic Fitness wits Pulse Rate and Subjective Responses to Psychological Stress / D. Holmes, D. Roth // Psychophysiology. – 1985. – Vol. 22. – № 5. – P. 525-529.
29. Krivolapchuk I. A., Chernova M. B. Physical performance and psychophysiological reactivity of 7-8 year-old children to different types of exercise // Medicina dello Sport. – 2012. – 65(2). – P. 173-185.
30. Links between physical fitness and cardiovascular reactivity and recovery to psychological stressors: A metaanalysis / K. Forcier [et al.] // Health Psychol. – 2006. – Vol. 25, № 6. – P. 723-739.

31. Physical Activity and Public Health. A Recommendation From the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine // *JAMA*. – 1995. – Vol. 273, № 5. – P. 402-407.

32. Plante, T. The influence of Aerobic Exercise on Physiological Stress Responsivity / T. Plante, D. Karpowits // *Psychophysiology*. – 1987. – Vol. 24, № 6. – P. 670-677.

33. Reims H.M., Sevre K, Fossum E. et al. Adrenaline during mental stress in relation to fitness, metabolic risk factors and cardiovascular responses in young men // *Blood Press*. – 2005. – V. 14, № 4. – P. 217-226.

34. Roth, D. Influence of Aerobic Exercise Training and Relaxation Training on Physical and Psychologic Health Following Stressful Life Events / D. Roth, D.Holmes // *Psychosomatic Medicine*. – 1987. – Vol. 49. – P. 355-365.

35. Shulhan, D. Phasic Reactivity to Psychological Stress as a Function of Aerobic Fitness Level / D. Shulhan, H. Scher, J. Furedy // *Psychophysiology*. – 1986. – Vol. 23, № 5. – P. 562-566.

36. 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.

37. Steptoe, A. Cardiovascular activity during mental stress following vigorous exercise in sportsmen and inactive men / A. Steptoe, N. Kearsley, N.Walters // *Psychophysiology*. – 1993. – Vol. 30, № 3. – P. 245-252.

38. Vagal and cardiac reactivity to psychological stressors in trained and untrained men / T.W. Spalding [et al] // *Med. Sci. Sports Exerc*. – 2000. – Vol. 32, № 3. – P. 581-591.

ОКУЛОМОТОРНАЯ АКТИВНОСТЬ ПРИ ЧТЕНИИ У ДЕТЕЙ С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ СФОРМИРОВАННОСТИ НАВЫКА СООБЩЕНИЕ 1.

ОСОБЕННОСТИ ОКУЛОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ У ХОРОШО И ПЛОХО ЧИТАЮЩИХ ДЕТЕЙ 6-7 ЛЕТ

М.М. Безруких, В.В. Иванов¹
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Москва

В работе рассматриваются пространственно-временные параметры окуломоторной активности при чтении текстов различной морфо- и психолингвистической сложности у детей 6-7 лет. Показано, что у хорошо читающих детей меньше продолжительность фиксации, больше амплитуда саккад, выше скорость чтения, соответственно меньше общее время чтения, в отличие от плохо читающих школьников преобладает послоговое, а не побуквенное чтение. Показано частичное влияние на глазодвигательную активность «сложности текста». Выявлена возможность использования характеристик движений глаз в качестве критерия сформированности навыка чтения.

Ключевые слова: движения глаз, чтение, младшие школьники

Oculomotor activity while reading in children with different reading skills. (Message 1). Oculomotor activity in 6-7 year old children with good and poor reading skills. *This study examines the spatial and temporal parameters of oculomotor activity while reading texts of different morphological and psycholinguistic complexity in 6-7 year old children. It has been shown that children with good reading skills have shorter duration of fixation, amplitude of saccades is larger, reading speed is higher, consequently their total reading time is less. Besides, these children demonstrate «syllable by syllable» reading, as opposed to children with poor reading skill with «letter by letter» reading. It has been shown that "the complexity of text" has a partial influence on eye movements. There was revealed the possibility of using eye movements as a criterion for the development of the reading skill.*

Keywords: eye movements, reading, early school children.

Исследования движений глаз ведутся по разным направлениям, однако одним из ключевых по-прежнему остается проблема роли движений глаз в познавательных процессах и, в частности, при чтении. Чтение – сложный когнитивный процесс и одним из важнейших его компонентов является визуальное восприятие и извлечение информации из текста. Окуломоторная (глазодвигательная) активность позволяет изучать эти процессы. Многочисленными исследованиями показана возможность использования движений глаз в качестве индикатора когнитивных процессов и состояний человека [3; 10; 11; 12; 17; 27]. Доказано, что параметрические характеристики движений глаз детерминируются как мышечной активностью окуломоторного аппарата, так и когнитивными процессами, обеспечивающими

Контакты: ¹ Иванов В.В. – E-mail: <Ronin1024@bk.ru>

реализацию чтения. Изменение этих характеристик в процессе онтогенеза связано как с возрастными изменениями (созреванием) познавательных функций (восприятия, внимания, памяти, мышления и др.) так и совершенствованием и изменением механизмов процесса чтения [9; 12; 16].

В настоящее время движения глаз в процессе чтения рассматривают как отражение сложных когнитивных процессов, связанных в основном с восприятием текста, его семантическим анализом и переработкой информации. При этом изменения основных параметров движений глаз (временных и пространственных) также связывались с влиянием различных текстовых свойств и переработкой зрительной информации [19; 22]. Согласно многим моделям чтения, на параметры окулomotorной активности оказывают воздействие графические [23; 24; 25], лингвистические [1; 28; 29; 30] свойства слов и/или текста в целом.

Исследования влияния психо- и морфолингвистических характеристик текста на пространственно-временные параметры глазодвигательной активности и вопросы влияния степени сформированности читательского навыка на движения глаз при чтении различных по сложности текстов у детей немногочисленны [21; 23; 32]. В настоящее время стал все более актуальным еще один аспект исследования движения глаз – их особенность при чтении с экрана, так как при этом изменяется визуальный и динамический формат предоставления текста [31]. Внешняя форма процесса чтения с устройств отличается от чтения книг, остается не выясненным вопрос – изменяются ли при этом механизмы чтения. Это особенно актуально, учитывая внедрение практики учащимися начальных школ чтения с экранов – ридера, компьютера – на том этапе обучения, когда навык еще не достаточно сформирован.

Все это и определило цель нашего исследования – выявление закономерностей окулomotorной активности при чтении текстов различной психо- и морфолингвистической сложности у детей 6-7 и 9-10 лет с разной степенью сформированности навыка (хорошо и плохо читающие). В настоящей статье представлены данные по детям 6-7 лет.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводилось в образовательных учреждениях г. Москвы. В исследовании приняли участие 53 школьника первых классов (6-7 лет). Анализ данных с учетом половых различий на предварительном этапе обработки данных не выявил достоверных различий и позволил представлять все результаты в единой группе.

Степень сформированности навыка оценивалась педагогами по скорости чтения, беглости, выразительности, безошибочности, пониманию прочитанного текста, умению пересказывать. На основании этих оценок школьники были разделены на 2 группы – хорошо читающих и плохо читающих детей.

Экспериментальная часть исследования была основана на бинокулярной регистрации окулomotorной активности при помощи метода видеорегистрации с элементами фотоэлектрического метода [4] Скорость съемки (частота опроса) составляла 120 Гц (~1 кадр в 8 мс). Средняя ошибка составляла 0.45° (0.38 см на

экране). Минимальная продолжительность фиксации, регистрируемых установкой – 50 мс. В центре экрана монитора высвечивалась фиксационная точка, и, по мере готовности ребенка к чтению, на ее месте предъявлялся стимульный материал – текст. Расстояние между обследуемым и экраном установки составляло 50-55 см, угловой размер прописных букв – 0.32° (19.2 угл. мин.), что соответствует нормам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Средняя продолжительность исследования одного ученика - 15-20 минут. Исследование проводили с письменного разрешения родителей в первой половине дня (с 9 до 13 часов), в период наиболее успешной когнитивной деятельности.

Таблица 1

Значимые морфо- и психолингвистические свойства текстов, используемых в исследовании.

№ Текста	Сложность текста	Количество предложений	Количество букв	Количество слогов	Количество слов
Текст 1	Простой	2	48	21	14
Текст 2	Бессмысленный набор слов	0	63	23	21
Текст 3	Сложный	11	204	79	44
Текст 4	Сложный	10	357	154	68
№ Текста	Среднее количество слов в предложении	Среднее количество букв в слове	Среднее количество слогов в слове	Среднее количество букв в слоге	Количество лемм
Текст 1	7,0	3,43	1,50	2,21	14
Текст 2	21 слово	3,00	1,10	2,86	21
Текст 3	4,0	4,64	1,80	2,59	34
Текст 4	6,8	5,25	2,26	2,22	55
№ Текста	Отношение кол-ва лемм к кол-ву слов (%)	% абстрактных слов	% кратких прилагательных	% глаголов в личной форме	% местоимений-существительных
Текст 1	100 %	0 %	0 %	7,14 %	7,14 %
Текст 2	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Текст 3	77,3 %	0 %	0 %	22,73 %	9,09 %
Текст 4	80,9 %	1,47 %	1,47 %	20,59 %	10,29 %
№ Текста	% сложноподчиненных предложений	% сложных предложений	Коэффициент Колемана-Лиану	Возрастной уровень, необходимый для понимания оцениваемого текста	Коэффициент Флеша, скорректированный для русского языка (по Обороновой)
Текст 1	0 %	0 %	0,1086	8,997	103,10
Текст 2	0 %	0 %	0,4414	10,52	103,60
Текст 3	0 %	9,09 %	4,008	12,16	83,80
Текст 4	10 %	20 %	10,71	18,79	48,98

В настоящей работе анализировались следующие пространственно-временные параметры окуломоторной активности: средняя продолжительность фиксации (мс), средняя амплитуда прогрессивных и регрессивных саккад (угл. гр.), процент регрессивных саккад (%), общее время чтения (с), скорость чтения (букв в секунду), количество прогрессивных и регрессивных саккад на элементы текста (букву, слог, слово).

Определение сложности текста основано на оценке комплекса критериев, таких как: количественные характеристики текста и слов, количество лемм и абстракций, процент кратких прилагательных, глаголов в личной форме, местоимений-существительных, сложноподчиненных предложений и сложных предложений, коэффициент Колемана-Лиау, коэффициент Флеша-Кинкэйда, коэффициент Флеша, скорректированный для русского языка [13]. На основе данных критериев были составлены 4 текста разной сложности: текст № 1 – простой, текст № 2 – бессмысленный набор слов («квазитекст»), текст № 3 – повышенный уровень сложности, текст №4 – сложный текст. Основные характеристики текстов представлены в таблице 1.

Обработка количественных показателей осуществлялась при помощи статистического пакета SPSS 13.0 Сравнение показателей осуществлялось с помощью однофакторного дисперсионного анализа (Univariate General Linear Model). Для предварительного анализа влияния сложности текста и уровня сформированности навыка чтения на параметры окуломоторной активности использовался многофакторный дисперсионный анализ (Multivariate GLM). При этом для каждого субъекта было высчитано среднее значение каждого пространственно-временного параметра окуломоторной активности по каждому тексту. Для установления степени различия параметров окуломоторной активности при чтении различных текстов между собой использовался T-Test Стьюдента (Paired-Samples T-Test). Для выявления значимости различий параметров глазодвигательной активности между учениками различных групп использовалось сравнение двух независимых выборок (Independent-Samples T Test).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Наши исследования показали, что существуют различия по параметрам окуломоторной активности при чтении между детьми 6-7 лет с разной степенью сформированности навыка чтения (Табл. 2). У детей 6-7 лет с хорошо сформированным навыком чтения достоверно меньше средняя продолжительность фиксации (в 1.6-1.9 раза, $p < 0.001$). Причем, наименьшие различия по данному показателю глазодвигательной активности отмечены при чтении «квазитекста», а наибольшие – при чтении сложных текстов. У хорошо читающих средняя амплитуда прогрессивных саккад в 1.2-1.5 (в различных текстах), чем у плохо читающих. Наименьшие различия по данному показателю отмечены при анализе «квазитекста», а наибольшие – сложного текста №4. Большая, по сравнению с плохо читающими учениками, амплитуда прогрессивных саккад и, соответственно, меньшее их количество в тексте, вероятно, связана с тем, что ученики с

хорошим навыком чтения имеют увеличенный размер «оперативного поля зрения» или «оперативной единицы чтения» («диапазона восприятия»).

Однако, понятие «оперативное поля зрения» шире «единицы чтения», т.к., являясь частью поля зрения, практически одномоментно воспринимаемой и опознаваемой человеком, включает в себя и парафовеальную область видения. Считается, что возможность обработки информации из парафовеальной области может регулировать как продолжительность текущей и последующей фиксации, так и дальнейшую стратегию чтения [27].

С амплитудой прогрессивных саккад математически и логически связано и количество прогрессивных саккад, приходящихся на букву, слог или слово. Сравнение среднего количества прогрессивных саккад на элементы текста (букв, слогов, слов) у детей 6-7 лет с разной степенью сформированности навыка чтения показывают, что существуют достоверные различия ($p < 0.01$) при чтении всех типов текстов. В среднем хорошо читающие первоклассники совершают 1.1 ± 0.04 прогрессивные саккады на слог, на каждое слово приходится по 1.7 ± 0.06 саккады. Плохо читающие ученики первого класса совершают в среднем по 1.5 ± 0.03 прогрессивных саккад на слог и 2.3 ± 0.06 саккады на слово. Это свидетельствует о том, что у хорошо читающих детей преобладает послоговое или пословное чтение, тогда как у плохо читающих - побуквенное. Указанные различия более четко отражаются в интегративных показателях – средней скорости чтения и общем времени чтения. Средняя скорость чтения количества символов в секунду и среднее время чтения достоверно различаются ($p < 0.0001$) у хорошо и плохо читающих детей 6-7 лет при чтении всех типов текстов.

Причем сложные тексты (№3 и №4) увеличивают различия между хорошо и плохо читающими первоклассниками. Данные дисперсионного анализа подтверждают это. Влияние фактора «навык чтения» значимо как при оценке отдельных текстов, так и всей совокупности текстов ($F(1, 40) = 25.31$, $p < 0.0001$ - для средней скорости чтения; $F(1, 40) = 83.52$, $p < 0.0001$ - для среднего времени чтения).

Сравнительный анализ средней амплитуды регрессивных саккад показал, что хорошо читающие дети 6-7 лет совершают достоверно большие обратные саккады только при чтении сложных текстов. Эти же дети совершают в 1.4-1.5 раза меньше регрессивных саккад ($p < 0.05$) на слово по сравнению с плохо читающими при чтении только сложных текстов. Однако дисперсионный анализ выявил незначительное ($F(1, 40) = 6.48$, $p = 0.0149$) влияние степени сформированности навыка чтения на количество регрессов, что, по-видимому, связано с общими для всех 6-7 летних детей трудностями чтения.

Различия между хорошо и плохо читающими детьми 6-7 лет по процентному соотношению прогрессивных и регрессивных саккад выявлены ($p < 0.05$) только при анализе результатов чтения простого текста (№1). В более сложных заданиях (при чтении «квазитекста» и самого сложного текста №4) значимых различий по процентному соотношению регрессивных и прогрессивных саккад не выявлено. Эти данные подтверждают, что степень сформированности когнитивных структур, включенных в процесс чтения, все еще недостаточна и у хорошо, и у плохо читающих детей. Различия по проценту регрессов при чтении простого и сложного текста между хорошо и плохо читающими детьми 6-7 лет могут объясняться тем, что при сходном уровне развития когнитивных функций, обеспечивающих «тех-

ническую» составляющую чтения, и общих знаний у хорошо читающих детей более сформированы структуры, отвечающие собственно за составление и поддержание окулomotorной программы (например, как следствие большого количества упражнений).

Таблица 2

Показатели окулomotorной активности у детей 6-7 лет с разной сформированностью навыка чтения при чтении текстов различной сложности

Показатель		Навык чтения				Достоверность различий
		I группа		II группа		
		(M±m)	V %	(M±m)	V %	
Продолжительность фиксации (мс)	Текст 1	416.09±21.92	26.9	709.69±32.80	22.2	***
	Текст 2	486.95±25.49	27.2	770.40±39.16	24.4	***
	Текст 3	429.88±27.86	34.3	831.35±43.33	25.5	***
	Текст 4	420.24±26.96	32.7	780.47±38.51	23.7	***
Амплитуда прогрессивных саккад (угл.град.)	Текст 1	1.37±0.09	36.0	0.95±0.02	9.5	***
	Текст 2	1.19±0.06	25.4	0.96±0.04	20.2	**
	Текст 3	1.31±0.08	31.4	0.92±0.02	9.7	***
	Текст 4	1.41±0.09	33.6	0.96±0.01	5.5	***
Амплитуда регрессивных саккад (угл.град.)	Текст 1	1.20±0.11	45.6	1.01±0.10	46.0	-
	Текст 2	1.03±0.07	34.6	0.94±0.08	41.4	-
	Текст 3	1.46±0.10	35.5	1.06±0.07	31.2	**
	Текст 4	1.25±0.06	22.9	1.01±0.04	20.6	***
Процент регрессов	Текст 1	13.77±1.77	65.7	8.91±1.26	67.6	*
	Текст 2	11.89±1.42	62.1	10.45±1.21	55.7	-
	Текст 3	14.56±1.37	49.8	11.45±1.05	44.8	-
	Текст 4	13.79±1.03	38.0	14.01±1.30	44.6	-
Время чтения (с)	Текст 1	12.89±1.35	53.4	25.3±1.62	30.6	***
	Текст 2	21.55±1.95	47.0	39.93±2.94	35.2	***
	Текст 3	44.33±4.20	50.2	118.12±7.23	30.0	***
	Текст 4	82.87±7.95	48.9	211.23±12.03	27.3	***
Скорость чтения (символов в секунду)	Текст 1	4.91±0.57	59.5	2.08±0.14	32.8	***
	Текст 2	3.80±0.46	63.2	1.79±0.14	38.2	***
	Текст 3	6.20±0.75	64.3	1.90±0.13	33.9	***
	Текст 4	6.21±0.95	78.4	1.81±0.52	28.8	***

*Пояснение: V % – коэффициент вариации в процентах. Достоверность различий: * – p<0.05; ** – p<0.01; *** – p<0.001. I группа – хорошо читающие школьники; II группа – плохо читающие школьники.*

Важно отметить, что в 6-7 лет не выявлено влияние психо- и морфолингвистической сложности текста на среднюю продолжительность фиксации и амплитуду саккад ни у хорошо читающих, ни у плохо читающих детей. Однако, достоверное влияние фактора «сложность текста» у хорошо читающих детей 6-7 лет проявляется на средней амплитуде регрессивных саккад ($F(3, 101) = 4.53, p=0.0051$) и средней скорости чтения ($F(3, 103) = 2.70, p=0.0494$); у плохо читающих на среднем проценте регрессов ($F(3, 89) = 3.12, p=0.030$) и среднем количестве прогрессивных саккад на элементы текста ($F(3, 89) = 20.36, p<0.0001$). В обеих группах показано влияние психолингвистической сложности текста на среднее количество регрессивных саккад на элементы текста ($F(3, 103) = 13.39, p<0.0001$ и $F(3, 89) = 31.60, p<0.0001$, соответственно). Данный факт говорит о том, что лингвистические факторы текста не оказывают влияния на процесс чтения в данном возрасте. Преобладает механистическое, «техническое» чтение, просматривается влияние морфологии, начертания слов, что характерно для начального «аналитического» этапа формирования навыка чтения. Различия по проценту регрессов при чтении простого и сложного текста между хорошо и плохо читающими детьми 6-7 лет могут объясняться тем, что при сходном уровне развития когнитивных функций и общих знаний у хорошо читающих детей более сформированы структуры, отвечающие собственно за составление и поддержание окулomotorной программы.

Мы предполагаем, что основные различия в механизмах чтения между хорошо и плохо читающими детьми 6-7 лет связаны с незрелостью когнитивных процессов и функций, входящих в психофизиологическую структуру чтения [5]. Такие познавательные процессы, как избирательное внимание, зрительно-пространственное восприятие, зрительная память, произвольная регуляция деятельности в 6-7 лет еще не позволяет эффективно осуществлять процесс чтения [15; 16].

Недостаточная сформированность оптокинетического аппарата и нейрофизиологических механизмов, ответственных за собственно движения глаз в 6-7 лет, также может влиять на характеристики окулomotorной активности. Это может определять «дрейф» фиксационной точки и необходимость «перификсироваться» на слове, что определяет количество регрессов. Могут возникать ошибки при осуществлении саккады, приводящие к остановке взора на части слова, которая еще не прочитана, в «неудобном» для восприятия месте или даже между слов, что приводит к необходимости дополнительных как прогрессивных, так и регрессивных саккад [8; 20; 26; 34]. Анализ окулomotorной активности позволяет объяснить многие трудности чтения, которые отмечают педагоги при наблюдении за формированием навыка. Такие как, например, феномен «угадывающего» чтения. При таком варианте чтения ребенок, фактически, читает первый слог (два слога) и пытается угадать (чаще неверно) все слово. Взгляд «убегает», однако, смысл слова остается непонятым и это требует «возврата» взгляда на уже прочитанное слово. Подобный вариант чтения с большим количеством регрессивных саккад часто встречается у детей, которых начинают обучать чтению в дошкольном периоде (в 4-5 лет).

Анализ пространственно-временных параметров окулomotorной активности позволяет не только дифференцировать учащихся по степени сформированности

навыка чтения, но и определить причины возникновения этих трудностей. При этом в качестве основных критериев в 6-7 лет можно выделить продолжительность фиксаций, амплитуду прогрессивных саккад, а также интегративные параметры окуломоторной активности: количество прогрессивных саккад на элементы текста, время чтения и скорость чтения. Трудности в обучении чтению у детей часто соотносятся с несформированностью зрительного восприятия. Отмечается, что зрительное восприятие является одним из чувствительных и интегративных показателей оценки развития ребенка в младшем школьном возрасте [18], а дефицит в формировании зрительного восприятия оказывает наибольшее влияние на процесс обучения чтению [2; 6]. При этом несформированность зрительного восприятия в целом и отдельных его компонентов (константности, помехоустойчивости) может создавать специфические проблемы при обучении [7; 14; 33]. Эти данные также подтверждаются при анализе окуломоторной активности у детей 6-7 лет с разной степенью сформированности навыка чтения. Фактически, продолжительность фиксации является важной характеристикой сформированности зрительного восприятия, а количество регрессивных саккад – определяется ошибками зрительного восприятия и развития зрительной памяти.

ВЫВОДЫ

1. Основные различия механизма чтения между хорошо и плохо читающими детьми 6-7 лет заключаются в объеме и скорости переработки воспринимаемой информации. У хорошо читающих детей в отличие от плохо читающих школьников преобладает послоговое чтение, меньше продолжительность фиксаций, больше амплитуда саккад и, соответственно, выше скорость чтения. Частичное влияние «сложности» текста на окуломоторную активность, выявленное при оценке амплитуд и количества регрессивных саккад, говорит о том, что у хорошо читающих детей лучше представлена внутренняя репрезентация структуры текста и контроль над окуломоторикой.

2. В возрасте 6-7 лет показана возможность использования в качестве критериев сформированности навыка чтения следующих пространственно-временных параметров окуломоторной активности: продолжительности фиксаций, амплитуд прогрессивных и регрессивных саккад, их количества на элементы текста, скорости чтения в символах, времени чтения. Использование различных по морфо- и психолингвистическим параметрам текстов для оценки навыка чтения по характеристикам движений глаз в данном возрасте не целесообразно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов, В.Н. Параметры движений глаз при чтении предложений с синтаксической неоднозначностью в русском языке / В.Н. Анисимов, А.В. Латапов, О.В. Федорова // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Тезисы конференции / Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман. – М.: Ваш полиграфический партнер, 2011. – С. 5-8.

2. Ахутина, Т.В. Диагностика развития зрительно-вербальных функций (альбом и методическое пособие) / Т.В. Ахутина, Н.М. Пылаева. – М.: Академия, 2003. – 64 с.
3. Барабанщиков, В.А. Окуломоторные структуры восприятия / В.А. Барабанщиков. – М.: Издательство "Институт психологии РАН", 1997. – 384 с.
4. Барабанщиков, В.А. Регистрация и анализ направленности взгляда человека / В.А. Барабанщиков, А.В. Жегалло. – М.: Изд-во "Институт психологии РАН", 2013. – 316 с.
5. Безруких М.М. Трудности обучения в начальной школе: Причины, диагностика, комплексная помощь / М.М. Безруких. – М.: Эксмо, 2009. – 464 с.
6. Безруких, М.М. Методика комплексной диагностики зрительного восприятия у детей 5,0-7,0 лет / М.М. Безруких, Л.В. Морозова. – Ульяновск, 1994. – 58 с.
7. Безруких, М.М. Психофизиологические и нейрофизиологические особенности организации зрительно-пространственной деятельности у праворуких и леворуких детей 6-7 лет / М.М. Безруких, А.В. Хрянин // Физиология человека. – 2000. – Т. 26, № 1. – С.14-20.
8. Безруких, М.М. Трудности обучения письму и чтению / М.М. Безруких // Развитие личности ребенка от 7 до 11 лет. – Екатеринбург: У-Фактория, 2006.
9. Безруких, М.М. Функциональное развитие мозга. Познавательная деятельность и обучение в дошкольном и младшем школьном возрасте / М.М. Безруких // Новые исследования – М.: ИВФ РАО, 2009. – № 2. – С.8-9.
10. Белопольский, В.И. Взгляд человека. Механизмы, модели, функции. / В.И. Белопольский/ - М: Институт психологии РАН. – 2007. – 415 с.
11. Гиппенрейтер, Ю.Б. Движение человеческого глаза / Ю.Б. Гиппенрейтер. – М.: МГУ, 1978. – 263 с.
12. Гуревич, Б.Х. Движения глаз как основа пространственного зрения и как модель поведения / Б.Х. Гуревич. – Л.: Наука, 1971. – 226 с.
13. Иванов, В.В. К вопросу о возможности использования лингвистических характеристик сложности текста при исследовании окуломоторной активности при чтении у подростков / В.В. Иванов // Новые исследования. – 2013. – № 1 (34). – С. 42-50.
14. Морозова, Л.В. Уровень развития структурных компонентов зрительного восприятия детей как показатель психофизиологической зрелости / Л.В. Морозова, Н.В. Звягина // Вестник Поморского университета. – 2003. – № 2 (4). – С. 48-55.
15. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М.: Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та; Воронеж: МОДЭК, 2009. – 432 с.
16. Физиология развития ребенка. Руководство по возрастной физиологии / под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М.: Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та; Воронеж: МОДЭК, 2010. – 768 с.
17. Ярбус, А.Л. Роль движений глаз в процессе зрения. / А.Л. Ярбус. – М.: Наука, 1965. – 176 с.
18. Baghurt, P.A. Exposure to environmental lead and visual-motor integration at age 7 years: the port pirie cohort study / P.A. Baghurt, A.J. McMichael // Epidemiology. – 1995. – Vol. 6 (2). – P. 104-109.

19. Calvo, M.G. Eye movements and processing stages in reading: relative contribution of visual, lexical, and contextual factors / M.G. Calvo, E. Meseguer // *The Spanish Journal of Psychology*. – 2002. – Vol. 5, № 1. – P. 66-77.
20. Hyona, J. An eye movement analysis of topic-shift effect during repeated reading / J. Hyona // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. – 1995. – Vol. 21. – P. 1365-1373.
21. Joseph, H.S.S.L. Children's and adults processing of anomaly and implausibility during reading: Evidence from eye movements / H.S.S.L. Joseph, S.P. Liversedge, H.I. Blythe, S.J. White, S.E. Gathercole, K. Rayner // *Q. J. Exp. Psychol. (Hove)*. – 2008. – Vol. 61(5). – P. 708-723.
22. Liversedge, S.P. Saccadic eye movements and cognition / S.P. Liversedge, J.M. Findlay // *Trends in Cognitive Sciences*. – 2000. – Vol. 4, № 1. – P. 6-14.
23. McConkie, G.W. Children's eye movements during reading / G.W. McConkie, D. Zola, J. Grimes, P.W. Kerr, N.R. Bryant, P.M. Wolf // *Vision and visual dyslexia*. Eds. J. F. Stein. – London: Macmillan Press, 1991. – P. 251-262.
24. O'Regan, J.K. Eye movements and reading / J.K. O'Regan // *Eye movements and their role in visual and cognitive processes*. Eds. E. Kowler. – Amsterdam: Elsevier, 1990. – P.395-453.
25. O'Regan, J.K. Optimal viewing position in words and the strategy-tactics theory of eye movements in reading / J.K. O'Regan // *Eye movements and visual cognition: Scene perception and reading*. Eds. K. Rayner. – New York: Springer-Verlag, 1992. – P. 333-354.
26. Pynte, J. Lexical control of within-word eye movements / J. Pynte // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. – 1996. – Vol. 22. – P. 958-969.
27. Rayner, K. Eye movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research / K. Rayner // *Psychological Bulletin*. – 1998. – Vol. 124/3. – P. 372-422.
28. Rayner, K. Models of the reading process / K. Rayner, E.D. Reichle // *Wiley Interdiscip. Rev. Cogn. Sci.* – 2010. – Vol. 1, № 6. – P. 787-799.
29. Reichle, E.D. The E-Z Reader model of eye movement control in reading: comparisons to other models / E.D. Reichle, K. Rayner, A. Pollatsek // *Behavioral and Brain Sciences*. – 2003. – Vol. 26. – P. 445 -526.
30. Reichle, E.D. Toward a model of eye-movement control in reading / E.D. Reichle, A. Pollatsek, D.L. Fisher, K. Rayner // *Psychol. Rev.* – 1998. – Vol.105. – P. 125-157.
31. Siegenthaler, E. Improving the Usability of E-Book Readers / E. Siegenthaler, P. Wurtz, R. Groner // *Journal of usability studies*. – 2010. – Vol. 6, Issue 1. P. 25-38.
32. Sovik, N. Eye-movement parameters and reading speed / N. Sovik, O. Arntzen, M. Samuelstuen // *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*. –2000. – 13. – P. 237-255.
33. Taylor, K.M. Relationship between visual motor integration skill and academic performance in kindergarten through third grade / K.M. Taylor // *Optom. Vis. Sci.* – 1999. – V.76 (3). – P. 159-163.
34. Vitu, F. About regressive saccades in reading and their relation to word identification / F. Vitu, G.W. McConkie, D. Zola // *Eye guidance in reading and scene perception*. Eds. G. Underwood. – Oxford, England: Elsevier, 1998. – P. 101-124.

ОБЗОРЫ

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МЕХАНИЗМАХ РЕГУЛЯЦИИ ФУНКЦИИ ГИПОТАЛАМО-ГИПОФИЗАРНО-НАДПОЧЕЧНИКОВОЙ СИСТЕМЫ

И.В. Ермакова¹

ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Москва

В обзоре, наряду с рассмотрением классических механизмов регуляции гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси, представлены новые данные исследований сигнальных путей этой эндокринной системы.

Ключевые слова: *Кортикотропин-релизинг-гормон, урокортины, аргинин вазопрессин, адренокортикотропный гормон, проопиомеланокортин, глюкокортикоиды.*

Function of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis. *In this review, along with the discussion of classical ideas about the mechanisms of regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis, new research data about signaling pathways of the endocrine system is presented.*

Keywords: *Corticotropin-releasing hormone, urocortin, arginine vasopressin, adrenocorticotrophic hormone, proopiomelanocortin, glucocorticoids.*

Гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая ось - главная нейроэндокринная система, ответственная за поддержание гомеостаза организма, адаптацию к факторам внешней среды и выживание во время стресса. Она состоит из паравентрикулярного ядра гипоталамуса, гипофиза и коры надпочечников. Нормальное функционирование ГГНС приводит к секреции надпочечниками глюкокортикоидов в ритмическом и импульсном режиме. Глюкокортикоиды играют важную роль в обеспечении жизнедеятельности организма, регулируя обмен веществ, пищевое поведение, активность сердечно-сосудистой системы. Кроме иммуносупрессивного действия, они потенцируют защитную реакцию иммунной системы. Циркадианное и стресс-индуцированное увеличение уровня глюкокортикоидов необходимо для выживаемости нейронов гиппокампа, консолидации памяти, образования возбуждающих синапсов и дендритов позвоночника [68]. За последние годы накоплен большой фактический материал, обогащающий наше понимание механизмов регуляции деятельности ГГНС, краткое рассмотрение которых стало целью настоящего обзора.

Гипоталамический кортикотропин-релизинг гормон

Активизация ГГНС начинается с выпуска кортикотропин-релизинг-гормона (КРГ), 41-аминокислотного пептида, выделенного в 1981 году [69]. Гипофизотропные нейроны КРГ находятся в паравентрикулярном ядре гипоталамуса, а не-

Контакты: ¹Ермакова И.В. – E-mail: <ermek61@mail.ru>

гипофизотропные КРГ нейроны в избытке обнаружены в лимбических структурах (миндалины, голубое пятно). Активация нейронов КРГ зависит от центростремительных нейронов ствола головного мозга и лимбической системы, что приводит к синтезу и выпуску гормона [5].

КРГ оказывает свое действие посредством КРГ-рецепторов 1 и 2 типа (КРГ-Р1 и КРГ-Р2), которые кодируются разными генами [20; 45]. Рецепторы к КРГ являются мембранными белками, принадлежащих к семье из семи трансмембранных рецепторов, сопряженных с G-белком. У человека существуют три вида рецепторов КРГ-Р2: КРГ-Р2 α , КРГ-Р2 β и КРГ-Р2 γ , различающихся по внеклеточному амин-терминальному домену [40]. Распределение в тканях КРГ рецепторов 1 и 2 типа сильно варьирует [9, 46]. КРГ-Р1 и КРГ-Р2 α экспрессируются по всему мозгу, причем 2 тип рецептора более распространен, чем 1 тип; КРГ-Р2 β экспрессируется на периферии, главным образом, в сердце и скелетных мышцах [64]. Различная локализация этих типов рецепторов предполагает их разную функциональную роль [31]. КРГ связывается с обоими КРГ-рецепторами, но более высоким сродством обладает к КРГ-Р1.

Кроме КРГ и его рецепторов в регуляцию стероидогенеза также вовлечены КРГ-подобные пептиды - урокортин I, II и III [36, 61]. КРГ и урокортины кодируются разными генами и их экспрессия наблюдается в разных тканях. Так, урокортины обнаруживаются в лобной и височной коре, гипоталамусе, плаценте, сердце, легких, гонадах, поджелудочной железе [43; 49; 51; 64; 73]. Сродство КРГ и урокортинов к двум рецепторам значительно отличается. Урокортин I связывается с одинаковым сродством к обоим рецепторам, тогда как урокортин II и III связываются только с КРГ-Р2 [4; 47]. Урокортины являются важными модуляторами реакции на стресс, уменьшают аппетит, снижают тревожность, симптомы депрессии и артериальное давление [55; 63]. Данные белки, связываясь с КРГ-Р2, частично опосредуют уменьшение реакции на стресс, инициированную активацией КРГ-Р1 [71]. Эти четыре пептида (КРГ и 3 урокортина) являются весьма консервативными у млекопитающих, что соответствует физиологической важности сигнальной системы [44].

Еще одним регулятором стероидогенеза является специфический КРГ-связывающий белок (КРГ-СБ) или транскортин, присутствие которого обнаружено в различных зонах ЦНС. Возможное функциональное значение КРГ-СБ - модуляция активности КРГ на клеточном уровне, т.к. его деятельность опосредована гормоном. Предполагают, что основное действие КРГ-СБ в мозге или уменьшение доступного КРГ, или облегчение лиганд-индуцированной активации КРГ-Р2 рецепторов [13]. Также КРГ-СБ действует как негативный регулятор КРГ *in vivo*, способствуя удалению или деградации КРГ [72]. Связывающая способность КРГ-СБ находится в обратной зависимости от концентрации кортикостероидов в крови [10, 13, 59].

Недавние исследования показали, что КРГ и урокортины влияют на стероидогенез не только через ЦНС, но и напрямую, внутри надпочечника, где они образуют паракринную регуляторную петлю. КРГ и урокортины, их рецепторы типа 1 и типа 2, а также эндогенный псевдоорецептор к КРГ-СБ экспрессируются в адренкортикальных, хромаффинных клетках [67].

Гипофизарный адренокортикотропный гормон

Адренокортикотропный гормон (АКТГ), 39-аминокислотный пептид, вырабатываемый клетками передней доли гипофиза, синтез и секрецию которого стимулирует КРГ, воздействуя на рецепторы 1 типа (КРГ-Р1) в кортикотрофах гипофиза [3]. Ранее считалось, что эти клетки вырабатывают исключительно АКТГ. Однако в настоящее время установлен его предшественник – проопиомеланокортин (ПОМК). Он синтезируется в гипофизе и в нейронах гипоталамуса, затем подвергается пост-трансляционному процессингу ткане-специфическим способом с образованием различных биологически активных пептидов [76], например, β -липопротеина (β -ЛПХ) и про-АКТГ [1].

Воздействие КРГ на секрецию АКТГ потенцируется синергетическим действием аргинин вазопрессина, продуцируемого нейросекреторными клетками паравентрикулярного ядра гипоталамуса [30; 54]. Действие аргинин вазопрессина (АВ) опосредовано взаимодействием со специфическими рецепторами клеток-мишеней. Рецепторы АВ являются классическими плазматическими мембранными рецепторами, связанными с G-белками. Существует три вида АВ рецепторов: В1а, В1b (или В3) и В2. Рецептор В1b, связанный с G_q -белками, расположен в кортикотрофах передней доле гипофиза, где он стимулирует гормональный сигнал [8; 56]. Сам по себе АВ имеет слабое влияние на высвобождение АКТГ, его эффект является дополнительным к действию КРГ. В кортикотрофах происходит объединение АВ/В1b и КРГ/КРГ-Р1 сигнальных путей [56], при котором эндогенный вазопрессин в 2-3 раза усиливает способность КРГ высвобождать АКТГ [75].

Секреция АКТГ также находится под влиянием других факторов. Так, окситоцин конкурирует за связывающие рецепторы аргинин вазопрессина [41, 53]; опиоидные пептиды подавляют выпуск КРГ на уровне гипоталамуса [65]; эндоканнабиноиды негативно регулируют основной и стресс реактивный выпуск АКТГ на нескольких уровнях ГГНС [21, 28], белок-супрессор цитокиновой сигнализации-3 (SOCS-3) подавляет индукцию ПОМК и секрецию АКТГ. Все эти эффекты являются ингибирующими. Стимулируют секрецию АКТГ катехоламины, инициируя выпуск КРГ посредством α_1 -адренэргических рецепторов [7]; грелин повышает секрецию АКТГ при стимуляции аргинин вазопрессина [39] и регулирует ГГНС при остром стрессе [26, 60]; цитокины - интерлейкины ИЛ-1, ИЛ-3 и ИЛ-6 и TNF- α инициируют выпуск АКТГ через гипоталамус [15, 29, 35, 66].

Регуляция синтеза глюкокортикоидов в надпочечниках

В физиологических условиях синтез глюкокортикоидов контролируется, прежде всего, АКТГ [75]. Секрецию этих стероидов из надпочечников АКТГ стимулирует через меланокортиновый рецептор 2 типа (МК-Р2), который экспрессируется в пучковой зоне. После связывания АКТГ с (МК-Р2), происходит увеличение протеинкиназы А (ПКА), опосредующей фосфорилирование острого стероидогенного белка (StAR), который способствует транспорту холестерина, предшественника стероидных гормонов внутри митохондрий, где ряд ферментативных реакций приводит к синтезу глюкокортикоидов [70]. Недавние исследования показали, что МК-Р2 зависит от со-экспрессии вспомогательного белка MRAP [50; 74] и его гомолога MRAP2. MRAP взаимодействует с МК-Р2, перемещая его к плазматической мембране клетки для образования функционального рецептора к

АКТГ [18, 19, 27, 33]. MRAP2 связывается с МК-Р4, чтобы обеспечить чувствительность к АКТГ, а также уменьшить его постоянную активность [6].

На экспрессию гена МК-Р2 влияют несколько транскрипционных факторов: SF-1, DAX-1 и AP-1. Первый из них играет ключевую роль в стероидогенезе, второй - ингибирует SF-1-опосредованную индукцию генов стероидогенеза, третий - модулирует реакцию гена МК2-Р на цАМФ [14; 24].

Передача сигнала АКТГ опосредуется через стимуляцию аденилатциклазы и внутриклеточной цАМФ при участии протеинкиназы [34; 58]. АКТГ оказывает на надпочечники как острое, так и хроническое воздействие, конечным результатом которого является инициация стероидогенеза. Быстрая реакция опосредована активностью StAR, который необходим для перемещения холестерина с наружной на внутреннюю мембрану, где происходит отщепление боковой цепи холестерина с помощью 20,22-десмолазы – фермента P450_{ssc}, кодируемого геном CYP11A1 [42, 48]. Хроническая реакция АКТГ усиливает синтез ферментов стероидогенеза: HSD3B2, CYP11A1, CYP17, CYP21A2, CYP11B1 [11; 22; 62; 74].

Регуляция ГГНС посредством обратной связи

Глюкокортикоиды регулируют активность ГГНС, и, таким образом, собственную продукцию, с помощью механизма обратной связи. На уровне гипоталамуса они подавляют экспрессию и высвобождение КРГ с АВ, на уровне гипофиза – секрецию АКТГ и транскрипцию ПОМК. Кроме глюкокортикоидов, ингибирующая обратная связь опосредована внутриклеточной продукцией гена репрессора, раннего индуцируемого цАМФ-репрессора (ICER), ограничивающего величину и продолжительность нейронной активации [5]. Парвоцеллюлярные нейроны гипоталамуса экспрессируют глюкокортикоидные рецепторы двух типов: высокоаффинный ГР-I (минералокортикоидный рецептор) и низкоаффинный ГР-II (глюкокортикоидный рецептор) [17; 38]. ГР I типа реагирует на низкий уровень глюкокортикоидов, он активационный, а ГР II типа отвечает на более высокий уровень гормона, проявляя ингибиторные свойства в одних системах и активационные в других. Итак, в гипоталамусе экспрессируются глюкокортикоидные рецепторы, а глюкокортикоиды регулируют транскрипцию генов КРГ и уровень экспрессии непосредственно в паравентрикулярном ядре [35; 36].

Регуляция ГГНС по механизму обратной связи бывает острой, когда выпуск КРГ тормозится относительно быстро, и хронической, с низким уровнем регуляции экспрессии КРГ и аргинин вазопрессина в нейронах паравентрикулярного ядра [37]. Медленная обратная связь предполагает торможение ПОМК и реагирует на величину концентрации глюкокортикоидов. При down-регуляции глюкокортикоидов подавляют транскрипцию гена ПОМК и КРГ, а также синтез мРНК аргинин вазопрессина и его секрецию. Ингибирование транскрипции КРГ глюкокортикоидами включает в себя белок/белковые взаимодействия и/или модуляцию афферентных входов в паравентрикулярное ядро гипоталамуса [25].

Недавние исследования установили существование не-геномного внутринадпочечникового подавления синтеза глюкокортикоидов, противодействующего АКТГ, по-видимому, за счёт активации специфических рецепторов (МК-Р2) сигнального пути [70]. Этот механизм позволяет надпочечникам быстро высвобож-

дать глюкокортикоиды, в то же время предотвращая их неконтролируемый выброс в ответ на большое увеличение уровня АКТГ при стрессе.

Кроме вышеперечисленных регуляторов активности ГГНС, в контроле её деятельности участвует и лимбическая система. При стрессе лимбические структуры регулируют активность ГГНС по-разному. Опиоиды, связываясь с рецепторами, экспрессия которых наблюдается в ядре одиночного пути (ЯОП) и гипоталамусе, тормозят её активность [16]. Ангиотензин II и серотонин активируют ГГНС, при этом первый из них напрямую стимулирует секрецию КРГ, а второй – через серотонинэргические нейроны ядер шва [2; 52]. Ингибирует активность ГГНС гамма-аминомаслянная кислота (ГАМК), которую секретируют магноцеллюлярные клетки супраоптического ядра гипоталамуса [23; 57]. Как базовая, так и стресс-индуцированная активность ГГНС поддерживается через обратную связь с помощью ГР-I рецепторов, расположенных в гиппокампе [12; 32].

Вероятно, быстрые механизмы обратной связи с участием не-геномного действия глюкокортикоидов опосредуют немедленное ингибирование секреции КРГ и АКТГ, тогда как промежуточные и отдаленные механизмы, опосредованные геномным действием, включают модуляцию лимбической системы и периферийных метаболических мессенджеров [68].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Физиологическая секреция глюкокортикоидов жестко регулируется эволюционно консервативной нейроэндокринной системой. Парвоцеллюлярные нейроны паравентрикулярного ядра гипоталамуса выделяют кортикотропин-релизинг гормон и аргинин вазопрессин, которые по воротной вене попадают в переднюю долю гипофиза, стимулируя секрецию аденокортикотропного гормона кортикотрофами, а кора надпочечников в ответ на АКТГ производит глюкокортикоиды. Эти гормоны воздействуя на ткани-мишени оказывают метаболические, нейромодуляторные и поведенческие изменения для противостояния вызовам внешней среды.

Таким образом, регуляция ГГНС является сложным многоуровневым процессом, который находится под контролем как положительного, так и отрицательно-го механизма обратной связи и зависит от большого количества посредников: гормонов, нейротрансмиттеров, ферментов, цитокинов и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов, А.Н. Элементы эндокринной регуляции / под ред. В.А. Ткачука. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 352 с.
2. Aguilera, G. Direct regulation of hypothalamic corticotropin-releasing-hormone neurons by angiotensin II / G. Aguilera, W.S. Young, A. Kiss [et al.] // *Neuroendocrinology*. 1995. – V. 61, №. 4. – P. 437-444.
3. Aguilera, G. Corticotropin releasing hormone receptors: two decades later / G. Aguilera, M. Nikodemova, P.C. Wynn [et al.] // *Peptides*. - 2004. – V. 25, № 3. – P. 319-329.

4. Aguilera, G. HPA axis responsiveness to stress: Implications for healthy aging / G. Aguilera // *Exp. Gerontol.* – 2011. – V. 46, № 2-3. – P. 90-95.
5. Aguilera, G. The molecular physiology of CRH neurons / G. Aguilera, Y. Liu // *Front. Neuroendocrinol.* – 2012. – V. 33, № 1. – P. 67-84.
6. Agulleiro, M.J. Melanocortin 4 receptor becomes an ACTH receptor by coexpression of melanocortin receptor accessory protein 2 / M.J. Agulleiro, R. Cortés, B. Fernández-Durán [et al.] // *Mol. Endocrinol.* – 2013. – V. 27, № 11. – P. 1934-1945.
7. Al-Damluji, S. Activation of central α 1-adrenoceptors in humans stimulates secretion of prolactin and TSH, as well as ACTH / S. Al-Damluji, D. Francis // *Am. J. Physiol.* – 1993. – V. 264, № 2, Pt 1. – P. 208-214.
8. Antoni, F.A. Vasopressinergic control of pituitary-adrenal secretion comes of age / F.A. Antoni // *Front. Neuroendocrinol.* – 1993. – V. 14, № 2. – P. 76-122.
9. Bale, T.L. CRF and CRF receptors: role in stress responsivity and other behaviors / T.L. Bale, W.W. Vale // *Annu Rev. Pharmacol. Toxicol.* – 2004. – V. 44. – P. 525-557.
10. Bamberger, C.M. Molecular determinants of glucocorticoid receptor function and tissue sensitivity to glucocorticoids / C.M. Bamberger, H.M. Schulte, G.P. Chrousos // *Endocr. Rev.* – 1996. – V. 17, № 3. – P. 245-261.
11. Bassett, M.H. The orphan nuclear receptor NGFIIB regulates transcription of 3β -hydroxysteroid dehydrogenase. Implications for the control of adrenal functional zonation / M.H. Bassett, T. Suzuki, H. Sasano [et al.] // *J. Biol. Chem.* – 2004. – V. 279, № 36. – P. 37622-37630.
12. Berardelli, R. Effect of acute and prolonged mineralocorticoid receptor blockade on spontaneous and stimulated hypothalamic-pituitary-adrenal axis in humans / R. Berardelli, I. Karamouzis, E. Marinazzo [et al.] // *Eur. J. Endocrinol.* – 2010. – V. 162, № 6. – P. 1067-1074.
13. Blanco, E.H. Corticotropin-releasing factor binding protein enters the regulated secretory pathway in neuroendocrine cells and cortical neurons / E.H. Blanco, J.P. Zuniga, M.E. Andres // *Neuropeptides.* – 2011. – V. 45, № 4. – P. 273-279.
14. Blondet, A. The human MC2-R gene expression: different aspects of its control / A. Blondet, M. Doghman, A. Penhoat [et al.] // *Endocr. Res.* – 2002. – V. 28, № 4. – P. 275-280.
15. Bornstein, S.R. Cytokines and steroidogenesis / S.R. Bornstein, H. Rutkowski, I. Vrezas // *Mol. Cell. Endocrinol.* – 2004. – V. 215, № 1-2. – P. 135-141.
16. Brunton, P.J. Attenuated hypothalamo-pituitary-adrenal axis responses to immune challenge during pregnancy: the neurosteroid opioid connection / P.J. Brunton, J.A. Russell // *J. Physiol.* – 2008. – V. 586, № 2. – P. 369-375.
17. Buckingham, J.C. Glucocorticoids: exemplars of multi-tasking // *Br. J. Pharmacol.* – 2006. – V. 147 (suppl 1). – P. 258-268.
18. Cerdá-Reverter, J.M. Involvement of melanocortin receptor accessory proteins (MRAPs) in the function of melanocortin receptors / J.M. Cerdá-Reverter, M.J. Agulleiro, R. Cortés [et al.] // *Gen. Comp. Endocrinol.* – 2013. – V. 188. – P. 133-136.
19. Chan, L.F. MRAP and MRAP2 are bidirectional regulators of the melanocortin receptor family / L.F. Chan, T.R. Webb, T.T. Chung // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 2009. – V. 106, № 15. – P. 6146-6151.

20. Chen, R. Expression cloning of a human corticotropin-releasing-factor receptor / R. Chen, K.A. Lewis, M.H. Perrin [et al.] // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* - 1993. - V. 90, № 19. - P. 8967-8971.
21. Cota, D. Requirement of cannabinoid receptor type 1 for the basal modulation of hypothalamic-pituitary-adrenal axis function / D. Cota, M.A. Steiner, G. Marsicano [et al.] // *Endocrinology.* - 2007. - V. 148, № 4. - P. 1574-1581.
22. Coulter, C.L. Functional maturation of the primate fetal adrenal in vivo. 3. Specific zonal localization and developmental regulation of CYP21A2 (P450c21) and CYP11B1/CYP11B2 (P450c11/aldosterone synthase) lead to integrated concept of zonal and temporal steroid biosynthesis / C.L. Coulter, R.B. Jaffe // *Endocrinology.* - 1998. - V. 139, № 12. - P. 5144-5150.
23. Di, S. Rapid synapse-specific regulation of hypothalamic magnocellular neurons by glucocorticoids / S.Di, J.G. Tasker // *Prog. Brain. Res.* - 2008. - V.170. - P. 379-388.
24. El-Khairi, R. Role of DAX-1 (NR0B1) and steroidogenic factor-1 (NR5A1) in human adrenal function / R. El-Khairi, A. Martinez-Aguayo, B. Ferraz-de-Souza [et al.] // *Endocr. Dev.* - 2011. - V. 20. - P. 38-46.
25. Evans, A.N. Regulation of hypothalamic corticotropin-releasing hormone transcription by elevated glucocorticoids / A.N. Evans, Y. Liu, R. Macgregor [et al.] // *Mol. Endocrinol.* - 2013. - V. 27, № 11. - P.1796-1807.
26. Giordano, R. Neuroregulation of the hypothalamus-pituitary-adrenal (HPA) axis in humans: effects of GABA-, mineralocorticoid-, and GH-Secretagogue-receptor modulation / R. Giordano, M. Pellegrino, A. Picu [et al.] // *Scientific World J.* - 2006. - V. 17, № 6. - P. 1-11.
27. Gorrigan, R.J. Localisation of the melanocortin-2-receptor and its accessory proteins in the developing and adult adrenal gland / R.J. Gorrigan, L. Guasti, P. King [et al.] // *J. Mol. Endocrinol.* - 2011. - V. 46, № 3. - P. 227-232.
28. Gorzalka, B.B. Integration of endocannabinoid signaling into the neural network regulating stress-induced activation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis / B.B. Gorzalka, M.N. Hill // *Cur. Top. Behav. Neurosci.* - 2009. - V. 1. - P. 289-306.
29. Guzmán, C. Regulation of steroidogenesis in reproductive, adrenal and neural tissues by cytokines / C. Guzmán, R. Hernández-Bello, J. Morales-Montor // *Open Eu-roendocrinology J.* - 2010. - V. 3. - P. 161-169.
30. Handa, R.J. A role for the androgen metabolite, 5alpha androstane 3beta, 17beta diol (3β-diol) in the regulation of the hypothalamo-pituitary-adrenal axis / R.J. Handa, D. Sharma, R. Uht // *Front. Endocrinol. (Lausanne).* - 2011. - V 2. - P. 65.
31. Hauger, R.L. Corticotropin releasing factor (CRF) receptor signaling in the central nervous system: new molecular targets / R.L. Hauger, V. Risbrough, O. Brauns [et al.] // *CNS Neurol. Disord. Drug Targets.* - 2006. - V. 5, № 4. - P. 453-479.
32. Heuser, I. Increased activity of the hypothalamus-pituitary-adrenal system after treatment with the mineralocorticoid receptor antagonist spironolactone / I. Heuser, M. Deuschle, B. Weber [et al.] // *Psychoneuroendocrinology.* - 2000. - V. 25, № 5. - P. 513-518
33. Hofland, J. Melanocortin 2 receptor-associated protein (MRAP) and MRAP2 in human adrenocortical tissues: regulation of expression and association with ACTH re-

sponsiveness / J. Hofland, P.J. Delhanty, J. Steenbergen [et al.] // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2012. – V. 97, № 5. – P. 747-754.

34. Ishizuka, T. ACTH-induced cortisol secretion is mediated by cAMP and PKC in various adrenocortical adenomas / T. Ishizuka, H. Daidoh, H. Morita [et al.] // *Endocr. J.* – 1997. – V. 44, № 5. – P. 661-670.

35. Kageyama, K. Regulatory mechanisms underlying corticotropin-releasing factor gene expression in the hypothalamus / K. Kageyama, T. Suda // *Endocr. J.* – 2009. – V. 56, № 3. – P. 335-344.

36. Kageyama, K. Differential regulation and roles of urocortins in human adrenal H295R cells / K. Kageyama, K. Hanada, T. Suda // *Regul. Pept.* – 2010. – V. 162, № 1-3. – P. 18-25.

37. Keller-Wood, M.E. Corticosteroid inhibition of ACTH secretion / M.E. Keller-Wood, M.F. Dallman // *Endocr. Rev.* – 1984. – V. 5, № 1. – P. 1-24.

38. de Kloet, E.R. Stress and the brain: from adaptation to disease / E.R. de Kloet, M. Joëls, F. Holsboer // *Nat. Rev. Neurosci.* – 2005. – V. 6, № 6. – P. 463-475.

39. Korbonits, M. The growth hormone secretagogue hexarelin stimulates the hypothalamo-pituitary-adrenal axis via arginine vasopressin / M. Korbonits, G. Kaltsas, L.A. Perry // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 1999. – V. 84, № 7 – P. 2489-2495.

40. Kostich, W.A. Molecular identification and analysis of a novel human corticotropin-releasing factor (CRF) receptor: the CRF2 γ receptor / W.A. Kostich, A. Chen, K. Sperle [et al.] // *Mol. Endocrinol.* – 1998. – V. 12, № 8. – P. 1077-1085.

41. Legros, J.J. Inhibitory influence of exogenous oxytocin on adrenocorticotropin secretion in normal human subjects / J.J. Legros, P. Chiodera, E. Demey-Ponsart // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 1982. – V. 55, № 6. – P. 1035-1039.

42. Lehoux, J.G. Adrenocorticotropin regulation of steroidogenic acute regulatory protein / J.G. Lehoux, A. Mathieu, P. Lavigne [et al.] // *Microsc. Res. Tech.* – 2003. – V. 61, № 3. – P. 288-299.

43. Li, C. Urocortin III-immunoreactive projections in rat brain: partial overlap with sites of type 2 corticotrophin-releasing factor receptor expression / C. Li, J. Vaughan, P.E. Sawchenko [et al.] // *J. Neurosci.* – 2002. – V. 22, № 3 – P. 991-1001.

44. Lovejoy, D.A. Evolution and phylogeny of the corticotropin-releasing factor (CRF) family of peptides: Expansion and specialization in the vertebrates / D.A. Lovejoy, L. de Lannoy // *J. Chem. Neuroanat.* – 2013. – V. 54, P. 50-56.

45. Lovenberg, T.W. Cloning and characterization of a functionally distinct corticotropin-releasing factor receptor subtype from rat brain / T.W. Lovenberg, C.W. Liaw, D.E. Grigoriadis [et al.] // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 1995. – V. 92, № 3. – P. 836-840.

46. Luckey, A. Corticotropin-releasing factor receptor 1-deficient mice do not develop postoperative gastric ileus / A. Luckey, L. Wang, P.M. Jamieson [et al.] // *Gastroenterology.* – 2003. – V. 125, № 3. – P. 654-659.

47. Majzoub, J.A. Corticotropin-releasing hormone physiology / J.A. Majzoub // *Eur. J. Endocrinol.* – 2006. – V. 155. – P. S71-S76.

48. Manna, P.R. Regulation of the steroidogenic acute regulatory protein gene expression: present and future perspectives / P.R. Manna, M.T. Dyson, D.M. Stocco // *Mol. Hum. Reprod.* – 2009. – V. 15, № 6. – P. 321-333.

49. Martinez, V. Urocortins and the regulation of gastrointestinal motor function and visceral pain / V. Martinez, L. Wang, M. Million [et al.] // *Peptides*. – 2004. – V. 25, № 10. – P. 1733-1744.
50. Metherell, L.A. Mutations in MRAP, encoding a new interacting partner of the ACTH receptor, cause familial glucocorticoid deficiency type 2 / L.A. Metherell, J.P. Chapple, S. Cooray [et al.] // *Nat. Genet.* – 2005. – V. 37, № 2. – P. 166-170.
51. van der Meulen, T. Urocortin 3 marks mature human primary and embryonic stem cell-derived pancreatic alpha and beta cells / T. van der Meulen, R. Xie, O.G. Kelly [et al.] // *PLoS ONE*. – 2012. – V. 7, № 12. – 12 p..
52. Moser, U. Hypothalamic serotonin-1A receptor binding measured by PET predicts the plasma level of dehydroepiandrosterone sulfate in healthy women / U. Moser, W. Wadsak, C. Spindelegger [et al.] // *Neurosci. Lett.* – 2010. – V. 476, № 3. – P. 161-165.
53. Neumann, I.D. Brain oxytocin inhibits the (re)activity of the hypothalamo-pituitary-adrenal axis in male rats: involvement of hypothalamic and limbic brain regions / I.D. Neumann, S.A. Krömer, N. Toschi [et al.] // *Regul. Pept.* – 2000. – V. 96, № 1-2. – P. 31-38.
54. Papadimitriou, A. Regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis / A. Papadimitriou, K.N. Priftis // *Neuroimmunomodulation*. – 2009. – V. 16, № 5. – P. 265-271.
55. Riester, A. Urocortin-dependent effects on adrenal morphology, growth, and expression of steroidogenic enzymes in vivo / A. Riester, A. Spyroglou, A. Neufeld-Cohen // *J. Mol. Endocrinol.* – 2012. – V. 48, № 2. – P. 159-167.
56. Roper, J.A., O'Carroll A.-M., Young W. S., Lolait S. J. (2011). The vasopressin Avpr1b receptor: molecular and pharmacological studies / J.A. Roper, A.-M. O'Carroll, W.S. Young [et al.] // *J. Stress*. – V. 14, № 1. – P. 98-115.
57. Sarkar, J. Neurosteroidogenesis is required for the physiological response to stress: role of neurosteroid-sensitive GABAA receptors / J. Sarkar, S. Wakefield, G. MacKenzie [et al.] // *J. Neurosci.* – 2011. – V. 31, № 50. – P. 18198-18210.
58. Sewer, M.B. ACTH modulation of transcription factors responsible for steroid hydroxylase gene expression in the adrenal cortex / M.B. Sewer, M.R. Waterman // *Microsc. Res. Tech.* – 2003. – V. 61, № 3. – P. 300-307.
59. Smith, J.B. The relationship between unbound and total cortisol: its usefulness in detecting CBG abnormalities / J.B. Smith, G. Nolan, W. Jubiz // *Clin/ Chem/ Acta*. – 1980. – V. 22, № 108 (3). – P. 435-445.
60. Spencer, S.J. Ghrelin regulates the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and restricts anxiety after acute stress / S.J. Spencer, L. Xu, M.A. Clarke [et al.] // *Biol. Psychiatry*. – 2012. – V. 72, № 6. – P. 457-465.
61. Stengel, A. CRF and urocortin peptides as modulators of energy balance and feeding behavior during stress / A. Stengel, Y. Taché // *Front. Neurosci.* – 2014. – V. 8, P. 52.
62. Su, Y. Developmental changes in adrenocorticotrophin (ACTH)-induced expression of ACTH receptor and steroid acute regulatory protein mRNA in ovine fetal adrenal cells / Y. Su, L.C. Carey, N.R. Valego [et al.] // *J. Soc. Gynecol. Investig.* – 2005. – V. 12, № 6. – P. 416-420.

63. Suda, T. Physiological roles of urocortins, human homologues of fish urotensin I, and their receptors / T. Suda, K. Kageyama, S. Sakihara [et al.] // *Peptides*. – 2004. – V. 25, № 10. – P. 1689-1701.
64. Takahashi, K. Distribution of urocortins and corticotropin-releasing factor receptors in the cardiovascular system / K. Takahashi // *Int. J. Endocrinol.* – 2012. – 395284.
65. Taylor, T. β -Endorphin suppresses adrenocorticotropin and cortisol levels in normal human subjects / T. Taylor, R.G. Dluhy, G.H. Williams // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 1983. – V. 57, № 3. – P. 592-596.
66. Tkachenko, I.V. Interleukins 1 α and 1 β as regulators of steroidogenesis in human NCI-H295R adrenocortical cells / I.V. Tkachenko, T. Jääskeläinen, J. Jääskeläinen [et al.] // *Steroids*. – 2011. – V. 76, № 10-11. – P. 1103-1115.
67. Tsatsanis, C. The corticotropin-releasing factor (CRF) family of peptides as local modulators of adrenal function / C. Tsatsanis, E. Dermitzaki, M. Venihaki // *Cell. Mol. Life. Sci.* – 2007. – V. 64, № 13. – P. 1638-1655.
68. Uchoa, E.T. Novel aspects of glucocorticoid actions / E.T. Uchoa, G. Aguilera, J.P. Herman [et al.] // *J. Neuroendocrinol.* – 2014. – V. 26, № 9. – P. 557-572.
69. Vale, W. Characterization of a 41-residue ovine hypothalamic peptide that stimulates secretion of corticotropin and β -endorphin / W. Vale, J. Spiess, C. Rivier [et al.] // *Science*. – 1981. – V. 213, № 4514. – P. 1394-1397.
70. Walker, J.J. Rapid intra-adrenal feedback regulation of glucocorticoid synthesis // J.J. Walker, F. Spiga, R. Gupta [et al.] // *J. R. Soc. Interface*. – 2014. – V. 12. – P. 102
71. Wolf, E.J. Corticotropin releasing hormone receptor 2 (CRHR-2) gene is associated with decreased risk and severity of posttraumatic stress disorder in women / E.J. Wolf, K.S. Mitchell, Logue M.W. [et al.] // *Depress. Anxiety*. – 2013. – V. 30, № 12. – P. 1161-1169
72. Woods, R.J. Association of human corticotropin-releasing hormone to its binding protein in blood may trigger clearance of the complex / R.J. Woods, A. Grossman, P. Saphier [et al.] // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 1994. – V. 78, № 1. – P. 73-76.
73. Wypior, G. Expression of CRH, CRH-related peptide and CRH receptor in the ovary and potential CRH signalling pathways / G. Wypior, U. Jeschke, M. Kurpisz [et al.] // *J. Reprod. Immunol.* – 2011. – V. 90, № 1. – P. 67-73.
74. Xing, Y. ACTH is a potent regulator of gene expression in human adrenal cells // Y. Xing, C.R. Parker, M.A. Edwards [et al.] // *J. Mol. Endocrinol.* – 2010. – V. 45, № 1. – P. 59-68.
75. Xing, Y. The effects of ACTH on steroid metabolomic profiles in human adrenal cells / Y. Xing, M.A. Edwards, C. Ahlem [et al.] // *J. Endocrinol.* – 2011. – V. 209, № 3. – P. 327-335.
76. Yasuda, A. Jones L.S., Shigeri Y. The multiplicity of post-translational modifications in pro-opiomelanocortin-derived peptides / A. Yasuda, L.S. Jones, Y. Shigeri // *Front. Endocrinol (Lausanne)*. – 2013. – V. 2, № 4. – P. 186.

ВОЗРАСТНЫЕ АСПЕКТЫ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОГО РИСКА

*В.С. Лукьянчиков, А.Н. Шарапов¹
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Москва*

Представлен обзор литературы, посвященной факторам риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, в частности метаболического синдрома у детей как фактора кардиометаболического риска сердечно-сосудистых заболеваний в зрелом возрасте.

Ключевые слова: *болезни, сердечно-сосудистая система, факторы риска, детский возраст*

Age aspects of cardiovascular disease risk factors *The paper presents an overview of risk factors for cardiovascular disease, such as metabolic syndrome in children as a cardiometabolic risk factor for the development of cardiovascular disease in adulthood.*

Keywords: *disease, cardiovascular system, risk factors, childhood*

С середины прошлого века в структуре заболеваемости населения лидируют сердечно-сосудистые, онкологические и обменно-эндокринные заболевания. Пик частоты этих болезней приходится на зрелый и пожилой возраст, что позволяет считать их болезнями возраста [2].

Однако, есть мнение, что в современных условиях этиопатогенез этих заболеваний определяется не столько наследственно-конституциональными дефинициями, сколько эндогенными, дегенеративно-дисрегуляторными факторами, приводящим по возрастным или иным причинам к дисфункции иммунной, нервной или эндокринной систем [6].

Пересмотр этиопатогенетических преференций связывают с особенностями современного социально-экономического уклада, интенсификацией труда, ухудшением среды обитания и качества жизни, когда под влиянием средовых и эндогенных патогенов происходят полисистемные нарушения и поломки, на фоне которых нередко возникает сразу несколько синдромов или болезней.

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) главной причиной заболеваемости и смертности во всем мире которая по прогнозам до 2030 года может возрасти до 23,3 млн. Широко распространено мнение, что атеросклероз начинается в детстве и продолжается в зрелом возрасте. Число факторов риска ССЗ возрастает в детстве, так же как и факторы тяжести коронарного и аортального атеросклероза в юношеском возрасте [4].

Отрицательные последствия избыточного веса у подростков опосредованы наличием кардиометаболических факторов риска, патогномичных для заболеваний сердечно-сосудистой системы. Педиатры исследовали отдельные метаболические нарушения, которые увеличивают риск сердечно-сосудистых заболеваний и обнаружили, что они сопровождают весь период становления ребенка (трек) от детства к взрослости и ведущим в этих нарушениях подозреваются мета-

Контакты ¹ А.Н. Шарапов – E-mail: <sharalums@mail.ru>

болический синдром (МС), который также сохраняется и в зрелом возрасте. МС играет важную роль в развитии немедленных эффектов: подростки с МС, имеют более низкую способность переносить большие нагрузки, чем дети с ожирением и нормальным весом [16].

ПАТОФИЗИОЛОГИЯ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА КАК ОСНОВОПОЛАГАЮЩЕГО ИНТЕГРАЦИОННОГО ФАКТОРА КАРДИОМЕТАБОЛИЧЕСКОГО РИСКА

В соответствии с обозначенной выше патофизиологической концепцией в конце XX века было сформировано положение о метаболическом синдроме (МС), - как симбиозе нескольких коморбидных, т.е. имеющих общие причины, патологических процессов и состояний. Термин МС предложил G.Reaven (1988), который предположил, что такие синдромы, как ожирение, сахарный диабет 2 типа (СД2), артериальная гипертензия (АГ) и ишемическая болезнь сердца (ИБС), имеют общую патогенетическую основу – инсулинорезистентность (ИР).

Выяснилось, что популяционная частота МС варьируется от 5 % до 20 %, и такая большая вариативность, по мнению автора концепции, отчасти связана с тем, что МС представляет собой «открытую систему», с неограниченным числом возможных болезней, синдромов и признаков.

В 1998 году рабочая группа ВОЗ по проблеме МС представила расширенный перечень составных частей этого синдрома. В него вошли висцеральное (абдоминальное) ожирение, артериальная гипертензия, нарушенная толерантность к глюкозе и инсулинонезависимый сахарный диабет, нарушение гемостаза (протромботический статус), инсулинорезистентность (ИР), гиперинсулинемия (ГИ), дислипидемия, гиперурикемия, микроальбуминурия. К настоящему времени синопсис МС дополнили еще полтора десятка компонентов, среди которых гипертрофия миокарда и ИБС, синдром апное во сне, гиперандрогения (у женщин), гиперлептинемия и лептинрезистентность, симпатико-адреналовая гиперактивность, гиперпролактинемия, повышенный уровень СЖК, провоспалительный статус и оксидативный стресс [12].

В апреле 2005 г международная федерация по сахарному диабету определила МС как «комплекс метаболических, гормональных и клинических нарушений, являющихся фактором риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, в основе которых лежит инсулинорезистентность и компенсаторная гиперинсулинемия. Приведенные в этом определении дефиниции практически полностью совпадают с теми, что составляют существо СД2. Поэтому с позиций этиологии и патогенеза МС и СД2 являются стадиями одного патологического процесса и, главное, в том, что они оба сопровождают и приводят к двум самым распространенным и опасным для современного человека сердечно-сосудистым синдромам – АГ и ИБС [8].

Таким образом, отчетливая причинно-следственная, даже «этапно-эволюционная» связь между МС, СД2, АГ и ИБС объясняется тем, что ключевыми патогенетическими факторами этих синдромов является ИР и ГИ. Установлено, что ИР связана с генетически обусловленной аномалией в биосинтезе инсулиновых рецепторов. ИР, в качестве базовой основы МС, служит причиной многочисленных патобиохимических расстройств, на фоне которых возникают функци-

ональное и морфологическое повреждение всех тканей, органов и систем, в особенности сердечно-сосудистой системы.

Первым следствием ИР является усиленная секреция и повышение в крови уровня инсулина, что является компенсаторной реакцией, направленной на преодоление ИР. Гиперинсулинемия (ГИ) в определенных количественных и временных рамках способна преодолеть ИР, поэтому в течение некоторого времени показатели гликемии натощак у пациента с МС остаются нормальными. Но спустя некоторое, индивидуально-вариантное время, сначала после приёма пищи, затем и на тощак гликемия превышают нормы, т.е. развивается хроническая гипергликемия, которая имеет множество негативных последствий.

При этом ГИ сама по себе является причиной многих функциональных и морфологических нарушений. Избыток инсулина индуцирует дисфункцию эндотелия: усиливает секрецию эндотелиальных вазоконстрикторов (эндотелин-1, ангиотензин), но тормозит секрецию вазодилаторов (оксид азота, простациклины); повышает синтез и активность инсулиноподобного фактора роста-1 (ИФР-1) и ингибитора-1 активатора плазминогена (ИАП-1), причем оба субстрата усиливают пролиферацию и рост гладкомышечных клеток в стенке сосудов и ее ремоделирование; повышает адгезию и агрегацию клеточных элементов крови, особенно тромбоцитов; стимулирует образование ангиотензина-II (АГ-II) и активирует ренин-ангиотензин-альдостероновую систему (РААС); дестабилизирует функцию автономной нервной системы (активизирует симпатический, но тормозит парасимпатический отдел); усиливает реабсорбцию Na^+ и Ca^{2+} в почках, с их накоплением в сосудистой стенке, что вместе с активизацией РААС ведет к АГ [5; 7]. Наконец, гиперинсулинемия способствует увеличению массы жировой ткани, что ещё более усугубляет ИР.

Перечисленные и другие прямые метаболические и регуляторные эффекты избытка инсулина сопровождаются ожирением, длительным спазмом сосудов всех уровней и калибров, утолщением и склерозированием сосудистой стенки, с образованием атеросклеротических бляшек, нарушением дифференцированной проницаемости капилляров, с экссудацией, повышенным новообразованием капилляров, особенно в сетчатке глаз [8]. Именно этим объясняется высокая частота сердечно-сосудистых осложнений при МС и СД2.

Наряду с прямым патогенным влиянием гиперинсулинемии, на фоне ИР возникают расстройства углеводного, липидного, белкового обмена и водно-электролитный дисбаланс. Первым звеном в цепи метаболических нарушений является гипергликемия. Доказано прямое «глюкозотоксическое», т. е. деструктивное воздействие гипергликемии на все ткани и органы. Дополнительный разрушительный эффект оказывает гликозилирование - неферментное связывание глюкозы с белками плазмы и структурными компонентами тканей и органов.

Известно, что липотропный эффект инсулина значительно сильнее, чем его влияние на углеводный обмен [1; 5]. Поэтому вполне закономерно, что при МС и СД2 имеются выраженные нарушения липидного обмена. Эти нарушения носят характер триады, включающей гипертриглицеридемию, повышенный уровень холестерина липопротеинов низкой плотности (ЛПНП), представленных преимущественно мелкими и плотными частицами, снижение содержания холестерина липопротеинов высокой плотности (ЛПВП).

Итак, МС и его сердечно-сосудистые осложнения, имеют мультифакториальную природу. Наследственно-конституциональная предрасположенность реализуется под действием разных средовых и эндогенных факторов риска. Прежде всего это ожирение, гиподинамия, несбалансированная, высокоуглеводная и атерогенная диета, курение и другие вредные привычки, психоэмоциональные перегрузки и стрессы, неблагоприятная экология и многое другое. Именно с участием этих, так называемых пусковых факторов при МС возникают и прогрессируют функциональные и анатомо-морфологические нарушения во всех тканях, органах и системах. Самыми значимыми из них, негативно влияющими на состояние здоровья, качество и продолжительность жизни пациентов, являются коморбидные метаболическому синдрому сердечно-сосудистые нарушения. Очевидно, ранней и своевременной профилактике заболеваний ССС необходимо уделять самое пристальное внимание.

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КАРДИО-ВАСКУЛЯРНОГО РИСКА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Растущая распространенность детского ожирения, которое часто сопровождается несколькими кардиометаболическими факторами риска, стала серьезной глобальной проблемой здравоохранения. На сегодняшний день мало сведений характеризующих различия (распространенность, средства и методы диагностики) кардиометаболических факторов риска у детей из разных стран.

Среди 80 обследованных кувейтских подростков с избыточной массой тела из 16 измеряемых факторов кардиометаболического риска 8 были значительно выше нормы более чем у 30 % испытуемых. В числе наиболее распространенных кардиометаболических факторов риска имеющих аномальные значения были АСТ (88,7 % выборки), НОМА-IR (homeostasis model assessment of insulin resistance). (67,5 % выборки), инсулин крови натощак (43,5 % выборки), СРБ (42,5 % выборки), ЛПНП (35,0 % выборки), холестерин (33,5 % выборки) и систолическое артериального давления (30,0 % выборки). В исследовании проведенном в Кувейте на практически здоровых девочках-подростках (n=431, в возрасте от 10 до 19 лет), используя аналогичные с предыдущим исследованием тесты для оценки распространенности метаболического синдрома. последний был выявлен у 14,8 % [29].

Многочисленные исследования показывают, что метаболический синдром (МС) довольно часто сопутствует детям и подросткам с избыточным весом. Авторы статьи [29] надеются, что высокая распространенность аномальных показателей кардиометаболических факторов риска обнаруженных в кувейтском исследовании может явиться полезным стимулом для привлечения членов семьи к участию в лечении ожирения у подростков в будущем и может также повысить уровень приверженности и участие тех, кто в нём нуждается.

Метаболический синдром оказывает серьезное влияние на здоровье населения вследствие его растущей распространенности и неблагоприятного прогноза. Развитие инсулинорезистентности и, как следствие, ожирения весьма часто встречается еще в детстве и играет ключевую роль в патогенезе этого синдрома. Кроме того, ожирение, низкая масса тела при рождении, повышенный прирост массы тела в раннем детстве, замедление полового созревания снижение чувствительно-

сти к инсулину и наличие клинических маркеров инсулинорезистентности (шейный акантоз, синдром поликистозных яичников, преждевременное адренархе) провоцируют риск развития метаболического синдрома.

В настоящее время, не существует общепринятой стратегии, тактического алгоритма и консенсуса, основанных на диагностических критериях, характеризующих метаболический синдром у детей и подростков. Последнее определение Международной федерации диабета [центральное ожирение, плюс любые два из четырех факторов (повышение триглицеридов, снижение липопротеидов высокой плотности-холестерина, повышенное кровяное давление и повышенный уровень глюкозы в плазме крови натощак)] не получило одобрения для использования у детей, а эпидемиологические сведения еще не получены. По литературным источникам (4,2 %) на практике чаще всего пользуются Adult Treatment Panel III диагностической системой для детей и подростков, применяя её модифицированный вариант. В качестве компонентов диагностики метаболического синдрома у детей и подростков, часто используют следующие критерии: абдоминальное ожирение (9,8 % -17,9 %), повышенные триглицериды (21,0 %-23,4 %), снижение липопротеинов холестерина высокой плотности (18,3 %-23,3 %), повышенное кровяное давление (4,9 %-7,1 %), и повышение уровня глюкозы натощак (0,8 % -1,7 %).

Гиперлипидемию в детстве и подростковом возрасте трудно связать с клиникой атеросклеротических событий в последующие взрослые годы, так как у значительной части детей липиды определённые изначально как повышенные, при повторных исследованиях находились ближе к средним. С другой стороны, данные по обследованию населения (Bogalusa Heart Study) выявили ассоциацию между повышенным уровнем липидов крови в детстве и зрелом возрасте. Вместе с тем, высокая частота морфологических и функциональных нарушений в сосудистой и эндотелиальной системах, часто встречающихся среди детей с признаками метаболического синдрома предполагает раннее наступление сердечно-сосудистых событий и подчеркивает клиническую значимость этого явления. Наиболее эффективным средством для предотвращения метаболического синдрома является недопущение развития ожирения у детей. В случае установленного заболевания, эффективное лечение должно затрагивать различные компоненты синдрома [14].

Для уточнения влияния возраста и пола на факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний в Германии обследовано 497 детей и подростков с избыточным весом в возрасте от 2 до 18 лет. Измеряли среднее артериальное давление (АД), тощачковые уровни в крови липидов, глюкозы и инсулина. Анализ проводили по возрасту (дети младше 11 лет и подростки от 11 лет и старше) и полу. Уровни инсулина и глюкозы в крови были использованы в уравнениях для оценки чувствительности к инсулину. Среди подростков 11 лет и старше (n = 268) у 52,6 % мальчиков найдено более высокое АД по сравнению с 32,6 % девочек того же возраста. В то же время уровень холестерина-липидов высокой плотности (ЛПВП) оказался достоверно меньшим-у мальчиков 11 лет и старше по сравнению с девочками. Уровень триглицеридов был выше у мальчиков, независимо от возраста. В многомерном статистическом исследовании, повышенное АД было наиболее сильно связано с возрастом и степенью избыточного веса, в то

время как уровень триглицеридов больше всего ассоциируется с полом и резистентностью к инсулину [20].

Растёт число доказательств прочной ассоциации уровня атерогенных сердечно-сосудистых заболеваний с метаболическим синдромом. Несмотря на дефицит фундаментальных и клинических данных по МС у подростков в сравнении с взрослыми, становится ясно, что его истоки восходят к детству (Zimmet P., e.a. 2007). Это педиатрическая проблема, «silent» в молодости, но проявляется позже в жизни. По данным третьего Национального института здоровья и питания (NHANES III) показано, что распространённость МС среди подростков в Соединенных Штатах и Канаде от 6 % до 11 %, и наблюдается от 30 % до 50 % среди подростков с ожирением. Различия в оценке распространённости МС отражают различия в определении его сущности в детском возрасте, поскольку до сих пор нет общепринятого его определения. Между тем, риск дальнейшего развития сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) и их ранних признаков у детей с МС очень высок. Так утолщение сонной артерии, комплекса интима-медиа за счёт атеросклеротических бляшек, а также атеросклеротической гипертрофии сонной артерии обнаруживаются у детей с МС [19].

По мнению [27] положение о том, что у детей 10 лет и старше МС может быть диагностирован при наличии абдоминального ожирения в сочетании с двумя и более другими клиническими признаками (повышенный уровень триглицеридов, низкий уровень ЛПВП, высокое кровяное давление или повышенный уровень глюкозы в плазме крови) делает его обнаружение сложным и непрактичным, Национально-специфические особенности в размерах окружности талии были обособлено дифференцированы для разных этнических групп и включены в новое глобальное определение МС для взрослых [13]. Более половины населения Торонто, Онтарио, состоит из иммигрантов. Еще четверть - из второго поколения иммигрантов, большинство из которых, в настоящее время, являются выходцами из Китая и Южной Азии. Авторы подтвердили этнические различия, показывающие, что канадские взрослые Южно-Азиатского происхождения имеют более высокую распространённость ССЗ по сравнению с канадцами европейского и китайского происхождения.

Наличие МС у детей и подростков может быть диагностировано только в комплексе с клиническими и антропометрическими тестами, что делает его выявление сложной и нецелесообразной задачей для лиц этой возрастной категории, особенно у здоровых подростков без симптомов или очевидных признаков, таких как ожирение илиотягощённый положительный семейный анамнез. Еще одна трудность – в определении МС у подростков с межэтническими различиями, пункт особенно важный в странах с высокой долей иммигрантов, таких как Канада.

Очевидна необходимость использования простого информативного теста, который должен быть создан для облегчения постановки диагноза. Преследуя эту цель Vuksan V., e.a. [27] предложили удобный метод скрининга для выявления бессимптомных форм МС в многонациональных (полиэтнических) популяциях подростков, на основе которых можно было бы инициировать определённые формы питания и изменения образа жизни для раннего вмешательства и снижения метаболических рисков. Авторами исследована возможность использования АД в

качестве индикатора МС в многонациональной выборке подростков. Ими установлено наличие значимых линейных зависимостей повышенного уровня глюкозы в крови натощак с увеличением антропометрических показателей и артериального давления. Кроме того, с помощью многовариантного анализа, выявлены, независимые ассоциации уровня глюкозы крови натощак с размером талии и систолического артериального давления, оба из которых являются независимыми маркерами МС. Было подтверждено, что окружность талии, являясь лучшим предиктором различий глюкозо-инсулинового гомеостаза у подростков по сравнению с изолированным ИМТ, является удобным и доступным индикатором висцерального ожирения.

Результаты измерения окружности талии показали весьма значительные различия вариаций глюкозы крови натощак и она была определена в качестве как независимого предиктора уровень в многофакторном анализе. Было показано, что систолическое, диастолическое и среднее артериальное давление увеличилось последовательно с уровнем глюкозы натощак в процессе пошагового множественного регрессионного анализа. Это согласуется с существующими доказательствами, указывающими на положительную связь увеличения уровня глюкозы в крови натощак с повышенным уровнем артериального давления и другими факторами риска ССЗ [25]. Кроме того, было показано что темпы роста атеросклеротических изменений и уровня глюкозы натощак варьируются в зависимости от этнической принадлежности.

Однако, известно, что у взрослых даже при наличии благоприятного липидного профиля и отсутствии нарушенной толерантности к глюкозе высокое кровяное давление и тучность существенно влияют на выраженность аортокоронарного атеросклероза в молодости, что диктует необходимость исследования нелипидных факторов риска, в частности уровня глюкозы натощак уже в подростковом возрасте для прогнозирования ювенильного атеросклероза и введения превентивных мер своевременно

Несмотря на большое число недавних публикаций по МС у взрослых, педиатрическим данным по МС уделено намного меньше внимания потому собственно и нет единого определения наличия МС у детей и подростков. Более 40 различных определений синдрома МС были использованы в педиатрических исследованиях [17]. Показано, что МС в детстве является прогностическим признаком диабета 2 типа, МС и коронарного атеросклероза у взрослых 25-30 лет спустя [23]. Ими же в долгосрочных когортных исследованиях также показаны, нарушения сосудистой функции у взрослых молодых лиц, у которых МС диагностирован в детском и подростковом возрасте.

С помощью Национальной образовательной программы по холестерину определение распространенности МС в канадской популяции детей и подростков составила 6 %. По мнению авторов относительно маленький процент МС может быть обусловлен тем, что в их популяции было больше здоровых детей кавказской и китайской национальности, у которых индекс массы тела (ИМТ) был на нижней границе нормы. Наконец было показано, что среди взрослых МС выявляется у 42 % коренных канадцев (имея в виду уровень глюкозы натощак $5.63 \pm 1,2$ ммоль/л), у 26 % выходцев из Южной Азии ($5.5 \pm 1,1$ ммоль/л), 22 % европейцев (5.2 ± 0.8 ммоль/л) и 11 % китайцев ($5.2 \pm 1,1$ ммоль/л) соответственно (1,14). Это

подчеркивает необходимость систематического сравнения распространённости МС среди этнических групп и углублённых детальных исследований среди населения с " высоким кардиометаболическим риском ", что способствует получению новых знаний об этиологии и патогенезе метаболического синдрома и атеросклероза. Этнические различия дополнительно могут играть важную роль в идентификации МС у подростков, что важно при оценке и выборе метода скрининга, удовлетворяющего этим условия.

Парадоксально, но несмотря на более высокий уровень заболеваемости ожирением, диабетом 2 типа и гипертонией, афро-американцы имеют более низкий популяционный уровень МС, по сравнению с кавказцами, поскольку афро-американцы имеют более высокую инсулинорезистентность и более высокие показатели сердечно-сосудистой заболеваемости и смертности по сравнению с белыми американцами. Было обнаружено, что распространённость МС выше в подгруппе афроамериканцев - родственников первой степени родства пациентов с сахарным диабетом 2 типа, чем у афро-американцев с неотяжённой наследственностью по ожирению и инсулиннезависимому типу сахарного диабета, а окружность талии явилась одним из наиболее важных параметров, более важным, чем метаболические параметры и скорее всего удовлетворяла критериям МС у афро-американских родственников. Предполагается, что генетическая наследственность предрасполагает афро-американцев к большему риску сердечно-сосудистых заболеваний и связанных с ними заболеваний и смертности [22].

Распространённость МС среди 1366 мексиканских детей и подростков 10-14 лет составила 32,4 % и в возрасте от 15 до 19 лет – 35,4 %, преимущественно у лиц женского пола (57 %), среди которых избыточный вес имели 31 % (ИМТ=21,6 %). Характерной особенностью мексиканских подростков был низкий уровень в крови ЛПВП, наблюдаемый в 85,4 % выборки и неблагоприятное распределение жира, о чем свидетельствует большая окружность талии у 27.9 % выборки [18].

В обзоре [26] проводится описание и сравнение распространённости одного кардиометаболического фактора риска -МС по критериям нарушенного уровня глюкозы натощак (IFG), нарушения толерантности к глюкозе (IGT), низкого уровня холестерина- ЛПВП, высокого уровня триглицеридов и повышенного уровня артериального давления. Безусловно заслуживает внимания распространённость нарушения уровня гликемии натощак ($\geq 5,6$ ммоль/л), которая оказалась очень низкой среди детей в странах Южной Европы (от 1,0 до 4,6 %), в США (3.6-4.6 %) и в Доминиканской Республике (5 %), вместе с тем показатель распространённости этого параметра в Нидерландах (особенно среди детей голландцев турецкого и марроканского происхождения был удивительно высокий - 13.4 % и 26,8 %, соответственно. Уровень тощачковой глюкозы варьировал от 1,3 % (у голландско-марокканских и турецких детей) до 6,5 % в странах Центральной Европы. Аналогичные показатели распространённости нарушенной толерантности к глюкозе были найдены у турецких детей, проживающих в Голландии. Различия в кардиометаболическом профиле риска у турецких детей в двух параллельных исследованиях могут быть объяснены разницей в возрастном диапазоне (2-19 лет и 7-18 лет), что подтверждает более неблагоприятный кардиометаболический профиль риска у детей старшего возраста В отношении липидного профиля: у детей из Германии реже всего выявляли низкий уровень ЛПВП (8,8 %), в то время как

большая часть детей из сельской местности в США (57 %) имеют эту липидную аномалию. Высокий уровень триглицеридов наиболее распространен у детей и подростков в Германии (52,7 %), тогда как его распространенность в других странах колебалась от 12,3 % до 35,9 %. Наконец, наличие повышенного уровня артериального давления среди детей и подростков колебалось от 8,8 % в Италии, до 40,6 %, среди детей в Венгрии. Предполагается, что генетический профиль и пищевые привычки играют существенную роль независимо от наличия ожирения, как факторы, влияющие на кардиометаболические риск-параметры.

Большой разброс по распространенности и средним значениям кардиометаболических параметров риска среди детей в разных странах позволил сделать несколько интересных выводов. Резюмируется, что дети из Норвегии, Китая, Бельгии, Франции и Доминиканской Республики имеют наиболее благоприятные показатели кардиометаболических риск-параметров. Напротив, дети из Центральной и Восточной Европы (Германия и Польша), вместе со странами Юго-Восточной Европы (Венгрии, Греции и Турции) составляют треть всех детей с наиболее неблагоприятными значениями кардиометаболических риск-параметров. Эти данные соответствуют представлениям о том, что уровень смертности от ССЗ, как правило, выше в Центральной и Восточной Европе, в сравнении с Северной, Южной и Западной Европой [15].

Несколько исследований были выполнены с учетом кардиометаболических факторов риска среди детей этнического происхождения в пределах страны. Норвежское исследование, в котором проводили сравнение иммигрантов (пакистанцев, тамильцев, турков) с норвежскими детьми, более высокие показатели инсулинорезистентности и метаболического синдрома были найдены среди иммигрантов. Также показано, что иммиграция турецких детей в Нидерланды оказывает дополнительное негативное влияние на кардиометаболический профиль риска. Это может объясняться рядом причин, среди которых изменение пищевых привычек и меньшая физическая активность [21]. С нашей точки зрения, по многим причинам (неоднородность методов индикации различных параметров, возраст, пол, стадии пубертата и т.п.), ряд мнений представленных в статье авторов следует интерпретировать с осторожностью, однако, мы полагаем, что приведенные в статье факты дают определенное представление об имеющихся исследованиях по теме метаболический синдром у детей и подростков как факторе кардиометаболического риска сердечно-сосудистых заболеваний в зрелом возрасте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Возрастные болезни / под ред. М.Г. Дрангой и др. – М.: Эскимо, 2007. – 734 с.
2. Крыжановский Г.Н. Современная патофизиология как экспериментальная, фундаментальная и интегративная медико-биологическая наука // Вестник РАМН. –1997. –№5. – С. 60-62.
3. Reaven G. Banting lecture 1988. Role of insulin resistance in human disease // Diabetes. – 1988. – Vol. 37, № 12. – P. 1595-1607.
4. Чазова И.Е., Мычка В.Б. Метаболический синдром. – М.: Media Medica, 2004. – 163 с.

5. Ожирение. Метаболический синдром. Сахарный диабет 2 типа / ред. И.И. Дедов. – М.: Медицина, 2000. – 300 с.
6. Доказательная эндокринология (пер. с англ.). – 2-е изд. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 632 с.
7. Кленова Н.А. Биохимия патологических состояний. – Самара: Самарский Университет, 2006. – 213 с.
8. Пищулин А.А. Синдром поликистозных яичников: патогенез, диагностика, лечение: Автореф. дисс. ... д. м. н. – М., 2003. – 39 с.
9. Лукьянчиков В.С., Зверева И.В. Патогенез и профилактика сосудистых осложнений при метаболическом синдроме и сахарном диабете 2 типа // РМЖ. – 2009. – Т. 17, № 10. – С. 717-720.
10. Браун М. Гольдштейн Дж. Гиперлиппротеинемии и другие нарушения липидного обмена // Внутренние болезни (пер. с англ.) / Ред. Е. Браунвальд и др. – М.: Медицина, 1996. – Т.8. – С. 228-250.
11. Харченкова Н.В. Состояние системы «перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита» у больных с сосудистыми осложнениями сахарного диабета: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. – М., 2006. – 20 с.
12. Потемкин В.В. Кубатиев А.А., Абрамова Е.А. и др. Роль гомо-цистеина в патогенезе сосудистых осложнений при сахарном диабете 2 типа // Пробл. эндокринолог. – 2007. – Т. 53, № 3. – С. 10-13.
13. Захарова И.Н., Звенигородская Л.А., Васильева С.В. Метаболический синдром в практике педиатра и врача общей практики // Consilium Medicum. – 2014. – № 8. – С. 63-66.
14. de Ferranti SD, Gauvreau K, Ludwig DS, Neufeld EJ, Newburger JW, Rifai N. Circulation. Prevalence of the metabolic syndrome in American adolescents: findings from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. – 2004;110:2494-2497
15. Barkai L, Paragh G. Metabolic syndrome in childhood and adolescence. - *Orv Hetil.* - 2006;147:243-50
16. Koenigsberg J, Boyd GS, Gidding SS, Hassink SG, Falkner B. Association of age and sex with cardiovascular risk factors and insulin sensitivity in overweight children and adolescents // *J Cardiometab Syndr.* – 2006;4:253-8.
17. Iannuzzi A, Licenziati MR, Acampora C, et al. Carotid artery wall hypertrophy in children with metabolic syndrome // *J Hum Hypertens.* - 2008;22:83–8).
18. Zimmet P, Alberti G, Kaufman F, et al. International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention of Diabetes The metabolic syndrome in children and adolescents. -*Lancet.* -2007;369:2059-61.
19. Vuksan V, Peeva V, Rogovik A, Beljan-Zdravkovic U, Stavro M, Jenkins A, Dias AG, Devanesen S, Sievenpiper J, Hanna A The metabolic syndrome in healthy, multiethnic adolescents in Toronto, Ontario: the use of fasting blood glucose as a simple indicator. - *Can J Cardiol.* - 2010;26:128-32.
20. Alberti KG, Zimmet P, Shaw J. The metabolic syndrome – a new worldwide definition. IDF Epidemiology Task Force Consensus Group // *Lancet.* -2005;366:1059-62.

21. Unwin N, Shaw J, Zimmet P, et al. Impaired glucose tolerance and impaired fasting glycaemia: The current status on definition and intervention // *Diabet Med.*-2002;19:708–23.
22. Ford ES, Li C. Defining the metabolic syndrome in children and adolescents: Will the real definition please stand up? // *J Pediatr.*- 2008;152:160–4.
23. Morrison JA, Ford ES, Steinberger J. The pediatric metabolic syndrome.- *Minerva Med.*-2008;99:269–87.
24. Meis SB, Schuster D, Gaillard T, Osei K. Metabolic syndrome in nondiabetic, obese, first-degree relatives of African American patients with type 2 diabetes: African American triglycerides-HDL-C and insulin resistance paradox. - 2006- *Ethn Dis.* 2006;16:830-6.
25. Halley Castillo E1, Borges G, Talavera JO, Orozco R, Vargas-Alemán C, Huitrón-Bravo G, Diaz-Montiel JC, Castañón S, Salmerón J. Body mass index and the prevalence of metabolic syndrome among children and adolescents in two Mexican populations.- *J Adolesc Health.*- 2007;40:521-6.
26. van Vliet M, Heymans MW, von Rosenstiel IA, Brandjes DP, Beijnen JH, Diamant M. Cardiometabolic risk variables in overweight and obese children: a worldwide comparison.- *Cardiovasc Diabetol.*-2011 Nov 24;10:106. doi: 10.1186/1475-2840-10-106. Review.
27. Dallal GE, Must A, Jacques PF, Bajema CJ, Dietz WH. Long-term morbidity and mortality of overweight adolescents. A follow-up of the Harvard Growth Study of 1922 to 1935.- *N Engl J Med.*-1992;327:1350-5.
28. Kolsgaard ML, Andersen LF, Tonstad S, Brunborg C, Wangensteen T, Joner G. Ethnic differences in metabolic syndrome among overweight and obese children and adolescents: the Oslo Adiposity Intervention Study // *Acta Paediatr.*- 2011.- Nov;100(11):1514-5.
29. Shurooq A Boodai, Lynne M Cherry, Naveed A Sattar, John J Reilly Prevalence of cardiometabolic risk factors and metabolic syndrome in obese Kuwaiti adolescents- *Diabetes Metab Syndr Obes.*-2014; 7: 505–511.

Номер подписан в печать 25.12.2014.
Усл. п. л. 6,25. Тираж 500 экз.
Отпечатано ИП Скороходов В.А.
111401, г. Москва, ул. 3-я Владимирская, 11-18