

Российская академия образования
Институт возрастной физиологии



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 1(18) 2009

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)

Крысюк О.Н., 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.

СОСТАВИТЕЛЬ

Догадкина С.Б.

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

Антропова М.В., д.м.н., чл.-корр. РАО

Леонова Л.А., д.м.н., акад. РАО

Фарбер Д.А., д.б.н., акад. РАО

Безобразова В.Н., к.б.н.

Бетелева Т.Г., д.б.н.

Зайцева В.В., д.пед.н.

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.

Фишман М.Н., д.б.н.

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

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

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 (495) 245-04-33; *тел.* (495) 708-36-83; *E-Mail:* almanac@mail.ru

Альманах «Новые исследования» – М.: Вердана, 2009, № 1(18) – 152 с.

ISBN

© Институт возрастной физиологии, 2009
© Издательство «Вердана», 2009

СОДЕРЖАНИЕ

ВОЗРАСТНАЯ ПСИХОФИЗИЛОГИЯ

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ
ЛЕВОРУКИХ И ПРАВОРУКИХ ДЕВОЧЕК 6–7 ЛЕТ
Безруких М.М., Доценко О.В.5

МЕХАНИЗМЫ ОПОЗНАНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ
И ЛОКАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЕТЬМИ
МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА
Петренко Н.Е.14

ВОЗРАСТНАЯ МОРФОЛОГИЯ И АНТРОПОЛОГИЯ

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЦИТОАРХИТЕКТониКИ
ДВИГАТЕЛЬНОЙ И ЗАДНЕЙ АССОЦИАТИВНОЙ ОБЛАСТЕЙ
КОРЫ БОЛЬШОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА ОТ РОЖДЕНИЯ ДО 20 ЛЕТ
Васильева В.А., Шумейко Н.С.27

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕСО-РОСТОВОГО ИНДЕКСА
КАК МОРФОЛОГИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ
КРАЙНИХ КОНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ТИПОВ
ДЕВОЧЕК МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА
Тамбовцева Р.В., Воробьев В.Ф.34

ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ
АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
И СТАТУСА ПИТАНИЯ КОМИ-ПЕРМЯКОВ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА
Козлов А.И., Вершубская Г.Г., Атеева Ю.А., Лисицын Д.В.42

ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ РАЗМЕРОВ ТЕЛА НОВОРОЖДЕННЫХ:
НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ И «НЕРЕШЕННЫЕ ГОЛОВЛОМКИ»
СООБЩЕНИЕ I: ВКЛАД МОРФОЛОГИИ, АНТРОПОЛОГИИ
И ГЕНЕТИКИ
Вершубская Г.Г., Козлов А.И.51

СООБЩЕНИЕ II:
ВКЛАД ЭКОЛОГИИ И СОЦИОЛОГИИ.
ОЧЕРЕДНОЙ «НОВЫЙ СИНТЕЗ»?
Вершубская Г.Г., Козлов А.И.58

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ОСОБЕННОСТИ КРАТКОСРОЧНОЙ АДАПТАЦИИ
ЦЕНТРАЛЬНОГО И ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО ОТДЕЛОВ
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ
К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ У ДЕТЕЙ 6 ЛЕТ

*Шарапов А.Н., Догаджина С.Б., Безобразова В.Н.,
Кмить Г.В., Рублева Л.В., Шаров Н.Н.* 66

ИССЛЕДОВАНИЕ БАРОРЕФЛЕКТОРНОЙ
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ У ЗДОРОВЫХ ДЕТЕЙ
МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Кузнецова О.В. 79

ЗДОРОВЬЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У ШКОЛЬНИКОВ 10–11 ЛЕТ

Антропова М.В., Параничева Т.М., Манке Г.Г., Тюрина Е.В. 92

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЦИКЛИЧЕСКОЙ РАБОТЫ
РУКАМИ И НОГАМИ

Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В., Маслова Г.М. 102

КИНЕТИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОДИНАМИКИ
ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК МАКСИМАЛЬНОЙ
И СУБМАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ У ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО
ВОЗРАСТА

Васильева Р.М. 118

ОБЗОРЫ

РОЛЬ НЕЙРОСТЕРОИДОВ МОЗГА В ЕГО
МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПОВЕДЕНИЯ,
ОБУЧЕНИЯ И ПАМЯТИ В ОНТОГЕНЕЗЕ

Сашков В.А. 134

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ЛЕВОРУКИХ И ПРАВОРУКИХ ДЕВОЧЕК 6–7 ЛЕТ

М.М. Безруких¹, О.В.Доценко²

Институт возрастной физиологии РАО, Москва

Исследованы особенности развития познавательных функций у леворуких и праворуких девочек 6–7 лет. Показано влияние пре- и постнатального развития на формирование познавательных функций: организации деятельности, запаса сведений и знаний, развитие речи, развитие зрительно-моторных и слухомоторных координаций, зрительно-пространственного восприятия. Выявлены факторы риска раннего развития, оказывающие негативное влияние на формирование познавательных функций вне зависимости от мануальной асимметрии. Доказано, что при отсутствии отклонений в анамнезе у леворуких девочек отмечаются значимо более высокие показатели речевого развития, общего запаса сведений и знаний, а у праворуких девочек значимо более высокие показатели зрительно-пространственного восприятия, зрительно-моторных и слухомоторных координаций, что позволяет прогнозировать познавательное развитие при отклонениях пре- и постнатального развития.

Ключевые слова: *возраст, мануальная асимметрия, познавательные функции.*

Peculiarities of cognitive function development in 6–7-year-old left- and right-handed girls were investigated. The study showed the influence of pre- and post-natal development on the formation of cognitive functions, i.e. activity organization, information and knowledge resource, speech development, development of visuo-motor and audio-motor coordination, visuo-spatial perception. Risk factors of early stages of development affecting cognitive function formation irrespective of manual asymmetry were revealed. Healthy left-handed girls were shown to have significantly higher parameters of speech development and general information and knowledge resource while right-handed girls had significantly higher parameters of visuo-spatial perception, visuo-motor and audio-motor coordination, which can help to predict cognitive development in case of variations of pre- and post-natal development.

Key words: *age, manual asymmetry, cognitive functions.*

Проблема функциональной организации мозга леворуких детей широко обсуждается в научной литературе, но несмотря на это, результаты исследований остаются противоречивыми [8,10–14,18–22,25]. Одни авторы отмечают у «неправоруких» «свою, отличную от других функциональную организацию мозга» [8], другие наделяют чертами аутизма и сниженного интеллекта. Данные многих

Контакты: ¹ М.М. Безруких, Директор ИВФ РАО, E-mail:ivfrao@yandex.ru

² О.В.Доценко, E-mail:abvgd2007@ya.ru

исследований свидетельствуют, что онтогенез леворуких обладает разнообразными специфическими чертами, каждая новая ситуация сопровождается выбором новой стратегии, что отражает меньшую экономичность использования энергетических ресурсов функциональной системой; сложные перестройки мозговой организации, происходящие в ходе онтогенетического развития, определяются не только самой структурой психической деятельности, но и изменением отношения к ней [10–14,18–22,25]. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о важности пренатального периода онтогенеза в развитии познавательных функций в постнатальном периоде развития [1,15,17]. Остаются неясными и механизмы возникновения мануальной асимметрии [5а,16а], но есть все основания предполагать, что основными вариантами являются генетический и компенсаторный, связанный с влиянием патологических факторов [3]. Доказано существенное влияние генеза мануальной асимметрии на познавательное развитие мальчиков 6–7 лет [3] и это определяет интерес к анализу особенностей познавательного развития леворуких и праворуких девочек того же возраста. В некоторых работах выделяют различия мальчиков и девочек, но они направлены на исследование когнитивной сферы праворуких детей [4,5,7,9,17]. Отмечаются более низкие показатели моторных тестов у мальчиков в дошкольном возрасте по сравнению с девочками [17]. Многие авторы отмечают более высокую уязвимость мальчиков по сравнению с девочками в пре-, пери- и постнатальном периодах, а также более раннее созревание девочек [6]. Выделяются и половые различия в функциональной организации мозга при реализации вербальных функций. В литературе описаны четкие различия нейрофизиологических механизмов, лежащих в основе реализации когнитивных процессов у детей с разной стратегией познавательной деятельности [12,13].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследованы особенности когнитивного развития леворуких ($n=100$) и праворуких ($n=100$) девочек 6–7 лет ($n=200$) с учетом влияния факторов риска (ФР) в раннем развитии, которые могли оказать существенное влияние на генез рукости. Для оценки степени мануальной асимметрии была использована многократно апробированная батарея заданий [2]. При изучении степени сформированности познавательных функций была использована методика комплексного психофизиологического обследования, состоящая из 6 субтестов для определения уровня сформированности организации деятельности, запаса сведений и знаний, развития речи, развития зрительно-моторных и слухомоторных координаций, зрительно-пространственного восприятия. Для изучения и сравнительного анализа особенностей раннего развития и выделения ФР в пре- и постнатальном развитии использовались медицинские карты, методика анкетного вопроса и глубокого интервью с родителями [2]. При изучении медицинских карт и глубоких интервью матерей фиксировались следующие ФР в пренатальном развитии: возможные причины гипоксии плода (плацентарная недостаточность, инфекционные заболевания в период беременности), резус-конфликт, преждевременные роды, кесарево сечение, значение по шкале Апгар ниже 7. При анализе особенностей

познавательного развития праворуких девочек также учитывались ФР в пре- и постнатальном анамнезе.

В постнатальном развитии фиксировались в качестве ФР особенности развития ребенка на этапах до одного года, от года до трех, от трех до пяти лет [2]. Подробный анализ факторов риска в развитии был необходим для разделения леворуких девочек по генезу «руконости». В предварительном исследовании доказана высокая взаимосвязь ФР в пре- и постнатальном развитии ($r=0,7-0,9$). Это позволило разделить всех обследованных девочек на четыре группы: 1п группа – праворукие девочки без ФР анамнезе ($n=50$), 2п группа – праворукие девочки с выраженными ФР в анамнезе, 1л группа – леворукие девочки с генетическим вариантом леворуконости (без выраженных ФР и с семейной леворуконостью), 2л группа – леворукие девочки с компенсаторной леворуконостью (выраженными ФР в анамнезе и отсутствием семейной леворуконости). Все результаты обработаны методами математической статистики с использованием программ «Statistica 6.0», «SPSS 11.5».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты наших исследований показали, что праворукие и леворукие девочки 6–7 лет имеют ряд достоверных отличий по качеству и темпу формирования комплекса познавательных функций. Дети с разным мануальным предпочтением, а также дети с благоприятным и неблагоприятным периодом пре- и постнатального развития имеют ряд особенностей развития познавательных функций (табл.1).

Анализ степени сформированности познавательных функций в группе праворуких и леворуких девочек без выраженных ФР (1п и 1л группы) показал, что в данных группах нет детей с нарушением процессов формирования ни одной из исследуемых нами функций.

Наши данные подтверждают исследования многих авторов о негативном влиянии на развитие неблагоприятных факторов раннего развития и у праворуких и у леворуких девочек (табл.1). При этом отмечаются достоверно более низкие показатели сформированности организации деятельности, запаса сведений и знаний, развития речи и мелкой моторики, сформированности зрительно-пространственного восприятия ($p<0,05-0,001$).

В то же время сформированность таких интегративных функций как зрительно-моторные и слухомоторные координации, созревающие в онтогенезе значительно позже, существенно не отличаются. Существуют очень разнородные и противоречивые данные о развитии познавательных функций у праворуких и леворуких детей (генез руконости и влияние патологических факторов раннего развития в этих исследованиях не учитывались). Сравнение познавательного развития праворуких и леворуких девочек без факторов риска в развитии (групп 1п и 1л) позволяет это сделать. По данным ряда исследователей леворукие дети 6–7 лет имеют трудности произвольной регуляции деятельности (12–14,20), однако наши исследования, характеризующие уровень ее развития, не подтвердили это мнение. В то же время анализ количества детей (в%) с высокой степенью сформированности произвольной регуляции деятельности в среднем по группе

Показатели сформированности познавательных функций у праворуких и леворуких девочек с различным генезом рукоусти

Познавательные функции	Среднее значение в баллах ($M \pm m$)			
	Леворукие		Праворукие	
	1л	2л	1п	2п
	Различия групп 1л1п; $p < 0,05$	Различия групп 1л2л; $p < 0,05$	Различия групп 1п2п; $p < 0,05$	Различия групп 2л2п; $p < 0,05$
Организация деятельности	5,17±1,02	6,50±0,05*	5,17±0,09*	7,22±0,16*
Запас сведений и знаний	2,34±0,01	2,81±0,02	2,03±0,02	2,77±0,03
Развитие речи	1,95±0,03	3,69±0,04*	2,70±0,04*	4,17±0,08
Развитие мелкой моторики	2,69±0,12*	2,53±0,03*	2,08±0,06	2,94±0,02*
Развитие зрительно-пространственного восприятия	1,81±0,01*	2,19±0,09*	1,73±0,09*	2,72±0,19
Зрительно-моторные координации	2,14±0,02*	2,0±0,14*	1,59±0,10*	1,83±0,07
Слухо-моторные координации	1,84±0,04	1,72±0,12	1,47±0,02	1,75±0,11

Примечания: *M* – среднее значение в баллах; *m* – ошибка средней, достоверность различий $p < 0,05$, у сравниваемых групп девочек

(табл.1) показал, что в данных группах нет детей с нарушением процессов формирования ни одной из исследуемых функций. Интересно сравнить и процентное соотношение девочек с высоким уровнем сформированности исследуемых функций в исследуемых группах. В наших исследованиях обнаружено большое количество корреляционных связей организации деятельности с несколькими показателями когнитивной сферы (зрительно-пространственное восприятие, речевое развитие, интегративные координации) у девочек 6–7 лет как с генетическим, так и с компенсаторным вариантом леворукости. Этот факт, по нашему мнению, свидетельствует о значимости сформированности произвольной организации деятельности в реализации большинства познавательных функций. В наших исследованиях получен практически одинаковый уровень развития произвольной регуляции деятельности в группах праворуких (1п) и леворуких (1л) девочек без ФР в развитии (69,44% и 69,1%) что, возможно, объясняется большей адаптивностью и более быстрыми темпами развития девочек по сравнению с мальчиками [3].

Особый интерес представлял анализ уровня сформированности произвольной регуляции деятельности у леворуких и праворуких девочек с факторами риска в раннем развитии: у 2л и 2п групп девочек выявлены значительные отличия по этому показателю (60,3% и 36,1%). Таким образом, у леворуких девочек сформированность организации деятельности под влиянием ФР снижается значительно сильнее, чем у праворуких девочек.

Интересно, что у мальчиков отмечена обратная закономерность [3]. По нашим данным, наиболее благополучны в плане сформированности произвольной регуляции деятельности девочки с генетическим левшеством. Под влиянием факторов риска у леворуких девочек организация деятельности страдает сильнее. Значимые различия выявлены и в степени сформированности зрительно-моторных функций у праворуких и леворуких девочек без выраженных факторов риска в раннем развитии. В 1л группе достоверно ниже (на 33,3%) количество леворуких девочек с высоким уровнем сформированности функции мелкой моторики по сравнению с девочками 1п группы (рис.1) и на 42% достоверно меньше леворуких девочек с высоким уровнем сформированности зрительно-моторных координаций. Проблема сформированности познавательных функций у леворуких детей 6–7 лет недостаточно исследована. Существуют данные, что у леворуких образуются менее стойкие схемы пространственных отношений и возникают трудности в ориентации во внешнем пространстве относительно правой и левой сторон тела, показывают более низкие результаты и при исследовании способности воспроизводить по памяти зрительный материал. Полученные нами данные полностью подтверждают уже существующие результаты исследования о том что у леворуких детей 6–7 лет отдельные функциональные составляющие процесса зрительного восприятия менее сформированы чем у праворуких сверстников [13]. В нашем исследовании у праворуких девочек сформированность зрительно-пространственного восприятия снижена под влиянием ФР сильнее чем у леворуких девочек (рис.1). Многие авторы отмечают более высокую уязвимость мальчиков по сравнению с девочками в пре- пери- и постнатальном периодах, а также более раннее созревание девочек [6]. Многочисленные данные свидетельствуют об особенностях развития моторных функций у мальчиков и девочек [4,5,7,9]. В литературе отмечаются более низкие показатели выполнения моторных тестов мальчиками в дошкольном возрасте по сравнению с девочками [3,6].

Интересно было сопоставить влияние выраженных факторов риска в пре- и перинатальном развитии на сформированность познавательных функций в 6–7 лет среди праворуких и леворуких девочек. Анализируя уровень развития познавательной деятельности у девочек четырех групп (табл.1), мы выявили различия в сформированности познавательной деятельности, которые наиболее значимы в организации деятельности, развитии речи и зрительно-пространственного восприятия.

Нами зафиксирован одинаковый средний балл, характеризующий сформированности организации деятельности леворуких и праворуких девочек без факторов риска в анамнезе (табл.1), однако в группах девочек с факторами риска в раннем развитии мы обнаружили следующие результаты.

В группе праворуких девочек с факторами риска в раннем развитии (2п) функция организации деятельности сформирована у 60% детей, и только у 36% леворуких девочек, в то время как среднее значение, характеризующее сформированность организации деятельности леворуких девочек с компенсаторным левшеством ниже чем у праворуких девочек с факторами риска в анамнезе (табл.1), что подтверждает существующие в литературе данные о различных стратегиях познавательной деятельности у леворуких детей. В сравниваемых четырех группах девочек наиболее высокий процент сформированности функции речи у леворуких девочек с генетическим левшеством (88,9%), в этой же группе (1л) средний балл (табл.1) характеризует высокий уровень сформированности речевого развития, что подчеркивает высокие вербальные способности леворуких девочек по сравнению с праворукими. Сравнительный анализ групп девочек с факторами риска в раннем развитии подтвердил этот факт, средний балл, характеризующий сформированность речевого развития в группе 2л ниже чем в группе 2п (табл.1), в то же время речевое развитие сформировано у 47% леворуких девочек с компенсаторным левшеством и у 72,5% праворуких девочек с факторами риска в раннем развитии, что также подтверждает существующие в литературе данные о различных стратегиях познавательной деятельности у леворуких детей. Анализ сформированности функции зрительно-пространственного восприятия в четырех группах девочек подтвердил существующие литературные данные о трудностях зрительно-пространственного восприятия леворуких детей по сравнению с праворукими, анализируемая функция сформирована у 82% праворуких девочек без факторов риска в раннем развитии и у 45% леворуких девочек с генетическим левшеством, и средний балл (табл.1), характеризует более высокую сформированность функции зрительно-пространственного восприятия в группе праворуких девочек. В группах леворуких и праворуких девочек уровень сформированности значительно снижается под влиянием факторов риска в раннем развитии, в группе 2л функция зрительно-пространственного восприятия сформирована лишь у 30,6% леворуких девочек с компенсаторным левшеством и у 70% праворуких девочек с факторами риска в раннем развитии.

Факторы риска в раннем развитии значительно отражаются на всех познавательных функциях, снижая уровень их сформированности как в группах леворуких, так и в группах праворуких девочек.

Наиболее значимые различия у праворуких и леворуких девочек в зависимости от наличия ФР в раннем развитии проявляются в показателях организации деятельности, развитии речи, зрительно-пространственного восприятия.

Проведенный корреляционный анализ позволил выявить взаимосвязи факторов риска в развитии. Оказалось, что влияние этих факторов на развитие познавательных функций леворуких девочек 6–7 лет очень велико: неблагоприятное течение беременности ($r=0,71$, $p<0,05$) патология в родах ($r=0,86$, $p<0,05$) неблагоприятные факторы в развитии ребенка от 3 до 5 лет ($r=0,87$, $p<0,05$). Корреляционный анализ, проведенный в группах леворуких и праворуких девочек, позволил оценить степень влияния отягощенного анамнеза на развитие комплекса познавательных функций. Нами отмечено значительное количество достоверных корреляций (5), показывающих связь между ранним развитием познава-

тельных функций у леворуких девочек (2л), имеющих факторы риска в развитии (рис 3.)

В группе 2л отмечена связь ФР пре- и постнатального развития с развитием зрительно-моторных координаций ($r=0,62$, $p<0,05$), мелкой моторики ($r=0,64$, $p<0,05$), речи ($r=0,65$, $p<0,05$), запасом сведений и знаний ($r=0,82$, $p<0,05$), организацией деятельности ($r=0,82$, $p<0,05$). В то же время неблагоприятные факторы раннего развития оказывают меньшее влияние на познавательное развитие у праворуких девочек. При отсутствии ФР в развитии у праворуких девочек отмечено большее влияние на познавательные функции. Выявлена взаимосвязь постнатального развития с организацией деятельности ($r=0,65$, $p<0,05$) и развитием речи ($r=0,40$, $p<0,05$). У леворуких девочек наиболее подверженной влиянию неблагоприятных факторов в анамнезе является функция организации деятельности ($r=0,70$, $p<0,05$); в то время как у мальчиков факторы риска в пренатальном развитии более всего влияют на сформированность функций зрительно-пространственного восприятия ($r=0,82$, $p<0,05$); и развития речи $0,50$, $p<0,05$).

Значимые корреляции в группе леворуких девочек отличаются от таковых в группе леворуких мальчиков. Пре- и постнатальное развитие мальчиков имеет более выраженное влияние на сформированность всех познавательных функций, в то время как в группе девочек не выявлено какой либо взаимосвязи с развитием речи и зрительно-пространственного восприятия. Дисперсионный анализ (ANOVA) не выявил значимого влияния «фактора мануального предпочтения» на особенности развития познавательных функций в группах леворуких и праворуких девочек 6–7 лет без ФР в раннем развитии. Влияние «фактора мануального предпочтения» на развитие разных познавательных функций у леворуких и праворуких девочек достоверно не различается. Дисперсионный анализ подтвердил существенное влияние «фактора отягощенного анамнеза» на развитие познавательных функций. Сравнительный анализ познавательного развития праворуких и леворуких девочек с выраженными ФР в раннем развитии показал, что дети обеих групп, независимо от мануального предпочтения, имеют трудности произвольной регуляции деятельности, невысокий уровень речевого развития и мелкой моторики. Результаты дисперсионного анализа показали, что значимость фактора отягощенного анамнеза наиболее четко проявляется в группе праворуких девочек. Интересная закономерность выявлена нами при сравнении корреляционных связей между ранним развитием и сформированностью познавательных функций у леворуких девочек и леворуких мальчиков с факторами риска в анамнезе [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлено влияние пренатального и постнатального развития на формирование познавательных функций у леворуких и праворуких девочек 6–7 лет. В то же время эти данные не подтверждают существующее мнение о более низком уровне развития высших психических функций у леворуких детей.

При учете генеза рукости, нами выявлены четкие различия у возрастных групп леворуких и праворуких по показателю организации деятельности, что позволяет предположить более низкий уровень сформированности энергетиче-

ских структур мозга (подкорковых) и программирующего блока мозга (моторные, премоторные и префронтальные отделы коры мозга) у детей с отягощенностью раннего периода развития. Полученные нами данные о влиянии отягощенного анамнеза на формирование функции организации деятельности девочек 6–7 подтверждают, что у леворуких [13] и праворуких с факторами риска в анамнезе требуется больше энергии на актуализацию высших психических процессов, что при одинаковой эффективности деятельности, приводит к меньшей экономичности использования энергетических ресурсов функциональной системой, что проявляется в быстрой истощаемости в процессе деятельности, плаксивости, резкой смене настроения. Патологической леворукостью можно объяснить, что многие леворукие дети имеют трудности при обучении, задержки речевого развития, нарушения зрительного восприятия. Однако «модель, связывающая леворукость с патологией, предсказывает (или должна предсказывать) и существование «патологической праворукости» [11]. Именно поэтому при сравнительном исследовании праворуких и леворуких детей необходимо учитывать как «фактор риска» неблагоприятное пре- и перинатальное развитие. Этот фактор выявляется у значительного числа леворуких, но не учитывается при анализе познавательного развития у леворуких и праворуких детей.

По-видимому, пока не существует совершенных методик для определения причин возникновения леворукости, нельзя с полной уверенностью говорить о том, что леворукость связана с патологией мозга. Латеральное предпочтение может формироваться под комплексным влиянием генетических и патологических факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бадалян Л.О. Невропатология. – М.: Просвещение, 1987. – 317 с.
2. Безруких М.М. Ступеньки к школе. М., 2000. 256 с.
3. Безруких М.М., Верба А.С. Развитие комплекса познавательных функций у праворуких и леворуких мальчиков 6–7 лет с особенностями раннего развития // Физиология человека, 2007. Т.33. №6. С 1–7.
4. Бианки В.Л., Филиппова Е.Б., Шрамм В.А. и др. Слухо-речевая и зрительно-пространственная память у младших школьников с различным латеральным профилем // Физиология человека, 1996. Т.22. №3. С 38–44.
5. Геодакян В.А. Теория асинхронной асимметрии мозга // Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии, М., 2001. – с.59–60.
6. Григорьева Т.И., Анурова И.А. Особенности удержания в памяти тактильно-кинестетического образа у детей дошкольного возраста // Журнал высшей нервной деятельности, 1994. Т.44. Вып.6. С 944–953.
7. Громбах С.М. Школа и психическое здоровье учащихся. – М.: Медицина, 1988. – 261с.
8. Давыдова Е.Ю., Горбачевская Н.Л., Якупова Л.П., Изнак А.Ф. Возрастные изменения слухоречевой и зрительной памяти у мальчиков и девочек 6–12 лет // Физиология человека, 1999. Т.25. №2. С. 14–20.
9. Доброхотова Т.А., Брагина Н.Н. Левши. – М., 1994. 230с.

10. Леутин В.П. и др. Половые различия структуры распределения латеральности у тувинских школьников // Физиология человека, 1997. Т.23. №2. С. 132–137.

11. Микадзе Ю.В. Нейропсихология индивидуальных различий в детском возрасте // Дисс. на соиск. ст. докт. психол. наук, М., 1999.

12. Спрингер С., Дейч Г. Левый мозг, правый мозг.– М.: Мир, 1983.–256с.

13. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. Л, Наука, 1990, 180с.

14. Хрянин А.В.. // Дисс. на соиск. уч. ст. канд биол. наук, М., 1999, 150с.

15. Чуприков А.П. Антропоизомерия и охрана здоровья леворуких // Леворукость у детей и подростков. Сб. трудов. М., 1987.

16. Якунин Ю.А., Ямпольская Э.И., Кипнис С.Л., Сысоева И.М. Болезни нервной системы у новорожденных и детей раннего возраста. М.: Медицина, 1979. – 277 с.

17. Annet M. Genetic and nongenetic influences on handedness// Behav. Genet. 1978. V.8. P. 227.

18. Geschwind N., Galaburda A.M. Cerebral lateralization biological mechanism, associations and pathology // Arch. Neurol., 1985, Vol. 42, P. 521–552.

19. Gillberg C., Rasmussen P., Wahestrom J. Minor Neurodevelopmental Disorders in children Born to Older Mothers // Dev. Med. Child Neurol.– 1982.– Vol.24.– P437–447.

20. Mascie-Taylor C.G. Hand preference and personality traits // Cortex. 1981. Vol. 17, №2, P. 319 –322.

21. Kimura D., Humphris C.A. A comparison of left- and right-arm movements during speaking // Neuropsychologia, 1981. Vol. 19, №6. P. 807–812.

22. Levi J. Cerebral asymmetry and the psychology of man // Brain and Psychology. – N.Y., 1980. – P. 183–191.

23. Longoni A. Age factors in lateral preferences // Arch. psical. neural. e. psical. 1988. 49, № 1. P. 127–135

24. Koop M., Buza P. Electrodermal lateral asymmetries in anxiety patient groups and controls // Int. J. Psychophysiol. 1991. 11, №1, 47 p.

25. Wolf P.H., I.Hurwitz. Sex differences in finger-tapping: a development study.// Neuropsychologia ,1976, v.14, p.35–41.

26. Cooper A.C., Humphreys G.W. Task specific effects of orientation information: neuropsychological evidence // Neuropsychologia. – 2000. – 38 (12). – Pp 1607–15.

27. Walsh V. Hemispheric asymmetries: a brain in two minds // Brain and cognition. – 2000. – Vol. 10. – Pp 460–462.

МЕХАНИЗМЫ ОПОЗНАНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ И ЛОКАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЕТЬМИ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Н.Е.Петренко¹

Институт возрастной физиологии, Москва

У детей 7–8 летнего возраста анализировались ССП, различных областей коры, в ситуации опознания глобального и локального уровней иерархической фигуры. Опознание локального признака характеризуется более высокой амплитудой сенсорно-специфических (N200, P200) и когнитивных (N400, N600, LPC) компонентов ССП, в сравнении с опознанием глобального признака, что отражает усиление активационных ресурсов при выделении локальных признаков изображения. Смена уровня опознания сказывается на параметрах ССП лобных и теменных отделов коры, что свидетельствует о необходимости их вовлечения в ситуацию переключения внимания с одного уровня опознания на другой.

Ключевые слова: кора больших полушарий, событийно-связанные потенциалы, дети.

Event-related potentials (ERPs) were recorded to study the brain mechanisms of recognition of the global and local levels of a hierarchical image by seven-year-old children. The recognition of local versus global levels is associated with an increase in the amplitude of early (N200, P200) and late (N400, N600, LPC) ERP components. These data reflect the increase of activation during the identification of the local level of a hierarchical image. A change of recognition level influences the frontal and parietal ERP parameters. This fact suggests the necessity of involving those areas in the process of switching attention between the recognition levels.

Key words: cerebral cortex, event-related potentials, children.

Выявление возрастных особенностей сложно организованных стимулов, требующих выделения либо целостного изображений (глобальный признак) либо его деталей (локальный признак) имеет важное значение для понимания механизмов, лежащих в основе реализации этой функции на разных этапах онтогенетического развития. Моделью для подобных исследований являются иерархические стимулы, представляющие собой большие буквы или геометрические фигуры, написанные маленькими. Согласно имеющимся в литературе данным глобальные признаки распознаются быстрее и процесс их обработки более автоматизирован, в отличие от локальных признаков, для распознавания которых требуется участие систем произвольного избирательного внимания [8,12,21]. Вместе с тем, на опознание глобальной и локальной информации существенное влияние оказывают размеры стимула, контрастность изображения и последовательность в который предъявлялись стимулы [14,17,19]. Например, было показано, что время ответа в тех случаях, если опознаваемый уровень совпадал с предыдущим было

Контакты: ¹ Н.Е.Петренко,

значительно быстрее, независимо от того глобальным или локальным он был. Подобное явление было названо «level-repetition Effect».

Важным этапом развития механизмов зрительного восприятия является младший школьный возраст [15]. В этот период за счет созревания нейронного аппарата проекционных и ассоциативных корковых зон и нарастания внутрикорковых связей [7] происходят качественные изменения внутрисистемных взаимоотношений в передне- и заднеассоциативных областях коры. Усложнение функциональной организации зрительного восприятия отражается в усилении регионарной специфичности компонентов связанных с событием потенциалов (ССП) и зависимости их выраженности в разных областях коры от когнитивной задачи [5].

Исследования возрастной специфики организации процессов глобальной или локальной стратегии обработки информации достаточно противоречивы [6]. С одной стороны авторы предполагали, что дети лучше опознают целое (т.е. глобальный уровень), а детское восприятие синкретично. О предпочтении детьми узнавания большой фигуры целиком, а не ее локальных элементов сообщается в работе Meili-Dworetzki. С другой стороны показано, что дети более восприимчивы к деталям изображения (локальный уровень), а их восприятие более аналитично. По данным [9,10] дети четырех лет лучше воспроизводят фигурки локального уровня, в то время как уже к 6 годам и так же как у взрослых лучше воспроизводятся фигуры глобального уровня. Нейрофизиологические механизмы опознавания глобального и локального уровней у детей изучены недостаточно. Целью данной работы было изучение нейрофизиологических механизмов опознавания глобальной и локальной информации у детей 7–8 летнего возраста с использованием метода связанных с событием потенциалов.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании участвовало 17 детей (8 мальчиков, 9 девочек) в возрасте 7–8 лет (средний возраст $7,8 \pm 0,45$) без отклонений в развитии имеющих нормальное зрение.

Тестовыми стимулами являлись иерархические фигуры: прямоугольник и крест (глобальный уровень), построенные из таких же элементов (локальный уровень) (рис.1). Глобальный и локальный уровни иерархической фигуры могли либо совпадать, либо не совпадать. Каждый стимул представлял собой матрицу 7×7 элементов. Размеры глобального стимула $6 \times 3,5$ угл. град, локального стимула – $0,7 \times 0,4$ угл. град, расстояние между отдельными локальными стимулами $0,16$ угл.град. Перед каждой тестовой фигурой предъявлялся предупреждающий стимул. Круг большого размера (6 угл.град) – «глобальный ключ» требовал последующего опознавания глобального уровня иерархического стимула, маленький круг ($0,7$ угл.град) – «локальный ключ» требовал последующего опознавания локального уровня стимула. Тестовые изображения и предупреждающие стимулы предъявлялись в центре экрана. Интервал между предупреждающим и тестовым стимулом варьировал в пределах $3,5$ – 4 с.

Во время эксперимента испытуемые располагались в затемненном помещении в удобном кресле в 1 метре перед светящимся экраном жидкокристаллического

монитора. В произвольно выбираемый промежуток времени (межстимульный интервал 4–6 сек) испытуемому предъявлялся «ключ», определяющий уровень опознания следующего за ним тестового стимула. Через 3500–4000 мс после «ключа» предъявлялось изображение тестового стимула. Время экспозиции и ключа и тестового стимула составляло 85 мс. Задачей испытуемого было опознание изображения (прямоугольник или крест) на заданном ключом уровне. Ответ осуществлялся путем нажатия на одну из двух кнопок, помеченных соответствующим изображением. Количество стимулов, требующих опознания глобальной и локальной фигур, а также стимулов с совпадением и несовпадением глобального и локального уровней было сбалансировано. Локальные и глобальные изображения предъявлялись «цугами» по 2–4 пар изображений в цуге. Испытуемому предъявлялось 60 пар стимулов. Ситуаций с переключением уровня опознания было 12 с локального на глобальный и 12 с глобального на локальный; и по 18 стимулов локальных и глобальных в ситуации не требующей смены уровня опознания.

Рис 1 Экспериментальная модель и пример предъявляемых иерархических фигур

Регистрация событийно-связанных потенциалов (ССП): Регистрировалась активность лобных (F3, F4), лобно-височных (F7, F8), центральных (C3, C4), теменных (P3, P4), задневисочных (T5 и T6), и затылочных (O1, O2) областей коры больших полушарий. В качестве референтного использовался объединенный ушной электрод. Частота квантования сигнала составляла 1000 Гц (система «Neocortex-pro» фирмы «Neurobotics», Россия). Сопротивление электродов не превышало 5 кОм. Частота пропускания усилителя ограничивалась диапазоном 0,1 – 100 Гц. Контроль глазных движений осуществляли с помощью регистрации вертикальной и горизонтальной электроокулограммы (ЭОГ). Из записи удалялись те реализации, в которых амплитуда ЭОГ превышала 50 мкВ. Эпоха анализа постстимульного периода составляла 1000 мс. При выделении SSP использовалась дополнительная фильтрация 0,1–35 Гц.

Анализ ССП: ССП усреднялись по классам стимулов, соответствующим опознанию «глобального» и «локального» уровней иерархического изображения (не зависимо от совпадения/несовпадения) и по ситуации – при стабильно повторяющемся предъявлении стимулов одного уровня и при переключении на другой уровень (с глобального на локальный и наоборот). С помощью анализа методом Главных компонентов были выделены временные границы, соответствующие компонентам ССП. Для анализа зависимости выделенных компонентов ССП от условий эксперимента применялся дисперсионный анализ (ANOVA Repeated measure). В качестве переменной использовалась суммарная амплитуда вызванного ответа в интервалах, соответствующих выделенным компонентам. В дисперсионном анализе были использованы следующие факторы: «стимул» (2 уровня: глобальный и локальный уровни изображения); «ситуация» (2 уровня: стабильное предъявление и переключение уровня опознания); «полушарие» (2 уровня: правое и левое); «отведения» (6 уровней: лобные, лобно-височные, центральные, теменные, задневисочные, затылочные). Для уточнения вклада отдельных областей в формирование стратегии восприятия проводился дисперсионный анализ параметров ССП затылочных, задневисочных, теменных, центральных, лобных и лобно-височных областей обоих полушарий. Использовались факторы «стимул» (2 уровня: глобальный и локальный уровни изображения); «ситуация» (2 уровня: стабильное предъявление и переключение уровня опознания) и «полушарие» (2 уровня: правое и левое).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Значимые различия параметров ССП, выявленные методом дисперсионного анализа (ANOVA Repeated measure) приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1 изолированное влияние фактора «стимул» сказывается на временном интервале, соответствующем развитию компонента N250 (200–250мс) в каудальных областях и волны P250 во лбах, и для интервала 540–620мс, в котором при опознании глобального уровня развивается поздняя позитивность, а на локальный – отмечается негативация ССП. Для интервала 330–410мс (лобный компонент N400, каудальный – P350) получены межполушарные различия в опознании глобальной \ локальной информации – совместное влияние факторов «стимул x полушарие». Регионарные различия, связанные с опознанием глобальной\локальной информации, отражающиеся в совместном влиянии факторов «стимул x отведение» получены для интервалов 250–330мс, 480–540мс и 750–900мс. Взаимодействие фактов «ситуация x отведение», отражающее регионарные различия в ситуации наличия или отсутствия смены уровня опознания, сказывается во временных интервалах, соответствующих каудальному комплексу N250–P350 и переднее-центральному P300–N400 (200–410мс). Наиболее ранние различия по данным дисперсионного анализа проявляются в интервале 70–200 мс для совместного влияния факторов «ситуация x стимул x отведение», что свидетельствует о выраженных региональных различиях в этом временном интервале в зависимости от уровня опознания иерархического изображения и наличия или отсутствия переключения внимания

Таблица 1

Влияние факторов «Ситуация» и «Стимул» и их взаимодействие с другими факторами на суммарные амплитуды ССП

	70 – 140	140 – 200	200 – 250	250 – 330	330 – 410	410 – 480	480 – 540	540 – 620	620 – 750	750 – 900	900 – 1000
стимул			F(1;16) =7,79 p<0,02					F(1;16) = 5,99 p<0,03			
Стим х полуш					F(3;52) =4,33 p<0,01						
Сит х отвед			F(6;11) =4,49 p<0,02	F(6;11) =4,01 p<0,03	F(6;11) =3,27 p<0,05						
Стим х отвед				F(6;11) =7,58 p<0,01			F(2;34) =4,08 p<0,03			F(6;11) =3,65 p<0,03	
Сит х полуш х отв				F(6;11) =3,76 p<0,03		F(6;11) =3,02 p<0,05					F(6;11) =4,26 p<0,02
Стим х полуш х отв		F(3;45) =4,67 p<0,01				F(6;11) =6,32 p<0,01				F(3;56) =2,59 p<0,05	F(6;11) =3,62 p<0,03
сит х стим х полуш								F(1;16) = 4,47 p<0,05			
Сит х стим х отв	F(3;49) =2,89 p<0,05	F(3;45) =4,67 p<0,01									
Сит х стим х полуш х отв				F(6;11) =3,48 p<0,04		F(6;11) =3,80 p<0,03					

на другой уровень опознания. Во временном интервале (140–200мс) наблюдается так же совместное влияние факторов «ситуация х полушарие х отведение», отражая как региональные, так и межполушарные особенности опознания глобальной \ локальной информации. Для интервала 250–330мс выявлено так же совместное влияние факторов «ситуация х полушарие х отведение» и «ситуация х стимул х полушарие х отведение». Для негативного компонента N400–450 характерны совместное влияние факторов в интервале 410–480мс – «ситуация х полушарие х отведение», «стимул х полушарие х отведение» и «ситуация х стимул х полуша-

рие x отведение». Межполушарные различия между опознанием глобальной и локальной информации, по данным дисперсионного анализа, выявлены для позднего позитивного комплекса (540–620мс «ситуация x стимул x полушарие»), совместное влияние факторов влияние «стимул x полушарие x отведение» и «ситуация x полушарие x отведение» характерно и для более поздних интервалов.

ССП разных областей коры при опознании глобальной и локальной информации в ситуации отсутствия смены уровня опознания

Сопоставление ССП при опознании глобальной и локальной информации в ситуации отсутствия смены уровня опознания приведены на рис. 2. Результаты дисперсионного анализа проведенного отдельно для пар затылочных, задневисочных, теменных, центральных, лобно-височных и лобных областей коры приведены в таблице 2.

Таблица 2

Регионарные различия суммарных амплитуд ССП при сопоставлении глобальной и локальной информации в ситуации отсутствия смены уровня опознания

отведения	140–200	200–250	250–330	330–410	480–540	540–620	620–750	750–900
F3,F4	F(1;16) =4,68 p<0,05			F(1;16) =7,39 p<0,02		F(1;16) =4,45 p<0,05		
F7,F8	F(1;16) =7,03 p<0,02		F(1;16) =6,72 p<0,02 F(1;16) =5,58 p<0,03	F(1;16) =17,8 p<0,001 F(1;16) =18,9 p<0,001	F(1;16) =8,19 p<0,01			F(1;16) =4,52 p<0,05
C3,C4	F(1;16) =5,11 p<0,04			F(1;16) =7,65 p<0,02				
T5,T6				F(1;16) =4,52 p<0,05		F(1;16) =7,53 p<0,02		F(1;16) =7,12 p<0,02
P3,P4	F(1;16) =4,45 p<0,05					F(1;16) =6,15 p<0,03	F(1;16) =5,18 p<0,04	F(1;16) =4,45 p<0,05
O1,O2		F(1;16) =9,05 p<0,01				F(1;16) =7,39 p<0,02		

Примечания: толстая линия – влияние фактора «ситуация»; тонкая – взаимодействие факторов «ситуация x полушарие»

Рис 2. ССП разных областей коры при опознании глобальных и локальных признаков иерархической фигуры в ситуации, не требующей смены уровня опознания.

Тонкая линия – ССП при опознании глобального уровня иерархического изображения; толстая линия – ССП при опознании локального уровня иерархического изображения, вертикальные линии – границы временных интервалов, выделенных методом Главных компонент. Позитивность на этом и следующем рисунках – отклонение вниз. Черный прямоугольник – Достоверные влияние фактора «ситуация» выявленные методом дисперсионного анализа (ANOVA – Repeated measure). Заштрихованные области – значимые различия амплитуды компонент ССП выявленные при по-парном дисперсионном анализе.

Наиболее ранние различия (140–200мс) наблюдаются в передне-центральных регионах и теменных областях и связаны с возникновением в ССП в ответ на опознание локальной информации ранней негативности, а при опознании глобального уровня возникает позитивация потенциала. Затылочные области, по данным ANOVA, включаются в опознание глобальной \ локальной информации несколько позднее (200–250 мс) – компонент P200, который имеет большую амплитуду при опознании локального уровня изображения. В латеральной префронтальной коре (F7,F8) выявлены значимые различия для позитивно-негативного комплекса P300–N400 (250–330мс и 330–410мс): имеющего большую амплитуду при опознании локального уровня иерархического изображения, при этом большая выраженность амплитуды позитивности отмечаются в левом полушарии, а негативности в правом. В интервале 480–540мс различия носят значимый характер для латеральной префронтальной коры, в который при опознании глобальной информации развивается негативный компонент, а в ответ на локальную информацию видна позитивность. При опознании локального стимула усиление поздней негативной волны N600 наблюдается как в лобных, так и в каудальных областях обоих полушарий. Поздний позитивный комплекс имеет так же большую амплитуду при опознании локального уровня иерархического изо-

бражения. Различия начинаются в теменной области (620–750мс) и в более позднем интервале наблюдаются в латеральной префронтальной коре и задневисочных регионах (750–850мс).

Как следует из представленных данных, выраженность отдельных компонентов регионарных ССП значительно различается при необходимости опознания глобальных и локальных признаков изображения. Показано, что у детей 7–8 лет амплитуда как достаточно ранних (N200, P200), так и более поздних компонентов (N400, N600, LPC) больше при идентификации локального уровня иерархического изображения. Изменения амплитуды компонентов ССП отражают изменения в интенсивности активации нейронных корковых структур, т.е. изменениях энергетических аспектов анализа информации [20]. Это означает, что опознание локальных признаков информации у детей 7–8 лет происходит при более высоком уровне активации коры. Можно полагать, что в этом возрасте глобальные признаки распознаются легче и процесс их обработки более автоматизирован, в отличие от локальных признаков, для распознавания которых требуется участие систем произвольного избирательного внимания [8, 12,21]. Эффект затруднения выделения локального уровня иерархического изображения у детей были показаны и раньше в поведенческих исследованиях [2,11]. В отличие от взрослых испытуемых, у которых различия в опознании локальной и глобальной информации в большей степени отражаются в параметрах ССП каудальных областей коры [14,22,24,26] у детей 7–8 летнего возраста в опознание локальной информации вовлекаются лобные области. Это может быть связано с недостаточной зрелостью процессов избирательного внимания в 7–8 летнем возрасте [1]. Этот факт так же свидетельствует о большей роли активационных процессов в опознании локальных изображений.

ССП разных областей коры при опознании глобальной информации в ситуации наличия и отсутствия смены уровня опознания

Сопоставление ССП при опознании глобальной информации в ситуациях стабильного восприятия и при смене уровня опознания приведены на рис3.

При изолированном анализе отдельных пар отведений (таблица 3), было показано, что наиболее рано (70–140 мс) в анализ информации вовлекаются лобные отделы коры (F3, F4, F7, F8): при переключении опознания с локального уровня на глобальный в ССП начинает развиваться негативность N200, при стабильного восприятия в этом временном интервале регистрируется позитивный компонент. В этой ситуации уровня значимости достигает и усиление компонента P300 (250–330мс). Значимое усиление волна N200 в ситуации смены опознаваемого признака наблюдается в левой теменной области. В затылочных областях различия проявляются в более высоких значениях ранних компонентов ответа (70–140 мс и 140–200мс) в ситуации смены уровня опознания, однако они не достигают значимого уровня. У взрослых, было установлено, что каудальный компоненте P100 чувствителен к ситуации переключения внимания с одного уровня на другой [3,13,23]. Отсутствие значимого усиления этого компонента в наших исследованиях при наличии четкой тенденции к его усилению может опре-

Таблица 3

Регионарные различия суммарных амплитуд ССП при сопоставлении ситуации наличия и отсутствия смены уровня при опознании глобальной информации

отведения	70–140	140–200	200–250	250 – 330	330–410	410–480	900–1000
F3,F4	F(1;16) =4,33 p<0,05	F(1;16) =6,90 p<0,02					
F7,F8		F(1;16) =7,95 p<0,02		F(1;16) =8,07 p<0,02 F(1;16) =12,2 p<0,01	F(1;16)=12, 5 p<0,01		
C3,C4							F(1;16) =5,42 p<0,04
T5,T6						F(1;16) =6,71 p<0,02	
P3,P4	F(1;16) =8,91 p<0,01	F(1;16) =4,87 p<0,05					
O1,O2			F(1;16) =5,77 p<0,03				

Примечания: обозначения как в таблице 2

деляться не возрастной спецификой, а большей вариативностью начального комплекса ССП у детей. При смене уровня опознания по всей коре отмечается так же усиление негативности N500, достигающее уровня значимости только в задневисочных отведениях (410–480мс). Увеличение амплитуды этого компонента отражает усиление активационных процессов, связанное с необходимостью дополнительной обработки информации [18]. Это дает основание положить, что в 7–8 летнем возрасте для опознания глобального уровня иерархической фигуры требуются дополнительные ресурсы внимания и более активное вовлечение лобных областей коры. Иная картина наблюдается при опознании локального уровня в ситуации смены уровня опознания.

ССП разных областей коры при опознании локальной информации в ситуации стабильного восприятия и при переключения уровня опознания

Сопоставление ССП при опознании локальной информации в ситуациях наличия и отсутствия смены уровня опознания приведены на рис3.

Рис 3. ССП при опознании глобальных признаков иерархической фигуры в ситуации стабильного опознания и при смене уровня опознания. Тонкая линия – ССП при повторяющемся уровне опознания; толстая линия – при переходе от опознания локальных признаков фигуры к глобальным. Остальные обозначения как на предыдущем рисунке

Таблица 4

Регионарные различия суммарных амплитуд ССП при сопоставлении ситуации наличия и отсутствия смены уровня при опознании локальной информации

отведения	70–140	540–620	750–900	900–1000
F3,F4		F(1;16)=4,52 p<0,05		
F7,F8			F(1;16)=4,76 p<0,05	
T5,T6				F(1;16)=4,37 p<0,05
P3,P4	F(1;16)=4,42 p<0,05	F(1;16)=4,66 p<0,05		

Дисперсионный анализ, проведенный отдельно для разных пар отведений (таблица 4) показал, что ранние различия основного комплекса ССП наблюдаются только в теменных областях (70–140мс) и выражаются в возникновении ранней негативности N100 при смене уровня опознания с глобального уровня на локальный. В лобных и теменных областях значимые различия отмечены для поздних компонентов ССП (интервал 540–620мс и 750–900мс) и связаны с усилением медленного позитивного комплекса в ситуации смены уровня опознания.

Рис 4. ССП при опознании локальных признаков иерархической фигуры в ситуации стабильного опознания и при смене уровня опознания. Тонкая линия – ССП при повторяющемся уровне опознания; толстая линия – при переходе от опознания глобальных признаков фигуры к локальным. Остальные обозначения как на предыдущем рисунке

Менее выраженные различия в опознании локального стимула при стабильном восприятии и переключении внимания с одного уровня опознания на другой могут быть связаны с тем, что восприятие элементов фигуры (локальный уровень) даже при повторяющемся их предъявлении является для детей достаточно трудной задачей и происходит при значительном привлечении процессов внимания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ ССП, регистрируемых с различных областей коры, в ситуации опознания иерархической фигуры выявил, что у детей 7–8 лет опознание локального признака характеризуется более высокой амплитудой сенсорно-специфических и когнитивных компонентов ССП, в сравнении с опознанием глобального признака, что свидетельствует о большей степени активации коры и может указывать на большую трудность опознания локальных признаков в 7–8 летнем возрасте. Смена уровня опознания сказывается на параметрах ССП лобных и теменных отделов коры и больше проявляется при переключении внимания с локального признака на глобальный. Это свидетельствует о необходимости дополнительного привлечения ресурсов внимания к глобальному признаку, опознание которого в ситуации «стабильного» предъявления осуществляется у детей более автоматически и не требует вовлечения дополнительных активационных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мачинская Р.И. Функциональное созревание мозга и формирование нейрофизиологических механизмов избирательного произвольного внимания у

детей младшего школьного возраста. // Физиология человека. – 2006. – Т.32. – № 1. – С.26–36.

2. Мачинская Р.И., Крупская Е.В. Созревание регуляторных структур мозга и организация внимания у детей младшего школьного возраста // Когнитивные исследования. Сборник трудов. Выпуск 2. Под ред. В.Д.Соловьев, Т.В.Черниговская, Изд-во «Институт психологии РАН». – Москва. – 2008. – с.32–47

3. Петренко Н.Е. ССП при смене стратегии зрительного восприятия в ситуации опознания иерархического стимула. // Физиология человека. – 2008. – Т.34. – №3. – с.1–7

4. Фарбер Д.А. Развитие зрительного восприятия в онтогенезе. Психофизиологический анализ // Мир психологии. – 2003. – №2. – 34. – с.114–124.

5. Фарбер Д.А., Бетелева Т.Г., Формирование системы зрительного восприятия в онтогенезе. // Физиология человека. – 2005. – т.31. – т.5. – с 26–36

6. Холодная М.А. Когнитивные стили как проявление своеобразия индивидуального интеллекта. // Киев УМК ВО. – 1990. – 75с.

7. Цехмистренко Т.А., Васильева В.А. Структурные преобразования ассоциативной коры как морфологическая основа развития когнитивных функций человека от рождения до 20 лет. // Физиология человека. – 2001. – Т.27. – №5. – С.41.

8. Boer LC, Keuss PJ. Global precedence as a postperceptual effect: an analysis of speed-accuracy tradeoff functions // Percept Psychophys. – 1982. – V. 31. – №4. – P.358–366.

9. Burack, J. A., Enns, J. T., Iarocci, G., & Randolph, B.. Age differences in visual search for compound patterns: Long versus short range grouping. // Developmental Psychology. – 2000. – V.36. – P.721–730.

10. Dukette, D.; Stiles, J. The effects of stimulus density of children's analysis of hierarchical patterns. // Developmental science. – 2001. – V.4. – №2. – P.233–251

11. Galindo A., Solovieva Yu., Quintanar L. Selective visual recognition in of hierarchical stimuli in urban and rural schoolchildren. // The third international conference on cognitive science. – June 20–25. – 2008. – Moscow. – Russia. – P.43–44.

12. Grice GR, Canham L, Boroughs JM. Forest before trees? It depends where you look // Percept Psychophys. – 1983. – V. 33. – №2. – P. 121–128.

13. Han S, He X, Woods DL. Hierarchical processing and level-repetition effect as indexed by early brain potentials. // Psychophysiology. – 2000. – v.37. – №6. – P.817–30.

14. Han Sh, Weaver J, Murray S, Kang X, Yund W, Woods D. Hemispheric asymmetry in global \local processing: Effect of stimulus position and spatial frequency. // Neuroimage. – 2002. – v.17. – P.1290–1299.

15. Heinze, H. J., Hinrichs, H., Scholz, M., Burchert, W., and Mangun, G. R. Neural mechanisms of global and local processing. A combined PET and ERP study. // J. Cogn. Neurosci. – 1998. – v.10. – P.485–498.

16. Heinze, H.-J., Johannes, S., Munte, T. F., and Magun, G. R. The order of global- and local-level information processing: Electrophysiological evidence for parallel perception processes. // In Cognitive Electrophysiology (H. Heinze, T. Munte, and G. R. Mangun, Eds.) Birkhaeuser, Boston. – 1994. – P. 1–25.

17. Hubner R. Attention shifting between global and local target levels: The persistence of level-repetition effects. // Visual cognition. – 2000. – v.7. – №4. – P.465–488.

18. Kutas M., McCarthy G., Donchin E. Augmenting mental chronometry: P300 as an index of stimulus evaluation time. // Science.– 1977.– V. 197.– P. 792–795.
19. Lamb M. R., Robertson L. C. The processing of hierarchical stimuli: Effect of retinal locus, locational uncertainty, and stimulus identity. // Perception & Psychophysics.– 1988.– v.44.– P.172–181.
20. Mulder, G. The concept and measurement of mental effort. // In G. R. J. Hockey, A. W. K. Gaillard, & M. G. H. Coles (Eds.), Energetics and human information processing Dordrecht: Martinus Nijhoff.– 1986.– p. 175–198.
21. Navon D. Forest before trees: the precedence of global features in visual perception/ D. Navon // Cognitive Psychology. – 1977.– V.9.– P. 353.
22. Sasaki Y., Hadjikhani N., Fischl B., Liu A., Marret S., Dale A., Tootell, R. B. Local and global attention are mapped retinotopically in human occipital cortex. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA.– 2001.– v.98.– P.2077–2082.
23. Schatz J, Erlandson F. Level-repetition effects in hierarchical stimulus processing: timing and location of cortical activity. // Int J Psychophysiol. – 2003.– v.47.– №3.– P.255–69.
24. Volberg G, Hubner R. On the role of response conflicts and stimulus position for hemispheric difference in global /local processing: ah ERP study. // Neuropsychologia.– 2004.– v.42.– P.1805–1813.
25. Wijers A.A., Otten L.I., Feenstra S. Brain potentials during selective attention, memory search, and mental rotation. // Psychophysiol.– 1989.– V. 26.– N 4.– P. 452–459
26. Yamaguchi S, Yamagata S, Kobayashi S Cerebral asymmetry of the ‘top-down’ allocation of attention to global and local features. // J Neurosci.– 2000.– v.20.– P.1–5

Работа выполнена при поддержке гранта РГНФ № 07-06-00374a

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЦИТОАРХИТЕКТониКИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ И ЗАДНЕЙ АССОЦИАТИВНОЙ ОБЛАСТЕЙ КОРЫ БОЛЬШОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА ОТ РОЖДЕНИЯ ДО 20 ЛЕТ

В.А.Васильева¹, Н.С.Шумейко²

Институт возрастной физиологии РАО, Москва

Методом компьютерного анализа установлены возрастные и индивидуальные особенности цитоархитектоники полей 4p и 37ac, периоды интенсивного и замедленного роста площади профильных полей пирамидных нейронов и отличия в распределении нейронов по размерным классам в функционально различных полях коры большого мозга человека.

Ключевые слова: двигательная область, задняя ассоциативная область, кора большого мозга, пирамидный нейрон, компьютерная морфометрия.

Computer analysis was used to determine age-related and individual peculiarities of cyto-architectonics of 4p and 37ac fields, periods of intensive and slow growth of profile field area of pyramidal neurons and differences in distribution of the neurons between size classes in functionally different fields of the human brain cortex.

Key words: motor area, posterior association cortex, cerebral cortex, pyramidal neuron, computer morphometry

Актуальность настоящего исследования заключается в том, что индивидуальная вариабельность мозга является одной из важных проблем современной нейроморфологии.

Основополагающими исследованиями индивидуальной вариабельности строения мозга человека являются работы нейроморфологов Института мозга [1, 5, 6, 7, 9, 10]. Была показана большая вариабельность макроскопического строения мозга, топографии и площади поверхности некоторых корковых полей у разных индивидуумов. Однако все эти работы выполнены на небольшом количестве наблюдений и в ограниченных возрастных интервалах, чаще на взрослых людях. Недостаточно исследована вариабельность нейронов и ее изменение в онтогенезе. Рядом авторов пирамидный нейрон рассматривается как главный универсальный тип коркового нейрона, у которого структура рецептивной поверхности обеспечивает передачу на него широкого диапазона полимодальных сигналов. Крупные пирамидные нейроны III и V слоев могут устанавливать связи со всеми нейронами клеточной колонки, чем, очевидно достигается полная и надежная реализация

Контакты: ¹ В.А.Васильева

² Н.С.Шумейко

функционального взаимодействия нейронов [2]. Внедрение в нейроморфологию современных компьютерных технологий [3, 4, 11, 12] позволяет автоматизировать наиболее трудоемкий этап извлечения первичных количественных характеристик и получить новые объективные данные по специфическим особенностям структурных компонентов мозга у разных индивидуумов.

Целью настоящего исследования является изучение возрастных и индивидуальных различий размеров пирамидных нейронов в III слое поля 4р двигательной и поля 37ас задней ассоциативной областей коры большого мозга человека от рождения до 20 лет с применением метода компьютерной морфометрии.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучено 52 левых полушария большого мозга человека от рождения до 20 лет в погодных интервалах. На установке «Биоскан-АТ» (система обработки и анализа изображений) по специальной программе при увеличении микроскопа 20х определяли площади профильных полей (ППП) пирамидных нейронов в III слое поля 4р сенсомоторной зоны и поля 37ас височно-теменно-затылочной подобласти коры на препаратах, окрашенных по Нисслю. На каждую возрастную группу приходилось по 2–3 случая, на каждый случай измерено от 70 до 180 клеток, т.е. всего измерено свыше 6000 клеток. Анализ оптических изображений унифицирован для всех препаратов по глубине, яркости и контрастности изображения, а также по методам количественной обработки изображения нейронов. Рассчитаны средняя арифметическая, ошибка средней и критерии достоверности. Были также построены гистограммы распределения нейронов по 15 классам в зависимости от величины профильных полей (ППП), начиная от $0,01 \text{ мкм}^2$ с интервалом в 17 мкм^2 , т.е. к 1-му классу относились клетки размером от $0,01$ до 17 мкм^2 , ко 2-му – от 18 до 35 мкм^2 и т.д.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Цитоархитектоническое поле 4р, расположенное в предцентральной области коры большого мозга, является центральным полем двигательной коры, где происходит обработка и сопоставление сигналов, поступающих по каналам периферической и центральной обратной связи.

У новорожденного площади профильных полей (ППП) пирамидных нейронов в III слое поля 4р составляют $29,50 \pm 1,05 \text{ мкм}^2$, индивидуально варьируя от $22,35 \pm 0,68$ до $36,65 \pm 1,24 \text{ мкм}^2$. Значимые изменения средних величин ППП пирамидных нейронов отмечены к 6 мес в 1,6 раза, к 1 году – в 2,4 раза и к 3 годам – в 2,8 раза, что совпадает с данными о размерах и объемах пирамидных нейронов, полученными нами методами морфометрии [13]. В постнатальном онтогенезе имеются определенные этапы в росте и развитии пирамидных клеток: до 3 лет наблюдается наиболее быстрый рост клеток, разрежение коры, до 12 лет отмечается стабилизация количественных показателей, когда преобладают процессы дифференцировки нейронов, затем значительный подъем к 14 годам, когда значения средних величин ППП превышают таковые в 3 года за счет увеличения количества крупных нейронов, и заметное снижение этих показателей после 17 лет,

когда увеличивается класс малых клеток за счет уменьшения классов средних и крупных клеток. Согласно концепции Г.И Полякова [8], увеличение числа сверхмалых и малых нейронов можно рассматривать в связи с усложнением афферентной сигнализации.

К 20 годам ППП пирамидных нейронов достигают $66,68 \pm 2,31$ мкм², варьируя от $56,27 \pm 1,95$ до $77,08 \pm 3,32$ мкм² (рис.1).

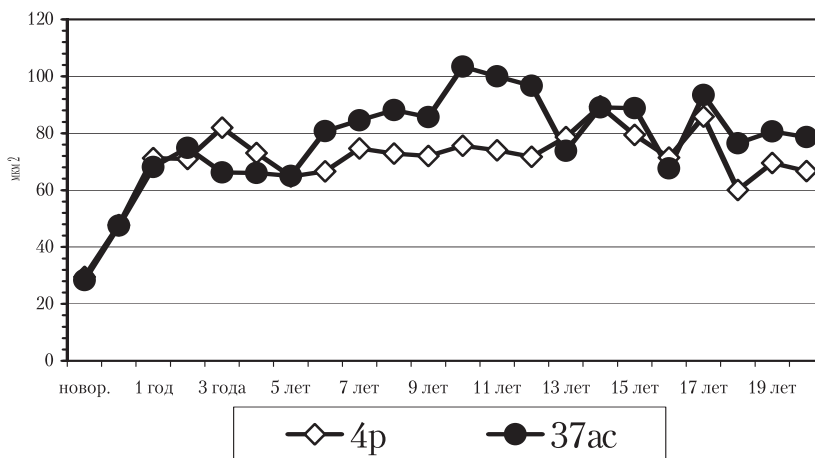


Рис.1. Изменение с возрастом площади профильных полей пирамидных нейронов в слое III поля 4p двигательной коры и поля 37ac задней ассоциативной коры большого мозга человека.

Изучение средних величин ППП пирамидных нейронов III слоя поля 4p коры мозга у разных индивидуумов обнаружило определенные колебания этих показателей во всех возрастных группах. В большей степени индивидуальные различия по размерам нейронов выражены в период от рождения до 6 лет, в 8, 12–14 и 19–20 лет. Сопоставление гистограмм профильного поля нейронов III слоя в поле 4p показало, что в большинстве случаев, даже там, где не наблюдалось отличий по среднему значению ППП, отмечались индивидуальные различия в процентном составе нейронов по классам на всех этапах постнатального развития и увеличение с возрастом количества размерных классов. Наибольшие различия наблюдались по классам малых и средних пирамидных нейронов. Степень выраженности индивидуальной вариабельности мозга человека, вероятно, связана с функциональными характеристиками изученного поля. В период от рождения до 1 года наибольшие различия между индивидуумами наблюдались в классах сверхмалых и малых нейронов (до 100 мкм²), в период от 1 до 12 лет и от 18 до 20 лет – в классах малых и средних клеток (до 150 мкм²), а в период от 13 до 17 лет – ещё и в классе крупных (до 200 мкм²) пирамидных нейронов. Преобладающими нейро-

нами III слоя поля 4p являются пирамидные нейроны 3–7 классов (от 35 до 119 мкм²).

Ассоциативное поле 37ac, расположенное в височно-теменно-затылочной подобласти, осуществляет анализ и синтез зрительной информации, связанной с опознанием формы (лица и других сложных объектов) [14].

У новорожденных ППП пирамидных нейронов в III слое поля 37ac составляет $28,40 \pm 0,40$ мкм², индивидуально варьируя от $25,60 \pm 0,80$ мкм² до $31,30 \pm 0,70$ мкм². К 6 мес постнатальной жизни, к 1 году и 2 годам отмечается увеличение размерных параметров пирамидных нейронов в 1,7, в 2,4 и 2,6 раза соответственно. В период от 2 до 5 лет темпы роста снижаются и вновь увеличиваются к 7 и 10 годам (в 3,0 и 3,6 раза по сравнению с новорожденными), достигая максимальных значений в 10 лет – $103,40 \pm 2,30$ мкм² (от $85,30 \pm 3,60$ до $117,30 \pm 4,40$ мкм²). К 13 годам отмечается некоторое снижение среднего размера пирамидных нейронов и колебание этого показателя до 17 лет. От 18 до 20 лет отмечается относительная стабилизация размерных параметров пирамидных нейронов, которые в среднем составляют $80,60 \pm 2,10$ мкм² (от $75,40 \pm 2,60$ до $81,90 \pm 3,70$ мкм²) (рис.1).

В процессе онтогенеза изменяется распределение нейронов по размерным классам: у новорожденных преобладают нейроны 2-го класса, в 1 год – 3–4 классов, с 2 до 7 лет – 4–5 классов (от 51 до 85 мкм²), что составляет 40–48% от общего числа клеток. К 10 годам увеличивается число пирамидных нейронов 8 и 9 классов (от 119 до 153 мкм²), что составляет 22%. В 12 лет отмечается наибольшее количество размерных классов нейронов – 14, из которых в среднем 10% составляют клетки крупноклеточных классов – 10–12 (от 153 до 204 мкм²). Однако преобладающими нейронами III слоя поля 37ac являются нейроны 4–6 классов (от 51 до 102 мкм²).

Исследование средних значений ППП пирамидных нейронов III слоя поля 37ac у разных индивидуумов показало, что наибольшая индивидуальная вариабельность по этому показателю отмечалась в 1 год, 7, 10, 12–13 и 15–17 лет. Индивидуальные особенности структурной организации поля 37ac выявились также и в распределении нейронов по размерным классам, что, по-видимому, свидетельствует о функциональных особенностях и разной степени зрелости этого поля у разных детей одного и того же возраста.

Анализ индивидуальных гистограмм показал, что у новорожденных в одном случае (А) нейроны распределены по четырем классам с преобладанием 2 и 3 классов, а во втором (Б) – по трем классам с преобладанием 2 класса и с равным числом клеток в 1 и 3 классах, что указывает на разную степень зрелости нейронного состава у этих индивидуумов (рис.2). Индивидуальные гистограммы распределения пирамидных нейронов по размерным классам у детей одного года значительно различаются: в одном случае (А) нейроны распределены по пяти классам с преобладанием 3–5 классов (от 34 до 85 мкм²), в другом (Б) – по восьми классам с преобладанием 4–6 классов (от 51 до 102 мкм²). В 7 лет также наблюдаются индивидуальные различия по количеству размерных классов (рис.2).

Таким образом, с возрастом увеличивается количество размерных классов пирамидных нейронов, а после 7 лет нарастает число крупноклеточных классов.

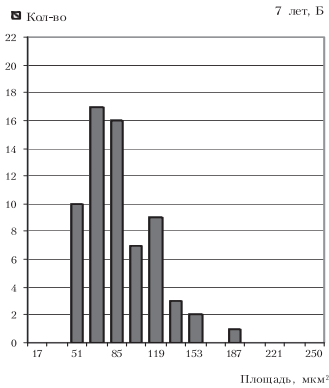
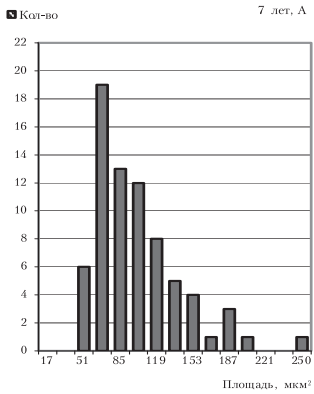
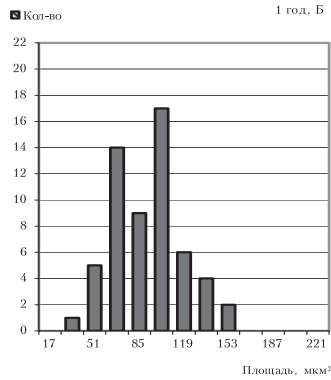
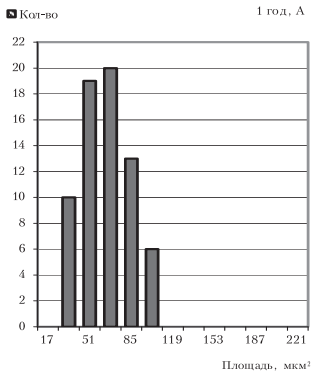
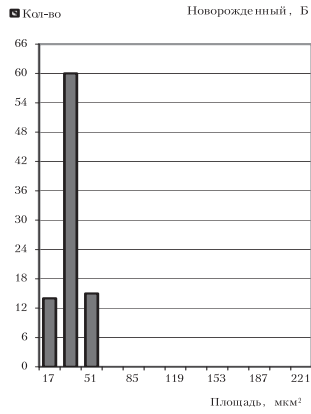
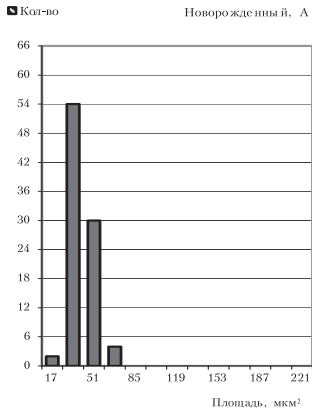


Рис.2. Индивидуальные гистограммы распределения пирамидных нейронов по размерным классам в слое III поля 37ас задней ассоциативной коры большого мозга новорожденных, детей 1 года и 7 лет

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение компьютерного анализа позволило установить достоверное увеличение ППП пирамидных нейронов III слоя поля 4p к 6 мес, 1 году и 3 годам, стабилизацию количественных показателей до 12 лет, значительный подъем к 14 и 17 годам и заметное снижение к 20 годам. В поле 37ac увеличение ППП пирамидных нейронов отмечается к 6 мес, 1 году, 2, 7 и 10 годам. Анализ темпов роста пирамидных нейронов в поле 37ac позволяет выделить периоды интенсивного увеличения площади профильных полей пирамидных нейронов: от рождения до 2 лет, от 5 до 7 и от 9 до 10 лет, периоды временной стабилизации размерных параметров – от 3 до 5 и от 7 до 9 лет, когда преобладают процессы дифференцировки нейронов, период от 12 до 17 лет, когда отмечается неустойчивость количественных показателей, обусловленная увеличением гетероморфности клеточного состава, и период стабилизации количественных показателей – от 18 до 20 лет.

Исследование средних значений ППП пирамидных нейронов III слоя поля 4p коры мозга у разных индивидуумов показало, что индивидуальные различия по размерам нейронов более выражены в период от рождения до 6 лет, в 8, 12–14 и 19–20 лет, а в поле 37ac индивидуальная вариабельность по этому показателю отмечалась в 1 год, 7 лет, 10 лет, 12–13 и 15–17 лет.

Возможно, разная степень выраженности индивидуальной вариабельности мозга человека в различных корковых полях и подкорковых структурах связана с их функциональными характеристиками и с филогенетическим уровнем их развития [5].

Анализ гистограмм ППП пирамидных нейронов у разных индивидуумов одного возраста показал индивидуальные различия в распределении нейронов по размерным классам.

Таким образом, установлены возрастные и индивидуальные особенности цитоархитектоники полей 4p и 37ac, периоды интенсивного и замедленного роста площади профильных полей пирамидных нейронов и отличия в распределении нейронов по размерным классам в двигательной и задней ассоциативной областях коры большого мозга человека в период от рождения до 20 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адрианов О.С. Архитектура мозга и индивидуальность личности (к постановке проблемы)//Успехи физиол.наук.–1993.Т.24, №3.–С.25–35.
2. Антонова А.М. Структурные особенности функциональной организации нейро-глио-сосудистых ансамблей коры большого мозга: Автореф. дис...докт. биол.наук.–М.,1985.–32с.
3. Боголепова И.Н. Особенности цитоархитектоники речедвигательных полей мозга одаренных людей в плане изучения индивидуальной вариабельности строения мозга человека//Морфология.–1994.–Т.106, №4–6.–С.31–37.
4. Боголепова И.Н., Белогрудь Т.В. Некоторые количественные показатели структурной асимметрии полей 41 и 22 слуховой коры мозга человека//Морфология.–2004.–Т.125, №2.–С.7–9.

5. Боголепова И.Н., Оржиховская Н.С., Малофеева Л.И. Морфологические критерии variabilityности мозга человека//Архив анат.,гистол. и эмбриологии.–1982.–Т.83, №8.–С.5–9.
6. Зворыкин В.П. Нейроморфологическое свидетельство индивидуальных различий в зрении человека//Архив анат.,гистол. и эмбриологии.–1981.–№10.–С21–23.
7. Кононова Е.П. Variabilityность строения коры большого мозга. Нижняя фронтальная извилина у взрослого человека//Тр.Института мозга.–М.–Л.:Биомедгиз,1935.–С.49–118.
8. Поляков Г.И. Основы систематики нейронов новой коры большого мозга человека.–М.:Медицина,1973.–308с.
9. Саркисов С.А. Индивидуальная variabilityность структурных особенностей коры мозга человека//Структурные основы деятельности мозга.–М.,1980.–С.27–34.
10. Филимонов И.Н. Избранные труды.–М.:Медицина,1974.
11. Челубеев В.Е., Лапша В.И., Кучун К.К. Применение системы текстурного анализа изображений Лейтц-ТАС для цитофотометрического исследования некоторых ферментов в нервных клетках//Архив анат., гистол. и эмбриологии.–1987.–№5.–С.63–67.
12. Черток В.М., Афанасьев А.А., Коцюба А.Е. Применение автоматизированной системы анализа изображений Allegro-МС для морфометрических исследований//Морфология.–2003.–Т.124, №4.–С.88–93.
13. Шумейко Н.С. Возрастные особенности цитоархитектоники сенсомоторной коры человека//Морфология.–1997.–Т.111, №2.–С.31–34.
14. Essen D.S., Drury H.A., Joshi S., Miller M.I. Functional and structural mapping of human cerebral cortex: Solutions are in the surfaces//Proc.Nat.Acad.Sci.USA. February 1998.–Vol.95.–P.788–795.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕСО-РОСТОВОГО ИНДЕКСА КАК МОРФОЛОГИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ КРАЙНИХ КОНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ТИПОВ ДЕВОЧЕК МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Р.В.Тамбовцева¹, В.Ф.Воробьев²

Институт возрастной физиологии РАО, Москва

Настоящая работа посвящена проверке возможности использования порядковых статистик для выделения конституциональных групп при массовых обследованиях детей в рамках мониторинга. Показано, что значения 25 и 75 перцентилей четко выявляют различия в характере распределения тотальных размеров тела у девочек лептосомного и эурисомного телосложений. В качестве информативного критерия для выделения крайних вариантов телосложения целесообразно использовать весо-ростовой индекс.

Ключевые слова: детский возраст, антропометрия конституциональные типы.

The study focuses on checking possible application of order statistics to determine constitutional groups during mass examination of monitored children. Values of 25 and 75 percentiles clearly reveal the differences in total body dimensions in the girls of leptosome and euerisome types. Weight-height index is recommended as criterion for determining extreme constitutional types.

Key words: children, anthropometry, constitutional types.

В настоящее время для выделения конституциональных групп используют многочисленные критерии [1,5,12]. Два фундаментальных показателя – длина и масса тела могут быть легко и с достаточной точностью измерены у детей. Длина тела основной показатель физического развития, которая зависит от развития костной системы и тесно связана с темпом возрастного развития. Масса тела определяет прочность опорных структур и требования к мышечной системе. Согласно А.А. Малиновскому [6] в морфологии костной системы можно выделить две линии изменчивости – линия вариации по степени питания кости и линия вариации по степени гетерохронного роста. Важно, что эурисомная и лептосомные конституции выявляются в раннем детском возрасте, а различия в гетерохронном росте нарастают лишь в период созревания. Масса линейно связана с объемом тела. При изометрическом подобии он будет изменяться как третья степень изменения длины тела [4]. Следовательно, при расчете индекса эктоморфии по схеме J.E.L. Carter [13], мы абстрагируемся от реально существующей алломе-

Контакты: ¹ Р.В.Тамбовцева, д.б.н., проф., ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии мышечной деятельности, E-mail: ritta7@mail.ru

² В.Ф.Воробьев, к.б.н., доцент, Череповецкий университет, кафедра педагогики физической культуры

трической зависимости между этими морфологическими показателями у представителей различных конституциональных групп и отмечаем, насколько реальный индивид отклоняется от идеальной геометрической модели. Изучение простых индексов у представителей различных соматических типов показали, что для каждого соматического типа имеется только ему свойственная зона варьирования индексов. Ранее показана возможность разделения московских школьников по типам телосложения на основе весо-ростового индекса (ВРИ) [4]. Авторы установили, что для мальчиков и девочек определенного возраста граничные показатели ВРИ различны. Непосредственное использование граничных значений ВРИ полученных при обследовании московских школьников для разделения детей, проживающих в Северо-Западном регионе, на группы по их телосложению не представляется возможным в связи с наличием естественного биологического популяционного разнообразия.

Полагаем, что разделение поло-возрастной группы на подгруппы возможно на основе расчета статистик ВРИ. К настоящему времени наиболее объективным считается оценка основных антропометрических данных непараметрическим методом [2]. Однако в статистическое определение нормы изначально не заложен физиологический смысл. Поэтому такое выделение групп достаточно условно. Тем не менее, выделение группы со средней выраженностью признака подводит к возможности объективно выделить подгруппы детей одного пола и возраста, отличающиеся друг от друга по величинам ВРИ. В первую подгруппу будет входить четверть совокупности детей с низкими значениями ВРИ (нижний квартиль), во вторую – 50% детей со средними значениями ВРИ. В третью подгруппу будут входить дети с высокими значениями весо-ростового индекса (верхний квартиль). Необходимо ответить на вопрос, будут ли подгруппы девочек нижнего и верхнего квартиля одного возраста достоверно отличаться друг от друга по ряду конституциональных признаков? Если это так, то можно использовать значения 25 и 75 перцентилей переменной «весо-ростовой индекс» в качестве критерия для выделения подгрупп детей. Проверка возможности использования порядковых статистик, отсекающих четверти совокупности, для выделения конституциональных групп и послужила целью нашего исследования.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках Общероссийского мониторинга была проведена оценка физического развития детей младшего школьного возраста г. Череповца. Определяли массу и длину тела, окружность грудной клетки (ОГК), весо-ростовой индекс (ВРИ). Обработка результатов осуществлялась средствами Excel и Statistica 6.0 [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе статистического анализа была проведена оценка распределения изучаемых признаков. При использовании критерия нормальности Шапиро-Уилка [2,3] не удастся отклонить H_0 в отношении признака «длина тела» в выборках девочки 7 лет, 8 и 9 лет (обследованных весной 2005 г.) Расчетные значения Шапиро-Уилка при обследовании девочек 8 лет осенью 2006 г. составило

0,046. Распределение признака длина тела в нижнем и верхнем квартилях, подчиняется закону нормального распределения на более высоком уровне значимости. Сходную закономерность – большее сходство с нормальным распределением, мы выявили при оценке распределения других тотальных размеров тела. По результатам анализа было установлено большее соответствие распределение признаков масса тела и ОГК закону нормального распределения в подгруппах с низким и высоким значением ВРИ по сравнению с распределением признака в соответствующей целой выборке (табл.1).

Таблица 1

Оценка нормальности распределения признаков массы тела, окружность грудной клетки (ОГК) и ОГК нормированной по длине тела (ОГК/длина) девочек 7–9 лет по результатам теста Шапиро-Уилка (W) (2)

Показат.	выборка			Нижний квартиль			Верхний квартиль		
	n	W	p	n	W	p	n	W	p
девочки 7 лет (осень 2006 г.)									
Масса	615	0,926	< 0,001	154	0,989	0,300	153	0,959	0,001
ОГК	613	0,964	< 0,001	153	0,983	0,062	153	0,970	0,002
ОГК/длина	613	0,977	< 0,001	153	0,992	0,495	153	0,976	0,010
девочки 8 лет (осень 2006 г.)									
Масса	472	0,911	< 0,001	118	0,991	0,676	117	0,969	0,009
ОГК	472	0,927	< 0,001	118	0,986	0,278	117	0,962	0,002
ОГК/длина	472	0,948	< 0,001	118	0,986	0,254	117	0,967	0,005
девочки 8 лет (весна 2005 г.)									
Масса	201	0,934	< 0,001	51	0,970	0,212	51	0,956	0,056
ОГК	201	0,971	< 0,001	51	0,948	0,026	51	0,962	0,106
ОГК/длина	201	0,974	< 0,001	51	0,928	0,004	51	0,954	0,047

При анализе данных обследования первоклассниц осенью 2006 г. установлено, что распределение признаков массы тела и ОГК у девочек верхних квартилей отличается от нормального. Распределение признаков масса тела и окружность грудной клетки у девочек верхних квартилей 7 и 8 лет, обследованных весной 2005 г., не отличается от нормального распределения. По характеру распределения изучаемых признаков можно сделать вывод, что девочки нижних квартилей в возрасте 7–8 лет и девочки верхних квартилей в возрасте 8–9 лет представляют собой однородные совокупности. Поэтому имеется формальное основание к использованию параметрических методов при проведении корреляционного анализа в этих подгруппах. Девочки верхних квартилей в возрасте 7–8 лет и девочки нижних квартилей в воз-

расте 8–9 лет не представляют собой однородные совокупности. Причиной таких различий может служить неравномерность темпов изменений тотальных размеров у девочек крайних групп. Необходимо учитывать, что выявленные различия в распределении изучаемых признаков у девочек 8 лет, обследованных в 2005 и 2006 гг., могут быть связаны с различиями в их календарном возрасте.

Ранее установлено, что период «второго детства» далеко неоднороден [5,7,8,9]. Авторы оценивали телосложение детей по схеме В.Г.Штефко и А.Д.Островского [10] и выявили, что у девочек в интервале 7–8 лет устойчивость соматотипа резко снижается. Это может быть связано и с изменением пропорций тела. Так, грудная клетка детей 6–14 лет еще не имеет законченной формы и наряду с ее ростом продолжается процесс уплощения. Значительные годовые приросты длины грудной клетки, ее поперечных и переднезадних диаметров приходится на 8 лет, а прирост обхватов грудной клетки на 9 лет, как у мальчиков, так и у девочек. Различия распределения признаков ОГК и ОГК/длина у девочек различных квартилей в возрасте 7–9 лет, вероятно, связаны с относительными различиями в сроках формирования грудной клетки.

Если руководствоваться положением, что темп онтогенеза генетически обусловлен, а телосложение определяется последним [7], то можно предположить, что отмеченные различия между девочками нижних и верхних квартилей связаны с врожденными особенностями физического развития.

Оценим вид зависимости между переменными длина и масса тела средствами программы Excel (табл.2). Степень близости аппроксимации экспериментальных данных выбранной функции оценивается коэффициентом детерминации (R^2). Если есть несколько подходящих вариантов аппроксимирующих функций, выбирают функцию с большим коэффициентом детерминации. Как видим из таблицы 2, различия между коэффициентами детерминации линейной и степенной функцией невелики. Это связано с тем, что зависимость между этими тотальными размерами является корреляционной, а не функциональной. Каждому значению аргумента соответствует ряд распределения независимой переменной. Формально можно использовать математический аппарат линейной корреляции. В то же время подтвердилось предположение о различиях в степенной зависимости между показателями длина и масса тела у девочек нижних и верхних квартилей. У девочек нижнего квартиля показатель степени меньше 3, а у девочек верхнего квартиля – больше 3. Девочки нижних квартилей имеют достоверно меньше ОГК по сравнению с их сверстницами верхних квартилей ($P < 0,001$), поэтому первые по типологии Бругша [2] являются узкогрудными, а вторые – широкогрудными (табл.3). Следовательно, девочки нижних квартилей имеют лептосомное, а девочки верхних квартилей – эурисомное телосложение.

По результатам попарного сравнения квартилей нами установлено, что не существует достоверных различий по длине тела между девочками нижних и верхних квартилей. В то же время, девочки верхних квартилей достоверно превосходят своих сверстниц лептосомного телосложения по массе тела. Поэтому различия между девочками нижних и верхних квартилей по ОГК можно объяснить различиями по массе тела.

Таблица 2

Результаты аппроксимации первичного поля корреляции показателей длина (x), масса (y) девочек 7–9 лет нижних и верхних квартилей по ВРИ

Возраст	квартиль	Линейная функция		Степенная функция	
		Эмпирическая формула	R ²	Эмпирическая формула	R ²
7 лет*	нижний	$y = 44,878x - 34,287$	0,776	$y = 12,35x^{2,534}$	0,785
	верхний	$y = 77,508x - 66,893$	0,691	$y = 14,48x^{3,221}$	0,719
8 лет*	нижний	$y = 44,325x - 33,864$	0,784	$y = 12,39x^{2,468}$	0,788
	верхний	$y = 81,096x - 71,494$	0,788	$y = 14,26x^{3,263}$	0,824
8 лет**	нижний	$y = 51,267x - 42,919$	0,796	$y = 11,09x^{2,882}$	0,789
	верхний	$y = 75,673x - 65,88$	0,752	$y = 13,93x^{3,195}$	0,769
9 лет**	нижний	$y = 53,176x - 45,158$	0,905	$y = 11,31x^{2,846}$	0,915
	верхний	$y = 85,692x - 77,797$	0,830	$y = 13,48x^{3,419}$	0,864

Примечание: * – обследование осень 2006 г.; ** – обследование весна 2005 г.

Таблица 3

Статистики ОГК и индекса Бругша (2) девочек нижних и верхних квартилей, результаты двухвыборочных тестов (U-тест, К–С-тест) (2)

Возраст	Верхний квартиль				Нижний квартиль				U-тест p	К–С тест, p
	M	Me	25%	75%	M	Me	25%	75%		
Окружность грудной клетки										
7 лет*	59,5	60,0	57,0	62,0	65,8	65,0	62,0	69,0	<0,001	<0,001
8 лет*	60,0	60,0	58,0	62,0	66,7	66,0	62,0	70,0	<0,001	<0,001
8 лет**	58,5	58,0	57,0	57,0	65,5	65,0	62,0	69,0	<0,001	<0,001
9 лет**	60,3	60,0	58,0	58,0	71,1	70,0	67,0	75,0	<0,001	<0,001
Индекс Бругша										
7 лет*	47,2	47,2	45,3	48,8	52,8	52,3	50,4	54,7	<0,001	<0,001
8 лет*	46,7	46,5	45,1	48,4	52,5	52,5	50,0	54,2	<0,001	<0,001
8 лет**	45,4	45,6	44,2	47,2	51,4	50,8	49,2	54,0	<0,001	<0,001
9 лет**	45,4	44,5	43,6	46,2	53,4	53,0	50,9	55,1	<0,001	<0,001

Примечание: * – обследование осень 2006 г.; ** – обследование весна 2005 г.

Изучение взаимосвязей между естественными переменными позволяет выявить скрытые закономерности. Поскольку характер взаимосвязи тотальных размеров друг с другом практически близок к прямолинейной зависимости, для разработки методов оценки физического развития человека в настоящее время используется математический аппарат прямолинейной корреляции и регрессии. Тем не менее, оценка коэффициентов корреляции между признаками, распределение которых отличалось от нормального (табл.1) проводилось после логарифмирования соответствующих данных по основанию натурального логарифма. Рассмотрим особенности линейной корреляции между массой тела и ОГК у девочек нижних и верхних квартилей. Показано, что при оценке взаимосвязи между переменными масса тела и ОГК регистрируются высокая значимая корреляция по всем выборкам девочек 7–9 лет верхних квартилей, при сильной или средней силе связи (табл.4). Корреляционные связи между этими переменными у девочек нижнего квартиля 7–8 лет, обследованных осенью 2006 г., средней силы. У девочек нижнего квартиля в 8 и 9 лет корреляционная зависимость между массой тела и ОГК не достоверна. Корреляция между двумя переменными, в частности массой тела и ОГК может искажаться, так как они обе находятся под влиянием третьей переменной – длины тела. Выявлены различия между девочками нижних и верхних квартилей по характеру взаимосвязей между массой тела и ОГК при исключении влияния третьей переменной – длины тела (табл.4). Вероятно, это связано с различием функционирования системы дыхания в покое у девочек лептосомного и эурисомного телосложения. В литературе известно [4,5,9], что возрастание массы тела ведет к увеличению нагрузки на тоническую позную мускулатуру и ее антигравитационные функции. Для решения таких задач используются медленные, красные, аэробные мышечные волокна. Увеличение массы тела за счет жирового и костного компонентов неминуемо ведет к возрастанию нагрузки на мускулатуру туловища и нижних конечностей и обуславливает ее усиленное развитие. Большая доля кислородного ресурса оказывается задействованной на поддержание должного базального метаболизма. Поэтому увеличение массы тела ведет к тому, что развитие фазической мускулатуры конечностей проходит в основном за счет быстрых белых мышечных волокон с анаэробной энергетикой, не нуждающейся в кислороде. Если поддержание основного обмена у девочек верхних квартилей происходит при более высокой степени активации митохондриального пула организма в покое, то должна существовать большая зависимость основного обмена от параметров внешнего дыхания. Наличие достоверной частной корреляции между массой тела и ОГК средней и умеренной силы подтверждает это предположение (табл.3). У девочек нижних квартилей корреляционная связь между массой тела и ОГК кажущаяся. При контроле за переменной длины тела, частные коэффициенты корреляции у девочек нижних квартилей оказываются не достоверными или очень слабыми (табл.3). Отсутствие корреляции позволяет предположить, что необходимый уровень потребления кислорода у девочек лептосомного телосложения может осуществляться за счет гибких связей между параметрами внешнего и тканевого дыхания, которые не требуют согласованных изменений на морфофункциональном уровне. При сравнении

физической подготовленности девочек нижних и верхних квартилей с помощью известных критериев [2], позволяющий проверить гипотезу H_0 о равенстве средних и медиан, установлено, что девочки нижних квартилей достоверно превосходят своих сверстниц по ряду двигательных тестов.

Таблица 4

Попарные (r) и частные ($r_{12.3}$) коэффициенты корреляции между переменными: масса тела и ОГК у девочек нижних и верхних квартилей

Возраст	Нижний квартиль				Верхний квартиль			
	r	p	$r_{12.3}$	p	r	p	$r_{12.3}$	p
7 лет*	0,514	< 0,01	0,169	$p = ,037$	0,795	< 0,01	0,583	< 0,01
8 лет*	0,585	< 0,01	0,155	$p = ,095$	0,843	< 0,01	0,654	< 0,01
8 лет	0,262	$p = ,064$	0,030	$p = ,837$	0,597	<0,001	0,446	$p = ,001$
9 лет	0,315	$p = ,134$	0,274	$p = ,206$	0,830	<0,001	0,437	$p = ,042$

ВЫВОДЫ

1. Результаты нашего исследования показали, что для массовых обследований школьников в рамках мониторинга целесообразно использовать в качестве разделительного признака для выделения крайних конституциональных вариантов, статистики весо-ростового индекса, в частности значения 25 и 75 процентилей, которые четко показывают различия в характере распределения тотальных размеров тела у представителей лептосомного и эуризомного телосложения.

2. У девочек верхних и нижних квартилей характер взаимосвязей между массой тела и ОГК при исключении влияния третьей переменной – длины тела, обусловлен особенностью функционирования системы транспорта кислорода в покое.

3. Девочки нижнего квартиля (лептосомы) оказались более адаптивными к физическим нагрузкам. В этой связи интересно мнение Е.Н.Хрисанфовой [11] об астеноидном типе как эволюционно прогрессивном и социально более адапбельном.

4. Преимущество астеноидного типа может быть связано либо с большей устойчивостью к действию экзогенных факторов г. Череповца, либо с большим соответствием типологических особенностей развития этих девочек реальным возможностям системы физического воспитания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бунак В.П. Антропометрия. Практический курс: Пособие для университетов. М., ГУПИ Наркомпроса РСФСР, 1941.

2. Вуколов В.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию. Операции по использованию пакетов. М.,Формум,2004.
3. Гельман В.Я. Решение математических задач средствами Excel. Практикум. Питер,СПб, 2003.
4. Изаак С.И., Панасюк Т.В., Тамбовцева Р.В. Физическое развитие и биоэнергетика мышечной деятельности школьников. Монография. М., Изд-во ОРАГС, 2005.
5. Корниенко И.А., Тамбовцева Р.В, Панасюк Т.В. Изменение компонентов массы тела и телосложения у мальчиков 7–17 лет. Морфология, 2003, т.123, вып.1, с.76–79.
6. Малиновский А.А. Элементарные корреляции и изменчивость человеческого организма. Труды ин-та цитологии, гистологии и эмбриологии, 1948, т.2, вып.2, с.26–32.
7. Сонькин В.Д., Корниенко И.А., Тамбовцева Р.В. Основные закономерности и типологические особенности роста и физического развития. Физиология развития ребенка: теоретические и прикладные аспекты. М, Образование от А до Я, 2000, с.31–59.
8. Тамбовцева Р.В., Жукова С.Г. Возрастные изменения соматотипа и компонентов массы тела девочек. Морфология, 2005, т.127, вып.1, с.48–51.
9. Фарбер Д.А., Корниенко И.А., Сонькин В.Д.. Физиология школьника. М., Педагогика, 1990.
10. Штефко В.Г., Островский А.Д. Схема клинической диагностики конституциональных признаков. М.,Л., Биомедгиз, 1928.
11. Хрисанфова Е.Н. Конституция и биохимическая индивидуальность человека. М., Изд-во МГУ, 1990.
12. Ямпольская Ю.А. Физическое развитие школьников – жителей крупного мегаполиса в последнее десятилетие: состояние, тенденции, прогноз: Автореф. дис. ... д–ра биол.наук. М., 2000.
13. Carter J.E.L. The Health – Carter somatotype method. San Diego, San Diego State Univ., 1980.

ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И СТАТУСА ПИТАНИЯ КОМИ-ПЕРМЯКОВ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

А.И.Козлов^{*1,2}, Г.Г.Вершубская¹, Ю.А.Атеева², Д.В.Лисицын¹

¹ – Институт возрастной физиологии РАО (Москва);

² – Пермский государственный педагогический университет

Обследованы учащиеся городских и сельских школ Коми-Пермяцкого АО – 2447 человек. Показано, что выраженность длительных (столетних) изменений антропометрических показателей коми-пермяков по направленности и интенсивности соответствует секулярному тренду, характерному для большинства популяций России и Европы. В последние 10–15 лет доля детей с избыточной массой тела и ожирением нарастает и в сельских, и в городских группах коми-пермяков. В целом доля детей с отклонениями в статусе питания невелика (в 2009 году – около 17%).

Ключевые слова: антропометрия; индекс массы тела; физическое развитие; избыточное питание; недостаточное питание; секулярный тренд; акселерация.

Pupils of city and village schools of Komi-Perm region (2447 children) were studied. Manifestation of long-term (100-year) changes of anthropometric parameters of Komi-Perm schoolchildren was shown to correspond in intensity and direction to the secular trend typical of most populations of Russia and Europe. Over the last 10–15 years, percentage of overweight and obese children has increased both in village and city population of Komi-Perm region. In general the percentage of children with abnormal nutritional status is not high (about 17% in 2009).

Key words: anthropometry; body weight index; physical development; overeating; malnutrition; secular trend; acceleration.

Долговременные изменения антропометрических характеристик (секулярный тренд) в группах этнических меньшинств России изучены неравномерно. Не проводится в последние десятилетия и регулярного мониторинга статуса питания и уровня физического развития детей различных регионов РФ. Фрагментарность информации и несогласованность подходов и критериев приводят к разногласиям в оценке ситуации. Так, в резолюции XII Конгресса педиатров России (февраль 2008) указывается, что за последние 10 лет число детей с нормальным весом снизилось среди мальчиков на 16,9%, девочек – на 13,9%. Это заявление, однако, плохо согласуется с результатами обследований детского населения. Так, если в 1998 году только дефицит массы отмечался у 27–30% детей [1], то, учитывая 14–17-процентный прирост числа детей с отклонениями в массе тела, в наши дни доля детей с отклонениями в статусе питания должна была бы приблизиться к 40 процентам. Но из доклада директора НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков В.Р.Кучмы (сентябрь 2008) следует, что процент детей с отклоне-

Контакты: * А.И.Козлов зав.лабораторией

ниями в массе тела варьирует в разных регионах в пределах 20–25%, то есть в целом остаётся неизменным (хотя структура нарушений и изменилась).

Учитывая сказанное, очевидна задача проведения исследований в области физического развития и статуса питания детей разных этнических групп Российской Федерации.

В предлагаемой работе рассматривается динамика антропометрических показателей в одной из групп финно-угорских народов РФ: коми-пермяков. Согласно переписи 2002 года, общая численность коми-пермяков, проживающих преимущественно на территории Коми-Пермяцкого АО (ныне вошедшего в состав Пермского края), составляет 125235 человек. Коми-пермяки – единственная группа финно-угров России, доля которой в населении «титального» округа (59%) превышает процент представителей других национальностей. Центром компактного проживания коми-пермяков является Кудымкарский район КПАО, в котором проводились наши обследования. Доля коми-пермяков в выборках школьников в 2009 году составила в городе 81%, и 94% в сёлах. Выборки русских детей в данный анализ не включены из-за малочисленности.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Характеристики детей 7–16 лет получены в ходе проведённых в 1994, 1998 и 2009 гг обследований учащихся сельских школ населённых пунктов Белооево и Верх-Иньва Кудымкарского р-на КПАО, а также школ административного центра округа – г.Кудымкара (обследования 1994 и 2009 гг). Обследования проводились в рамках плановых медицинских осмотров по согласованию с администрацией округа и с соблюдением процедуры «информированного согласия» обследуемых и/или их родителей/учителей. Антропометрические процедуры проводились по стандартной методике.

Общее число обследованных, включенных в данный анализ – 2447 человек. Объём выборки, представляющих различные когорты обследованных, представлен в таблице 1.

Предварительная обработка материалов показала, что выборки сельских школьников 1994 и 1998 годов имеют лишь случайные различия, не достигающие

Таблица 1

Объём обследованных выборок коми-пермяков школьного возраста

Когорта обследования	Социальная группа	Численность выборок (чел.)		
		Мальчики	Девочки	Всего
1994 год	Горожане	149	165	314
	Сельские жители	361	431	792
1998 год	Сельские жители	170	128	298
2009 год	Горожане	287	276	563
	Сельские жители	255	225	480

пятипроцентного уровня значимости. Поэтому дальнейший анализ межкогортных различий антропометрических показателей деревенских детей проводился путём сравнения объединённой группы 1990-х годов с выборкой 2009 года.

Оценка статуса питания детей выборок 1990-х и 2009 гг проводилась по критериям Всемирной организации здравоохранения с использованием характеристик референтной выборки, рекомендованной в качестве международного стандарта. Для выявления детей с избыточной массой тела и ожирением использовался индекс массы тела (ИМТ = масса тела [кг]/длина тела [м]²) с учетом возраст-но-половых нормативов, эквивалентных критериям избыточной массы тела (25–29,9 кг/м²) и ожирения (30 кг/м² и выше) у индивидов 19 лет и старше [8, 9]. За критерий недостаточной массы тела принято отставание значений ИМТ от нормативов ВОЗ на 2 и более сигмальных отклонения (–2SD).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Антропометрические характеристики сельских детей коми-пермяков, объединённых в выборку 1994–98 гг, опубликованы ранее [7]. В настоящей статье мы приводим только данные о массе, длине тела и обхватах грудной клетки обследованных в 1994 году городских школьников (Таблица 2), и детях города и села когорты 2009 года (Таблицы 3, 4).

Таблица 2

Объём обследованных выборок коми-пермяков школьного возраста

Пол	Возраст (годы)	N	Масса тела (кг)		Длина тела (мм)		ОГК (мм)	
			М	SD	М	SD	М	SD
Мужской	7	15	23,19	2,03	1217,3	32,9	587,7	11,4
	8	33	25,33	3,18	1263,4	53,2	607,5	26,0
	9	18	28,71	4,79	1330,8	63,6	632,5	44,6
	10	16	28,23	2,28	1351,6	39,3	629,3	24,0
	11	17	33,94	5,61	1415,2	55,9	668,9	42,6
	12	18	34,44	4,77	1442,6	56,6	665,2	37,4
	13	19	36,26	5,41	1486,8	82,8	688,8	34,9
	14	11	43,34	5,95	1568,6	83,1	731,6	46,2
	15	2	48,45	7,85	1594,0	84,0	772,0	54,0
Женский	7	23	22,75	3,43	1204,1	53,0	575,9	31,5
	8	31	22,83	2,80	1230,4	50,8	578,2	28,6
	9	20	26,89	4,44	1296,7	56,1	614,1	40,6
	10	23	31,10	5,36	1362,8	56,6	648,0	44,8
	11	21	30,33	3,80	1384,3	57,4	636,9	28,7
	12	14	36,93	8,20	1458,9	50,9	684,9	66,2
	13	29	41,67	7,21	7,21	67,7	713,9	46,4
	14	2	41,35	7,85	7,85	34,5	735,0	80,0
	15	2	53,00	3,30	3,30	52,5	789,0	9,0

Длина тела и сельских, и городских детей 2009 года не отличается от показателей сверстников 1990-х. Тенденцию к увеличению за 10–15 лет проявила масса тела детей, хотя достоверны (на уровне пятипроцентной значимости) межкогортные различия лишь в отдельных возрастных группах. В сельских выборках это мальчики 10 и 13 лет, девочки 12 и 15 лет. Городские мальчики обгоняют по массе тела сверстников 15-летней давности, начиная с 12-летнего возраста ($p < 0,05$ в 13 лет); у девочек-горожанок тенденция к превышению массы тела 2009 года прослеживается во всех возрастных группах ($p < 0,05$ в 12 лет).

Увеличение массы тела при его стабильной длине отразилось в значениях индекса массы тела (ИМТ): по этому показателю представители и сельских, и городских выборок 2009 года стали заметно превосходить сверстников прежних лет обследования. На уровень пятипроцентной достоверности выходят различия между когортами городских школьников-мальчиков 13 и 14 лет, девочек 10–12 лет. В сельских выборках достоверны межкогортные различия значений ИМТ в мужских выборках 10 и 13 лет, женских – 9–12 и 15 лет (рис. 1).

Распределение детей по группам согласно статусу питания приведено в Таблице 5. Во всех возрастно-половых группах средние значения индекса массы тела не выходят за пределы двух стандартных отклонений ($\pm 2SD$) референтных показателей ВОЗ, то есть все обследованные выборки относятся к категории «удовлетворительных» по состоянию питания.

Материалом для оценки вековых изменений физического развития коми-пермяцких детей послужили результаты трехлетнего (1892–94 годы) обследования 6134 сельских школьников бывшего Чердынского уезда Пермской губернии, включавшего территорию современного Коми-Пермяцкого АО [5]. На графиках Рисунка 2 представлены результаты сравнения антропометрических показателей этих детей с сельскими коми-пермяками 1994 года. Данными о массе тела детей коми-пермяков конца XIX века мы не располагаем, но сравнение значений длины тела и обхвата грудной клетки даёт интересные результаты.

За столетний промежуток длина тела коми-пермяцких детей существенно увеличилась. У представителей младших возрастов (7–9 лет) она возросла примерно на 3%, а у 16-летних юношей – на целых 14% (20,3 см). Однако межкогортные изменения длины тела и обхвата грудной клетки не скоординированы. Только к 12–13 годам коми-пермяки наших дней «догоняют» своих предков по окружности груди (в 13-летнем возрасте ОГК обследованных в 1994 году мальчиков всего на 1% больше, чем у детей конца XIX века), и лишь с 14 лет начинают их заметно превосходить. В 14-летнем возрасте разница достигает 5,3%, в 16 лет – 11,7% ОГК детей 1894 года. То же касается девочек: современные сельские коми-пермячки по значениям окружности грудной клетки начинают превосходить сверстниц 100-летней давности только между 11 и 13 годами.

Вероятно, эпохальные различия в обхватах грудной клетки детей обусловлены не только изменениями процессов роста, но и сменой условий жизни. Окружность грудной клетки лишь отчасти определяется объёмом легких индивида; в значительной мере она зависит от степени развития мышечного корсета и подкожной жировой клетчатки. Уровни повседневных («фоновых») физических нагрузок сельских детей

Таблица 3

*Антропометрические характеристики учащихся сельских школ
(коми-пермяки, обследования 2009 года)*

Пол	Возраст (годы)	N	Масса тела (кг)		Длина тела (мм)		ОГК (мм)	
			М	SD	М	SD	М	SD
Мужской	7	6	24,30	1,81	1219,0	16,7	608,8	21,5
	8	20	24,93	3,79	1237,4	46,2	610,8	35,7
	9	22	27,65	4,25	1297,2	63,0	632,2	35,0
	10	28	32,47*	4,80	1355,8	46,5	668,6*	42,7
	11	26	32,62	6,01	1386,3	59,9	675,7	50,7
	12	21	37,24	6,13	1436,3	76,9	713,4*	52,8
	13	35	40,31*	7,05	1491,2	74,5	732,9*	50,7
	14	32	49,69	10,3	1586,6	85,6	797,8*	65,1
	15	30	52,00	9,71	1628,6	79,6	805,6	60,4
	16	19	58,63	7,35	1675,7	76,2	862,8	54,8
	17	11	62,46	11,4	1717,0	55,6	881,2	66,5
18	5	70,36	6,74	1737,4	80,0	917,8	31,6	
Женский	7	16	22,04	2,25	1206,9	44,1	572,5	26,2
	8	24	24,00	3,99	1239,2	53,8	590,6	29,5
	9	13	26,98	3,35	1276,3	54,7	619,1	35,2
	10	23	30,80	6,37	1345,4	59,8	652,0	51,7
	11	20	32,55	5,62	1370,0	77,4	660,5	45,3
	12	25	38,81*	7,55	1454,4	63,2	713,6*	47,9
	13	21	41,63	5,97	1511,3	60,5	740,7	44,7
	14	22	45,75	6,25	1542,3	43,6	769,3	57,2
	15	26	53,51*	8,53	1589,7*	63,2	807,0	49,6
	16	23	55,47	7,92	1603,4	49,7	819,0	52,2
	17	7	54,63	8,39	1599,0	82,4	783,3	66,9
18	5	52,42	5,42	1581,2	41,1	823,4	35,3	

Примечания: * – достоверны отличия от когорты 1990-х годов ($p < 0,05$)

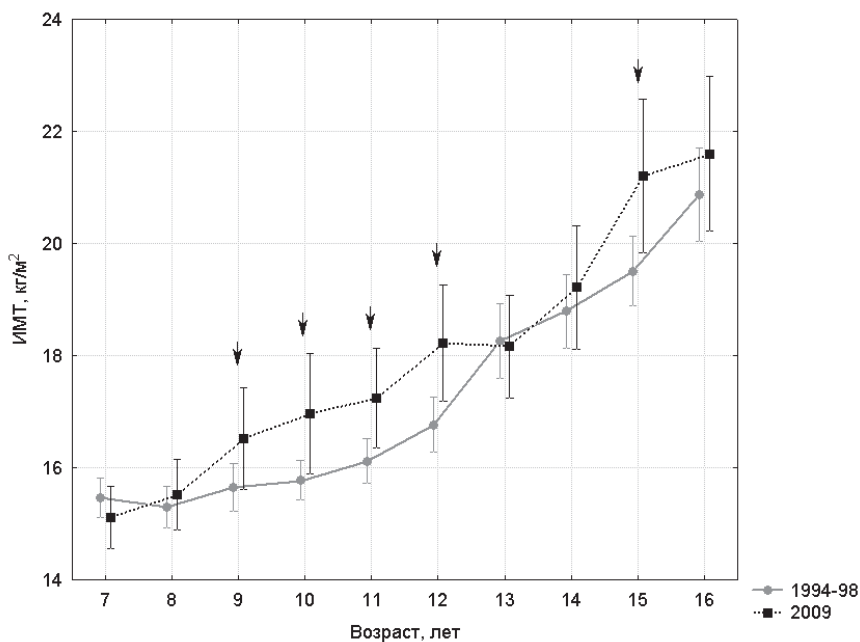


Рис.1. Возрастные изменения индекса массы тела (ИМТ) в выборках сельских коми-пермяков 1990-х и 2009 годов (девочки)

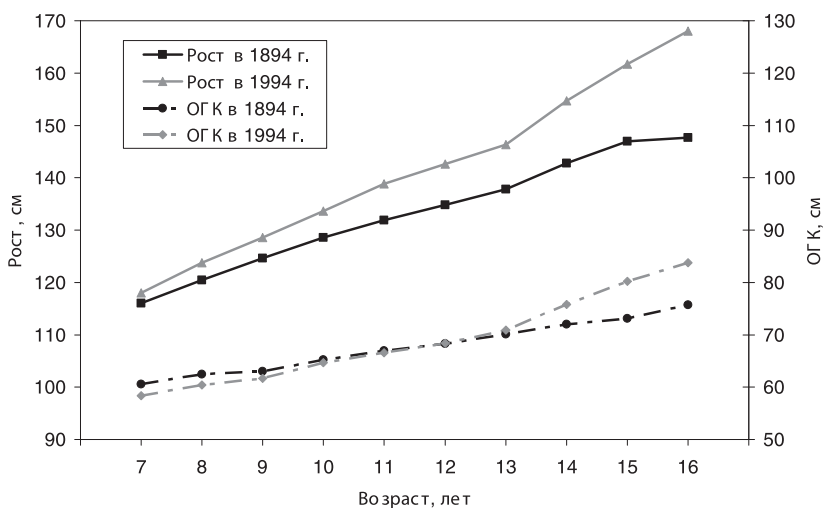


Рис. 2. Длина тела и обхват грудной клетки коми-пермяков когорт обследования 1894 и 1994 годов (мальчики, село)

Таблица 4

*Антропометрические характеристики учащихся городских школ
(коми-пермяки, обследования 2009 года)*

Пол	Возраст (годы)	N	Масса тела (кг)		Длина тела (мм)		ОГК (мм)	
			М	SD	М	SD	М	SD
Мужской	7	6	22,98	1,24	1219,3	17,0	593,7	15,2
	8	27	25,39	4,29	1274,0	57,6	612,7	39,2
	9	31	28,00	3,57	1313,8	47,8	632,2	25,5
	10	31	29,62	4,98	1342,5	64,9	646,7	45,8
	11	26	33,14	5,05	1398,1	66,9	671,2	42,2
	12	31	37,74	7,60	1451,0	66,6	703,2*	60,7
	13	23	42,52*	8,24	1526,9	97,2	731,4	68,0
	14	34	48,19	8,82	1577,6	85,5	777,4*	61,6
	15	45	52,68	8,34	1669,4	79,6	796,2	55,6
	16	26	60,40	7,00	1711,3	63,1	864,0	52,2
	17	4	63,25	8,41	1781,5	62,1	885,8	50,7
18	3	61,90	9,34	1751,0	31,6	864,0	85,4	
Женский	7	10	24,08	3,57	1244,0	46,0	586,0	31,3
	8	21	25,46	6,02	1246,2	66,6	602,5	57,6
	9	37	28,09	4,43	1310,4	49,8	626,4	44,3
	10	24	32,68	6,42	1373,0	75,3	660,8	59,8
	11	26	34,57	5,66	1417,5	64,6	679,2	51,4
	12	26	39,37*	6,82	1486,0	72,4	720,6*	48,9
	13	20	41,82	7,98	1523,7	63,6	741,4	55,3
	14	24	45,94	7,14	1573,5	65,6	763,0	54,6
	15	45	50,56	8,07	1585,9	50,3	789,3	53,7
	16	27	49,92	6,99	1604,8	61,3	792,2	43,1
	17	15	56,06	6,65	1646,9	51,3	823,2	36,3
18	1	72,00	–	1601,0	–	910,0	–	

Примечания:* – достоверны отличия от когорты 1994 года ($p < 0,05$)

*Характеристика статуса питания детей коми-пермяков школьного возраста,
(согласно критериям ВОЗ, в процентах)*

Социальная группа	Год обследования	Характеристика статуса питания				
		Дефицит массы	Отставание по массе	Норма	Избыток массы	Ожирение
Жители села	1994	0,1	3,2	92,7	3,4	0,6
	1998	0,7	2,7	92,3	4,0	0,3
	2009	0,2	2,0	82,8	11,7	3,3
Горожане	1994	1,3	3,2	88,6	6,3	0,6
	2009	0,2	3,1	84,1	9,1	3,5

XIX века, с раннего возраста привлекавшихся к выполнению работ по хозяйству, были несравнимо выше, чем у современных детей и подростков. Еще в первой четверти XX века в таком тяжелом крестьянском труде, как пахота, регулярно участвовало 7% девятилетних сельских детей, в 11-летнем возрасте на пашне работала уже половина, а в 14 лет – 82% детей крестьян [4]. Быстро растущие, но физически менее развитые сельские школьники наших дней, даже обгоняя своих предков в длине тела, долгое время не могут сравниться с ними в размерах грудной клетки. Только в период полового созревания, приближаясь к конечным, дефинитивным размерам тела, современные дети обгоняют своих сверстников XIX столетия по одному из важнейших показателей физического развития.

Последние 10–15 лет «не прибавили» коми-пермякам «лишних» сантиметров: как мы видели, длина тела школьников с 1994 по 2009 год достоверно не изменилась. Однако в последние годы обхват грудной клетки у них стал увеличиваться. К сожалению, прирост значений ОГК у коми-пермяков явно коррелирует с нарастанием жирового компонента состава тела: увеличение обхвата грудной клетки современных школьников отражает не столько улучшение их физического развития, сколько нарастание числа детей с избыточной массой. Об этом свидетельствует, во-первых, схожесть межкогортных изменений обхвата грудной клетки и ИМТ, а во-вторых – рост числа детей с избытком массы и ожирением.

По сравнению с 1994-98 гг доля коми-пермяцких детей с отклонениями в статусе питания возросла в 2009 году на 10% в селе и на 4,5% в городе. При этом доля детей с дефицитом и отставанием в массе тела осталась практически неизменной. Она колеблется в пределах 2,2–4,4% – это очень низкие показатели, свидетельствующие о том, что недостаточность питания встречается лишь в единичных случаях. Но вот процент детей с избытком массы тела и ожирением явно нараста-

ет. В сельских выборках доля детей с превышением нормальных значений индекса массы тела (ИМТ) возросла с 4 до 15%, среди горожан – с 6,9 до 12,6 процентов. Число детей с ожирением пока невелико (примерно 3,5% и в селе, и в городе), но 15 лет назад такие дети составляли лишь 0,6% выборок.

ВЫВОДЫ

1. Выраженность длительных (на протяжении столетия) изменений длины тела и обхвата грудной клетки коми-пермяков и по направленности, и по интенсивности соответствует секулярному тренду антропометрических показателей детей школьного возраста большинства популяций России и Европы в целом [6].

2. В последние 10–15 лет доля детей с избыточной массой тела и ожирением нарастает и в сельских, и в городских группах коми-пермяков. Однако темпы этих изменений значительно ниже, чем в развитых (США) и активно развивающихся в экономическом отношении странах (Бразилия) [3].

3. Доля детей с отклонениями в статусе питания в популяции коми-пермяков сравнительно невелика (в 2009 году она составила около 17%, что практически совпадает с общероссийскими показателями 1998 года [3]). Не высоко число детей с отклонениями в статусе питания среди коми-пермяков и по сравнению с представителями других финно-угорских народов России [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зелинская Д.И., Ладодо К.С., Конь И.Я. Организация питания детей в Российской Федерации: проблемы и пути решения. // Росс. вестн. перинатол. педиатр. – 1998. – 6. – С. 6–9.

2. Козлов А.И., Вершубская Г.Г., Лисицын Д.В. Долговременные изменения антропометрических показателей детей в некоторых этнических группах РФ. // Педиатрия (журнал им.Г.Н.Сперанского). – 2009. – 2 (в печати).

3. Максимова Т.М. Социальный градиент в формировании здоровья населения. – М.: ПЕР СЭ, 2005. – 240 с.

4. Смирнов С.М. Материалы по физическому развитию коми детей и подростков. // Записки О-ва изучения Коми края. – 1929. – 3. – С. 67–92.

5. Смородинцева А.И., Русских Н.А. Физическая организация школьных детей Пермской губернии: антропометрические материалы. – Екатеринбург: Тип. газ. «Урал», 1897. – 255 с.

6. Bodzsó E.B., Susanne C. (eds.). Secular growth changes in Europe. – Budapest: Eötvös University Press, 1998. – 381 p.

7. Kozlov A., Vershubsky G., Kozlova M. Indigenous peoples of Northern Russia: Anthropology and health. – Oulu: Intern. Assoc. Circumpol. Health Publ. (Circumpolar Health Supplements, 1), 2007. – 184 p.

8. Onis M. de, Onyango A.W., Borghi E., et al. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. // Bull. WHO. – 2007. – 85. – P.660–667.

9. Sullivan K.M., Gorstein J. ANTHRO software for calculating anthropometry, Version 1.02, Y2K Compliant. – Geneva: WHO, Centres for Disease Control and Prevention, 1999. – 6 pp.

**ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ РАЗМЕРОВ
ТЕЛА НОВОРОЖДЕННЫХ:
НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ И «НЕРЕШЕННЫЕ ГОЛОВЛОМКИ»
СООБЩЕНИЕ I:
ВКЛАД МОРФОЛОГИИ, АНТРОПОЛОГИИ И ГЕНЕТИКИ**

Г.Г.Вершубская¹, А.И.Козлов²

Институт возрастной физиологии РАО (Москва)

Обзор. Рассмотрены основные подходы к изучению размеров новорожденных, реализованные в рамках анатомических, антропологических и генетических исследований. Показан вклад каждого из научных направлений в изучение причин и закономерностей вариации размеров тела человека при рождении. Библ.36.

Ключевые слова: размеры тела при рождении; размеры таза; этнические различия; адаптивная норма; эволюционная морфология; неонатология.

The study analyzed the main approaches to the body size of the newborns implemented in anatomical, anthropological and genetic investigations. Contribution of each scientific area to the study of the causes and regularities of the variations in the body size of humans at birth was shown.

Key words: body size at birth; size of pelvis; ethnic differences; adaptive norm; evolution morphology; neonatology.

В предлагаемом обзоре рассматривается взаимовлияние смежных научных дисциплин при разработке одной объектной области.

Мы не ставили задачи развёрнутого обзора публикаций по морфологии новорожденного. Нашей целью был анализ идей, положенных в основу подходов представителей разных научных школ. Соответственно, в работе упомянуты лишь наиболее «знаковые» публикации. По необходимости нам пришлось структурировать материал с определенной долей условности, сгруппировав анализируемые подходы согласно их «формальной» принадлежности. Работы морфологической, генетической, эволюционной, экологической и социологической направленности кратко рассмотрены в отдельных разделах. В завершающей части мы рассматриваем вопрос о важности формирования общебиологического («синтетического») подхода к анализу размеров новорожденных.

ВКЛАД МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования нормальной изменчивости размеров тела новорожденных долгое время представляли самостоятельную ветвь возрастной морфологии. Лишь постепенно они стали смыкаться с изучением строения организма матери, в частности, анатомии женского таза.

Контакты: ¹ Г.Г.Вершубская

² А.И.Козлов

Об отличиях в строении таза человека от других приматов упоминали ещё морфологи дарвиновского периода. «Таз, или костяной пояс в нижней части туловища, составляет поразительную, так сказать человеческую, особенность скелета человека», – писал в середине XIX века Т.Гексли [4, с.92]. Однако подобные пассажи оставались лишь констатациями, мало что дающими для понимания функций системы родовых путей. Подходы к изучению строения таза человека стали меняться с развитием функциональной анатомии.

В середине XX века было показано, что связанная с осложнениями в родах детская смертность возрастает при отклонении акушерских размеров таза женщины от средних для данной этнической группы [35]. Поскольку оценка размеров таза беременной важна для выбора тактики ведения родов и выявления факторов риска развития осложнений, акушеры обратили внимание на межрасовые и межэтнические различия. Эти исследования показали, что размеры таза женщин различных групп существенно варьируют [17, 28]. Но вопрос о соответствии антропометрических характеристик матери и новорожденного долгое время оставался открытым [5, 21]. Прояснить его удалось лишь в 1980-х годах. Было установлено, что средние значения массы тела при рождении связаны с абсолютными размерами материнского таза, а длина тела новорожденного и обхваты его груди и головки теснее сопряжены с пропорциями тела матери – отношению размеров таза к длине тела [6, 8].

Однако изучение размеров тела новорожденных разных этнических групп проводилось по большей части в рамках программ по разработке критериев оценки физического развития и статуса питания младенцев. В 1994 году Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) инициировала исследовательскую программу с целью создания международных стандартов роста для детей от 0 до 5 лет, включая новорожденных [31]. Изучив огромные по объему выборки из шести стран (Бразилия, Гана, Индия, Норвегия, Оман и США), специалисты пришли к выводу, что в раннем возрасте дети растут практически одинаково, если их потребности удовлетворяются [32]. Это значит, что межрасовые и межэтнические различия в размерах тела малы и при популяционной оценке статуса питания и физического развития новорожденных их можно не учитывать. Но это вовсе не означает отсутствия различий в длине и массе тела при рождении здоровых детей различных групп населения планеты.

Известно, что средняя масса заирских пигмеев племени эфе при рождении составляет всего 2,7 кг [18]. Пигмеи отличаются крайним своеобразием эндокринной регуляции ростовых процессов, так что присущая им экстремально малая масса тела при рождении может рассматриваться как некий «краевой вариант» изменчивости признака, характерного для биологического вида *H.sapiens*.

Изучение даже сравнительно небольшой выборки (2069 младенцев разных этнических групп населения США) выявило межгрупповые различия по антропометрическим характеристикам [33]. Существование межэтнических различий подтвердили данные массовых обследований. Так, изучение материалов 18631 родов университетской клиники г.Чарлстон (штат Ю.Каролина, США) за 1981-89 гг. показало, что масса тела младенцев афроамериканского происхожде-

ния в среднем на 214 г меньше, чем у евроамериканцев, причем различия в массе тела при рождении в зависимости от расовой принадлежности сохранялись после «выравнивания» групп по социальным параметрам и наличию осложнений беременности [24]. Исследование выборок с территории России [7] также подтверждает наличие межэтнической и межрасовой вариабельности размеров тела здоровых доношенных новорожденных.

Две линии морфологических исследований (анализ межгрупповой изменчивости размеров тела при рождении и изучение связи размеров таза матери и тела ребёнка) стали смыкаться лишь в последние десятилетия XX века. Изучение представителей различных этнических и расовых групп населения бывшего СССР показало, что корреляции между размерами материнского таза и антропометрическими показателями новорожденного сохраняются вне зависимости от популяционной принадлежности обследуемых [7, 8].

Понимание того факта, что размеры тела, достигнутые плодом к началу родов, во многом определяются «пренатальной окружающей средой», то есть размерами матки матери, стало важным этапом в развитии неонатологии. Если генетически крупный ребенок развивается в матке небольшой женщины, успешным родам будут способствовать механизмы, замедляющие развитие плода [25]. Это значит, что размеры таза женщины оказываются существенным фактором, влияющим на размер новорожденного.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ АНТРОПОМЕТРИИ НОВОРОЖДЕННОГО

Наличие межэтнических различий в размерах тела новорожденных наводит на мысль о существовании некоей генетической детерминанты, определяющей массу, длину и другие размеры тела ребёнка при рождении. Ещё в XIX веке антрополог Буден утверждал: «рост [т.е. длина тела – авт.] есть дело наследственности» (цит. по: [13]). Исследования антропологов и генетиков середины XX века дали обширный материал относительно наследственной регуляции размеров тела человека (обзор: [20]), и «генетическая концепция» на несколько десятилетий сделалась доминирующей. Высокую степень наследования (0,54–0,55) проявляют размеры таза, в частности, тазо-гребневой диаметр [26]. Косвенным образом наследование размеров и пропорций таза может влиять и на размеры ребенка при рождении: у *Homo sapiens* размеры таза матери во многом определяют и размеры новорожденного.

Исследования последних десятилетий XX века подтвердили, что генетический контроль оказывает действие на протяжении всего периода роста человека, в том числе, в ходе внутриутробного развития. Элиминация выраженных фенотипических отклонений обеспечивает сохранение и передачу по наследству наиболее приспособленных генотипов. Наличие стабилизирующего отбора по массе тела новорожденных показано многими исследованиями [1, 9, 34]. В одной из первых таких работ [27] вероятность гибели младенцев, родившихся с массой тела от 3,0 до 4,5 кг, была принята равной единице. При массе тела 2,5–3,0 кг вероятность гибели в течение первого месяца жизни оказалась выше в два раза, при

1,5–2 кг – в 33 раза, а при 1,0–1,49 кг – в 86 раз. Новорожденные, антропометрические характеристики которых существенно отличаются (как в меньшую, так и в большую сторону) от средних для популяции значений (называемых адаптивной нормой), подвержены большому риску развития заболеваний и смерти по сравнению с теми, чьи показатели близки к средним величинам. Это подтверждено для таких разных нозологических форм, как сепсис, пневмония, гипотрофия, анемия, желтуха новорожденных, постгипоксическая энцефалопатия, гнойные заболевания, экссудативный диатез, пороки развития, лейкозы (обзор: [1]).

Как бы ни был высок уровень развития медицины, смертность детей первого года жизни не может быть ликвидирована полностью. Даже у современного человека ранние этапы индивидуального развития (как внутриутробного, так и постэмбрионального) остаются важным полем деятельности естественного отбора [9]. Вероятно, что достигнутые к настоящему времени в Финляндии, Японии и Швеции показатели младенческой смертности (около 5 промилле) близки к биологическому пределу, отчасти определяющемуся генетическими факторами. В ходе естественного отбора «отбраковываются» гены, снижающие неспецифическую устойчивость развивающегося организма. Таким образом контролируется изменчивость целого комплекса скоррелированных антропометрических признаков.

ВКЛАД ДАННЫХ ЭВОЛЮЦИОННОЙ АНТРОПОЛОГИИ

Видоспецифичные особенности роста и развития плода человека тесно связаны с особенностями локомоции *H.sapiens*. Приматы освоили двуногий способ передвижения в промежутке от 10 до 8–7 млн. лет назад, но причины перехода к бипедии и биологические (в том числе биомеханические) механизмы, лежавшие в основе этого эволюционного преобразования, во многом не ясны (обзоры: [3, 10, 22]). В любом случае, освоение бипедии потребовало от изначально четвероногого млекопитающего значительных анатомических модификаций, в том числе в строении таза. Таз прямоходящих существ должен выдерживать существенно большую нагрузку, чем у четвероногих. У гоминид он превратился в опору для позвоночника, укоротился и приобрёл в целом более шарообразную форму.

С точки зрения биомеханики, оптимизации двуногой походки способствует максимальное сближение головок бедренных костей. Но двуногие приматы вынуждены были «соблюдать баланс» между двумя противоположными эволюционными стратегиями: энцефализацией и совершенствованием двуногой ходьбы [12]. Этап антропогенеза, связанный с совершенствованием ортоградного положения тела гоминид при одновременном увеличении объёма их черепной коробки, сопровождался выраженными изменениями биомеханики родового процесса: он существенно усложнился по сравнению с характерным для других млекопитающих [2]. Внутренние размеры малого таза женщины слишком малы относительно неконфигурированной головки плода. Но даже конфигурация (изменение формы головки ребенка в ходе родов, характерная только для человека) неспособна обеспечить безопасное прохождение плода по родовым путям. В ходе эволюции гоминид потребовалось возникновение целого комплекса биомеханических адаптаций, способствующих родоразрешению. Помимо уже упомянутой

конфигурации головки, это поворот плода на 45–90 градусов вокруг продольной оси в процессе продвижения по родовому каналу, релаксация (размягчение) тканей родового канала, тазового дна и соединений костей таза матери и т.п.

Необходимость рождения крупного плода с одной стороны, и совершенствование двуногой ходьбы с другой, привело в ходе филогенеза группы прямоходящих приматов к стабилизации средних размеров таза. Форма и пропорции таза человека (особенно женского таза), по сравнению с другими отделами скелета, проявляют меньшую изменчивость даже при воздействии таких мощных стрессоров, как недостаток пищи [30].

Эволюционная «стабилизация» размеров и пропорций таза у человека вызвала необходимость перестройки комплекса механизмов, инициирующих родовой акт, с тем, чтобы обеспечить прохождение плода по родовым путям до того момента, пока он не приобрёл слишком большие размеры относительно материнского таза. Эволюционным «решением» этой проблемы стало относительное сокращение срока беременности. Согласно расчётам F.Kovaжс [29], вынашивание беременности у человека должно было бы длиться 18–20 месяцев, чтобы к моменту родов плод достиг степени развития, близкой к той, что наблюдается у человекообразных обезьян. Другие авторы дают более «мягкую» оценку – до 11–12 месяцев [23]. Так или иначе, мы согласны с несколько афористичным высказыванием F.Kovaжс [23, с.342]: «Внутриутробное развитие человека разделено: его первая фаза протекает в матке, вторая после рождения».

Перестройка столь сложного и комплексного механизма, как роды, неминуемо должна была сопровождаться изменениями гормональной регуляции. Вопрос о возможных различиях эндокринной регуляции *Homo sapiens* и его предковых форм – как древних, так и относительно недавних – затрагивался в антропологической литературе неоднократно (обзоры: [12, 15]). Большое внимание уделялось и проблеме эндокринной обусловленности начала родов у человека после сравнительно небольшого срока вынашивания беременности. Для нашей темы особую важность представляет анализ подходов, сложившихся в первой половине XX века. Пожалуй, наибольшую известность приобрела гипотеза нидерландского антрополога Л.Болька [19]. По мнению автора, «запаздывание», или «ретардация» онтогенеза человека вызывается деятельностью эндокринных желез, задерживающих развитие. Это приводит к подавлению некоторых признаков, что внешне проявляется как «эмбриолизация» – схожесть многих черт организма взрослого человека с эмбрионом человекообразной обезьяны. Антропологи [11, 14, 16] выявили немало слабых сторон в гипотезе Л.Болька, и современной наукой она отвергнута (хотя время от времени «всплывает» в популярных и особенно паранаучных публикациях). Современная точка зрения принципиально отличается от предложенной Л.Больком. Человек не рождается и не остаётся «недоразвитой» обезьяной – прогрессивное развитие и увеличение мозга привело к более раннему началу родового процесса, а необходимый этап развития «перенесён» на ранние стадии постэмбрионального онтогенеза [12, 29, 36]. Однако с точки зрения истории науки гипотеза Л.Болька, несомненно, важна: ей принадлежит особое место как работе, открывшей новое направление – эволюционную эндокринологию.

гию и связанную с ней эволюционную эмбриологию человека. Она дала базу для понимания важнейшего момента: в ходе эволюции гоминид «пусковой механизм» начала родов, в том числе и на гормональном уровне, претерпел изменения, в результате которых роды у человека стали наступать раньше (относительно гестационного возраста плода), чем у других приматов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтухов Ю.П., Курбатова О.Л. Проблема адаптивной нормы в популяциях человека. // Генетика. – 1990. – 26 (4). – С.583–598.
2. Бабкин П.С. Роды и новорожденный: Эволюционные, неврогенные и ятрогенные проблемы. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. – 248 с.
3. Бахолдина В.Ю. Последние находки в Южной и Восточной Африке в связи с проблемой древнейших гоминидных адаптаций. // Вестник антропологии, вып.7. – М.: Старый Сад, 2001. – С.32–36.
4. Гукслей Т.Г. Место человека в царстве животном. – М.: Катков и Ко, 1864. – 182 с.
5. Давыдов В.В. Рост женщин и наружные размеры таза. // Казанск. мед. ж. – 1967. – 2. – С.40–41.
6. Каарма Х.Т. Система антропометрических признаков у женщин. – Таллинн: Валгус, 1981. – 168 с.
7. Козлов А.И., Вершубская Г.Г. Медицинская антропология коренного населения Севера России. – М.: Изд-во МНЭПУ, 1999. – 288 с.
8. Козлов А.И., Чистикина Г.Л., Вершубская Г.Г. Этническая изменчивость акушерских размеров таза. / ред.Г.А.Аксенова. // Женщина в аспекте физической антропологии. – М.: РАН, 1994. – С.110–117.
9. Курбатова О.Л., Ботвиньев О.К., Алтухов Ю.П. Адаптивная норма и стабилизирующий отбор по антропометрическим признакам при рождении. // Генетика. – 1991. – 27 (7). – С.1229–1240.
10. Лавджой К.О. Эволюция выпрямленного способа передвижения у человека. // В мире науки. – 1989. – 1. – С.64–72.
11. Нестурх М.Ф. Происхождение человека. – М.: Наука, 1970. – 439 с.
12. Никитюк Б.А., Козлов А.И. Некоторые спорные представления об антропогенезе в свете представлений о дестабилизирующем отборе и данных современной палеоэндокринологии. // Архив АГЭ. – 1984. – 87 (8). – С.5–14.
13. Ранке И. Физические различия человеческих рас. – С-Петербург, 1902. – 388 с.
14. Рогинский Я.Я. Помолодение в процессе человеческой эволюции (изложение и критика теории Л.Болька). // Антропол. журн. – 1933. – 3. – С.83–103.
15. Хрисанфова Е.Н. Палеоантропологический аспект изучения конституции. // Вопр. антропол. – 1979. – вып.62. – С.3–13.
16. Юровская В.З. Сравнение онтогенеза человека и приматов. / Ред. Б.А.Никитюк, В.П.Чтецов. – Морфология человека. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – С.27–30.
17. Allbrook D. Some problems associated with pelvic form and size in the Ganda of East Africa. // J. Roy. Antr. Inst. Gr. Brit. and Irel. – 1962. – 92 (1). – P.102–114.

18. Bailey R.C. The comparative growth of Efe pygmies and African farmers from birth to age 5 years. // *Ann. Hum. Biol.* – 1991. – 18. – P.113–120.
19. Bolk L. *Das Problem der Menschwerdung.* – Jena: Gustav Fischer, 1926.
20. Carter J.E.L., Heath B.H. *Somatotyping: Development and applications.* – Cambridge: Cambridge University Press, 1990. – 503 pp.
21. Czajca-Narnis D.M., Jung E. Maternal anthropometric measurements in relation to infant measurements. // *Nutr. Res.* – 1986. – 6 (1). – P.3–16.
22. Gibbons A. *The first human: The race to discover our earliest ancestors.* – New York: Anchor Books, 2007. – 303 pp.
23. Harrison G.A., Tanner J.M., Pilbeam D.R., Baker P.T. *Human biology: An introduction to human evolution, variation, growth, and adaptability.* – Oxford, New York, Tokyo: Oxford Univ. Press, 1988. – 568 pp.
24. Hulsey T.C., Levkoff A.H., Alexander G.R., Tompkins M. Differences in black and white infant birth weights: the role of maternal demographic factors and medical complications of pregnancy. // *South. Med. J.* – 1991. – 84 (4). – P.443–446.
25. *Human biology: An evolutionary and biocultural perspective.* /eds. S.Stinson, B.Bogin, R.Huss-Ashmore, D.O'Rourke. – New York: Wiley-Liss, 2000. – 639 pp.
26. Ikoma E., Kanda S., Nakata S. et al. Quantitative genetic analysis of biiliac breadth. // *Amer. J. Phys. Anthropol.* – 1988. – 77 (3). – P.295–301.
27. Karn M.N., Penrose L.S. Birth weight and gestation time in relation to maternal age, parity and infant survival. // *Ann. Eugenics.* – 1951. – 16. – P.147–164.
28. Ko Ying-Kuei, Yuen Lien et al. Measurements of the Chinese female pelvis. // *Chinese Med. J.* – 1957. – 75. P.656–660.
29. Kovács F. Biological interpretation of the nine-month duration of human pregnancy. // *Acta Biol. Acad. Sci. Hung.* – 1960. – 10 (3–4). – P.331–361.
30. Manzi G., Passarello A., Pecorini F., Sperditi A. La forma del canale pelvico come indicatore di stress nutrizionali subiti nel corso dell'accrescimento: valutazioni sperimentali. // *G. Ital. Ostet. e Ginecol.* – 1990. – 12 (12). – P.805–810.
31. Onis M. de, Blüssner M., Borghi E. et al. Methodology for estimating regional and global trends of child malnutrition. // *Intern. J. Epidemiol.* – 2004. – 33. – P.1260–1270.
32. Onis de M., Garza C., Onyango A.W., Martorell R. (eds). *WHO Child Growth Standards.* // *Acta Paediatr. Suppl.* – 2006. – 450. – P.5–101.
33. Schumacher L.B., Pawson I.G. et al. Ethnic variation in the size of infants at birth. // *Amer. J. Hum. Biol.* – 1990. – 2. – P.695–702.
34. Terrenato L., Gravina M.F., Ulizzi L. Natural selection associated with birth weight. 1. Selection intensity and selective death from birth to one month of life. // *Ann. Hum. Genet.* – 1981. – 45. – P.55–63.
35. Zak K. Nekolik poznamek k panvi konzske zeny. // *Gynekologie.* – 1967. – 32 (6–7). – P.521–524.
36. Zeveloff S.I., Boyce M.S. Why human neonates are so altricial. // *Amer. Natur.* – 1982. – 120 (4). – P.537–542.

**ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ РАЗМЕРОВ
ТЕЛА НОВОРОЖДЕННЫХ:
НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ И «НЕРЕШЕННЫЕ ГОЛОВОЛОМКИ»
СООБЩЕНИЕ II:
ВКЛАД ЭКОЛОГИИ И СОЦИОЛОГИИ.
ОЧЕРЕДНОЙ «НОВЫЙ СИНТЕЗ»?**

Г.Г.Вершубская¹, А.И.Козлов²

Институт возрастной физиологии РАО (Москва)

Обзор. Рассмотрены основные подходы к изучению размеров новорожденных, реализованные в рамках экологических и социологических исследований. Показан вклад каждого из научных направлений в изучение причин и закономерностей вариации размеров тела человека при рождении. Делается вывод о том, что современные исследования морфологии новорожденного и его матери должны строиться на междисциплинарной основе и учитывать влияние обширного комплекса медико-биологических, экологических, социальных факторов.

Ключевые слова: размеры тела при рождении; популяционные различия; влияние экологических факторов; влияние социальных факторов; неонатология.

The study analyzed the main approaches to the body size of the newborns implemented in ecological and sociological investigations. Contribution of each scientific area to the study of the causes and regulations of the variations in the body size of humans at birth was shown. It was concluded that modern studies of morphology of the newborns and their mothers should be based on interdisciplinary approach and take into account the influence of a vast complex of medico-biological, ecological and social factors

Key words: body size at birth; population differences; influence of ecological factors; influence of social factors; neonatology.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ

Ещё натуралисты середины XIX века выявили зависимость между тотальными размерами тела млекопитающих и климатическими характеристиками среды их обитания [16]. В XX веке это направление исследований получило развитие на новом уровне, став междисциплинарным и включив методы и подходы экологии, физиологии, биомеханики [14]. Географическая изменчивость размеров тела человека с точки зрения климатических адаптаций изучается с середины XX века [1, 19, 26]. Большинство этих и других исследователей рассматривали климато-экологическую вариацию тотальных размеров тела на примере взрослых представителей различных популяций. Для раскрытия нашей темы следует особо отметить работу D.F.Roberts [27], который расширил рамки и добавил анализ размеров новорожденных. Насколько нам известно, публикация Д.Робертса 1976 года –

Контакты: ¹ Г.Г.Вершубская

² А.И.Козлов

одна из первых обобщающих работ, в которых рассматривается влияние природно-экологических факторов на размеры тела при рождении, в том числе у населения современных индустриально развитых стран.

В целом, учитывая современные данные, принято считать, что на популяционном уровне масса тела при рождении довольно существенно (статистически – со средней степенью выраженности) связана положительной корреляцией с географической широтой проживания группы. Другими словами, новорожденные высокоширотных популяций несколько тяжелее, чем у живущих ближе к экватору [32]. Данные относительно изменчивости длины и массы тела новорожденных различных групп населения планеты в целом совпадают с предсказываемым «правилом Бергмана» увеличением размеров тела у представителей популяций, обитающих в высокоширотных регионах [2].

Другой экологический показатель, влияющий на массу тела при рождении, – высота над уровнем моря [32]. Показано, что средняя масса тела новорожденного снижается на 100 г на каждые 1000 метров увеличения высоты постоянного проживания популяции, причем замедление внутриутробного роста в высокогорье связывают с прямым воздействием гипоксии [15]. Как показали исследования 1980-90-х годов, влияние на рост плода этих факторов тем больше, чем короче исторический срок проживания группы на больших высотах. Темпы внутриутробного роста зависят от степени адаптированности матери: чем больше способность ее физиологических систем к переносу кислорода, тем быстрее развивается плод. Исследователи отмечают, что темпы адаптации к гипоксии у человека (на уровне популяции) замедлены по сравнению с адаптацией к другим факторам среды, в частности, температуре.

Роль исторического срока проживания группы в высокогорье (другими словами – периода адаптации к воздействию гипоксии) показана в работе S.Zamudio et al. [33]. Авторы сопоставили массу тела при рождении в группах горцев с разным сроком проживания на высотах свыше 3000 м над уровнем моря с соответствующим показателем в выборках представителей тех же этнических групп, живущих на равнинах. У индейцев Скалистых гор, переселившихся в высокогорье около 150 лет назад, снижение массы тела у горцев равно в среднем 352 г; у индейцев Анд (длительность проживания в горах 9–12 тыс. лет) – 270 граммам. Минимальны различия в массе тела (72 г) у новорожденных тибетцев, срок проживания которых в высокогорье, по некоторым историческим свидетельствам, достигает 50 тысяч лет.

Помимо «фоновых» экологических характеристик (таких как среднегодовая температура, парциальное давление кислорода), влияние на организм матери и новорожденного оказывают и сезонные изменения окружающей среды. Так, на размеры тела новорожденного влияет сезон родов. Изучение огромных по объему выборок, характеризующих население индустриально развитых стран (от 43 тысяч до почти семнадцати миллионов индивидов в каждой), показало, что масса тела при рождении закономерно колеблется в зависимости от того, в какой период года родился ребенок. Среди новорожденных штата Нью-Йорк (население собственно города Нью-Йорк из анализа исключалось) наименьшей оказалась масса тела рож-

денных в летние месяцы (июнь-август), тогда как родившиеся весной (март-май) отличаются наибольшей массой [28]. Такая же закономерность (минимальная масса при рождении летом, максимальная – весной или зимой) обнаружена в популяциях Гонконга [27], Японии [22, 23], Северной Ирландии [25]. У городского и сельского населения Республики Коми максимальная масса тела при рождении регистрируется в феврале-марте, минимальная – в мае-июле [3]. Единственным известным нам исключением является публикация данных по массе тела итальянских новорожденных, у которых максимальная масса тела зарегистрирована в выборке рождённых летом [18]. В южном полушарии, где годовая сезонность противоположна (зимние месяцы – июль-август), размеры новорожденных варьируют в ином календарном ритме, но сохраняют соответствие солнечной освещённости. Наибольшая масса тела при рождении у новозеландских детей регистрируется в зимние месяцы [29, 30], у австралийских – в весенние [24].

Основным фактором, определяющим сезонные колебания размеров тела новорожденного, большинство авторов считает колебания в выработке витамина D из провитамина под влиянием сезонных изменений ультрафиолетового облучения. Однако не только инсоляция оказывает влияние на размеры тела плода и новорожденного. Сопоставление погодовой динамики длины и массы тела новорожденных г.Москвы с 1870 по 1970 год с уровнем геомагнитной активности Солнца показало, что повышению геомагнитной активности сопутствует снижение размеров тела, а снижению активности Солнца – прирост соматических характеристик новорожденных обоего пола [11]. Наблюдения за соответствующими процессами в группах населения Москвы и Алма-Аты в период 1970-1985 годов [10] показали, что негативная корреляция между уровнем активности Солнца и размерами тела новорожденных одинаково проявляется в популяциях, разделенных большим расстоянием и различающихся по расовому и этническому составу (русские и казахи).

ИЗУЧЕНИЕ РАЗМЕРОВ МАТЕРИ И РЕБЕНКА В СОЦИОЛОГИИ

Специалисты давно поняли, что антропометрические характеристики матери и новорожденного могут применяться в качестве интегрального показателя, отражающего качество жизни популяции (обзор: [31]). Одно из первых исследований по этой теме в нашей стране было предпринято Б.А.Никитюком [9]. Как показывают многочисленные исследования, размеры плода (в первую очередь масса) в решающей степени зависят от статуса питания матери и качества её жизни во время беременности. И то, и другое обуславливается, в свою очередь, социальным положением женщин: чем оно выше, тем больше размеры плода, и наоборот. Кроме того, роженицы, принадлежащие к средней и высшей социальным стратам, имеют большую длину тела, чем матери из низших социальных групп, и уже в силу этого их дети в среднем крупнее [7].

Средняя масса тела при рождении оказалась положительно связана ($r=0,53$) с внутренним валовым продуктом страны [32]. К примеру, новорожденные из Малави (Юго-Восточная Африка), государства с низким доходом на душу населения, отстают от шведских новорожденных того же гестационного возраста в

среднем на 60 г по массе, 0,5 см по длине тела и 0,3 см по окружности головки [20]. Динамика размеров новорожденных России в связи с изменениями социальной и экономической ситуации в стране показана в работах Б.Н.Миронова [6, 7, 8]. Основываясь на данных по динамике длины и массы тела новорожденных Москвы 1916–1957 гг (материалы Б.А.Никитюка [9]), Б.Н.Миронов показал, что длина и масса тела при рождении повышались в периоды улучшения экономической ситуации в стране (в середине 1920-х и второй половине 1930-х годов, а также после окончания Второй мировой войны), и снижались при ухудшении качества жизни (1916–26 годы, период Великой Отечественной войны). В Ленинграде/С-Петербурге длина тела доношенных новорожденных в «предперестроечный» период (1983–85 гг) была максимальной для изучаемого отрезка времени, в следующее десятилетие она снизилась, и лишь с середины 1990-х годов стала медленно нарастать. К данным Б.Н.Миронова [8] относительно годовых изменений размеров тела детей Ленинграда/С-Петербурга 1980–2005 гг близки и показатели изменчивости длины и тела новорожденных Республики Коми [21].

Качество жизни – характеристика, включающая многие составляющие, в том числе питание. Исследования 1970-х годов дали материал, на основании которого эксперты Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) заключили, что «размеры новорожденных... обусловлены прежде всего факторами внешней среды, включая неадекватное питание...» [12, с.22]. Проведенный недавно анализ материалов, характеризующих значительное число различных популяций мира, еще раз показал, что масса тела при рождении явственно связана с качеством питания [32].

РАЗМЕРЫ ТЕЛА НОВОРОЖДЕННЫХ И ИХ МАТЕРЕЙ: ОЧЕРЕДНОЙ НОВЫЙ СИНТЕЗ?

В силу очевидных причин медицинские исследования традиционно характеризуются прикладной направленностью. Это тривиальное заявление, однако, важно с точки зрения истории и методологии науки: специалисты давно заметили, что чрезмерная заинтересованность в прикладных проблемах безотносительно к их связи с существующим знанием может задержать научное развитие [4]. Именно такая ситуация сложилась в неонатологии, области, пограничной между возрастной морфологией, физиологией и акушерством.

На протяжении столетий размеры тела новорожденных интересовали прежде всего акушеров, представителей одного из наиболее «прикладных» разделов медицины. Несмотря на прогресс медицины, анатомии и физиологии, до середины XVIII века акушерство оставалось в сфере, скорее, не научной, а ремесленной. Учреждение акушерских училищ (Германия – 1751, Россия – 1754 год) в основном было ориентировано на совершенствование врачебных оперативных вмешательств. Для нашей темы, однако, важно отметить возникновение уже на этом этапе развития акушерства двух противоборствовавших научных направлений. Это германские школы Осигандера (ориентация на развитие оперативного акушерства) и Боэра (основная идея: акушер должен ориентироваться на «естественную помощь самой природы»).

Подходы, представленные в нашем обзоре, лежат в рамках «парадигмы Боэра»: исследования «природных» (в современной терминологии – медико-ан-

тропологических) факторов, определяющих состояние новорожденного. Двести пятьдесят лет акушерство (включавшее в себя и неонатологию) успешно развивалось в рамках «нормальной науки», занимающейся решением частных научных проблем («головоломок», в терминологии Т.Куна [4]) в пределах этой системы взглядов. Углубляться в разработку общебиологических, теоретических вопросов, касающихся размеров тела новорожденных, не было особой нужды: как видно из предыдущих разделов, едва ли не все исследователи старались решать поставленные частные задачи в рамках «своего» научного направления, уделяя сравнительно мало внимания подходам, принятым в других научных школах. Этот путь в большей или меньшей степени был плодотворным («головоломки» разрешались), но объём фактов, получавших неудовлетворительное объяснение, постепенно нарастал. Такая ситуация естественна: на определенных стадиях развития любой науки «различные исследователи, сталкиваясь с одними и теми же категориями явлений, далеко не всегда одни и те же специфические явления описывают и интерпретируют одинаково» [4, с.35].

Рост числа «неудовлетворительно решенных головоломок» хорошо виден на примере полемики, имеющей более чем вековую историю. Известный антрополог XIX века И.Ранке [13] полемизировал с коллегой Буденом, согласно которому длина тела «не есть показатель зажиточности или нищеты...; рост есть дело наследственности». Казалось бы, работы генетиков середины XX века подтвердили правоту Будена. До второй половины 1970-х годов большинство медиков и антропологов придерживались точки зрения, согласно которой размеры тела человека (в том числе длина и масса тела при рождении) в решающей степени обусловлены генетически. Однако подход в рамках исключительно «генетической школы» приводил к тому, что ряд фактов объяснялся неудовлетворительно. Оставалось, например, неясным расхождение параметров новорожденных из популяций, населяющих специфические в эколого-климатическом отношении регионы (Арктику, континентальную Сибирь), с показателями групп умеренного климата [2, 5]. Расширение рамок исследования (в частности, за счет подходов «экологического направления», позволившего выявить влияние температурного и светового режима, недостатка кислорода и т.п.) помогло найти объяснения и той группе фактов, которая оставалась «нерешённой головоломкой».

Точно так же лишь часть фактов получает объяснение в рамках «социологического подхода», к которому можно отнести точку зрения И.Ранке [13]. Показанная множеством исследователей корреляция размеров тела при рождении с «зажиточностью или нищетой» (в современной терминологии – качеством жизни) не означает, что влияние генетических, этнических и экологических факторов может быть проигнорировано. Так, Б.Н.Миронов [6] убедительно сопоставил материалы Б.А.Никитюка по динамике размеров тела новорожденных Москвы с изменениями социальной и экономической ситуаций, тогда как в первой публикации тех же самых данных Б.А.Никитюк и А.М.Алпатов [11] не менее убедительно показали их связь с колебаниями солнечной активности.

Количество таких расхождений и небольших «нерешенных головоломок», не игравших принципиальной роли в рамках интересов каждой из «научных школ»,

стало достигать критической массы. Можно предположить, что к концу XX - началу XXI веков исследования морфологии новорожденных и анатомо-физиологических характеристик женщин детородного возраста оказались перед необходимостью создания некоей «синтетической теории». Возможно, в качестве её основы может выступить точка зрения К.Р.Brizzee et W.P.Dunlap [17], согласно которой в нормальных условиях ростовой процесс каждого индивидуума является продуктом взаимодействия таких факторов, как: биологические особенности вида *Homo sapiens*; наследственность (генетический контроль); природная среда; социальное и культурное окружение. Взаимное влияние этих факторов приводит к тому, что развитие каждого ребенка (в том числе, и во внутриутробный период) протекает по особому, индивидуальному «сценарию».

Такой методологический подход позволяет «снять» многочисленные противоречия в трактовках фактов («решаемых головоломок») и привести к более цельному взгляду на проблему. «Когда в развитии естественной науки отдельный ученый или группа исследователей впервые создают синтетическую теорию, способную привлечь большинство представителей следующего поколения исследователей, прежние школы постепенно исчезают» [4, с.37–38].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеева Т.И. Географическая среда и биология человека. – М.: Мысль, 1977. – 302 с.
2. Козлов А.И., Вершубская Г.Г. Медицинская антропология коренного населения Севера России. – М.: Изд-во МНЭПУ, 1999. – 288 с.
3. Козловская А.В. Влияние сезонности на исходы родов и активность ферментов антиоксидантной системы у рожениц Европейского Севера: дисс... канд.мед.н. – Киров: Гос. мед. академия, 2005. – 125 с.
4. Кун Т. Структура научных революций. – М.: Прогресс, 1975. – 288 с.
5. Курбатова О.Л., Ботвиньев О.К., Алтухов Ю.П. Адаптивная норма и стабилизирующий отбор по антропометрическим признакам при рождении. // Генетика. – 1991. – 27 (7). – С.1229–1240.
6. Миронов Б.Н. Рост и вес россиян сталинской эпохи. // Демоскоп Weekly. – 2003. – 129–130. – С.1–20 [<http://demoscope.ru/weekly/2003/0129/tema01.php>].
7. Миронов Б.Н. Антропометрический подход к изучению благосостояния населения России в XVIII веке. // Отеч. История. – 2004. – 6. – С.17–30.
8. Миронов Б.Н. Биологический статус женщин Санкт-Петербурга в 1946–2005 гг (по антропометрическим данным о новорожденных и их матерях). // Мир России. – 2007. – 1. – С.99–146.
9. Никитюк Б.А. Изменения размеров тела новорожденных за последние 100 лет. // Вопр. антропол. – 1972. – вып.42. – С.78–94.
10. Никитюк Б.А. Морфологические аспекты учения об экологии человека. // Архив АГЭ 1987. – 93 (8). – С.15–28.
11. Никитюк Б.А., Алпатов А.М. Связь вековых изменений процесса роста и развития человека с циклом солнечной активности. / Ред. Л.А.Леонова, Б.А.Никитюк. // Морфо-функциональное проявление акцелерации развития

детского организма. – М.: НИИ общей педагогики АПН СССР. – 1979. – С.125–134.

12. Потребности в энергии и белке. – Женева: ВОЗ, 1987. – 208 с.

13. Ранке И. Физические различия человеческих рас. – С-Петербург, 1902. – 388 с.

14. Шмидт-Нильсен К. Как работает организм животного. – М.: Мир, 1976. – 144 с.

15. Beall C.M., Steegmann A.T. Human adaptation to climate: temperature, ultraviolet radiation, and altitude. / Eds. S.Stinson, B.Bogin, R.Huss-Ashmore, D.O'Rourke. Human biology: An evolutionary and biocultural perspective. – New York: Wiley-Liss, 2000. – P.163–224.

16. Bergman C. Ueber die Verhältnisse der Wdrmeökonomie des Thieres zu ihrer Grösse. // Gottinger Stud. – 1847. – 3. – S.595–708.

17. Brizsee K.R., Dunlap W.P. Growth. Comparative primate biology. – New York: Alan R.Liss, 1986, v.3: Reproduction and development. – P.363–413.

18. Gloria-Bottini F., Meloni G.F., Finocchi A. et al. Rh system and intrauterine growth. Interaction with season of birth. // Dis. Markers. – 2000. – 16. – P.139–142

19. Hiernaux J. Peoples of Africa from 22oN to the Equator. / Eds. P.T.Baker, J.S.Weiner. The biology of human adaptability. – Oxford: Oxford University Press, 1965. – P.92–110.

20. Kalanda B.F., Buuren S. van, Verhoeff F.H., Brabin B.J. Anthropometry of Malawian live births between 35 and 41 weeks of gestation. // Ann. Hum. Biol. – 2005. – 32 (5). – P.639–649.

21. Kozlovskaya A., Bojko E., Odland J.III., Grjibovski A.M. Secular trends in pregnancy outcomes in 1980–1999 in the Komi Republic, Russia. // Intern. J. Circumpolar Health. – 2007. – 66 (5). – P.437–448.

22. Matsuda S., Hiroshige Y., Furuta M., et al. Geographic differences in seasonal variation of mean birth weight in Japan. // Hum. Biol. – 1995. – 67. – P.641–656.

23. Matsuda S., Sone T., Doi T., Kahyo H. Seasonality of mean birth weight and mean gestational period in Japan. // Hum. Biol. – 1993. – 65. – P.481–501.

24. McGrath J.J., Barnett A.G., Eyles d.W. The association between birth weight, season of birth and latitude. // Ann. Hum. Biol. – 2005. – 32 (5). – P.547–559.

25. Murray L.J., O'Reilly D.P., Betts N., et al. Season and outdoor ambient temperature: Effects on birth weight. // Obstet. Gynecol. – 2000. – 96. – P.689–695.

26. Newman M.T. The application of ecological rules to racial anthropology of aboriginal New World. // Am. Anthropol. – 1953. – 55. – P.311–327.

27. Roberts D.F. Environment and fetus. / Eds. D.F.Roberts, A.M.Thompson. The biology of human fetal growth. – London, England: Tayler and Francis, 1976. v. 15. – P.267–283.

28. Selvin S., Janerich D.T. Four factors influencing birth weight. // Br. J. Prev. Soc. Med. – 1971. – 25. – P.12–16.

29. Tustin K., Gross J., Hayne H. Maternal exposure to first-trimester sunshine is associated with increasing birth weight in human infants. // Dev. Psychobiol. – 2004. – 45. – P.221–230.

30. Waldie K.E., Poulton R., Kirk I.J., Silva P.A. The effects of pre- and post-natal sunlight exposure on human growth: evidence from Southern Hemisphere. // *Early Hum. Dev.* – 2000. – 60. – P.35–42.
31. Ward P.W. Birth weight and economic growth: Women's living standards in the industrializing West. Chicago-London: Univ. of Chicago Press, 1993. – 234 pp.
32. Wells J.C.K., Cole T.J. Birth weight and environmental heat load: A between-population analysis. // *Amer. J. Phys. Anthropol.* – 2002. – 119. – P.276–282.
33. Zamudio S., Droma T., Norkyel K.Y., et al. Protection from intrauterine growth retardation in Tibetans at high altitude. // *Am. J. Phys. Anthropol.* – 1993. – 91. – P.215–224.

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ОСОБЕННОСТИ КРАТКОСРОЧНОЙ АДАПТАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО И ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО ОТДЕЛОВ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ У ДЕТЕЙ 6-ЛЕТНЕГО ВОЗРАСТА

А.Н.Шарапов, С.Б.Догодкина, В.Н.Безобразова,
Г.В.Кмить, Л.В.Рублева, Н.Н.Шаров
Институт возрастной физиологии РАО, Москва

Методами спектрального анализа вариабельности ритма сердца, электрокардиографии, поликардиографии, биполярной реоэнцефалографии и иммуноферментного анализа проведено комплексное исследование адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам детей 6 лет. Оценена реактивность автономной нервной системы на ортостатическое воздействие и выделены 2 группы детей: с плохими и удовлетворительными адаптационными резервами (АР). Показано, что краткосрочная адаптация к динамической физической нагрузке характеризуется уменьшением длительности сердечного цикла, продолжительности электрической систолы, предсердно-желудочковой проводимости и увеличением экскреции кортизола со слюной. Выявлено наличие двух основных фазовых синдромов: гипердинамии и гиподинамии миокарда. У детей 6 лет краткосрочная адаптация мозгового кровообращения к локальной статической нагрузке характеризовалась снижением пульсового кровенаполнения и повышением тонуса крупных церебральных артерий при существенном повышении ЧСС.

Methods of the spectral analysis of heart rate variability, electrocardiography, poly-cardiography, bipolar rheoencephalography and immune-enzyme assay were used for complex research of cardiovascular system adaptation to exercise in 6 year-old children. Reaction of autonomic nervous system to orthostatic impact was estimated and 2 groups of children were formed: with poor and satisfactory adaptation reserves (AR). Short-term adaptation to dynamic physical exercise is characterized by decreased heart cycle, electrical systole and atrioventricular conduction and increased salivary excretion of cortisol. Two basic phase syndromes, i.e. hyperdynamia and hypodynamia of the myocardium, were revealed. In 6-year-old children adaptation of cerebral circulation to local static loading was characterized by decreased pulse volume and increased tension of large cerebral arteries at significant elevation of the heart rate.

Key words: *short-term adaptation, cardiovascular system, children*

Адаптация организма ребенка к изменяющимся условиям внешней среды представляет собой один из важнейших вопросов возрастной физиологии. Адаптация – процесс, обязательно регулируемый нейрогуморальными механизмами, которые с возрастом претерпевают существенные изменения и окончательно формируются только в старшем школьном возрасте. Одним из объективных индикаторов изменений процесса срочной адаптации считается вариабельность

сердечного ритма, между тем, практически отсутствуют исследования по оценке variability ритма сердца у детей 6 лет.

Филогенетически древней, но от того не менее важной регуляторной системой организма, обеспечивающей адаптацию к изменяющимся условиям внешней среды, является гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система. Конечное звено этой системы – кора надпочечников, секретирующая глюкокортикоидные гормоны, в том числе кортизол, и лимитирующая энергозатраты организма в различных физиологических и неординарных условиях жизнедеятельности организма. При нагрузках различного характера, в том числе физических, потребность в энергосубстратах возрастает, и адекватное обеспечение этих нагрузок зависит от оптимальной работы коры надпочечников.

Ведущую роль в адаптации организма к воздействию факторов внешней среды играет сердечно-сосудистая система. Функциональное состояние системы кровообращения является своего рода индикатором, как срочной, так и долговременной адаптации к различным видам деятельности.

Цель исследования – изучить особенности краткосрочной адаптации центрального и периферического отделов сердечно-сосудистой и нейроэндокринной систем к умеренной физической и локальной статической нагрузкам у детей 6-летнего возраста.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено комплексное исследование, включавшее изучение автономной нервной регуляции сердечного ритма, сократительной функции и биоэлектрических характеристик миокарда, мозговую гемодинамику и уровень кортизола в слюне у детей 6 лет.

Обследовано 40 детей 6 лет, относящихся к I–II группам здоровья, посещающих детский сад №1221 г. Москвы. Исследование проводили в первой половине дня (с 9 до 13 часов) – период наибольшей активности физиологических функций.

Изучение автономной нервной регуляции сердечного ритма (СР) проводили методом спектрального анализа variability ритма сердца (ВРС). Этим методом определяются следующие параметры: общая мощность спектра (TP, мс^2); высокочастотные колебания (HF, мс^2 , п.у., %); низкочастотные колебания (LF, мс^2 , п.у., %); очень низкочастотные колебания (VLF, мс^2 , п.у., %); мощность в диапазоне высоких частот, выраженная в нормализованных единицах: $\text{HF}_{\text{п.у.}} = \text{HF} / (\text{TP} - \text{VLF}) * 100$; мощность в диапазоне низких частот, выраженная в нормализованных единицах: $\text{LF}_{\text{п.у.}} = \text{LF} / (\text{TP} - \text{VLF}) * 100$; Отношение LF/HF – характеризует баланс симпатических и парасимпатических влияний.

Применяли активную ортостатическую пробу для определения следующих показателей: «адаптационные резервы» (АР) – отражает степень активации симпатoadреналовой системы относительно исходного уровня и реактивность парасимпатического отдела АНС; «функциональное состояние» (ФС) – характеризует текущее функциональное состояние организма [13].

Возбудимость и проводимость миокарда изучались с помощью метода электрокардиографии. Регистрация ЭКГ осуществлялась в 12 общепринятых отведе-

ниях. Длительность интервалов и зубцов ЭКГ определялась по данным II стандартного отведения.

Определялись следующие показатели: длительность сердечного цикла RR; продолжительность предсердно-желудочковой проводимости PQ; продолжительность внутрижелудочковой проводимости QRS; длительность электрической систолы желудочков QT; длительность зубцов P, Q и R; амплитуда зубцов P, Q, R, S, T.

Сократительная функция миокарда изучалась методом поликардиографии. Проводилась синхронная регистрация ЭКГ во II стандартном отведении, фонокардиограммы с точки Боткина и каротидной сфигмограммы с помощью прибора Поли-Спектр-12. Анализ поликардиограммы базировался на сопоставлении элементов записанных кривых во времени по методике В.Л. Карпмана [8]. С помощью компьютерной обработки кривых вычисляли следующие параметры: продолжительность сердечного цикла (R–R), фаза асинхронного сокращения (ФАС), фаза изометрического сокращения (ФИС), период напряжения (Т), период изгнания (Е), механическая систола (Sm), общая систола (So), электрическая систола (Sэ), диастолический интервал (D). Все величины измерены в миллисекундах.

Помимо указанных показателей, получаемых при непосредственном анализе кривых, определи ряд производных или относительных величин: индекс напряжения миокарда (ИНМ); внутрисистолический показатель (ВСП); механический коэффициент Блумбергера.

Концентрацию кортизола в слюне определяли с помощью наборов для иммуноферментного анализа Института биоорганической химии Белоруси, специально модифицированных для этой цели.

При изучении возбудимости, проводимости и сократительной функции миокарда, а также при определении уровня кортизола в слюне в качестве функциональной пробы в работе была использована динамическая нагрузка: модифицированная проба Летунова (10 приседаний за 30 секунд). Регистрация всех параметров ЭКГ, ПолиКГ и забор проб слюны производились в исходном состоянии и сразу после нагрузки.

Мозговое кровообращение изучалось методом биполярной реоэнцефалографии [23]. Регистрация реоэнцефалограмм проводилась при помощи компьютерного реографа «Реоспектр» в бифронтальном (F–F) отведении, что позволяло получать информацию о кровообращении лобных областей больших полушарий головного мозга.

Вычислялись следующие параметры: амплитуды пульсовой волны (А,ом), показатели, характеризующие тонус артерий головного мозга большого, среднего (а/Т,%) и малого калибра (дикротический индекс, di %), а также определялась частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин).

В качестве функциональной пробы использовалась локальная статическая нагрузка на мышцы предплечья. Локальная статическая нагрузка задавалась с помощью кистевого баллонного динамометра, составляла 30% от максимального произвольного усилия и выполнялась испытуемыми до отказа. Регистрация пара-

метров РЭГ проводилась в состоянии покоя, в процессе выполнения нагрузки, на 10-й секунде, 1-й и 5-й минутах восстановительного периода.

Экспериментальные данные обработаны общепринятыми методами вариационной статистики. Степень достоверности различий между показателями в исходном состоянии и после нагрузки определялась по критерию Стьюдента. Во всех случаях граничным считался уровень значимости при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование variability сердечного ритма детей 6 лет в состоянии относительного покоя (табл.1) показало, что значения спектральных и временных показателей ВРС соответствуют таковым, приводимым в работах последних лет [13, 7, 24, 25, 26]. У всех обследованных детей частотный спектр ВРС характеризовался хорошо выраженными волнами высокой, низкой и очень низкой частот. При этом у большинства обследованных школьников суммарная мощность спектра в диапазонах низких и высоких частот доминировала над величинами мощности спектра в очень низкочастотном диапазоне. Это свидетельствует о преобладании модулирующего симпато-парасимпатического регуляторного влияния над гуморально-метаболическим и центральными эрготропными регуляторными стимулами [13, 28].

Таблица 1

Показатели спектрального анализа variability сердечного ритма у детей 6 лет ($M \pm m$)

Показатели									
TP, мс ²	VLF, мс ²	LF, мс ²	HF, мс ²	LF п. у.	HF п. у.	LF/HF	%VLF	%LF	%HF
7537,8 ±743,3	2432,6 ±857,6	2071,9 ±372,7	3033,2 ±492,4	39,3 ±2,4	56,2 ±2,4	0,904 ±0,077	26,3 ±2,4	31,8 ±2,0	41,8 ±2,7

Среди обследованных детей 6 лет преобладают дети с парасимпатическим типом автономной нервной регуляции СР (46% детей), у 18% детей – сбалансированный тип регуляции СР и у 36% детей отмечено усиление симпатической активности в автономной регуляции СР. По данным ряда авторов [5, 27] данный возраст характеризуется усилением влияния парасимпатического отдела АНС и снижением активности центрального контура регуляции.

На основании реакции сердечного ритма на активную ортостатическую пробу и характера спектра мощности ВРС были рассчитаны показатели функционального состояния и адаптационных резервов [13]. Показаны существенно более высокие показатели функционального состояния у детей с преобладанием парасимпатической активности ВРС (табл.2), а адаптационные резервы в этой группе приобретают положительные значения, что свидетельствует об удовлетворительных адаптационных резервах в данной группе детей.

Проведенный анализ ЭКГ показал, что абсолютные значения большинства показателей ЭКГ обследованных детей в целом соответствуют возрастным нормативам, представленным в литературе [17, 19]. Данные о длительности интервалов и амплитуде зубцов ЭКГ представлены в таблицах 3,4.

Таблица 2

Величины показателей «функционального состояния» и «адаптационные резервы» организма детей 6 лет, относящихся к разным типам автономной нервной регуляции СР ($M \pm m$)

Группа	Показатели	
	Функциональное состояние (ФС)	Адаптационные резервы организма (АР)
Симпатотоники	6,0±0,96	-0,75±0,80
Нормотоники	7,7±0,56	-0,83±0,59
Ваготоники	11,2±0,87*	2,1±0,54*

Примечание: * – достоверные различия в сравнении с другими группами

В исследовании была также изучена частота встречаемости некоторых функциональных изменений ЭКГ у детей 6 лет. У значительной части детей наблюдались различные нарушения хронотропной функции миокарда. У 43% обследованных дошкольников встречалась синусовая аритмия, в том числе у 8% – выраженная. В 11% случаев наблюдалась синусовая тахикардия. У 7% детей регистрировались нарушения проведения в предсердиях. В 39% случаев отмечались нарушения внутрижелудочковой проводимости. Признаки нарушения процессов реполяризации миокарда наблюдались у 7% детей, а у 5% испытуемых регистрировалась электрическая альтернация.

Высокая распространенность различных функциональных нарушений сердечного ритма является одной из отличительных особенностей хронотропной функции сердца в детском возрасте и отмечается в исследованиях большого числа авторов [10, 15, 19, 22]. В частности, тахикардия на данном этапе онтогенеза, возможно, обусловлена положительным хронотропным эффектом со стороны симпатических нервов.

Функциональные изменения миокарда, такие как нарушения проведения в предсердиях, электрическая альтернация, нарушения внутрижелудочковой проводимости, нарушения процессов реполяризации миокарда связаны, вероятно, с морфологическим и функциональным созреванием сердечной мышцы на данном этапе онтогенеза, а также с гетерохронностью процессов роста и развития сердца.

Динамическая нагрузка вызывала у детей 6-летнего возраста следующие изменения ЭКГ (табл.3,4). У всех обследованных дошкольников укорачивалась элек-

трическая систола, у большинства детей уменьшалось время предсердно-желудочковой проводимости. Общая длительность сердечного цикла у большей части детей уменьшалась.

У детей 6 лет при нагрузке отмечалось некоторое увеличение амплитуды зубца Р во II стандартном отведении, значительно менее выраженное, чем у детей более старшего возраста [17]. Амплитуда зубца Т во II стандартном и грудных отведениях V2 – V6 существенно уменьшалась.

Увеличение амплитуды зубца Р во II стандартном отведении связано, вероятно, с интенсификацией деятельности предсердий в ответ на нагрузку. Недостоверность отмеченных изменений, возможно, обусловлена относительно более низкой исходной величиной зубца РII у детей 6 лет по сравнению с детьми старшего возраста. По нашим данным увеличение этого показателя более, чем в три раза наблюдается от 7 к 8 годам [17].

Таблица 3

Временные характеристики основных зубцов и интервалов ЭКГ детей 6-летнего возраста в покое и при нагрузке ($M \pm m$)

Период исследования	Показатели						
	R–R, с	P–Q, с	QRS, с	QT, с	P, с	Q, с	R, с
покой	0,692±	0,128±	0,090±	0,350±	0,0957±	0,0118±	0,0426±
	0,0349	0,0070	0,0033	0,0115	0,0023	0,0047	0,0060
нагрузка	0,639±*	0,126±	0,087±	0,337±*	0,0968±	0,0109±	0,0411±
	0,0356	0,0074	0,0028	0,0078	0,0021	0,0043	0,0021

Примечание: * – достоверность различий по сравнению с состоянием покоя

Некоторое уменьшение амплитуды зубца Т во II стандартном и грудных V3–V6 отведениях в ответ на нагрузку является особенностью ответной реакции у детей данного возраста. Как показали наши более ранние исследования с возрастом количество детей, реагирующих на нагрузку увеличением зубца Т, возрастает [17].

Уменьшение общей длительности сердечного цикла, времени предсердно-желудочковой проводимости и электрической систолы в ответ на нагрузку свидетельствует об усилении влияний на миокард со стороны симпатического отдела автономной нервной системы.

Поликардиографическое исследование показало, что абсолютные величины параметров сократительной функции миокарда детей 6 лет соответствуют литературным данным и не различаются у мальчиков и девочек [6, 9, 16, 20].

Результаты корреляционного и факторного анализов позволили выявить зависимость между продолжительностью сердечного цикла (R–R), электрической систолой и диастолической паузы. Продолжительность фазы изометриче-

Таблица 4

*Амплитудные характеристики основных зубцов ЭКГ детей
6-летнего возраста в покое и при нагрузке ($M \pm m$)*

Период исследования	Отвед.	Показатели				
		P, мм	Q, мм	R, мм	S, мм	T, мм
покой	II	1,175 $\pm 0,065$	-0,4179 $\pm 0,125$	11,09643 $\pm 1,116$	-2,8286 $\pm 0,579$	3,76786 $\pm 0,392$
	V1	0,65714 $\pm 0,038$	0	5,04286 $\pm 0,895$	-8,0179 $\pm 0,719$	-1,8429 $\pm 0,573$
	V2	0,65357 $\pm 0,063$	0	11,61786 $\pm 1,179$	-20,3536 $\pm 1,697$	1,16429 $\pm 0,032$
	V3	0,48214 $\pm 0,028$	0	13,84286 $\pm 2,091$	-16,1 $\pm 1,296$	3,74286 $\pm 0,212$
	V4	0,52143 $\pm 0,091$	-0,0929 $\pm 0,058$	15,41071 $\pm 1,134$	-11,2214 $\pm 0,774$	5,15714 $\pm 0,266$
	V5	0,57143 $\pm 0,096$	-0,5393 $\pm 0,027$	15,87857 $\pm 0,890$	-5,6464 $\pm 0,184$	5,62857 $\pm 0,268$
	V6	0,56071 $\pm 0,078$	-0,8036 $\pm 0,042$	9,63214 $\pm 1,030$	-1,5179 $\pm 0,288$	3,30714 $\pm 0,272$
нагрузка	II	1,22857 $\pm 0,035$	-0,3821 $\pm 0,028$	10,78929 $\pm 1,503$	-2,9321 $\pm 0,324$	3,31429* $\pm 0,252$
	V1	0,65 $\pm 0,012$	0	5,03571 $\pm 0,838$	-7,9536 $\pm 0,988$	-1,7214 $\pm 0,485$
	V2	0,70357 $\pm 0,021$	0	11,43214 $\pm 1,979$	-19,8643 $\pm 1,662$	0,68929* $\pm 0,119$
	V3	0,53571 $\pm 0,098$	0	13,76071 $\pm 0,906$	-17,8857 $\pm 1,706$	3,16786 $\pm 0,289$
	V4	0,56429 $\pm 0,065$	-0,0857 $\pm 0,025$	15,68571 $\pm 1,116$	-11,1214 $\pm 0,579$	4,75357 $\pm 0,392$
	V5	0,56786 $\pm 0,096$	-0,4714 $\pm 0,027$	14,61786 $\pm 0,890$	-5,9786 $\pm 0,184$	4,875* $\pm 0,268$
	V6	0,56071 $\pm 0,080$	-0,7857 $\pm 0,042$	9,28571 $\pm 2,000$	-1,6893 $\pm 0,488$	2,93214 $\pm 0,272$

Примечание: обозначения см. табл. 3

ского сокращения (ФИС) имела отрицательные коэффициенты корреляции с адаптационным резервом организма (АР) и уровнем функционирования сердечно-сосудистой системы (УФ), а продолжительность фазы асинхронного сокращения – отрицательный коэффициент корреляции с показателем LF/HF. Как показано в ряде исследований на продолжительность фазы изометрического сокращения оказывают влияние: венозный приток крови к сердцу, величина диастолического давления в крупных сосудах, сократительная способность миокарда, степень пресистолического напряжения миокарда [2, 8, 20]. Фаза изометрического сокращения характеризует сократительные свойства миокарда, в этой фазе расходуется большое количество энергии. Предполагается, что длительность фазы асинхронного сокращения определяется обменом веществ в миокарде, который регулирует скорость распространения деполяризации в миокарде, а также состоянием тонуса миокарда, проводящей системы и клапанного аппарата.

При изучении реакции сократительной функции миокарда на физическую динамическую нагрузку было показано (табл.5), что у детей 6 лет происходят существенные перестройки фазовой структуры сердечного цикла в ответ на нагрузку (синдромы гипердинамики и гиподинамии миокарда по В.Л. Карпману).

Таблица 5

Длительность фаз сердечного цикла при физической динамической нагрузке у детей 6 лет ($M \pm m$)

Фазовый синдром	Период исслед.	R–R	ФАС	ФИС	T	E	Sm	ИНМ
Гипердинамии	Покой	795.9 ±20.3	57.4 ±0.83	29.0 ±0.68	86.4 ±1.24	247.2 ±1.34	276.2 ±2.50	26.1 ±1.81
	Нагрузка	729.7 ±21.0	56.4 ±0.75	24.4 ±1.08*	81.8 ±1.35	234.5 ±0.94*	259.0 ±2.03*	26.0 ±1.13
Гиподинамии	Покой	661.2 ±19.3	54.2 ±0.94	24.5 ±0.48	78.6 ±1.28	221.8 ±0.98	246.3 ±1.84	26.3 ±1.07
	Нагрузка	635.8 ±20.6	56.1 ±0.88	32.1 ±0.68*	88.3 ±1.12*	193.2 ±1.21*	225.3 ±1.60*	31.8 ±0.99*

Примечание: * – достоверность различий по сравнению с состоянием покоя.

У большинства детей (39,3%) на физическую динамическую нагрузку отмечался фазовый синдром гипердинамики миокарда, который проявлялся в укорочении фазы изометрического сокращения, снижении времени изгнания крови и механической систолы. У 25% детей отмечен фазовый синдром гиподинамии миокарда, т.е. удлинение периода напряжения за счет фазы изометрического сокращения, снижение времени изгнания крови и механической систолы, а также увеличение индекса напряжения миокарда.

Гипердинамический тип реакции является, по мнению ряда авторов, более благоприятным и свидетельствует о хороших функциональных резервах сердца [8, 18, 20]. Предполагается, что гипердинамический синдром перестройки сократительной функции миокарда является результатом повышенной активности симпатического отдела вегетативной нервной системы, а гиподинамический – парасимпатического отдела [6, 11, 12, 20].

Среди обследованных 6-летних детей преобладали дети с парасимпатическим типом автономной нервной регуляции сердечного ритма (46%). Известно, что характер и выраженность изменений тонических регуляторных воздействий АНС на сердечный ритм во время нагрузки зависит от исходного состояния автономной нервной системы. Можно предположить, что в ответ на физическую динамическую нагрузку у этих детей происходит сдвиг АНС в сторону усиления симпатических влияний на сердечный ритм.

Изучение **концентрации кортизола в слюне** у детей 6 лет показало, что в исследованный период с 10 до 12 часов дня базальная экскреция кортизола со слюной составляла от 15.6 нмоль/л до 28.9 нмоль/л, в среднем $16,2 \pm 3,5$ нмоль/л. У обследованных детей данной группы в ответ на кратковременную физическую нагрузку экскреция кортизола со слюной возрастала и в среднем составила $18,0 \pm 2,9$ нмоль/л.

Динамика изменений уровня кортизола в слюне свидетельствует о том, что при кратковременной физической нагрузке у всех детей 6 лет наблюдалась активация гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы. Как было выявлено в наших более ранних исследованиях, у детей 5 лет после выполнения аналогичной нагрузки наблюдались разнонаправленные изменения экскреции кортизола: увеличение, снижение и отсутствие реакции. Активацию гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы в ответ на кратковременную физическую нагрузку можно рассматривать как положительную реакцию. Как известно, гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система проходит ряд этапов развития. Исходя из результатов собственных исследований и данных литературы [4, 29] можно предположить, что один из таких этапов заканчивается в 6-летнем возрасте. В 5-летнем возрасте продолжается активное формирование гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, поэтому у части детей этого возраста она еще не способна достаточно адекватно реагировать на подобные нагрузки.

Результаты изучения **кровообращения головного мозга** детей 6 лет представлены в таблице 6. Нами не выявлено достоверных различий изученных параметров мозгового кровообращения между мальчиками и девочками.

Локальная статическая нагрузка вызывала у детей 6 лет значительные изменения параметров мозгового кровообращения (табл.6). Наблюдалось достоверное снижение амплитуды РЭГ и увеличение показателя a/T ($t=4.2-5.1$), а также возрастание ЧСС на 10,4 %. На 10 секунде восстановительного периода отмечено сохранение низких величин амплитуды РЭГ, а также снижение a/T до исходных значений. На 1 минуте восстановительного периода величины изученных показателей не отличались от уровня покоя.

Таким образом, статическая нагрузка вызывала у детей 6 лет значительное снижение пульсового кровенаполнения и повышение тонуса крупных артерий головного мозга, а также возрастание ЧСС.

Таблица 6

Показатели мозгового кровообращения детей 6 лет в покое и при действии локальной статической нагрузки ($M \pm m$)

Период исследования	Показатели (F-F1)			
	A,ом	di,%	a/T,%	ЧСС, уд.мин
И.С.	0,165±0,0108	75,6±2,02	20,2±0,26	96,6±2,17
Н.	0,146±0,0104*	78,2±2,52	23,0±0,13*	106,7±2,30
10 с в.п.	0,150±0,0100*	76,6±2,41	19,9±0,27	100,5±2,17
1 м в.п.	0,159±0,0106	78,4±2,66	20,1±0,24	95,7±2,17
5 м в.п.	0,167±0,0107	74,3±2,63	20,3±0,73	97,0±2,17

Примечание: И.С. – исходное состояние; Н – нагрузка; в.п. – восстановительный период;

* – достоверные отличия показателей по сравнению с исходным состоянием

Проведенное исследование показало, что статическая нагрузка вызывала у детей 6 лет значительное снижение пульсового кровенаполнения и повышение тонуса крупных артерий головного мозга. Выявленные у детей 6 лет изменения мозгового кровообращения согласуются с результатами исследований, показавших снижение объемного мозгового кровотока и повышение тонуса крупных мозговых артерий у дошкольников при использовании данной пробы [1, 21]. Выявленное у 6-летних детей повышение тонуса крупных церебральных артерий сопровождалось возрастанием ЧСС. Согласно имеющимся исследованиям локальная статическая нагрузка вызывает генерализованную реакцию сердечно-сосудистой системы, характеризующуюся возрастанием ударного и минутного объема сердца, ЧСС и артериального давления [3, 14, 21]. Следовательно, выявленные изменения тонического напряжения крупных церебральных артерий можно расценивать как проявление ауторегуляции мозгового кровообращения при изменениях центральной гемодинамики.

ВЫВОДЫ

1. В структуре вариабельности сердечного ритма у детей 6 лет отмечено смещение вегетативного баланса в управлении сердечным ритмом в сторону преобладания парасимпатических нервных влияний.

2. Выявлены дети 6 лет с плохими и удовлетворительными адаптационными резервами. Дети с плохими адаптационными резервами характеризовались

высокими значениями мощности низких и сверхнизких колебаний сердечного ритма. Среди детей с удовлетворительными адаптационными резервами преобладали дети с парасимпатическим типом автономной нервной регуляции.

3. Особенностью биоэлектрических функций миокарда детей 6-летнего возраста является высокая частота встречаемости различных изменений ритма и проведения возбуждения, нарушений процессов реполяризации и метаболизма в миокарде.

4. У детей 6 лет динамическая нагрузка вызывает изменение биоэлектрической активности миокарда: амплитуда зубца РП несколько увеличивается; длительность сердечного цикла, продолжительность электрической систолы и предсердно-желудочковой проводимости уменьшаются.

5. При динамической физической нагрузке происходят существенные перестройки фазовой структуры сердечного цикла. У 39,3% детей на физическую динамическую нагрузку отмечался фазовый синдром гипердинамии миокарда (укорочение фазы изометрического сокращения, снижение времени изгнания крови и механической систолы). У 25 % детей отмечен фазовый синдром гиподинамии миокарда (удлинение периода напряжения за счет фазы изометрического сокращения, снижение времени изгнания крови и механической систолы, а также увеличение индекса напряжения миокарда).

6. Динамическая физическая нагрузка вызывает у детей 6 лет увеличение экскреции кортизола со слюной, что указывает на активацию гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы.

7. Локальная статическая нагрузка вызывает у детей 6 лет существенные изменения мозгового кровообращения: снижение пульсового кровенаполнения и повышение тонуса крупных церебральных артерий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безобразова В.Н., Догадкина С.Б. Функциональное состояние кровообращения головного мозга и предплечья у детей 5–9 лет // Физиология человека. – 2001. – Т.27. – №5. – С.49–53.

2. Галстян А.А. Электромеханическая активность сердца и центральная гемодинамика у здоровых детей школьного возраста. – Ереван: Айастан, 1989– 161 с.

3. Догадкина С.Б. Влияние статической нагрузки на сердечно-сосудистую систему детей младшего школьного возраста: Автореф. ... канд. биол. наук. М., 1988 – 17 с.

4. Држевецкая И.А. Эндокринная система растущего организма. М: Высш. школа, 1987. – 206 с.

5. Игишева Л.Н., Галеев А.Р., Анисова Е.А. Возрастные индивидуально-типологические особенности вариабельности ритма сердца у детей и подростков // Вестник аритмологии. – 2000.- №18. – С.86.

6. Индивидуальные особенности развития системы кровообращения школьников/Под ред. И.О.Тупицына. – М, 1995. – 64 с.

7. Казин Э.М., Блинова Н.Г., Душенина Т.В., Галеев А.Р. Комплексное лонгитудинальное исследование особенностей физического и психофизиологического

развития учащихся на этапах детского, подросткового и юношеского периодов онтогенеза// Физиология человека.– 2003.– Т.29.– №1.– С.70–76.

8. Карпман В.Л. Фазовый анализ сердечной деятельности. – М: Медицина, 1965.– 159 с.

9. Колесниченко С.М. Функциональное состояние миокарда левого желудочка у детей 7–12 лет (по данным эхо- и электрокардиографии): автореф.дисс...канд.биол.наук.–М.,1988.– 18с.

10. Кубергер М.Б. Руководство по клинической электрокардиографии детского возраста.–М.:Медицина, 1983.–368с.

11. Макаридзе О.В. Влияние орто- и антиортостатической пробы на фазы сердечного цикла левого и правого желудочков у здоровых лиц и больных ишемической болезнью сердца// Кардиология.– 2000.– 40, № 7.– С. 22–26

12. Меерсон Ф.З. Адаптация сердца к большой нагрузке и сердечная недостаточность.–М: Наука, 1975 – 263 с.

13. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. –Иваново: Иван. Гос. Мед. академия, 2002.–290 с.

14. Мишина Е.Г. Центральное и мозговое кровообращение у мальчиков 10–17 лет в процессе возрастного развития: Автореф. дис....канд.биол.наук.– Архангельск, 2005– 19с.

15. Осколкова М.К., Куприянова О.О. Электрокардиография у детей.–М.:Медицина, 1986.–286 с.

16. Преснякова Н.М. Взаимосвязь сократительной функции миокарда с основными показателями гемодинамики у современных школьников 7–17 лет: автореф.дис...канд.биол.наук.–М.,1979.–24с.

17. Рублева Л.В. Развитие основных функций миокарда детей 7–15 лет, проживающих в различных экологических условиях: Дисс....канд.биол.наук.–М., 1999.–188 с.

18. Сенько Ф.Н., Петров С.В. Адаптация сократительной функции миокарда к учебным нагрузкам у детей, начавших обучение с 6 лет// Мат. VII съезда Белорусского физиол. общества.–Витебск, 1987.–С.219–220

19. Справочник педиатра-кардиоревматолога / Под ред. Р.Э.Мазо.–Минск: Наука и техника,1982.–342с.

20. Тупицын И.О. Возрастная динамика и адаптационные изменения сердечно-сосудистой системы школьников: автореф.дис.докт.мед.наук.–М., 1986.–42с.

21. Тупицын И.О., Андреева И.Г., Безобразова В.Н. с соавт. Развитие системы кровообращения // Физиология развития ребенка /Под ред. М.М.Безруких, Д.А.Фарбер, 2000.–С. 148–166

22. Чернышов В.Н., Тарасова Е.А., Трясак О.А. Варианты нарушений ритма сердца и проводимости у здоровых детей школьного возраста//Новое в диагностике, клинике, лечении и профилактике заболеваний детского возраста: Сб. науч. тр.– Ростов-на-Дону, 1988.–С.85–86.

23. Яруллин Х.Х. Клиническая реоэнцефалография. М.:Медицина, 1983 – 217 с.

24. Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological interpretation and clinical use// Circulation. 1996.–V.93, P.1043–1065.

25. Iwasa Y, Nakayasu K, Nomura M, Nakaya Y, Saito K, Ito S. The relationship between autonomic nervous activity and physical activity in children. *Pediatr Int.* 2005 Aug;47(4):361–71
26. Nagai N, Moritani T. Enhanced vagal withdrawal during mild orthostatic stress in adolescents with chronic fatigue. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2004 Jan; 28(1):27–33
27. Pankova N.B. Functional development of the vegetative regulation of the cardiovascular system in human ontogenesis *Russ Fiziol Zh Im I M Sechenova.* 2008 Mar; 94(3):267–75
28. Rajendra Acharya U, Kannathal N, Ong Wai Sing, Luk Yi Ping, and TjiLeng Chua Heart rate analysis in normal subjects of various age groups *Biomed Eng Online.* 2004; 3: 24.
29. Reul J.M.H.M., De Kloet E. Heritability of Daytime Cortisol Levels in Children.// *Endocrinology* 117. 2003. P. 2505 – 2511.

ИССЛЕДОВАНИЕ БАРОРЕФЛЕКТОРНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ В ПОПУЛЯЦИИ ЗДОРОВЫХ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

О.В.Кузнецова¹

Институт возрастной физиологии РАО г. Москва

Выявлены некоторые половые и возрастные различия барорефлекторной чувствительности у мальчиков и девочек в возрасте от 8 до 11 лет при спонтанном и индуцированном барорефлексе, показаны корреляционные зависимости между показателем барорефлекторной чувствительности и спектральными компонентами вариабельности сердечного ритма и вариабельности ритма артериального давления.

Ключевые слова: *вариабельность сердечного ритма, вегетативная нервная система, барорефлекс, школьники.*

Some sex and age-related differences of baroreflex sensitivity at spontaneous and induced baroreflex were revealed in boys and girls aged 8–11 years. Correlation dependences between the baroreflex sensitivity parameter and spectral components of heart rate and blood pressure variability were shown.

Key words: *heart rate variability, vegetative nervous system, baroreflex, schoolchildren, blood pressure*

Эффективность барорефлекторной регуляции зависит от барорефлекторной чувствительности, которая определяется как отношение изменений ЧСС к сдвигам АД [9; 13; 35].

Важнейшими барорецепторными зонами являются области дуги аорты и каротидного синуса. Многочисленные барорецепторы, возбуждающиеся при растяжении стенок сосуда под действием трансмурального давления, расположены в стенках крупных внутригрудных и шейных артерий. [6;12]. Механизм барорефлекса действует по принципу обратной связи: сигналы, поступающие от барорецепторов при кратковременных сдвигах АД, вызывают рефлекторные изменения сердечного выброса и периферического сопротивления, в результате чего восстанавливается исходный уровень давления [10,22–23,44–45].

Считают, что барорефлекторная регуляция может зависеть от таких факторов, как: чувствительность барорецепторов артерий, состояние автономной нервной системы (АНС) и чувствительность синусового узла к вегетативным влияниям [15], которые, в свою очередь, могут иметь индивидуальную, возрастные и половые особенности [14;15].

Уровень барорефлекторной чувствительности может использоваться в оценке вегетативного обеспечения кардио-васкулярной системы. В настоящее время за рубежом все больше внимания привлекает именно этот вопрос, и в научной лите-

Контакты: ¹ О.В.Кузнецова

ратуре он освещается довольно широко [31;44; 32; 20; 26; 29; 30; 33–34; 36; 39–40; 42–43; 46]. До недавнего времени непрерывная регистрация артериального давления была возможна только инвазивным путем. Классическая процедура оценки (Оксфордский тест) включает измерение внутриартериального давления и измерение периода рефлекса с помощью введения фенилфerrина в кровяное русло [45]. Были попытки с помощью особого приспособления изменять давление в синокаротидной зоне, путем давления или присасывания извне на область шеи [33], поскольку до недавнего времени непрерывная регистрация артериального давления была возможна только инвазивным путем. Классическая процедура оценки (Оксфордский тест) включает измерение внутриартериального давления и измерение периода рефлекса с помощью введения фенилфerrина в кровяное русло [45]. Были попытки с помощью особого приспособления изменять давление в синокаротидной зоне, путем давления или присасывания извне на область шеи [33]. В следствии этого, значения барорефлекса не оценивались для широкой популяции здоровых людей. В отечественной литературе имеются лишь немногочисленные данные для взрослого населения [15; 46]. По детскому возрасту данных фактически нет.

В настоящее время, с появлением технических возможностей, появились методики изучения барорефлекса неинвазивными способами.

Так как барорецепторы действуют как пропорционально-дифференциальные датчики, на колебания артериального давления во время сердечного цикла они реагируют ритмичными залпами разрядов, частота которых изменяется тем больше, чем выше амплитуда и скорость нарастания волны давления, передавая информацию не только о среднем АД, но также об амплитуде колебаний давления и крутизне его нарастания, а следовательно, и о ритме сердца [20;45]. При непрерывном измерении давления по реакции частоты сердечных сокращений на изменение АД, возможно определение барорефлекторной чувствительности. Существуют методы временные [15; 26], когда количественная оценка барорефлекторной чувствительности основана на исследовании связи между изменениями амплитуды пульсовых колебаний АД и динамикой длительности кардиоциклов, и частотные [9;35], когда оценка барорефлекторной чувствительности основана на исследовании соотношения медленночастотной составляющей в спектре ритма сердца и медленночастотной составляющей в ритме систолического давления.

По мнению некоторых авторов, наиболее отчетливую барорефлекторную реакцию ЧСС можно получить при дыхании с частотой 6 ц/мин., вызывающем значимое изменение АД, связанное с изменениями внутригрудного давления [9; 35; 46].

Целью исследования было оценить барорефлекторную чувствительность у здоровых детей младшего школьного возраста в условиях спокойного бодрствования и ортостаза (спонтанный барорефлекс) и при дыхании 6 дыхательных циклов в минуту (индуцированный барорефлекс).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование variability ритма частоты сердечных сокращений и артериального давления проводилось при помощи спектрального анализа. Бароре-

флексорная чувствительность оценивалась по изменению мощности колебаний ритма сердца в диапазоне LF-частот. Расчет значения барорефлекторной чувствительности производился путем извлечения квадратного корня из отношения $LF (ms^2)$ к $LF (mmHg^2)$ [9].

$$БРЧ = \sqrt{\frac{LF_{ВРС} \text{ ms}^2}{LF_{ВР АДС} \text{ mmHg}^2}}$$

Для регистрации ЭКГ и АД был использован, «спироартериокардиограф» (САКР), разработанный ООО «Интокс» (С.-Петербург), позволяющий непрерывно и синхронно регистрировать показатели сердечного ритма, артериального давления, дыхания и проводить визуальный и компьютерный анализ ритмограмм ЧСС, АД и дыхания.

Для оценки барорефлекторной чувствительности при спонтанном барорефлексе производили запись ЭКГ, кривой ритма АД и ритма объемно-скоростных показателей дыхания в состоянии покоя (в положении лежа) и при ортостатической пробе с обычным дыханием. Для оценки барорефлекторной чувствительности при индуцированном барорефлексе применяли пробу с навязанным ритмом дыхания с частотой 6 дыхательных циклов в минуту, при этом ребенок должен был делать полный плавный вдох в течение 5 секунд и 5 секунд выдох. В момент снятия показаний производился обязательный визуальный контроль записи кардиограммы и кривой изменения АД.

В исследовании принимали участие 240 учащихся средних общеобразовательных школ г. Москвы, практически здоровых, в возрасте 8–11 лет.

При проведении обследования и обработке результатов руководствовались рекомендациями «Стандартов и Норм» [27].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные эксперимента показали, что значение барорефлекторной чувствительности (БРЧ) при индуцированном барорефлексе существенно превышает такое при спонтанном барорефлексе (рис. 1), что согласуется с данными литературы [46].

В значениях показателя БРЧ существенных половых и возрастных отличий нет, хотя отчетливо прослеживается тенденция к более низким значениям индуцированного БР у мальчиков, чем у девочек, и его понижения от 8 к 11 годам у детей обоих полов (рис.1).

Корреляционный анализ выявил связи между некоторыми составляющими спектров variability ритма сердца, артериального давления и дыхания и значениями барорефлекторной чувствительности (БРЧ). Больше количество корреляционных связей наблюдалось при индуцированном барорефлексе, чем при спонтанном.

Интересно отметить возрастные и половые отличия корреляционных матриц при медленном дыхании (табл.1). Такие показатели как ЧСС, длительность R–R интервала, общая мощность variability ритма сердца (ТРВРС) и общая

мощность вариабельности систолического давления (ТРАДС) фигурировали в корреляционных матрицах всех возрастно-половых групп. У всех девочек, начиная с 9 лет, и мальчиков 8–9 лет довольно высокий коэффициент корреляции возникает между БРЧ и систолическим АД (табл.1).

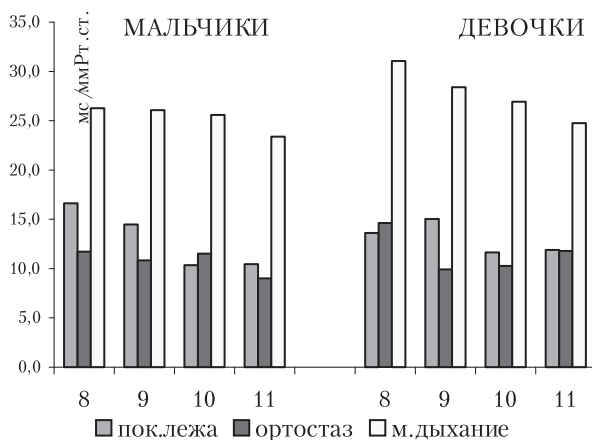


Рис. 1. Средние показатели барорефлекторной чувствительности при спонтанном (поклажа, ортостаз) и индуцированном (м.дыхание) барорефлексе у мальчиков и девочек 8–11 лет.

А.В. Писарук [15] описывает обратное явление у стариков, и расценивает это как свидетельство усиления жесткости связей в системе регулирования [15].

При кластерном анализе по уровню барорефлекторной чувствительности (БРЧ) были выделены три группы детей. При этом предварительно кластеризовались данные: а) в совокупной выборке мальчиков и девочек всех возрастов, б) в объединенной группе мальчиков и девочек 8–11 лет, в) в такой же группе 8–9 лет (группы младшие мальчики и младшие девочки), г) в группе 10–11 лет (старшие мальчики и старшие девочки) д) в разделенных по возрасту и полу группах 8, 9, 10 и 11-летних детей по показателям БРЧ, высчитанной при спонтанном и индуцированном барорефлексе отдельно, и затем полученные при всех перечисленных способах формирования выборки кластеры сравнивались между собой с расчетом t-критерия. Выяснилось, что достоверно отличаются по БРЧ внутри одной поло-возрастной группы кластеры, полученные на основе кластеризации показателя барочувствительности, высчитанной при спонтанном барорефлексе в покое. Далее, эти кластеры сравнивались в разных возрастных диапазонах, в результате чего между кластерами детей, различающихся по возрасту, но сходных по БРЧ, достоверных отличий выявлено не было. Поэтому мы посчитали возможным не разбивать совокупную выборку на возрастные группы, а объединить испытуемых в 2 группы, отличающиеся по полу, в каждую из которых входили дети всего возрастного диапазона от 8 до 11 лет.

Таблица 1

Значимые корреляционные зависимости ($p < 0.05$) между БРЧ и некоторыми показателями ЧСС, АД, спектральными составляющими вариабельности сердечного ритма, артериального давления при индуцированном барорефлексе

Дыхание 6 циклов/мин	девочки				мальчики			
	8 лет	9 лет	10 лет	11 лет	8 лет	9 лет	10 лет	11 лет
ЧСС уд/мин	-0,66	-0,40	-0,55	-0,67	-0,58	-0,73	-0,54	-0,51
TP ВРС, мс ²	0,41	0,75	0,48	0,36	0,60	0,42	0,55	0,56
VLF ВРС, мс ²	0,65	0,71						0,43
LF ВРС, мс ²		0,68	0,48		0,56	0,44	0,58	0,63
HF ВРС, мс ²		0,64			0,62		0,48	
АДС, ммРт.ст. ²		-0,61	-0,63	-0,71	-0,63	-0,65		
TP АДС, ммРт.ст. ²	-0,53	-0,50	-0,64	-0,47	-0,46	-0,51		
TP АДД, ммРт.ст. ²	-0,50		-0,51		-0,50	-0,50		
VLF АДС, ммРт.ст. ²			-0,63		-0,48	-0,44		
VLF АДД, ммРт.ст. ²	-0,62		-0,67			-0,44		
LF АДС, ммРт.ст. ²	-0,57	-0,59	-0,67	-0,55	-0,43	-0,52		-0,47
LF АДД, ммРт.ст. ²	-0,42				-0,45	-0,47		
LF АДС п.и.	-0,45				-0,74	-0,57		
LF АДД п.и.				-0,50	-0,60	-0,66		
HF АДС, ммРт.ст. ²	-0,52	-0,46	-0,52		-0,40			
Кол-во показателей, имеющих коэф.корр. $\geq 0,5$	11	10	9	6	15	12	5	6

Таблица 2

Описательные статистики для кластеров, выделенных на основе показателя барорефлекторной чувствительности (мс/мм Рт.ст.)

Мальчики 8–11 лет					Девочки 8–11 лет				
Кластер	М	σ	CV	N	Кластер	М	σ	CV	N
1	22,91	3,22	10,38	25	1	24,78	5,24	27,5	15
2	11,49	2,21	4,91	25	2	13,78	2,62	6,8	27
3	6,36	1,72	2,96	25	3	7,88	1,85	3,4	38

Каждая из двух совокупных выборок разделилась на 3 кластера, различающихся по наполняемости и дисперсии показателя БРЧ (табл.2). От первого к третьему кластеру значение БРЧ последовательно уменьшается вдвое, причем у девочек оно несколько выше, чем у мальчиков в соответствующих группах.

По наполняемости (N) кластеры также неодинаковы у детей разного пола. Если у мальчиков все три кластера примерно равны (по 30 % выборки 1 и 2 кластеры и 40 % выборки – 3 кластер), то у девочек в кластер №1 вошло 20 % испытуемых школьниц, в кластер №2 – 33% и в кластер №3 вошли остальные 47 %. И у мальчиков, и у девочек самым наполненным оказался кластер №3, в котором отмечалась наиболее низкая БРЧ ($6,36 \pm 1,72$ мс/ммРт.ст. у мальчиков и $7,88 \pm 1,85$ мс/ммРт.ст. у девочек).

В таблицах 3 и 4 приведены параметры гемодинамики и дыхания, а также спектральные характеристики variability ритмов РГДС у мальчиков и девочек, отнесенных к трем разным кластерам по барорефлекторной чувствительности.

В совокупной выборке мальчиков наибольшее количество достоверных отличий наблюдается между кластерами №1 и №3 (по 22 показателям, по 11 показателям между кластерами №2 и №3, и только по 9 показателям между кластерами №1 и №2). Как видно из таблиц, ЧСС достоверно возрастает от первого кластера к третьему и у девочек она больше в одноименных кластерах в среднем на 2–3 удара. Также возрастает систолическое АД, а вот диастолическое АД практически не меняется.

По спектральным составляющим первый кластер характеризуется наибольшей общей мощностью ВРС, мощностью в диапазоне VLF и HF, наибольшей ваготонией (только у мальчиков) в ритме сердца. Спектр ВР АД первого кластера, наоборот, характеризуется наименьшей общей мощностью и всеми остальными спектральными компонентами в абсолютных величинах.

В первый кластер вошли дети с преобладанием HF в процентном соотношении, соответственно с более низким значением вегетативного баланса (в выборке испытуемых мужского пола – в ритме АДС и АДД, в выборке испытуемых женского пола – только в ритме АДД).

Таким образом, было выявлено три группы испытуемых, отличающихся высокой, низкой и средней БРЧ. Выделенные группы характеризуются различной вариативностью описываемого показателя и наполняемостью группы. Наибольшее количество достоверных отличий от двух других имеет группа с низкой БРЧ. Дети с высокой БРЧ имеют наименьшие значения ЧСС, АДС; наибольшие значения АДД и длительности вдоха и выдоха.

В ряде современных исследований, посвященных вопросу изучения адаптивных возможностей системы кровообращения при выполнении физических и умственных нагрузок, подчеркивается существенная роль индивидуально-типологических особенностей автономной нервной регуляции организма в реализации успешной приспособительной деятельности [5;7–8;11;17;19;21;37–38]. Ряд авторов указывает на неоднородность вегетативной регуляции у детей [18] и

предполагает относительную устойчивость типа автономной нервной регуляции и его генетическую детерминированность [25].

Определение типа автономной нервной регуляции, или так называемого индивидуального вегетативного статуса [24], базируется на оценке исходного вегетативного тонуса (ИВТ) и типе реакции АНС на различные функциональные пробы [5;7–8;11;17;19;21;25]. Определение ИВТ, в целом, основано на выявлении преобладающих влияний со стороны парасимпатического или симпатического отдела АНС на сердечный ритм в исходном состоянии [3;28;41]. Авторы выделяют парасимпатический, или ваготонический, тип регуляции (с преобладанием тонуса парасимпатической нервной системы в регуляции СР), смешанный, или нормотонический, тип (сбалансированные влияния на СР), и симпатотонический тип (с преобладанием тонуса симпатической нервной системы в регуляции СР) [8; 16]. Однако, наши ранее опубликованные [1] данные показали, что в профиле исходного вегетативного тонуса по сердечному, сосудистому и дыхательному звеньям системы дыхания и гемодинамики как единой функциональной системы могут одновременно сочетаться разные значения вегетативного баланса. По этой причине мы предприняли поиск других критериев типизации для рассмотрения индивидуально-типологических особенностей автономной регуляции дыхания и гемодинамики как функциональной системы.

Для регуляции функциональной системы, в классическом ее понимании, типизация на основе чувствительности рецепторного аппарата, на наш взгляд, достаточно обоснована. Еще в работах П.К.Анохина (1932, 1935, 1962 гг.) рецепторам отводится ключевая роль в регуляции функциональных систем как составляющей важнейшего звена биосистемы – обратной афферентации, на основе которой производится афферентный синтез [2]. На основе афферентного синтеза строится тот самый системообразующий фактор, который обладает императивным влиянием на распределение активности между компонентами системы. Таким фактором является «полезный результат системы» [2] или «модель потребного будущего» [4]. Сопоставление результата действия системы сравнивается с этой «моделью» и при отклонении от нее «включаются многочисленные технические аппараты, выравнивающие показатели внутренней среды до должных величин» [2]. По выражению П.К.Анохина, рецептор должен обладать чрезвычайным постоянством, чтобы все колебания и отклонения конечного приспособительного эффекта немедленно приводили к мобилизации выравнивания. По его же выражению, только благодаря врожденным специфическим особенностям рецепторов и их связей с «рабочими аппаратами» система имеет неограниченные возможности выравнивать приспособительный эффект системы. Именно такой взгляд на механизмы регулирования функциональных систем послужил для нас причиной выбора барорефлекторной чувствительности в качестве критерия индивидуально-типологических особенностей регуляции РГДС у детей. И, как показал эксперимент, информативность и устойчивость данного показателя оказалась достаточно высокой.

Таблица 3

Показатели гемодинамики и variability ритмов РГДС внутри кластеров, определенных методом k -средних на основе барорефлекторной чувствительности, рассчитанной при спонтанном барорефлексе в покое у детей 8–11 лет (мальчики, $N=80$)

кл-П	1		2		3		All Grps	
	Means	Std.Dev.	Means	Std.Dev.	Means	Std.Dev.	Means	Std.Dev.
ЧСС уд/мин	83***	10	85***	9	95**,*	11	88	12
TP, мс ²	10592***,**	818,7	4918*,***	365,5	2747*,**	202,4	5877	608,1
VLF, мс ²	835***	55,2	649	40,7	493*	35,3	648	45,7
LF, мс ²	1669***,**	133,4	1001*,***	893	558*,**	39,5	1044	102,6
LF п.у.	22***	1,2	25	1,3	30*	1,5	26	1,4
HF, мс ²	7273***,**	635,0	2655*,***	255,9	1483*,**	153,5	3659	462,2
HF п.у.	70***,**	1,4	61*	1,7	61*	1,5	63	1,6
LF/HF	0,37	0,04	0,49	0,04	0,60	0,05	0,50	0,04
АДС, ммРт.ст.	102***,**	7,0	63,3	8,0	110,4*	10,7	107,7	9,6
АДД, ммРт.ст.	64,1	1,02	63,3	0,61	62,5	0,61	63,3	0,75
TPS, ммРт.ст. ²	20,9***	1,48	29,2***	3,11	52,9*,**	3,06	35,5	3,00
TPD, ммРт.ст. ²	20,1***	2,25	26,2***	2,04	49,6*,**	3,38	33,1	2,95
VLFS, ммРт.ст. ²	9,5***	0,85	12,8***	1,32	24,8*,**	1,52	16,2	1,44
VLFD, ммРт.ст. ²	11,5***	1,70	15,1***	1,27	32,1*,**	2,69	20,3	2,21
LFS, ммРт.ст. ²	4,2***	0,39	5,6***	0,40	14,9*,**	0,95	8,6	0,82
LFD, ммРт.ст. ²	3,6***	0,34	5,3***	0,48	10,3*,**	0,79	6,6	0,65
LFS п.у.	35,1***,**	1,40	45,4*	1,90	54,6*	1,61	45,6	1,82
LFD п.у.	45,3***	1,44	53,0	1,61	61,0*	1,80	53,6	1,74
HFS, ммРт.ст. ²	6,5***	0,41	9,8	2,17	11,0*	1,34	9,2	1,48
HFD, ммРт.ст. ²	4,3***	0,43	5,1	0,88	5,8*	0,66	5,1	0,67
HFS п.у.	57,0***,**	1,36	46,5*,***	1,93	37,7*,**	13,1	46,5	1,72
HFD п.у.	45,8***	1,31	38,9	1,69	32,2*	1,59	38,5	1,62
LF/HFS	0,8***,**	0,07	1,4*	1,01	2,0*	2,01	1,4	1,06
LF/HFD	1,2***	0,09	1,8	1,02	2,5*	1,06	1,9	1,04
TPSP, л/м ²	253,9	18,42	299,9	15,92	340,0	19,52	300,6	18,24
VLFS, л/м ²	103,7	15,92	162,5	16,62	178,9	20,14	150,2	17,90
LFSP, л/м ²	25,0	3,39	17,0	1,35	13,9	1,03	18,3	2,16
LFSP п.у.	15,5	1,29	15,0	1,28	14,8	1,43	15,1	1,33
HFSP, л/м ²	107,9	8,44	87,3	7,28	121,3	12,18	106,5	9,70
HFSP п.у.	71,0	1,47	62,7	17,2	69,8	19,0	68,0	1,73
LF/HFSP	0,25	0,025	0,26	0,024	0,27	0,031	0,26	0,027
T insp, с	1,76	0,095	2,55	0,209	1,72	0,129	1,99	0,154
T exp, с	1,99**	0,090	1,28*	0,086	1,87	1,052	1,72	1,019
V insp, л	0,21	0,010	0,20	0,008	0,21	0,008	0,21	0,009

* – статистически достоверные отличия от кластера №1;

** – статистически достоверные отличия от кластера №2;

*** – статистически достоверные отличия от кластера №3;

Таблица 4

Показатели гемодинамики и variability ритмов РГДС внутри кластеров, определенных методом k -средних на основе барорефлекторной чувствительности, рассчитанной при спонтанном барорефлексе в покое у детей 8–11 лет (девочки, $N=80$)

кл-П	1		2		3		All Grps	
	Means	Std.Dev.	Means	Std.Dev.	Means	Std.Dev.	Means	Std.Dev.
ЧСС уд/мин	81***, **	9	88*, ***	10	97**, *	9,4	91,5	11
TP, мс ²	9788***, **	564,3	4475*, ***	296,0	2868*, **	182,8	4708	407,9
VLF, мс ²	1106***, **	66,6	604 *	43,3	606*	57,0	699	5,7
LF, мс ²	2405***, **	265,4	675 *	44,2	533*	33,3	932	10,2
LF п.у.	28	1,5	21 ***	0,9	28 **	1,1	26	1,2
HF, мс ²	5347***, **	339	2812*, ***	215	1538*, **	139	2683	254
HF п.у.	63	1,5	68	1,5	63	1,6	65	1,5
LF/HF ВРС	0,54	0,05	0,35	0,02	0,54	0,04	0,48	0,04
АДС, ммРт.ст.	106***	10,2	106,5 ***	5,8	115,7*, **	7,5	110,7	8,9
АДД, ммРт.ст.	67	7,9	63,5	5,3	65	6,7	65	6,0
TPS, ммРт.ст. ²	17,4***	1,2	18,2***	1,24	39,9*, **	1,87	28,4	1,9
TPD, ммРт.ст. ²	17,1***	1,4	13,9***	6,5	32,7*, **	1,9	23,48	1,7
VLFS, ммРт.ст. ²	8,6***	0,6	8***	0,5	21*, **	1,4	14,4	1,2
VLFД, ммРт.ст. ²	10,4***	0,95	8***	1,27	32,1*, **	2,69	20,3	2,21
LFS, ммРт.ст. ²	4,3***	0,50	3,6***	0,25	8,7*, **	0,43	6,2	0,47
LFD, ммРт.ст. ²	3,6	0,32	2,5***	0,14	5,3 **	0,38	4	0,29
LFS п.у.	46 **	1,5	39 *, ***	1,4	47**	1,1	44	1,3
LFD п.у.	49 ***	1,3	44 ***	1,4	57 *, **	1,2	51	1,4
HFS, ммРт.ст. ²	3,9 ***	0,03	5,7 ***	0,05	8,5 *, **	0,30	6,7	0,21
HFD, ммРт.ст. ²	2,6	0,11	2,9	0,23	3,5	0,27	3,1	0,23
HFS п.у.	46	1,4	52 ***	1,5	45 **	1,2	48	1,4
HFD п.у.	42	1,0	45 ***	1,3	36 **	1,1	40	1,2
LF/HF ВРАДС	1,1	0,07	0,9	0,01	1,1	0,02	1,15	0,16
LF/HF ВР АДД	1,3	0,08	1,2 ***	0,01	1,9 **	0,01	1,57	0,01
TPSP, л/м ²	228	19,2	218	14,3	289	14,5	254	15,3
VLFSP, л/м ²	124	16,7	105	15,4	129	15,3	120	15,8
LFSP, л/м ²	14,6	1,8	12,6	1,3	13,2	1,4	13,3	1,5
LFSP п.у.	16	2,1	13	1,4	12	1,4	13	1,5
HFSP, л/м ²	75	6,3	76	4,3	113	9,1	94	7,4
HFSP п.у.	67	1,8	68	1,9	71	2,2	69	2,3
LF/HF ВРД	0,33	0,04	0,24	0,03	0,22	0,04	0,25	0,04
T insp, с	2,47	1,6	1,35	0,9	1,5	0,5	1,63	1,05
T exp, с	2,47 ***, **	1,6	1,35 *	0,9	1,5 *	0,5	1,63	1,05
V insp, л	0,19	0,1	0,22	0,2	0,19	0,07	0,2	0,14

* – статистически достоверные отличия от кластера №1;

** – статистически достоверные отличия от кластера №2;

*** – статистически достоверные отличия от кластера №3;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При анализе данных исследования барорефлекторной чувствительности в популяции здоровых детей младшего школьного возраста в нормальных условиях неинвазивным методом выявлено, что значения барорефлекторной чувствительности (БРЧ) при индуцированном барорефлексе существенно превышают таковые при спонтанном барорефлексе.

Корреляционный анализ между спектральными показателями variability ритма сердца, артериального давления и дыхания и значениями барорефлекторной чувствительности, позволил выявить связи между данным показателем и составляющими спектров исследуемых ритмов. Количество показателей, коррелирующих с БРЧ, от 8 к 11 годам уменьшается.

Исследование автономной нервной регуляции у здоровых детей младшего школьного возраста с разной барорефлекторной чувствительностью показало, что в значениях данного показателя существенных половых и возрастных отличий нет, хотя отчетливо прослеживается тенденция к более низким значениям БРЧ при индуцированном барорефлексе у мальчиков, чем у девочек, и их понижению от 8 к 11 годам у детей обоих полов.

Проведенные исследования отчетливо показали наличие индивидуально-типологических различий между детьми с разной барорефлекторной чувствительностью во всех возрастно-половых группах. Кроме того, данный критерий демонстрирует значительную информативность и устойчивость.

Очень важно, на наш взгляд, продолжить изучение барорефлекторной чувствительности и в других возрастных группах, что позволит получить новую информацию как о становлении автономной регуляции висцеральных функций в онтогенезе, так и о механизмах ее деградации в процессе старения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анохин П.К. Теория функциональной системы как предпосылка к построению физиологической кибернетики: Биологические аспекты кибернетики. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 74–91.
2. Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы. – М.: Наука. 1980.– 198 с.
3. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: методические рекомендации / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, А.В. Чирейкин // Вестник аритмологии.– 2001.– №24.– С. 65–87.
4. Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. – М.: Медицина, 1966. –350 с.
5. Берсенева, А.П. Возрастные особенности вегетативной регуляции сердечного ритма при ортостатической пробе у школьников.//Компьютерная электрокардиография на рубеже столетий: Тезисы докл. междунар. симпозиума.– Москва, 1999.– С.145–147.
6. Григорьева Т.А. Иннервация кровеносных сосудов.– М. 1954, – 98 с.
7. Гуштурова, И.В. Особенности центральной и периферической гемодина-

мики в покое и при физических нагрузках у детей дошкольного возраста: Автореф...канд.биол.наук – Казань, 1996.– 26 с.

8. Догадкина, С.Б. Особенности периферического кровообращения у детей 6–7 лет с разными типами вегетативной нервной регуляции. // Физиология развития человека: Матер. междунар.конф. посвященной 55-летию Института возрастной физиологии РАО.– Москва: НПО «Образование от А до Я», 2000.– С.185–186.

9. Комаров Г.Д., Кучма В.Р, Носкин Л.А. Полисистемный саногенетический мониторинг. – М.: Изд-во «МИПКРО», 2001. – 149 с.

10. Конради Г.П. Регуляция сосудистого тонуса. – Л.: Наука, 1973. – 323 с.

11. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода. – Иваново: Иван. гос. мед. академия, 2002. – 290 с.

12. Морозов Е.К. Сравнительное и экспериментально-морфологическое исследование нервного аппарата синокаротидной рефлексогенной зоны.: Автореф. дис... д-ра биол.наук. – М., – 1980. – 28 с.

13. Носкин Л.А., Пивоваров В.В., Хомич М.М. и др. Полисистемная оценка саногенетического состояния работников завода по производству ядерного топлива. Анализ функционального состояния сердечно-сосудистой, дыхательной и психомоторной систем. // Радиационная биология и радиоэкология, – М. 2004. – Т. 44 – №3. – С. 269–277.

14. Пархон К.И. Возрастная биология. Клинические и экспериментальные исследования / Под ред. акад. Штефана М. – Милку.: Изд-во лит. на иностр. языках – Бухарест, 1959. – 467 с.;

15. Писарук А.В. Анализ механизмов возрастных изменений системы барорефлекторной регуляции с помощью математической модели. Пробл. старения и долголетия. – 1999. – №2. – С. 26–34.

16. Пономарева Т.А. Срочная адаптация системы кровообращения детей младшего школьного возраста к работе на компьютере: Автореф. дис... канд. биол. наук. – М. – 2005. – 21 с.

17. Сапожникова Е.Н. Ритм сердца у школьников 7–12 лет в покое и при ортостатическом тестировании: Автореф. дис...канд. биол. наук. – Казань. 2003. – 23 с.

18. Соколова О.И., Хаспекова Н.Б., Чечельницкая С.М. Неоднородность механизмов вегетативной регуляции у здоровых детей. // Школа здоровья. Т. 7. №1.– 2000. – С. 90–97.

19. Сорокин О.В., Маркова Е.В., Труфакин С.В, Абрамов В.В., Куликов В.Ю., Козлов В.А. Факторный анализ параметров вегетативной регуляции сердечного ритма у детей //Бюллетень СО РАМН.– 2004.– №1 (III).– С. 32–39.

20. Станкерс А., Алондерис А. Спектрально-когерентный состав взаимосвязи между формой пульсовой волны сонной артерии и сердечным ритмом. // Физиология человека. – 2003. – Т.29. – №3. –с. 76–81

21. Тупицын И.О., Андреева И.Г., Безобразова В.Н. и др. // Физиология развития человека: теоретические и прикладные аспекты. – М.: Издательство НПО «От А до Я», 2000.– С.148–166.

22. Удельнов М.Г. Физиология сердца. – М.: Изд-во МГУ. 1975. 132 с.
23. Фолков Б., Нил. Э, Кровообращение. – М.: Медицина. 1976. – 463 с.
24. Шидловский В.А. Актуальные вопросы физиологической кибернетики // Физиологическая Кибернетика: Тезисы докладов I Всесоюзной конференции по физиологической кибернетике. – М. 1981.– с. 41
25. Шлык, Н.И., Сапожникова Е.Н., Красноперова Т.В., Об «индивидуальном портрете» механизмов вегетативной регуляции у детей. //Традиционные и нетрадиционные методы оздоровления детей: Тез. докл. VI межд. конф.– Смоленск, 1997.– С.243.
26. Яковлева О.И., Мамонтов О.В, Яковлев А.Н. Влияние длительной терапии эпросартаном на структурно-функциональное состояние сердца и крупных сосудов и вегетативную регуляцию кровообращения у больных гипертонической болезнью // Артериальная гипертензия. 2003. –Т. 9. – №1. – 57 с.
27. «Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological interpretation and clinical use //Circulation.– 1996.– Vol.93.– P.1043–1065
28. Akselrod, S., Gordon D, Madwed J.B. et al. Power spectrum analysis of heart rate fluctuations: a quantitative probe of –beat-to-beat cardiovascular control // Sci. – 1981. – Vol. 213. P. 220–222.
29. Bealer S.L. Anteroventral third ventricle periventricular tissue contributes to cardiac baroreflex responses // Clin. Exp. Pharmacol. Physiol. – 2000. – Vol. 27, N 5/6. – P. 460–464.
30. Borne P. New evidence of baroreflex dysfunction in congenital central hypoventilation syndrome. Clin Sci (Lond). 2005 Mar; 108(3): 225–30.
31. Borst C., Karemaker J.M. Time delays in the human baroreceptor reflex // J. Auton. Nerv. Syst. – 1983. – Vol. 9, N 2/3. – P. 399 – 409.
32. De Boer R.W., Karemaker J.M., Strackee J. Hemodynamic fluctuations and baroreflex sensitivity in humans: a beat-to-beat model // Am.J.Physiol. – 1987. – Vol. 253. – P. H680–H689.
33. Fritsch J.M., Smith M.L., Simmons D.T. Differential baroreflex modulation vagal and sympathetic activity. Am.J.Physiol. 260 (Regulatory Integrative Comp. Physiol.29): 1991. v.R635–641,
34. Furlan R., Jacob G., Palazzolo L., Rimoldi A., et al. Sequential Modulation of Cardiac Autonomic Control Induced by Cardiopulmonary and Arterial Baroreflex Mechanisms. Circulation, December 11, 2001; 104(24): 2932 – 2937.
35. Gerritsen J., Ten Voorde, B.J. Dekker, J.M. Baroreflex sensitivity in the elderly: influence of age, breathing and spectral methods, Clinical Science (2000) 99 371–381.
36. Gribbin B., Pickering T.G., Sleight P., and R. Pete // Effect of age and high blood pressure on baroreflex sensitivity in man // Circ. Res. –1971. – 29. P.424– 431.
37. Hojgaard, M.V. Dynamics of spectral components of HRV during changes in autonomic balance /M.V. Hojgard, N.–H. Holstein-Rathlou, E. Anger, J.K. Kanters // Am.J.Physiol.– 1998.– Vol.275.– №1.–Part2.–P.: H213–H219.
38. Karamaker, J. Autonomic control on the circulation: its frequency dependency and the consequences for measures like LF/HF in HRV analysis /J. Karamaker,

M. John //Компьютерная электрокардиография на рубеже столетий: Тезисы докл.междунар.симпозиума.– М., 1999.– С.17.

39. Lanfranchi P.A. and Somers V.K. Arterial baroreflex function and cardiovascular variability: interactions and implications. *Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol*, October 1, 2002; 283(4): R815 – R826.

40. Laude D., Elghozi J.-L., Girard A., E. et al. Comparison of various techniques used to estimate spontaneous baroreflex sensitivity (the EuroBaVar study). *Am J Physiol*, January 1, 2004; 286(1): R226 – R231.

41. Ori, Z. Heart rate variability frequency domain analysis /Z. Ori, G. Monir, J. Weiss, X. Sayhouni, D.H. Singer //Amb. Electrocardio.– 1992.– 10(3).– P.499–537.

42. Parati G., Di Rienzo M., Mancia G. How to measure baroreflex sensitivity: from the cardiovascular laboratory to daily life.– *J Hypertens* 2000 Jan;18(1):7–19

43. Porta A., Baselli G., Rimoldi O., Malliani A., and Pagani M. Assessing baroreflex gain from spontaneous variability in conscious dogs: role of causality and respiration. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 279: H2558–H2567, Nov.2000

44. Robbe H., Mulder L., Ruddle H., Langewitz W.A., Veldman J.B., and Mulder G. Assessment of baroreceptor reflex sensitivity by means of spectral analysis. *Hypertension* 1987, v.10: 538–543

45. Smyth M.S., Sleight P. and Pickering G.W. (1969) Reflex regulation of arterial pressure during sleep in man. A quantitative method of assessing baroreflex sensitivity. *Circulation* 24, 109–121.

46. Tank J., Baevski R., Fender A. Reference Values of Indices of Spontaneous Baroreceptor Reflex Sensitivity//*Am J Hypertens* 2000; 13:268–275

ЗДОРОВЬЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ШКОЛЬНИКОВ 10–11 ЛЕТ

М.В. Антропова, Т.М. Параничева¹, Г.Г. Манке, Е.В. Тюрина
Институт возрастной физиологии РАО, Москва

В статье излагаются данные состояния здоровья и функциональных особенностей сердечно-сосудистой системы детей 10 и 11 лет по индексу Руфье и адаптационному потенциалу (АП). Приводятся результаты анализа согласования уровней физического развития, стадий полового созревания, групп здоровья с градациями АП, индекса Руфье.

Ключевые слова: дети, здоровье, сердечно-сосудистая система, адаптация, половое созревание.

The study presents the data on health and peculiarities of the cardiovascular system of 10–11 year-old children according to Rufie index and adaptation potential (AP). Correspondence between physical development, stage of puberty, health group and AP and Rufie index rating was analyzed.

Keywords: children, health, cardiovascular system, adaptation, puberty.

В последнее десятилетие педиатры, гигиенисты, антропологи с большой тревогой отмечают особенно резкое ухудшение физического развития и других критериев здоровья, двигательной подготовленности, отдаление сроков полового созревания у детей и подростков [2, 5, 6, 12, 13, 17, 18, 24, 26, 27].

Совершенствование гигиены и охраны здоровья детей и подростков неизменно требует разработки и освоения методов и способов раннего выявления донозологических и преморбидных состояний, их диагностики, в частности физиологических методик. Как известно, показатели функционального состояния жизнеобеспечивающей сердечно-сосудистой системы весьма чувствительны, высокоинформативны, доступны для регистрации их изменения под влиянием эндогенных и экзогенных факторов у детей и взрослых, отчетливо выражены.

Помимо наследственности систолическое (САД), диастолическое (ДАД) артериальное давление связаны у детей с их длиной и массой тела, стадиями полового созревания, степенью развития скелетной мускулатуры, учебными, трудовыми и физическими нагрузками, психологическим климатом в семье, образовательном и трудовом коллективе [1, 2, 4, 5, 6, 24].

Среди ряда методик выявления функционального состояния сердечно-сосудистой системы, ее адаптации, отражающей в то же время адаптацию организма в целом к различным факторам, а также степени риска заболевания физиологами рекомендовано определение АП [3, 10, 11, 20, 21].

Установлено, что у взрослых людей в неблагоприятных условиях жизнедеятельности в преморбидном состоянии значимо ухудшаются адаптационные спо-

Контакты: ¹ Т.М. Параничева

собности организма, увеличиваются величины АП, возникают специфические изменения и, наконец, болезнь [8, 9, 10, 15, 20].

В формулу, установленную в результате корреляционного и регрессионного анализов данных, входят: возраст исследуемого (В), его рост (Р) и масса тела (М), САД и ДАД, пульс (ЧСС). К каждому показателю придается коэффициент [9, 10]:
$$АП = [0,011 \times ЧСС + 0,014 \times САД + 0,008 \times ДАД + 0,014 \times В + 0,009 \times М - 0,009 \times Р] - 0,27.$$

Р.М. Баевским и А.П. Берсеновой (1987) в результате массовых обследований рабочих различных предприятий была выявлена структура здоровья, величины АП, его градации, а также значение оздоровительных мероприятий.

Примечательны изменения АП у детей 7 лет в сочетании с учебной нагрузкой в динамике учебного года, с уровнями работоспособности и состоянием здоровья, а также возрастно-половые значения показателя и его величины в зависимости от физического развития школьников [3, 21, 25].

В связи с изучением состояния здоровья детей 10 и 11 лет, которые в лонгитуде наблюдались с 6-летнего возраста, представилось возможным произвести определение АП и проследить взаимосвязи его различных градаций с градациями других показателей функционального состояния и здоровья учащихся.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Углубленный медицинский осмотр с выявлением наличия или отсутствия специфических изменений по органам и системам был проведен в двух общеобразовательных учреждениях на 6–7 неделях от начала учебного года. У 167 детей 10 и 11 лет после анализа результатов и определения каждому группы здоровья было произведено также вычисление индивидуальных значений АП. Вторично определение соматометрических и функциональных показателей было проведено у детей через 2 недели после зимних каникул. Анализ полученных данных показал отсутствие их различий в зависимости от времени обследования детей и учреждения, где они обучались.

Измерение длины и массы тела производилось у учащихся выверенным инструментарием в утренние часы. Частота сердечных сокращений, САД и ДАД измерялись одномоментно специальным прибором для авиационного врача – «Барьер». Определение уровня физического развития осуществлялось по оценочным таблицам для детей и подростков Москвы [23]. Проводилась разносторонняя вариационно-статистическая обработка данных.

Индивидуальные величины АП распределялись по четырем качественным градациям, установленным и рекомендованным физиологами: удовлетворительная адаптация – не более 2,10 баллов; напряжение механизмов адаптации – от 2,11 до 3,20 баллов; неудовлетворительная адаптация – от 3,21 до 4,30 балла; срыв адаптации – от 4,30 и более баллов.

Помимо вычисления АП у каждого школьника определялись также величины: индекса Руфье – критерия резерва функционального состояния сердечно-сосудистой системы по формуле (ЧССхСАД) : 100 [7] и росто-весовой показатель по формуле: [масса тела, кг : (длина тела, м)²].

Индивидуальные значения индекса Руфье распределялись по трем установленным для детей 7–16 лет качественным градациям: высокие резервы функционального состояния ССС – 80,0 и менее условных единиц; средние – от 81,0 до 90,0 условных единиц и низкие – от 91,0 и более единиц.

Распределение величин роста-веса индекса (ИМТ) производилось по качественным градациям с учетом средней и сигмального отклонения: средние $M + 2,0\delta$; высокие (указывающие на избыточность массы по отношению к данной длине) – от $M + 2,0\delta$ и выше; низкие (свидетельствующие о дефиците массы) – от $M - 1,0\delta$ и менее.

С учетом границ качественных градаций по их соотношению производилось соответственное распределение индивидуальных величин каждого соматометрического и функционального показателя детей и вычисление коэффициента согласия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Физическое развитие детей 10 и 11 лет примечательно тем, что длина и масса тела (табл. 1) у мальчиков и девочек одинаковы ($p > 0,05$). Их среднее гармоничное физическое развитие в 11 лет диагностировано чаще, чем в 10 лет ($p < 0,001$). У значительного числа мальчиков (21 %) и девочек (24 %) в 10 и 11 лет выражен дефицит массы тела, причем средняя величина его недостаточности в два раза большая у девочек, чем у мальчиков (8,4 против 4,0 %).

Годовые прибавки по длине и массе тела мальчиков и девочек, а также массе тела мальчиков не отличаются от таковых у сверстников и сверстниц 70-х гг. [19]; расхождения составляют 0,3–0,5 см и 0,3–0,4 кг. У девочек же средние годовые прибавки по массе тела оказались существенно меньшими в 1998 г., нежели у сверстниц в 70-х гг.: от 9 до 10 лет на 2,4 кг ($p < 0,001$) и от 10 до 11 лет на 0,7 кг ($p < 0,05$). Отмечено, что годовые прибавки по массе тела у мальчиков и девочек от 9 до 10 и от 10 до 11 лет в 10 % случаев составляли 0–0,9 кг и в 22 % случаев 1,0–1,9 кг.

Ростовой индекс и распределение его величин по градациям (низкий, средний, высокий) созвучно распределению индивидуальных данных по длине и массе тела, по уровням физического развития детей 10 и 11 лет на основании оценочных таблиц [23].

Сниженными по отношению к должным величинам согласно индивидуальным показателям длины и массы тела оказались физиометрические параметры: ЖЕЛ и сила сжатия кистей рук. Это отмечалось несколько чаще и было более выражено ($p < 0,001$) у мальчиков и девочек 10 и 11 лет в случаях неудовлетворительного физического развития, низкорослости, дефицита и особенно избыточности массы тела ($30 \pm 1,2$ и $29 \pm 3,0$ % соответственно ЖЕЛ и СК).

По сравнению со сверстниками и сверстницами 70-х гг. Выявлена явная задержка полового созревания мальчиков 10 и 11 лет и девочек 10 лет. В 1998 г. в 72 % случаев у мальчиков 11 лет диагностирована первая стадия полового созревания и в 24 % случаев – вторая стадия полового созревания, тогда как в 70-х гг. I и II стадии наблюдались у их сверстников существенно реже ($p < 0,01$) в 29 и 43% случаев соответственно.

Частота отклонения в деятельности органов и систем у наблюдаемых контингентов школьников г. Москвы согласуется с таковой у сверстников и сверстниц массовых общеобразовательных учреждений в наши дни [16] и по ряду показателей оказывается выше, чем была в 50–70 гг.

В структуре диагностированных отклонений (экстренсивные относительные величины) наибольший удельный вес (или I место) приходится на функциональные нарушения осанки и искривления позвоночника (сколиозы, лордозы, кифозы). Следующее II место занимают болезни ЛОР-органов, затем психоневрологические отклонения, отклонения в деятельности сердечно-сосудистой системы, близорукость.

По совокупности тех или иных отклонений (согласно указанию МЗ РФ [22]) учащиеся были распределены на группы здоровья. Наименьшая встречаемость оказалась I группы – 23, II – 45 и III – 32%. В 70-е гг. среди детей 9–11 лет первая группа здоровья отмечена в 32, II – в 32 и III – в 36% случаев [14].

Существенной связи уровней САД и ДАД с возрастом у детей 10–11 лет не проявилось (см. табл. 1). Вместе с тем в 29% случаев у мальчиков и девочек САД было пониженным (80,0–85,0 мм рт.ст.), а в 34% случаев проявляло явную направленность к повышенному уровню (от 114,0 мм рт.ст. и выше). В 15,3% случаев пульсовое давление не превышало 20,0–25,0 мм рт.ст., что, естественно, обуславливало низкий коэффициент эффективности кровоснабжения. Проявилась известная [1, 4, 5, 6] взаимозависимость между САД и соматометрическими параметрами: при больших величинах у детей длины и массы тела существенно выше и уровни систолического артериального давления.

Средние значения индекса Руфье (см. табл. 1) указывают на сниженные у детей 10 и 11 лет резервы функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы [7]. В наблюдаемом коллективе детей 10 и 11 лет в 38% случаев величина индекса была особенно низкой, в 24,0% – средней и в 37% – высокой. Следовательно, в большинстве случаев (62%) обследованные школьники в период завершения дезадаптации к учебной нагрузке после летних и зимних каникул – перемены в привычной учебной деятельности – резервы функционального состояния ССС проявляют себя как удовлетворительные.

Следует, однако, отметить, что в распределении величин индекса Руфье по качественным градациям отмечается связь с возрастом и полом (см. табл. 2). В 11 лет у мальчиков более чем в четыре раза чаще, нежели у девочек-сверстниц, показатель резервов функционального состояния ССС находится в пределах благоприятных (высоких и средних) величин ($68 \pm 7,5$ против $16 \pm 5,0$ %; $p < 0,001$). В 11 лет у девочек особенно часто (см. табл. 2) по сравнению с мальчиками этого же возраста установлены очень низкие величины индекса Руфье. Эта особенность, видимо, помимо влияния школьных факторов риска на одиннадцатилетних девочек связана с эндогенными причинами – нейроэндокринной перестройкой организма в связи с половым созреванием. У девочек 11 лет в 36 и 28 % соответственно представлены II и III стадии полового созревания, тогда как у мальчиков в 72 % преобладала I стадия.

Таблица 1

Соматометрические и функциональные параметры мальчиков и девочек 10–11 лет – учащихся общеобразовательных учреждений ($M \pm m$)

Показатели	10 лет		11 лет	
	М	Д	М	Д
Рост, см	140,7±0,4	141,0±0,3	145,6±1,1	146,7±1,0
Масса, кг	33,8±0,2	32,7±0,3	36,4±0,2	36,2±0,3
ИМТ, М, кг:(Р, м) ²	17,2±0,3	16,8±0,5	17,3±0,4	18,3±0,5
САД, мм рт.ст.	95,0±1,2	98,0±1,6	97,0±1,1	99,0±1,6
ДАД, мм рт.ст.	59,0±0,8	57,0±1,0	61,0±1,4	58,0±1,0
ЧСС, уд./мин	89,0±2,5	87,0±2,0	88,0±3,2	86,0±2,5
Индекс Руфье, усл.ед.	98,4±3,8	79,4±3,0	91,4±1,8	109,0±5,4
АП, баллы	1,78±0,02	1,61±0,03	1,72±0,02	1,91±1,0

Таблица 2

Распределение индивидуальных величин соматометрических и функциональных показателей мальчиков и девочек 10 и 11 лет по качественным градациям ($M \pm m$ %)

Градация	Возраст	Пол	Показатели			
			Физическое развитие	ИМТ, М, кг:(Р, м) ²	Индекс Руфье, (усл.ед.)	АП, баллов
Благоприятная	10	М	56,0±3,6	58,0±4,7	37,0±6,5	81,0±3,8
		Д	50,0±3,6	52,0±4,7	72,0±9,0	100,0
	11	М	72,0±3,2	80,0±3,8	68,0±7,5	97,0±1,6
		Д	65,0±3,5	77,4±4,0	16,0±5,0	85,0±3,4
Неблагоприятная	10	М	44,0±3,6	42,0±4,7	63,0±6,5	19,0±3,8
		Д	50,0±3,6	48,0±4,7	28,0±9,0	–
	11	М	28,0±3,2	20,0±3,8	32,0±7,5	3,0±1,6
		Д	35,0±3,5	23,0±4,0	84,0±5,0	15,0±3,4

Примечания: 1. М – мальчики; Д – девочки.

2. Благоприятные градации по каждому показателю включали: удовлетворительное гармоничное физическое развитие; удовлетворительный рост-весовой показатель (ИМТ); высокие и средние резервы функций ССС; удовлетворительное состояние механизмов адаптации ССС.

3. Неблагоприятная градация по каждому показателю включала: дисгармоничное физическое развитие; низкий или высокий ИМТ; низкие ресурсы функций ССС; напряжение механизмов адаптации ССС.

Приведенные соматометрические и физиологические характеристики детей дополняются оценкой состояния их здоровья и установлением каждому ученику группы здоровья на основании наличия или отсутствия совокупности специфических изменений по органам и системам [22].

Дети, наблюдаемые нами, не отличались высоким уровнем здоровья. В наибольшем числе случаев заболевания были в стадии компенсации. Так как у взрослых было установлено, что величины и градации АП сердечно-сосудистой системы сочетаются со здоровьем, то в данной конкретной ситуации допустимо было предположить, что и АП ССС, как индикатор степени адаптации целостного организма, по среднегрупповым величинам и по частотам в результате распределения индивидуальных данных по качественным градациям должны быть неблагоприятными у больных детей (напряжение, неудовлетворительная адаптация, срыв адаптации). Однако подобного согласования не проявилось. Как у мальчиков, так и у девочек, в часы оптимизации физиологических функций организма (11,0–12,0 ч дня) средние величины АП указывали на удовлетворительное состояние адаптации ССС и целостного организма (см. табл. 1). Индивидуальные величины при распределении в большинстве случаев (см. табл. 2) укладывались в благоприятные градации, и только в 3,0–19,0% случаев отмечено было явное напряжение механизмов адаптации ССС. Примечательно, что величины АП в 2,11–3,20 баллов (по Баевскому Р.М.), как и неблагоприятный индекс Руфье, встречались у девочек 11 лет чаще, чем в 10 лет (см. табл. 2), что также можно связать с их половым созреванием.

Распределение величин АП по качественным градациям почти повторяет таковое, полученное Ю.А. Ямпольской [25]: удовлетворительная адаптация у мальчиков 10–11 лет оказалась соответственно в 91,4–93,4 % и у девочек того же возраста в 97,5–93,4 % случаев.

Распределение частот абсолютных величин АП и других функциональных и соматических показателей по соотношению между качественными градациями не проявило надежного коэффициента согласия (χ^2), указывающего на согласование градаций между собой.

Оказалось, что удовлетворительное состояние механизмов адаптации ССС, как и напряжение, встречается одинаково часто у детей 10 и 11 лет (мальчиков и девочек) с неудовлетворительным и удовлетворительным уровнем физического развития ($\chi^2 = 0,10$; $p > 0,05$) и росто-весового индекса ($\chi^2 = 0,014$; $p > 0,05$), благоприятным и неблагоприятным индексом Руфье; с уровнями здоровья $\chi^2 = 1,34$; $p > 0,05$). Из 100 случаев удовлетворительных величин АП в 61,0 % случаев индекс Руфье оказался у детей благоприятным. Только в 9 случаях из 48 в группе детей с низкими величинами индекса Руфье оказалось выраженным по величинам АП напряжение адаптации ССС.

Наличие специфических отклонений по органам и системам (I и IV группы здоровья), так и отсутствие таковых (I группа здоровья) наиболее часто сочетается с удовлетворительными величинами АП (менее 2,10 балла). В равной степени напряжение механизмов адаптации ССС одинаково часто проявлялось у детей как здоровых, так и с серьезными отклонениями в состоянии здоровья (хронический тонзил-

лит, стойкие нарушения формы позвоночного столба и грудной клетки; дефицит массы тела и низкий росто-весовой показатель; низкий индекс Руфье; пониженное (80–85 мм рт.ст.) или повышенное (от 114,0 мм рт.ст. и выше) САД и т.д.).

Таким образом, Результаты проведенного анализа соматометрических и функциональных показателей, а также данные индивидуальных характеристик у детей, имеющих отклонения по органам и системам, показывают, что удовлетворительное состояние у них механизмов адаптации по величине АП ССС, не согласуется с истинным состоянием здоровья. Видимо, для детей с учетом возраста и пола необходимо выявить иные, присущие им средние уровни АП и соответственные градации степеней адаптации ССС и организма в целом.

Достаточные количественно репрезентативные для двух возрастно-половых групп данные позволили осуществить подобную попытку.

Прежде всего, была выявлена средняя величина АП, характерная для мальчиков и девочек 10 и 11 лет. Она оказалась равной $1,71 \pm 0,02$ баллам. Сигмальное отклонение равнялось $0,19 \pm 0,01$ баллам. На основании средней величины и сигмального отклонения определены следующие четыре уровня АП ССС, характеризующие удовлетворительную адаптацию (до 1,90 балла), напряжение механизмов адаптации (от 1,91 до 2,09 баллов), неудовлетворительную адаптацию (от 2,10 до 2,28 баллов), срыв адаптации (от 2,29 и более баллов).

При использовании этих новых возрастных уровней АП оказалось, что на благоприятный тип адаптации приходится большая частота случаев ($80,0 \pm 3,1$ %), а на неблагоприятные (напряжение, неудовлетворительная адаптация и ее срыв) – меньшая ($20,0 \pm 3,1$ %).

Еще ярче распределение вариант АП по его возрастным уровням, чем при использовании предложенной для взрослых классификации адаптивного состояния ССС, показало преобладание частот встречаемости величин показателя, характеризующих напряжение механизмов адаптации у девочек 11 лет, нежели у десятилетних школьниц ($32,0 \pm 7,2$ % против $14,0 \pm 5,4$ %; $p < 0,05$).

Обращает на себя внимание частое сочетание очень низких, считающихся благоприятными, величин АП с пониженным у детей САД и наоборот – высоких величин АП с повышенным САД. Так, у мальчиков и девочек 10 и 11 лет с пониженным САД (80–85 мм рт.ст.) средняя величина АП ССС $1,39 \pm 0,02$ балла. Она существенно ниже, чем у сверстников и сверстниц с нормальными возрастными параметрами САД ($1,77 \pm 0,02$ балла; $p < 0,01$).

У детей же с повышенным САД (114,0 мм рт.ст. и выше) средняя величина АП ($2,01 \pm 0,04$ балла) существенно большая ($t = 7,0$; $p < 0,01$), чем у сверстников и сверстниц с нормальными возрастными значениями САД. Как же оценивать у детей низкие величины АП? Они все включаются в удовлетворительный – благоприятный – уровень адаптации ССС. Между тем пониженное САД расценивается как «нездоровье». Нередко пониженное САД сочеталось у наблюдаемых нами детей с дефицитом у них массы тела, указывающим на недостаточность трофических процессов в организме [12, 24].

Повторное распределение данных детей 10 и 11 лет по установленной возрастной шкале АП с учетом состояния здоровья школьников снова подтвердило

отсутствие согласования между рассматриваемыми параметрами. Удовлетворительный – благоприятный – уровень адаптации ССС, указывающий и на подобные же состояния адаптации организма в целом, встречается одинаково часто как у практически здоровых, так и у больных детей 10 и 11 лет ($83,0 \pm 5,9\%$ против $79,0 \pm 4,5\%$; $p < 0,05$).

Несомненно, адаптивные резервы организма в целом и сердечно-сосудистой системы в частности могут обеспечивать жизнедеятельность ребенка даже, как показано, в случаях явных отклонений от нормального физического развития и других компонентах здоровья. Как видно, адаптация ребенка к эко-социальным и школьным факторам риска достигается высокой физиологической ценой. Благоприятный уровень адаптации сердечно-сосудистой системы не согласуется с истинным состоянием здоровья ребенка.

ВЫВОДЫ

1. По сравнению со сверстниками и сверстницами 70-х гг., возрос по величине и частоте встречаемости дефицит массы тела, появилась низкорослость, уменьшилось количество детей с гармоничным физическим развитием. Величины соматометрических и функциональных показателей отразили низкий уровень здоровья наблюдаемых коллективов московских школьников мальчиков и девочек 10 и 11 лет.

2. Фактические величины физиометрических показателей у девочек и мальчиков 10 и 11 лет существенно меньше должных при индивидуальных значениях длины и массы тела.

3. Индивидуальные величины и принятые градации индекса Руфье отражают состояние функциональных резервов сердечно-сосудистой системы детей.

4. В возрасте 11 лет у девочек отчетливо выражено падение резервов физиологических возможностей сердечно-сосудистой системы, а также напряжение механизмов адаптации этой системы – индикатора адаптации целостного организма. По всей вероятности, это обусловлено нейроэндокринной перестройкой организма девочек в связи с их половым созреванием.

5. Уровни АП, предложенные для оценки у взрослых адаптации сердечно-сосудистой системы и организма в целом, а также указывающие на риск развития заболевания, ошибочно использовать в этих же целях для детей. При широком диапазоне величин каждый из рекомендованных градаций у детей 10 и 11 лет оказывается удовлетворительная адаптация сердечно-сосудистой системы.

6. Индивидуальные средние величины АП, как и распределения частоты их встречаемости с соответственной частотой случаев соматометрических и функциональных показателей, а также с группами здоровья, не проявили надежной степени согласования.

7. Оценка адаптации сердечно-сосудистой системы детей и риска возникновения у них заболевания требует разработки возрастно-половых уровней АП со сдвигом границ каждого из них в сторону меньших величин по сравнению с классификацией для взрослых. В частности, для мальчиков и девочек 10 и 11 лет могут быть применены полученные нами следующие значения уровней АП: удовлетворительная адаптация – до 1,90 балла; напряжение механизмов адаптации –

1,91–2,09 балла; неудовлетворительная адаптация – 21,0–2,28 балла; срыв адаптации – 2,29 балла.

8. АП сердечно-сосудистой системы детей 10–11 лет не проявил себя как высоко информативный показатель, отражающий риск заболевания, что, возможно, проистекает от относительного «здоровья» и высокой пластичности этой жизнеобеспечивающей системы у детей.

9. Удовлетворительное состояние механизмов адаптации сердечно-сосудистой системы и их напряжение не согласуется у данных детей 10 и 11 лет с результатами физиологического и медицинского обследования – с благоприятными и неудовлетворительными величинами функциональных и соматометрических показателей, а также с уровнем здоровья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров А.А., Розанов В.Б. Эпидемиология и профилактика повышенного артериального давления у детей и подростков // Российский педиатрический журнал, 1998. – №2. – С.16–20.

2. Алексеев С.В. Янушанец О.Н., Валенго С.А. Здоровье детей и состояние учебно-педагогической и внешкольной деятельности учащихся в Санкт-Петербурге // Проблемы и перспективы формирования здоровья детей и учащейся молодежи. – Мурманск, 1997. – С.50–52.

3. Ананьева Н.А. Состояние здоровья и адаптационные возможности школьников // Состояние здоровья детей дошкольного и школьного возраста и факторы его определяющие. – М., 1991. – С.52–58.

4. Антропова М.В. Работоспособность учащихся и ее динамика в процессе учебной и трудовой деятельности. – М.: Просвещение, 1968. – 251 с.

5. Антропова М.В., Кузнецова Л.М., Параничева Т.М. и др. Особенности физического развития и здоровья учащихся школ Москвы // Здравоохранение Российской Федерации, 1995. – №1. – С.23–25.

6. Антропова М.В., Кузнецова Л.М., Параничева Т.М. и др. Проблемы здоровья детей и их физического развития // Здравоохранение Российской Федерации, 1999. – С.17–21.

7. Апанасенко Г.Л. Эволюция биоэнергетики и здоровье человека. – СПб: МГП «Петрополис», 1992. – 123 с.

8. Аршавский И.А. Механизмы и особенности физиологического и патологического стресса в различные возрастные периоды // Актуальные проблемы стресса. – Кишинев, 1976. – С.5–23.

9. Баевский Р.М., Берсенева А.П., Вакулин В.К. и др. Оценка эффективности профилактических мероприятий на основе измерения адаптационного потенциала // Здравоохранение Российской Федерации, 1987. – №9. – С.6–10.

10. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. – М.: Медицина, 1997. – 235 с.

11. Бальмагия Т.А. К оценке значения степени развития скелетной мускулатуры для пубертатного роста и преобразования сердечно-сосудистой системы: Автореф. дис. ...канд.мед.н., 1971. – 23 с.

12. Баранов А.А. Состояние здоровья детей и подростков в современных условиях: проблемы, пути решения // Российский педиатрический журнал, 1998. – №1. – С. 5–8.
13. Баранов А.А. Здоровье российских детей // Педагогика, 1999. – №8. – С.41–44.
14. Забота о здоровье детей / Под ред. А.Г. Хрипковой и М.В. Антроповой. – М.: Педагогика, 1980. – 104 с.
15. Казначеев В.П. Биосистема и адаптация. – Новосибирск, 1973. – 48 с.
16. Комплексная программа «Образование и здоровье» // Школа здоровья, 1998. – №2. – С.85–116.
17. Кучма В.Р. Вишневецкая Т.Ю. Физическое развитие детей и подростков как прогностический показатель здоровья и развития нации // VIII съезд педиатров России, Материалы, 1998. – С.103.
18. Лапицкая Е.М., Покрамович А.А., Покрамович З.И. и др. Исследование физического развития и физической подготовленности учащихся 9–10 лет в двух школах Мурманской области // Проблемы и перспективы формирования здоровья детей и учащейся молодежи. – Мурманск, 1997. – С.26–27.
19. Морфофункциональное созревание физиологических систем детей дошкольного возраста / Под ред. М.В. Антроповой и М.М. Кольцовой. – М.: Педагогика, 1983. – 160 с.
20. Парин В.В., Баевский Р.М. Емельянов М.Д., Хазен И.М. Очерки по космической физиологии. – М., 1967. – 170 с.
21. Поборский А.Н., Кожевникова В.С. Адаптация первоклассников-семилеток по ряду функциональных показателей к обучению в школе по новым учебным программам // Физиология человека, 1997. – Т.23, №6. – С.45–48.
22. Схема определения групп здоровья при массовых осмотрах в зависимости от характера и степени выраженности некоторых распространенных отклонениях в состоянии здоровья: Утверж. Департ. Здравоохран. г. Москвы, 1996. – 88 с.
23. Таблицы для индивидуальной оценки физического состояния школьников г. Москвы. – М., 1978. – 10 с.
24. Уланова Л.Н., Сычева Е.К., Ермолаева Т.В. и др. Состояние здоровья школьников Воронежа за 30 лет (1966–1997 гг.) // Российский педиатрический журнал, 2000. – №1. – С.9–11.
25. Ямпольская Ю.А. Физическое развитие и адаптационные возможности современных школьников // Российский педиатрический журнал, 1998. – №1. – С.9–11.
26. Ямпольская Ю.А. Физическое развитие современных школьников (состояние, тенденция, прогноз) // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием: гигиена детей и подростков на пороге третьего тысячелетия: Основные направления. Материалы. – М., 1999. – С.41.
27. Ямпольская Ю.А. Сдвиги возраста менархе девочек Москвы на протяжении 60-90 годов // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием: гигиена детей и подростков на пороге третьего тысячелетия: Основные направления. Материалы. – М., 1999. – С.44.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЦИКЛИЧЕСКОЙ РАБОТЫ РУКАМИ И НОГАМИ

Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В., Маслова Г.М.
Институт возрастной физиологии РАО

С целью оценки возрастных особенностей реакции физиологических систем на нагрузку для верхних и нижних конечностей, исследовали эргометрические показатели при циклической работе разной мощности у мальчиков от 7 до 17 лет, а также реакцию вегетативных систем и показатели энергопродукции у мальчиков 10–11 и юношей 16–17 лет. Во всех случаях мощность нагрузки задавали в расчете на единицу массы работающих мышц. Показано, что в исследованном возрастном периоде не всегда наблюдается синхронизация в ростовых процессах в мышцах верхних и нижних конечностей, как и в процессах формирования аэробных и анаэробных энергетических систем. В младшем возрасте (до 10 лет) мышцы рук отличаются более высокими показателями работоспособности, тогда как от 14 до 17 лет, по-видимому, под воздействием половых гормонов, происходят синхронизированные изменения, приводящие к резкому увеличению анаэробных возможностей, причем мышцы ног оказываются более работоспособными в зонах большой и субмаксимальной мощности уже с 12 лет. Как у детей, так и у юношей экономичность циклической работы руками ниже, чем ногами. При этом кинетика погашения кислородного долга после предельной нагрузки руками и ногами почти одинакова, что свидетельствует о системном характере кислородного долга. Делается вывод, что работоспособность – это понятие, характеризующее возможности не отдельных мышечных групп, а организма в целом.

Ключевые слова: дети, физическая нагрузка, верхние конечности, нижние конечности, скелетные мышцы, работоспособность физическая.

The aim of the investigation was to evaluate age peculiarities of physiological systems' reactions for work load for upper and lower extremities. The results of ergometric testing with different level of work load in boys 7–17 years were obtained as well as vegetative and energetic systems' reaction in boys 10–11 and adolescents 16–17 years old. In all cases the work power was estimated in relation to muscle mass of working extremities. It was shown that during the investigated period of ontogenesis the processes of muscle growth and development of aerobic and anaerobic energy systems are not obligatory synchronized. In juniors (till 10 years) arms muscle had higher working performance than legs muscle, while since 14 to 17 the synchronized and strong activation of working performance took place which seemed to be a result of sexual hormones action, and legs muscles at this period became more efficient than arms (after 12 years). Energy efficiency of legs cyclic work is higher than arms both in boys and in adolescents. The kinetics of oxygen debt recovery after exhaustive legs and arms work was nearly similar that means that the oxygen debt had a systemic character. It is stated as a conclusion that working capacity is an organism property but not of different muscle groups.

Key word: children, work load, arms, legs, muscle, working capacity.

Результаты исследований возрастных преобразований энергетического и вегетативного обеспечения мышечной деятельности касаются, главным образом, работы больших мышечных групп, поскольку чаще всего получены в тестах на ножном велоэргометре. В такой модели нагрузки в работу вовлечены мышцы ног и тазового пояса, то есть самая крупная группа мышц организма, составляющая около 40% от всех скелетных мышц тела. Работа такого рода может считаться **глобальной** [1]. Однако значительная доля нагрузок, как в физическом воспитании, так и в спорте, а тем более в труде, выполняются руками, то есть **локальны**, поскольку требуют участия сравнительно небольших групп мышц. К тому же, типичные двигательные задачи, выполняемые верхними конечностями, у человека значительно отличаются от работы нижних конечностей. Мускулатура ног в первую очередь участвует в простых, но достаточно трудоемких ритмических движениях, связанных с перемещением всего тела в пространстве, а также в статических нагрузках, связанных с удержанием тела в вертикальном положении при стоянии. Мышцы человеческой руки способны выполнять тонкие, четко дозированные и дифференцированные движения в процессе трудовой деятельности. В то же время, это не может не сказаться на особенностях организации энергетического метаболизма и вегетативного обеспечения при выполнении работы верхними и нижними конечностями, что и стало предметом наших исследований в данном случае.

Большинство авторов, которые исследовали показатели энергетического обмена и вегетативных реакций при работе верхними и нижними конечностями, производили эксперименты со взрослыми людьми [11, 17,18, 21,24]. В этих работах показано, что при одинаковой по абсолютной мощности нагрузке реакции всех показателей деятельности вегетативных систем – в том числе частоты пульса и дыхания, легочной вентиляции, скорости объемного кровотока, потребления кислорода и выделения углекислого газа – значительно больше, когда работа производится руками. Это приводит к тому, что максимальные возможности вегетативных систем реализуются при более низком уровне нагрузки, в результате – при работе руками значительно ниже величины PWC170, МПК, критической мощности и т.п. [17, 18, 24]. К тому же, существенно ниже экономичность работы верхними конечностями [18, 22]. Аналогичные различия зарегистрированы в немногочисленных исследованиях, где сопоставляются реакции вегетативных систем организма детей и подростков разного возраста на циклические нагрузки для верхних и нижних конечностей [12,13,22].

Во всех этих случаях различия в реакции вегетативных систем на нагрузку могут быть связаны с различиями в массе скелетных мышц, участвующих в работе [23]. Так, известно, что объем нижних конечностей у взрослых испытуемых в 2,4 раза больше, чем объем верхних конечностей [17]. Ясно, что такая разница в объеме отражает значительную разницу в массе скелетных мышц, а следовательно – и в относительном уровне нагрузки на эти мышцы.

По этой причине мы сочли необходимым оценить реакции физиологических систем на нагрузку для верхних и нижних конечностей, приблизительно одинаковую в расчете на единицу массы работающих мышц. Для того, чтобы учесть массу

скелетных мышц, выполняющих работу конечностей, мы использовали методику расчета мышечной массы звеньев конечностей, разработанную нами ранее [8].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

1) Методика оценки массы скелетных мышц. Для оценки мышечной массы периферических звеньев тела была использована масс-инерционная модель и коэффициенты плотности отдельных звеньев тела, измеренные В.Н.Селуяновым и др. [7] с помощью радиографического анализа у лиц различного возраста и пола. Ошибка метода при таком анализе колеблется от 5 до 13%. Полученные в этом исследовании коэффициенты учитывают плотность звеньев тела человека и отличие их формы от модели цилиндра (табл.2). Пользуясь этими коэффициентами, можно на основании антропометрических измерений оценить все основные компоненты тех звеньев тела, которые по форме приближаются к цилиндру и не имеют внутренних полостей. Этим требованиям отвечают плечо, предплечье, голень и бедро, т.е. те звенья, в которых сосредоточена почти вся масса мышц конечностей.

Таблица 1

*Величина поправочного коэффициента К для людей 6–60 лет
по: Селуянов и др., 1990 [7]*

Сегмент тела	Мужчины	Женщины
Голень	$5,85 \cdot 10^{-5}$	$6,58 \cdot 10^{-5}$
Бедро	$6,64 \cdot 10^{-5}$	$6,48 \cdot 10^{-5}$
Предплечье	$6,26 \cdot 10^{-5}$	$6,43 \cdot 10^{-5}$
Плечо	$9,67 \cdot 10^{-5}$	$9,49 \cdot 10^{-5}$

Для более точной оценки объема звеньев мы производили измерения окружностей в трех точках: в дистальной, срединной и проксимальной зонах каждого сегмента. В этих же точках калипером измеряли толщину кожно-жировой складки. Все измерения производили на правой руке и правой ноге. Расчет объема производили по формуле цилиндра, но в качестве диаметра брали среднее из трех измерений. Наименее определенным элементом расчета является соотношение костной и мышечной массы. Для тела человека в целом оно составляет 0,36, однако для конечностей эту величину можно принять равной 0,2 [14]. Тогда масса мышц составит 83% от общей массы костно-мышечного аппарата конечностей. Поскольку у новорожденных эта величина ниже – около 70% [16], а закономерность ее возрастного изменения неизвестна, для соблюдения единообразия и стандартизации расчета мы приняли этот показатель равным 80% для всех детей в возрасте от 7 до 17 лет. Масса крови, кровеносных сосудов и тканевой жидкости не была отдифференцирована.

Исходя из изложенного, был предложен [8] следующий алгоритм расчета массы мышц звеньев конечностей:

$$M_{mi} = L_i * C_i * (0.8 K * C_i - 3.85 * 10^{-5} * D_i - 1.1425 * 10^{-5})$$

Где: M_{mi} – масса мышц i -го сегмента, кг; L_i – длина i -го сегмента, см; C_i – средний обхват i -го сегмента, см; D_i – средняя толщина кожно-жировой складки (показания калипера) i -го сегмента, мм; K – коэффициент из табл. 1.

Данные о массе мышц звеньев конечностей мы использовали для расчета нагрузок, а также для вычисления относительных величин различных физиологических показателей, измеряемых при физической работе, для сопоставления рабочих возможностей и характера реакции организма на нагрузку для мышц верхних и нижних конечностей.

2) Методика проведения велоэргометрического тестирования

В каждой возрастной группе одни и те же испытуемые (12–15 мальчиков на возрастную группу) выполняли в разные дни работу руками и ногами до «отказа». Работа ногами производилась в режиме обычной велоэргометрии. Работа руками выполнялась с помощью аналогичного прибора, снабженного специальными педалями для рук, в положении сидя. Величину нагрузки в зоне большой мощности при работе руками устанавливали на уровне около 75 % от МПК; нагрузка субмаксимальной мощности была примерно в 2 раза больше. По результатам измерений рассчитывали коэффициенты уравнения Мюллера [2], общий объем выполненной работы, другие эргометрические показатели, а также величины ИНПД [3].

Наряду с этим проводили тестирование по протоколу ступенчато возрастающей нагрузки до отказа с регистрацией показателей работы сердца, дыхания (ВТПС) и газообмена (СТРД) в покое и на каждой ступени нагрузки, а также в восстановительном периоде.

Методические особенности проведения циклоэргометрической пробы для рук состояли в том, что нагрузку дозировали не в относительных, а в абсолютных единицах, начиная с 10 Вт, увеличивали ступенеобразно на 10–20 Вт, а время работы на каждой ступени было не менее 2 и не более 4 минут. В остальном все проводили так же, как и в велоэргометрической пробе для ног.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных антропометрических измерений приведены в таблице 2.

На основании полученных данных были рассчитаны по формуле И.И.Шмальгаузена [15] константы скорости роста мышц верхних и нижних конечностей у мальчиков 6–17 лет (рис. 1).

В возрасте 6–7 лет мышцы верхних и нижних конечностей растут относительно медленно. В возрастном интервале 8–9 лет скорости роста увеличиваются. Это относится в особенности к мускулатуре рук. Затем, в возрасте 10–11 лет интен-

сивность ростовых процессов резко понижается. Можно полагать, что это в какой-то степени связано с активацией дифференцировочных процессов в смешанных мышцах. На 12-летний возраст приходится увеличение скорости роста мышц рук (препубертатный рост начинается с верхних конечностей, в чем проявляется известная закономерность кранио-каудального градиента развития). В 12–13 лет наиболее интенсивно растет мускулатура ног, которая в интервале 13–14 лет вновь демонстрирует торможение роста, явно связанное с первой фазой пубертатных дифференцировок. Вторая фаза этого процесса приходится на 16 лет, когда вновь тормозится скорость роста. На рис. 1 приведена также динамика константы скорости роста массы тела обследованных. Видно, что она в значительной степени синхронизирована, но не вполне совпадает с изменениями скорости роста мышечной массы.

Таблица 2

Возрастные изменения размеров тела и массы скелетных мышц конечностей у мальчиков 7–17 лет

Возраст, лет	n	Масса тела, кг		Длина тела, см		Масса мышц верхних конечностей			Масса мышц нижних конечностей		
		M	±m	M	±m	кг		%%	кг		%%
						M	±m		M	±m	
7	16	26.4	0.63	130	1.5	1.79	0.18	6.5	6.12	0.55	23.3
8	16	27.5	0.89	126	2.0	1.86	0.09	6.82	6.20	0.30	21.4
9	19	30.9	0.63	137	1.4	2.30	0.08	6.99	6.76	0.24	22.0
10	17	32.6	0.84	134	1.0	2.35	0.07	7.21	6.82	0.31	20.9
11	17	34.3	1.24	141	1.8	2.47	0.09	7.20	7.29	0.37	21.3
12	16	37.3	1.33	145	1.8	2.93	0.16	7.86	7.87	0.33	21.1
13	16	42.4	1.73	154	2.0	3.32	0.14	7.83	10.0	0.57	23.6
14	16	50.3	1.70	165	1.7	4.03	0.16	8.01	10.9	0.44	21.8
15	14	66.6	2.60	175	1.4	5.20	0.23	8.32	13.84	0.54	20.8
16	19	62.4	3.55	176	1.2	5.54	0.30	8.33	13.89	0.83	22.2
17	14	70.9	2.92	176	1.8	5.83	0.25	8.22	14.56	1.13	20.5

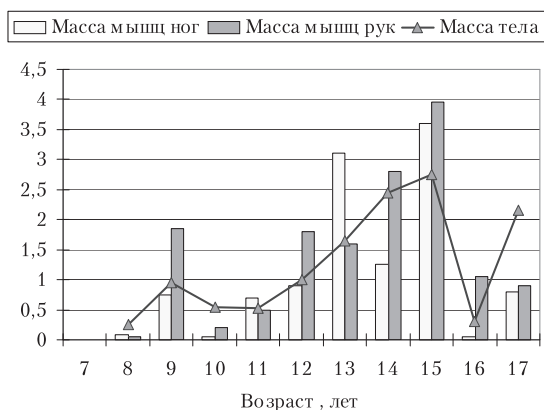


Рис. 1 Константы скорости роста массы тела, мышц верхних и нижних конечностей у мальчиков школьного возраста

Приведенные данные показывают, что изучение возрастной динамики скорости роста мышечной массы путем антропометрических измерений позволяет оценить основные этапы развития скелетной мускулатуры. При этом выявляется ряд существенных деталей, таких как синхронность и гетерохронность роста различных групп мышц в зависимости от возраста. Медленные темпы роста мышц у детей 6–7 лет позволяют предполагать, что в этом возрасте в мышечной ткани происходят существенные изменения, тем более что об этом же свидетельствуют данные В.И.Пузик [6]. Наши исследования состояния креатинового обмена свидетельствуют о том, что в возрасте 5–7 лет происходят значительные изменения энергетики скелетных мышц [5].

Синхронные изменения мышечной массы верхних и нижних конечностей выявляются только в 15–16 лет, когда наступает контролируемая тестостероном фаза роста и развития мышц. Этот период сопровождается наибольшей скоростью нарастания площади поперечного сечения мышечных волокон II типа [9], да и самих скелетных мышц, что полностью совпадает с материалами табл.2, показывающими, что скорость увеличения массы мышц верхних и нижних конечностей в этом возрасте действительно максимальна.

Во всех других случаях организация ростовых процессов мышц верхних и нижних конечностей гетерохронна, что, по-видимому, отражает тот факт, что основными инициаторами ростовых процессов могут быть нейротрофические влияния. Наиболее интересно расхождение пиков скорости роста в 12–13 лет, когда мышцы рук достигают максимума скорости роста на 1 год раньше, чем мышцы ног. Это соответствует известному в антропологии факту опережающего роста верхних конечностей в длину по сравнению с нижними (кранио-каудальный градиент) [10]. После первого пубертатного пика скорости роста в 12 лет для мышц верхних конечностей и в 13 лет для мышц нижних конечностей наступает некоторое замедление ростовых процессов (14 лет).



Рис. 2 Возрастная динамика отношения массы мышц ног к массе мышц рук у мальчиков школьного возраста

Результаты, приведенные на графике (рис. 2), показывают, что мускулатура ног и рук существенно отличается по темпам роста. Так, если в 7–8 лет отчетливо видно опережение интенсивности роста мышц ног (отношение 3,3–3,4), то к концу наблюдения у 14–17-летних подростков и юношей более интенсивно растет мускулатура рук – величина отношения снижается до 2,4–2,5. Следует отметить, что в возрасте 11 и 13 лет временно (на 1 год) вновь относительно увеличивается количество мышц ног. Очевидно, это связано с гетерохронией ростовых процессов при прохождении начальных стадий полового созревания.

Поскольку масса мышц ног во всех возрастных группах значительно превышает массу мышц рук, рассмотрение абсолютных показателей работоспособности не представляет интереса, так как они всегда значительно выше при работе ногами. Иное дело возрастная динамика тех же показателей, отнесенных к массе участвующих в работе скелетных мышц. Здесь, несмотря на приблизительность такого расчета, выявляется целый ряд качественных различий в возрастной динамике показателей.

Как и при работе ногами, **время удержания** руками циклических нагрузок в зоне большой мощности в 5–20 раз превышало предельное время работы в зоне субмаксимальной мощности. Соответственно, такие же различия зарегистрированы в объеме выполненной работы. При этом, если рассматривать относительные величины, объем выполненной работы в зоне субмаксимальной мощности до 13 лет оказывается выше при работе руками, а после 14 лет – при работе ногами. В зоне большой мощности работоспособность рук выше до 16 лет, и лишь после этого возраста рабочие возможности мышц ног становятся больше (рис. 3). Иными словами, в младшем возрасте руки оказываются относительно более развитыми, и лишь на завершающих этапах полового созревания мышцы ног достигают такого уровня развития, при котором их рабочие возможности становятся выше.

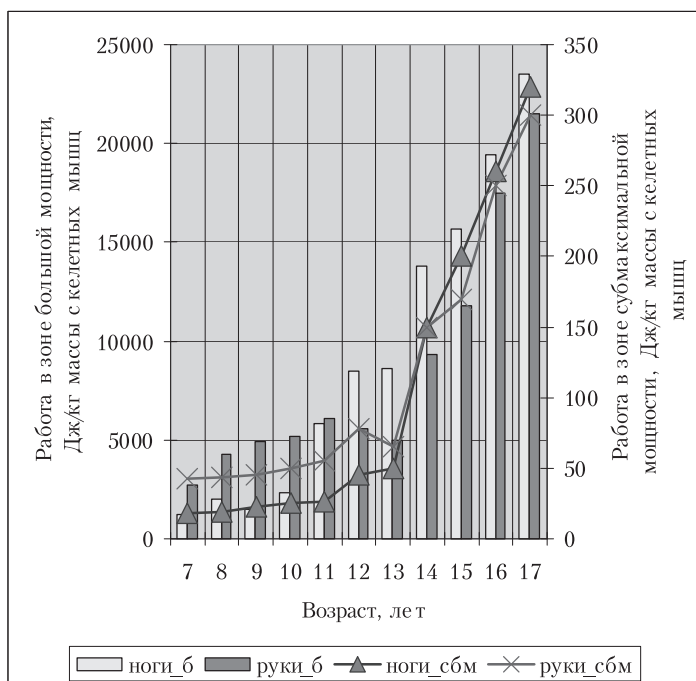


Рис. 3 Предельный объем работы при циклической работе руками и ногами в зонах большой и субмаксимальной мощности

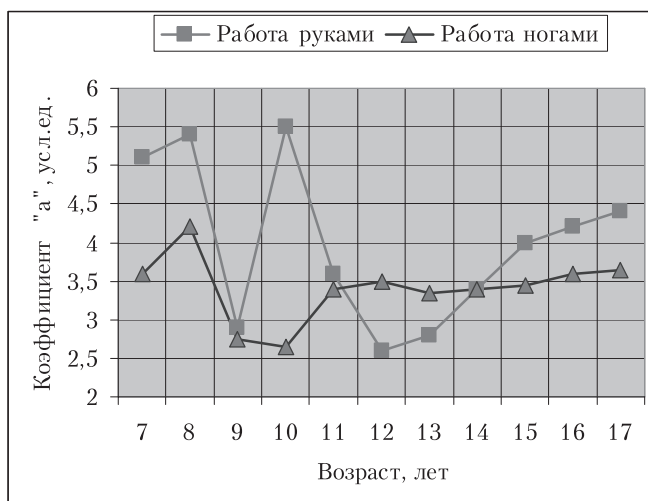


Рис. 4. Возрастная динамика коэффициента «а» уравнения Мюллера у мальчиков школьного возраста при работе руками и ногами

Безразмерный коэффициент «а» уравнения Мюллера при работе руками в большинстве возрастных групп оказался выше, чем при работе ногами. Это означает, что зависимость предельного времени удержания нагрузки от ее мощности для мышц рук, в целом, сильнее, чем для мышц ног (рис. 4).

Не меньший интерес представляют возрастные изменения максимальной анаэробной мощности, рассчитанной по уравнению Мюллера (рис. 5). Динамика этого показателя для мышц рук резко контрастирует со сравнительно равномерным повышением его с возрастом для мышц ног. Острый пик, приходящийся на возраст 12 лет, свидетельствует о резких перестройках в энергетическом профиле мышц верхних конечностей в период полового созревания. После его завершения данный показатель для рук становится достоверно ниже, чем для ног. Такое соотношение может означать некоторое преобладание в мышцах рук аэробных процессов над анаэробными (разумеется, по сравнению с мышцами ног у детей тех же возрастных групп), кроме периода полового созревания.

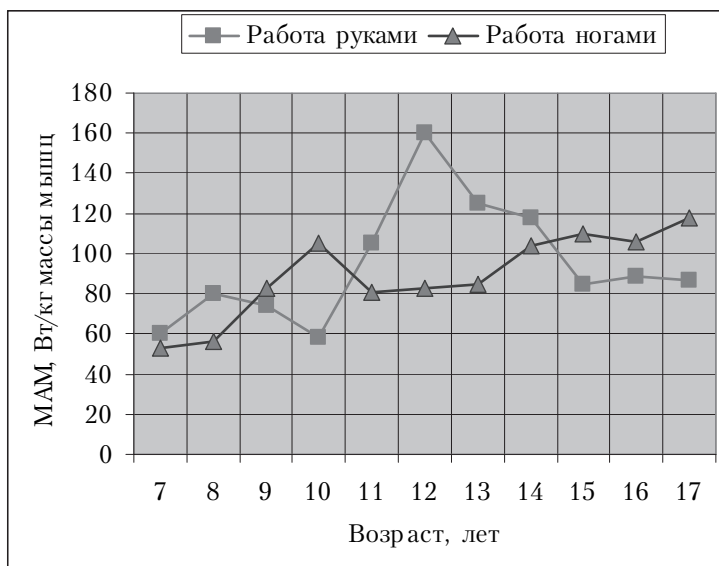


Рис. 5 Возрастная динамика максимальной анаэробной мощности у мальчиков школьного возраста при циклической работе руками и ногами

Величина W_{40} , характеризующая мощность анаэробно-гликолитического источника энергии, в расчете на единицу мышечной массы рук в большинстве возрастных групп значимо больше, чем для мышц ног, хотя в обеих группах мышц заметно увеличение этого показателя с возрастом (рис. 6). Это отражает возрастное увеличение возможностей анаэробно-гликолитического источника энергии.

Таким образом, общая направленность возрастного развития энергетики мышц рук, насколько можно судить по результатам эргометрических исследова-

ний, в целом сходна с аналогичной динамикой для мышц ног. В то же время, как в динамике ростовых процессов, так и в темпах развития энергетических систем в мышцах рук имеется целый ряд особенностей. В препубертатный период (до 11 лет у мальчиков) мышцы рук по уровню своего морфофункционального развития превосходят мышцы ног; в период полового созревания происходят сложнейшие перестройки в энергетике мышц, а по его завершении мышцы ног оказываются более мощными и несколько более выносливыми.

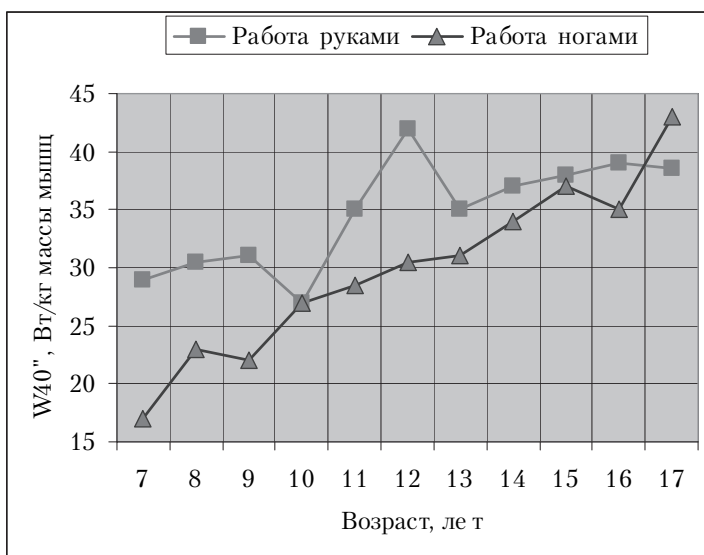


Рис. 6 Возрастная динамика мощности, удерживаемой в течение 40 секунд, у мальчиков школьного возраста при циклической работе руками и ногами

Поскольку работа в этой серии исследований производилась «до отказа», можно было ожидать, что ее трудоемкость проявится в динамике погашения пульсового долга. Полученные результаты приведены на рис.7 в виде возрастной динамики ИНПД в зонах большой и субмаксимальной мощности. До полового созревания при работе руками в обеих зонах мощности наблюдается меньшая величина ИНПД, а по его завершении величины ИНПД при работе руками и ногами выравниваются или даже становятся несколько ниже при работе ногами. Это означает, что физиологическая трудоемкость работы руками до полового созревания ниже, чем при работе ногами. Вероятно, это обусловлено большей степенью морфофункциональной зрелости мышц рук на этом возрастном этапе. При этом 5–10-кратная разница в величинах ИНПД в зонах большой и субмаксимальной мощности сохраняется на протяжении всего изученного периода онтогенеза как при работе руками, так и при работе ногами.

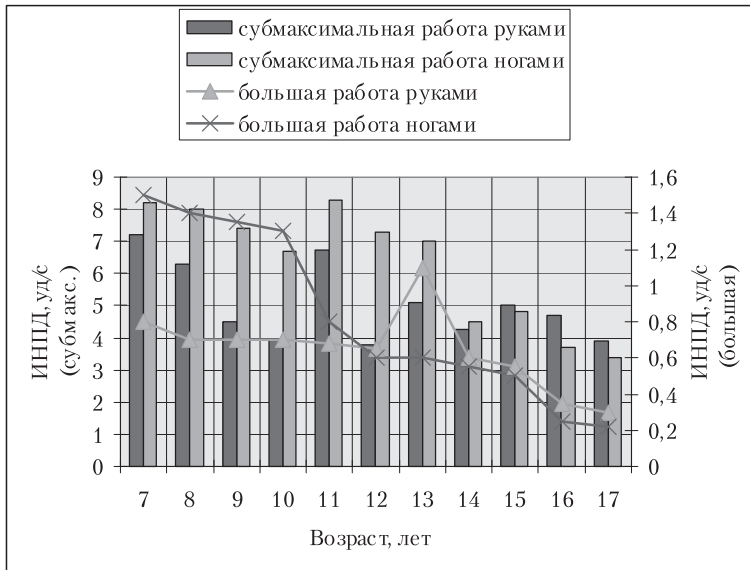


Рис. 7 Возрастные изменения ИИПД в зонах большой и субмаксимальной мощности при работе руками и ногами у мальчиков от 7 до 17 лет

Полученные в процессе эргометрических исследований результаты выявили серьезные качественные различия в динамике развития энергетики мышц верхних и нижних конечностей. Поэтому нам представлялось важным оценить энергетические возможности и вегетативные реакции организма при работе руками и ногами с помощью традиционных методов физиологического анализа. С этой целью были проведены серии исследований в тестах ступенчато повышающейся мощности с использованием газометрических методов, в которых участвовали дети 10–11 лет и юноши 16–17 лет. Выбор именно этих двух возрастных групп для исследования обусловлен тем, что в детском возрасте, судя по эргометрическим данным, отмечаются наибольшие различия в функциональных возможностях рук и ног, а к юношескому возрасту эти различия нивелируются.

Для сопоставления результатов, полученных в этих сериях экспериментов, нагрузку выражали в удельных (на 1 кг массы мышц) единицах. Это обеспечивает корректные условия сравнения результатов (табл.3).

Суммарный объем работы, выполненный в тесте ступенчато повышающейся мощности до «отказа», в возрасте 10 лет несколько выше (при расчете на 1 кг массы мышц), когда работают руки. В 16 лет, напротив, удельный объем работы выше при нагрузке на мышцы ног. Таким образом, удельная работоспособность мышц рук в период от 10 до 16 лет несколько снижается, а мышц ног – практически не меняется (выявленные сдвиги недостоверны).

Абсолютная величина критической мощности, при которой регистрируется МПК, в период от 10 до 16 лет увеличивается примерно в 2 раза как при работе

верхними, так и нижними конечностями. При этом удельная величина критической мощности практически одинакова для обеих групп мышц и почти не меняется с возрастом, составляя около 20 Вт/кг массы мышц. Такая константность удельной критической мощности может означать, что тканевые механизмы, обеспечивающие активность аэробного источника энергии, развиты примерно в равной степени в мышцах, принадлежащих к разным группам, и остаются практически неизменными в период от 10 до 16 лет. По-видимому, величина предельной аэробной мощности 20 Вт/кг массы мышц может считаться одной из важных биологических констант организма.

Таблица 3

Показатели аэробной и анаэробной производительности мальчиков 10–11 и 16–17 лет при работе верхними и нижними конечностями ($M \pm m$)

Показатели	Работа руками		Работа ногами	
	10–11 лет	16–17 лет	10–11 лет	16–17 лет
Работа абс., кДж	21,8± 0,95	43,7± 4,3	55,0±1,65	125,0±5,2
Работа/м.м., кДж/кг м.м.	9,1±0,4	7,80±0,25	8,10±0,31	8,75±0,37
W _{кр.абс.} , Вт	54,0±2,16	119,0±5,1	138,0±4,2	272,0±10,8
W _{кр./м.м.} , Вт/кг	22,5±0,7	21,5±3,6	20,3±0,7	19,01±0,77
МПК _{абс.} , мл/мин	986±58,7	2480±148	1196±52,8	3126 ±153
МПК/м.м., мл/мин.кг	448±29,7	447±53	191±13,3	218±36,3
МПК/W _{кр.} , усл.ед	18,3±0,97	20,8±1,1	8,67±0,32	11,5±0,39
PWC ₁₇₀ /м.м., Вт/кг	18,8±1,60	20,5±2,65	12,5±0,84	18,35±0,94
АП/м.м., Вт/кг	18,1±0,55	9,7±0,56	10,0±0,40	8,0±0,52
АП по ЧСС, 1/мин	155,0±4,0	115 ±10,0	155,0±4,4	135,0±12,0
АП, % от W _{кр.}	80,4±6,9	45,0± 3,4	49,3±3,4	42,0±3,10
ОКД _{абс.} , мл	843±79	4274± 475	1160±108	3860±430
КПД, %	16,5±0,91	18,0±0,97	23,5±1,50	23,8±1,70
Энергозатраты, кДж/кг	55,1±4,12	39,9±3,10	35,4±2,64	37,0±2,96

Столь же выразительны и данные об удельной величине МПК. Для каждой из групп мышц этот показатель остается неизменным от 10 до 16 лет, однако разница между удельными величинами МПК при работе ногами и руками – более чем двукратная. Трудно предположить, что окислительная активность мышц рук в 2 раза выше, чем таковая мышц ног. Это не находит никакого подтверждения и в результатах гистохимических исследований (Тамбовцева, 2003). Остается предположить, что величина МПК зависит не столько от массы мышц, включенных в работу, сколько от степени участия других тканей в окислительном обмене в про-

цессе мышечной деятельности. Важно подчеркнуть, что абсолютная величина МПК при работе ногами достоверно выше, чем при работе руками.

Абсолютная величина PWC170 растет с возрастом как при работе руками, так и при работе ногами. Удельная величина показателя для мышц рук мало меняется с возрастом, поскольку уже в 10 лет она очень велика и, по-видимому, близка к максимуму возможной для мышц человека аэробной производительности. Удельная величина PWC170 мышц ног возрастает от 10 до 16 лет почти в 1,5 раза.

Удельная мощность нагрузки, при которой достигается анаэробный порог, для мышц рук в 10 лет в 1,8 раза выше, чем для мышц ног. Этот результат коррелирует с очень высокой величиной коэффициента «К» уравнения Мюллера при работе руками в 10-летнем возрасте. Судя по всем этим данным, в этот возрастной период аэробные возможности мышц рук хорошо развиты, тогда как анаэробные сравнительно невелики, о чем можно судить, например, по величине МАМ (рис. 5). К 16 годам мощность АП для рук снижается почти вдвое, приближаясь к аналогичному показателю для мышц ног.

Интересно, что пульсовые характеристики АП одинаковы или очень близки при работе руками и ногами. В возрасте 10 лет частота пульса на уровне АП составляет, в среднем, 155 уд/мин независимо от того, какая группа мышц работает. К 16 годам этот показатель снижается при работе руками до уровня 115 уд/мин, а при работе ногами – 135 уд/мин (различия статистически не достоверны), т.е. и в этом возрасте уровень нагрузки, приводящий к активации анаэробно-гликолитического механизма, может быть охарактеризован примерно одинаковой частотой пульса. Следует отметить, что анализ динамики ударного выброса сердца при работе руками и ногами, проведенный в наших совместных исследованиях с В.М.Король, позволил установить, что мощность анаэробного порога является верхней границей увеличения ударного выброса сердца, и в дальнейшем при возрастании интенсивности нагрузки этот показатель либо не растет, либо снижается. Не исключено, что именно ограничения со стороны сердца являются одной из причин активации анаэробного метаболизма в работающих мышцах конечностей [4].

Суммарные затраты энергии изменились с возрастом более или менее пропорционально объему выполненной работы. В итоге КПД работы от 10 до 16 лет не претерпел достоверных изменений и остался существенно выше при работе ногами. Этот факт подтверждает многочисленные указания, имеющиеся в литературе, о меньшей экономичности работы руками.

В чем причина низкой экономичности работы руками? По-видимому, при оценке расхода энергии мы какую-то ее часть все-таки недоучитываем. В настоящее время можно высказать лишь предположения по этому поводу. Вероятно, значительная часть неучтенной энергии расходуется на статическую работу, связанную с фиксацией рук на педалях эргометра. Известно, что число степеней свободы верхней конечности человека существенно выше, чем нижней, а всякое ограничение подвижности в сочленениях, т.е. искусственное ограничение степеней свободы, требует дополнительных затрат энергии [1]. Эта часть энергии не могла быть учтена нами, поскольку она не проявляется во внешней механической работе. Таким образом, необходимость выполнять примитивные движения рука-

ми, обладающими большим числом степеней свободы, вынуждает ограничивать число этих степеней, на что расходуется немалая часть потребляемой мышцами энергии. По-видимому, это характерно для любой сложно-координированной деятельности, связанной с ограничением числа степеней свободы звеньев тела [1]. Фактор статического компонента, ограничивающего число степеней свободы конечностей, должен учитываться при оценке энергозатрат и тяжести спортивной и, особенно, трудовой деятельности.

Расширение анаэробных возможностей с возрастом более выражено при работе руками, если судить о нем по величине кислородного долга, образовавшегося в ходе выполнения теста ступенчато повышающейся мощности до отказа. Величина ОКД при работе руками от 10 до 16 лет выросла примерно в 5 раз, тогда как при работе ногами – только в 3,3 раза. При этом, по абсолютной величине ОКД после работы руками и ногами практически одинаков (различия статистически не достоверны). Это может быть проиллюстрировано динамикой погашения кислородного долга после работы руками и ногами в тесте ступенчато нарастающей мощности до «отказа» у юношей 16 лет (рис. 8). Структура ОКД с возрастом меняется однонаправленно как при работе руками, так и ногами: в основном прирост объема ОКД обеспечен увеличением его медленной фракции, характеризующей емкость анаэробно-гликолитического источника энергии. Доля быстрой фракции при этом заметно снижается, особенно при работе руками.

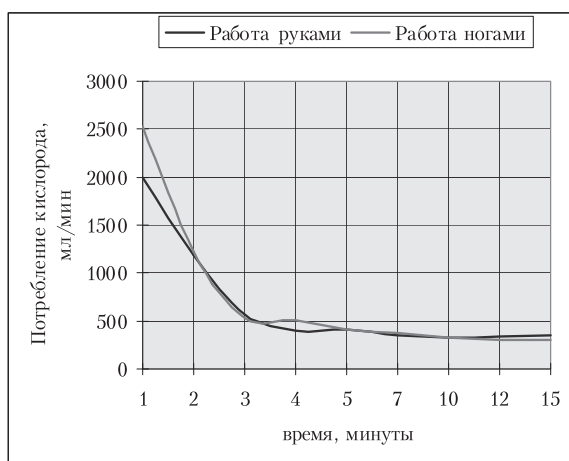


Рис. 8 Погашение кислородного долга после ступенчато возрастающей работы до «отказа» руками и ногами у мальчиков 16 лет

Анализ удельных величин кислородного долга вряд ли имеет строгий физиологический смысл, поскольку долг не может быть признан функцией собственно скелетной мускулатуры. Об этом говорит практическое равенство величин ОКД при работе верхними и нижними конечностями как у мальчиков 10, так и у юношей

16 лет. Ясно, что различающиеся как минимум в 2 раза по массе группы мышц, произведя примерно одинаковую по относительному объему работу, не могли в равной мере воздействовать на химический состав внутренней среды организма, с восстановлением которого обычно связывают кислородный долг [19, 20]. Следовательно, кислородная задолженность и ее погашение представляют собой, по-видимому, системный процесс на уровне целого организма, лишь в небольшой степени зависящий от массы скелетных мышц, непосредственно участвовавших в работе.

Эти результаты позволяют еще раз убедиться в том, что параметры мощности энергетических систем определяются, главным образом, состоянием тканевых механизмов, тогда как емкость суть явление организменное, зависящее в первую очередь от регуляторных возможностей систем, обеспечивающих поддержание гомеостаза на уровне клеток, тканей и целого организма. Если принять, что адекватными характеристиками работоспособности являются именно емкостные показатели, то из представленных данных следует принципиальный вывод: **работоспособность – это понятие, характеризующее возможности не отдельных мышечных групп, а организма в целом.**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зациорский В.М., Алешинский С.Ю., Якунин Н.А. Биомеханические основы выносливости. – М., 1982. – 207 с.
2. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Воробьев В.Ф. Эргометрическое тестирование работоспособности. // Моделирование и комплексное тестирование в оздоровительной физической культуре. – Сб. научных трудов / В.Д. Сонькин – ред. – М.: ВНИИФК, 1991. – с.68–86
3. Король В.М., Сонькин В.Д., Ратушная Л.И. Мышечная работоспособность и частота сердечных сокращений у подростков в зависимости от уровня полового созревания. // Теория и практика физической культуры. – 1985. – № 8. – с.27
4. Король В.М., Сонькин В.Д. Мышечная работоспособность подростков 13–14 лет // Физиология человека. – 1983. – 9. – №6. – с.907–912
5. Маслова Г.М. Оценка состояния энергетического обмена по показателям экскреции креатинина и креатина // В сб.: Физическая культура индивида / Под ред. В.Д. Сонькина. – М., 1994. – С. 91–113.
6. Пузик В.И. Возрастная морфология скелетной мускулатуры человека. – М.: АПН СССР, 1961. – 121 с.
7. Селуянов В.Н., Чугунова Л.Г., Вершинскене Д. Геометрия масс тела детей // Факторы, лимитирующие повышение спортивной работоспособности у спортсменов высокой квалификации: Сборник научных трудов. – М., 1990. – С. 65–81.
8. Сонькин В.Д. Простейшая модель кислородного снабжения скелетных мышц мальчиков 9–10 лет // Новые исследования по возрастной физиологии – 1988. – №2 (31). – С.43–48.
9. Тамбовцева Р.В. Возрастные и типологические особенности энергетики мышечной деятельности: Автореф. Дисс.... Д.б.н. – М., 2002. – 48с.
10. Таннер Д. Рост и конституция человека // В кн.: Биология человека. – М., 1979. – С. 366–471.

11. Тхоревский В.И. и др. Зависимость реакций сердечно-сосудистой и дыхательной систем от размеров активных мышц при статической работе // Гигиена труда и проф. заболеваний.– 1986.– №4.– С.5–10.

12. Филимонов В.И., Владова Ю.Р. Динамика показателей физической работоспособности и потребление кислорода у юных спортсменов при работе верхними и нижними конечностями // Теор. и практ. физ. культ.– 1988.– №5.– С. 45–46.

13. Филимонов В.И., Медведев Г.Е., Попова А.Ф. и др. Физическая работоспособность и состояние центральной и регионарной гемодинамики у детей и подростков // Физиология человека. – 1986.–12.– №5.– С. 681–684.

14. Человек: медико-биологические данные: Доклад рабочей группы комитета 2 МКРЗ по условному человеку.– М.: Медицина. 1977.– 496 с.

15. Шмальгаузен И.И. Определение основных показателей в методике исследования роста // Рост животных.– М.–Л., 1935.– С.8–63.

16. Anson B.J. (Ed.) Morris' Human Anatomy. 12th ed. New York, McGraw-Hill Book Co, 1966

17. Boileau R.A., McKeown B.C., Riner W.F. Cardiovascular and metabolic contributions to the maximal aerobic power of the arms and legs // Intern. J. Sports Cardiol.– 1984.– 1.– No. 2. – P.67 –75.

18. Brodie D.A., Eston R. Energy cost of arm, leg and combined arm-leg ergometry in sitting position // J.Physiol. (Gr.Br.).– 1984.– 354.– P.74–79.

19. DeCoster A. Actual conception of oxygen debt // Frontiers of fitness / Ed.Shephard R.J.- Springfield, 1971.– P.174 –191.

20. Dill D.B., Sacktor B. Anaerobic sources of energy during muscular work (exercise and oxygen debt) // J.Sports Med. and Physical Fitness.– 1962.– 2.– P.66–72.

21. Kobryn U., Weise M., Hoffmann B. Herzkreislauf- and Atmungsparameter während lokaler dynamischer Muskelarbeit unterschiedlicher Betätigungsfrequenz im Bereich der Dauerleistungsgrenze // Zgesamte Hyg. und Grenzgeb.– 1985.– 31. – №4.– S.202 – 204.

22. Makarainen M. Physical working capacity at school age, in leg and arm exercise // Acta Univ. Oulnens.– 1984.– D.–N 120.– P.64.

23. Shephard R.J., Bouhler E., Vandervalle H. et al. Muscle mass as a factor limiting physical work // J.Appl.Physiol.– 1988.– 64.– №4.– P.1472–1479.

24. Taguchi S., Horvath S.M. Metabolic responses to light arm and leg exercise when sitting // Eur.J.Appl.Physiol. and Occup.Physiol.– 1987.– 56.– №1.– P.53–57.

КИНЕТИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОДИНАМИКИ ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК МАКСИМАЛЬНОЙ И СУБМАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ У ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Р.М. Васильева¹

Институт возрастной физиологии РАО, Москва

Изучалась реакция центральной гемодинамики у детей 9–14 лет в восстановительном периоде после велоэргометрических нагрузок максимальной и субмаксимальной мощности. После выполнения указанных нагрузок у разных детей выявлены два типа реакции частоты сердечных сокращений (ЧСС). У части детей на 2–3-й мин. восстановительного периода после таких нагрузок происходит снижение ЧСС ниже исходных величин покоя. При этом в период максимального понижения ЧСС у них отмечается увеличение ударного объема крови (УО) выше значений, зарегистрированных в момент окончания работы. У другой части детей такого резкого снижения ЧСС и подъема УО после работы не отмечалось. Обнаружено, что вариант восстановления, при котором ЧСС уменьшается после работы ниже уровня покоя, является возрастной особенностью реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку. Число детей с таким типом реакции встречается в 9–10 лет почти в два раза чаще, чем в возрасте 13–14 лет.

Ключевые слова: физическая нагрузка, сердечно-сосудистая система, дети.

Reaction of central hemodynamics during recovery after veloergometric exercises of maximal and submaximal intensity was studied in 9–14-year-old children. After the exercise the children showed two types of heart rate (HR) reactions. By the 2nd –3rd second of recovery period, in some children HR decreased below the original values at rest, with the stroke volume (SV) at the moment of the lowest HR exceeding the value registered at the end of the exercise. Other children had no such sharp HR decrease and SV increase after the exercise. The recovery with HR lower than at rest was shown to be an age-related feature of cardio-vascular reaction to exercise. There are almost twice as many children with this type of reaction at the age of 9–10 years than at the age of 13–14.

Key words: exercise, cardiovascular system, children.

Особенности восстановления показателей кровообращения после физических нагрузок широко исследуются в возрастной физиологии человека и в детской спортивной медицине при изучении адаптационных возможностей системы кровообращения и качества ее регулирования. Характер изменений сердечной деятельности в восстановительном периоде позволяет судить о степени утомления, тяжести выполненной работы и является значимым индикатором для адекватного дозирования физических нагрузок и продолжительности необходимого отдыха [7, 11].

Контакты: ¹ Васильева Римма Михайловна, ст. науч. сотр. лаборатории физиологии мышечной деятельности, E-mail:rmv@front.ru

Большое количество работ, посвященных этой теме, позволило выявить целый ряд возрастных закономерностей восстановления гемодинамики после физических нагрузок, различных по величине и длительности. Это касается продолжительности восстановительного периода у детей разного возраста, направленности и скорости изменения различных показателей гемодинамики, гетерохронности достижения ими уровня покоя и ряда других характеристик периода реституции [7, 15].

В литературе описаны различные варианты переходных процессов работы сердца в восстановительном периоде у детей школьного возраста (7–18 лет). Ряд авторов обнаружил, что в одном из вариантов на первых минутах восстановительного периода – после выполнения функциональных проб и стандартизированной физической нагрузки – повысившийся при нагрузке пульс опускается ниже исходного уровня покоя, т.е. восстановление происходит через «отрицательную фазу» [1, 6, 17, 18].

В еще более ранних исследованиях отдельные авторы выявили «отрицательную фазу» пульса (ОФП) после двигательного беспокойства у детей в раннем постнатальном периоде в возрасте до одного года [3].

Однако данные о наличии ОФП в восстановительном периоде не многочисленны. Те немногие авторы, которые наблюдали в своих исследованиях проявление ОФП, до последнего времени расходятся в толковании механизмов возникновения и прогностической значимости этого феномена. Так, одни исследователи [19] расценивают появление «отрицательной фазы» пульса в восстановительном периоде как неблагоприятный признак, указывающий на переутомление. Другие авторы, напротив, такой вариант, при котором происходит быстрое восстановление показателей к исходному уровню покоя через «отрицательную фазу», относят к прогностически благоприятным [17]. На основе данных, полученных при обследовании спортсменов школьного возраста, И.Х. Вахитов [6] приходит к выводу, что снижение ЧСС ниже исходных величин после выполнения мышечной нагрузки является одним из проявлений механизмов формирования брадикардии тренированности.

Относительно изменения УО у детей при физической нагрузке и в восстановительном периоде после нее в литературе также имеются противоречивые данные.

Большинство исследователей отмечает у детей при динамической мышечной работе увеличение ударного объема крови и повышение этого показателя с возрастом и по мере тренированности [4, 14, 22]. Другие авторы не обнаружили существенной разницы в показателях ударного объема крови при выполнении физической нагрузки у обследуемых детей с различным уровнем двигательной активности [23]. Встречаются данные об уменьшении ударного объема крови ниже исходных величин в восстановительном периоде после мышечной работы малой мощности [1, 6, 12].

Таким образом, в настоящее время у исследователей нет единого мнения относительно изменений ЧСС и УО в восстановительный период выполнения физической нагрузки и после нее.

Определение физиологического значения феноменов «отрицательной фазы» частоты сердечных сокращений и ударного объема крови также требуют дополнительных исследований.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования, проведены на базе школ г. Москвы на практически здоровых детях 9–14 лет. Предварительно было получено информированное согласие родителей. Данные были получены в лабораторном эксперименте, в ходе которого обследуемые дети выполняли работу на велоэргометре. В предварительной серии экспериментов для каждого ребенка индивидуально была подобрана максимальная нагрузка, которую он мог удерживать не более 8–10 сек. Все последующие нагрузки задавались в процентах от этой максимальной. В основной серии исследований испытывали нагрузки: 100%, 80%, 70% и 50%. При всех нагрузках дети работали до отказа. За отказ принимали состояние, когда испытуемый не мог удерживать заданную частоту педалирования, снижал темп движений или отказывался от работы.

Перед работой, во время нее и в течение 10 мин. восстановительного периода после нагрузки у обследуемых детей регистрировали следующие показатели: частоту сердечных сокращений (ЧСС), ударный объем (УО) крови, который определяли методом тетраполярной реоплетизмографии. Рассчитывали МОК.

При анализе восстановительного периода оценивали величину «пульсового долга» (ПД), «долга по ударному выбросу» (ДУО) и «долга по МОК», возникающих при выполнении мышечной работы. Величина «долга» рассчитывалась как сумма значений показателя за 5 или 10 мин. восстановления за вычетом уровня данного показателя в покое. В качестве показателя, позволяющего измерять физиологическое напряжение организма при выполнении работы, оценивали величину индекса накопления «пульсового долга» (ИНПД). Значение индекса рассчитывали как отношение величины «долга» ко времени предельной продолжительности работы [9, 10]. Аналогично вычисляли величину индексов накопления «долга» по УО (ИНУО) и «долга» по МОК (ИНМОК).

При анализе полученных данных учитывался возраст, физическое развитие и стадия полового созревания школьников.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У детей 9–14 лет характер восстановительных процессов гемодинамики после физической нагрузки, несмотря на имеющиеся закономерные возрастно-половые и индивидуальные особенности, в значительной мере определяется тем, в какой зоне мощности выполнялась работа, т.е. в первую очередь зависит от характера энергообеспечения [13, 14].

В наших предыдущих исследованиях было показано, что восстановительный период после кратковременных нагрузок максимальной и субмаксимальной (100% и 80%) мощности характеризуется выраженным гетерохронизмом восстановления отдельных показателей гемодинамики: резким снижением частоты сердечных сокращений, с одновременным послерабочим увеличением ударного

объема сердца на первых минутах реституции и постепенным уменьшением МОК к уровню покоя. Другой вариант наблюдается при нагрузках 70% и 50% от максимальной. Он характеризуется однонаправленным снижением частоты сердечных сокращений, ударного и минутного объемов сердца и более длительным (по сравнению с нагрузками максимальной и субмаксимальной мощности) возвращением всех показателей к уровню покоя [5, 11].

При более детальном анализе динамики восстановительного периода после кратковременных нагрузок максимальной и субмаксимальной (100% и 80%) мощности было обнаружено, что у части детей снижение ЧСС в первые минуты после работы происходит настолько резко, что на 2-ой мин. после работы пульс падает у них ниже уровня покоя. Наблюдался так называемый феномен «отрицательной фазы» пульса или «отрицательная фаза» частоты сердечных сокращений (ОФЧСС).

Рассмотрим проявление феномена «отрицательной фазы» пульса на примере девочек 11–12 лет (наполняемость группы 24 человека), у которых ОФЧСС встречалась у половины испытуемых – 52% случаев. Полученные в эксперименте данные сгруппировали таким образом, что одну группу были выделены девочки, имеющие в восстановительном периоде после нагрузки 100% или 80% «отрицательную фазу» пульса. Назовем условно такой вариант восстановления «вариант I». Во вторую группу вошли девочки, у которых после этих нагрузок ЧСС в восстановительном периоде не опускался ниже исходных величин, зарегистрированных перед работой. Такой вариант восстановления условно назовем «вариант II».

Проанализируем, какие еще сходства и различия (кроме показателей гемодинамики) характеризуют девочек с разными вариантами восстановительного периода.

Согласно полученным результатам, у девочек обеих групп протестированные в эксперименте нагрузки по времени выполнения работы до отказа распределились по зонам относительной мощности в классификации В.С. Фарфеля [16], следующим образом:

Нагрузка 100%. Находилась в зоне максимальной относительной мощности, поскольку была подобрана индивидуально для каждого ребенка, так, что он удерживал ее не более 10 сек.

Нагрузка 80% относилась к зоне субмаксимальной относительной мощности. Нагрузка 70% попадала в зону большой мощности, и нагрузка 50% лежала в зоне умеренной мощности.

В Таблице 1 приведены показатели работоспособности у девочек с «отрицательной» и без «отрицательной фазы» пульса после выполнения нагрузки. Как видно из таблицы, у девочек с разными вариантами восстановительного периода не наблюдалось достоверных различий в величине выполняемой нагрузки и времени удержания ее до отказа. Однако можно отметить, что при нагрузках 100% и 80% время работы у девочек с ОФ ЧСС было несколько выше, чем у девочек без ОФ ЧСС. Девочки с первым вариантом восстановления работали при максимальной нагрузке на 16% и при субмаксимальной нагрузке на 22% дольше, чем девочки со II вариантом ($p > 0.05$).

Таблица 1

Показатели работоспособности у девочек с разными вариантами восстановления частоты сердечных сокращений

Нагрузка	Показатели работоспособности	ОФ ЧСС	Без ОФ ЧСС
		М±m	М±m
Нагрузка 100%	время сек	9,7± 0,61	8,4±0,75
	Наг/кг	16,50±0,53	16,59±0,98
Нагрузка 80%	время сек	1,46±0,13	1,19±0,10
	Наг/кг	12,98±0,48	12,51±0,71
Нагрузка 70%	время сек	7,50±0,82	9,17±0,66
	Наг/кг	11,35±0,42	10,84±0,53
Нагрузка 50%	время сек	41,8±2,85	42,50±2,98
	Наг/кг	8,42±0,26	8,09±0,46

Таблица 2

Некоторые соматометрические показатели у девочек с «отрицательной фазой» пульса (ОФ ЧСС) и без «отрицательной фазы» пульса (Без ОФ ЧСС)

Соматометрические показатели	ОФ ЧСС	Без ОФ ЧСС
	М±m	М±m
Возраст	11,05±0,21	11,35±0,18
Вес	36,51±1,86	39,23±1,66
Рост	148,47±2,32	146,45±1,15
СПС	2–4	2–4

В таблице. 2 приведены некоторые соматометрические показатели девочек с ОФ ЧСС и без «отрицательной фазы» пульса в восстановительном периоде. Как видно, дети двух групп (с ОФ ЧСС и без нее) не различались по весу, росту, возрасту и стадии полового созревания (СПС).

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЕМОДИНАМИКИ У ДЕВОЧЕК 11–12 ЛЕТ ПОСЛЕ НАГРУЗКИ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ

Подвергнем более подробному анализу динамику изменений показателей кровообращения после нагрузки максимальной мощности у девочек 11–12 лет при разных вариантах восстановления. Полученные результаты представлены в

таблице 3 и на рис. 1–3. Из представленных данных видно, что под влиянием проделанной работы ЧСС у девочек первой группы увеличивалась до $162,8 \pm 3,3$ уд/мин и у девочек второй группы до $164,4 \pm 3,8$ уд/мин, а УО соответственно возрастал до $65,46 \pm 3,94$ и $69,26 \pm 5,31$ мл. Т.е. в момент окончания максимальной нагрузки значения ЧСС, УО, а соответственно и МОК у девочек при обоих вариантах восстановительного периода достоверно не различались.

Однако уже на первой минуте реституции, у девочек двух групп наблюдаются различия в скорости и динамике восстановления этих показателей. При первом варианте восстановительного периода снижение ЧСС у девочек после работы происходит более быстрыми темпами и ко второй минуте восстановительного периода пульс у них опускается почти на 10 уд/мин ниже уровня покоя. Значения ЧСС на 2-ой и 3-ей мин восстановления достоверно ниже исходных величин, зарегистрированных перед работой ($p < 0.05$), т.е. наблюдался феномен «отрицательной фазы пульса».

У девочек другой группы восстановление ЧСС идет более замедленно, чем у девочек с первым вариантом восстановления. Частота сердечных сокращений у них на второй мин. после работы не снижается до уровня покоя, а напротив, превышает эту величину на 10.5 уд/мин. ($p < 0.05$) и колеблется относительно этого уровня до 10 мин реституции. Уже с первой минуты реституции у девочек с разными вариантами восстановления наблюдаются достоверные различия в текущих значениях ЧСС, и эти различия сохраняются до конца наблюдаемого отрезка восстановительного периода.

Выявлены различия в динамике и темпах восстановления УО у девочек двух групп. У девочек с ОФЧСС на первой и второй минутах реституции отмечено отчетливое увеличение УО по сравнению с уровнем, зафиксированным непосредственно в момент окончания работы. Через полторы минуты после окончания работы это увеличение составляет 10.3 мл. ($p < 0.05$). У девочек без ОФЧСС послерабочего увеличения УО не отмечено. Ударный объем у них вплоть до 3 мин восстановления остается на том же уровне, который зафиксирован в момент окончания работы, а затем начинается его постепенное снижение к величине покоя. За счет более высокой ЧСС минутный объем крови на протяжении всего восстановительного периода был выше у девочек без ОФЧСС по сравнению с девочками, у которых наблюдалась ОФЧСС (на 3-ей, 5-ой, 10-ой минутах эти различия достоверны, $p < 0.05$).

После нагрузки субмаксимальной мощности (80% от максимальной) различия в динамике восстановления ЧСС, УО и МОК, у девочек двух групп выражены даже более отчетливо, чем при работе максимальной мощности (Таб. 3; рис. 1–3). При первом варианте восстановления у девочек наблюдается «отрицательная фаза» пульса: ЧСС резко снижается с первой минуты реституции и ко второй минуте становится ниже величины, зарегистрированной в покое.

С середины первой и до конца третьей минуты ЧСС у девочек первой группы достоверно ниже, чем у девочек второй группы. Как и после нагрузки максимальной мощности, у девочек с «отрицательной фазой» пульса четко выражен послерабочий подъем УО, пик которого приходится на период наиболее значительного

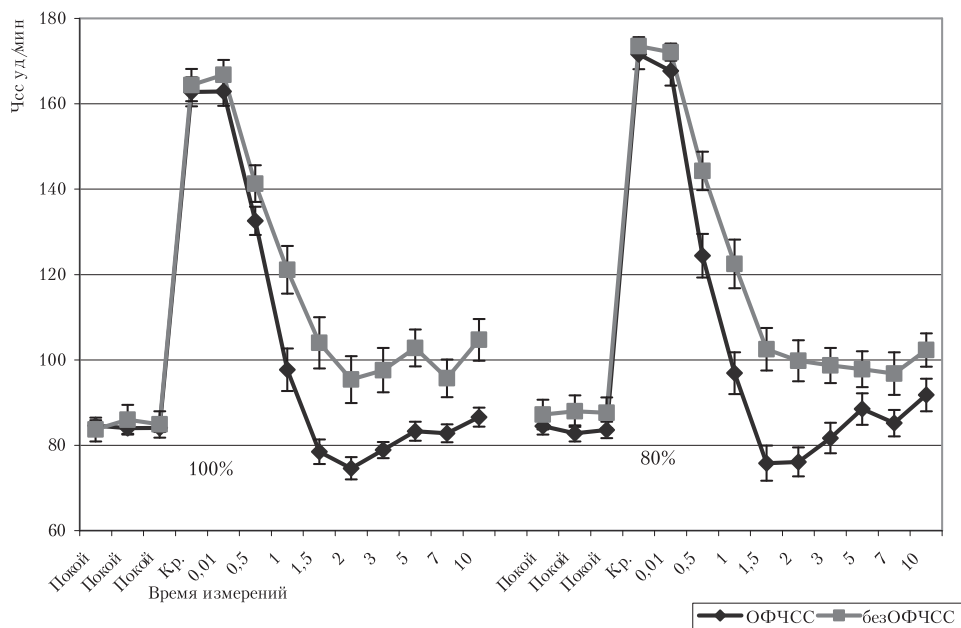


Рис.1 Изменение частоты сердечных сокращений у девочек 11–12 лет в восстановительном периоде после нагрузок 100% и 80% от максимальной

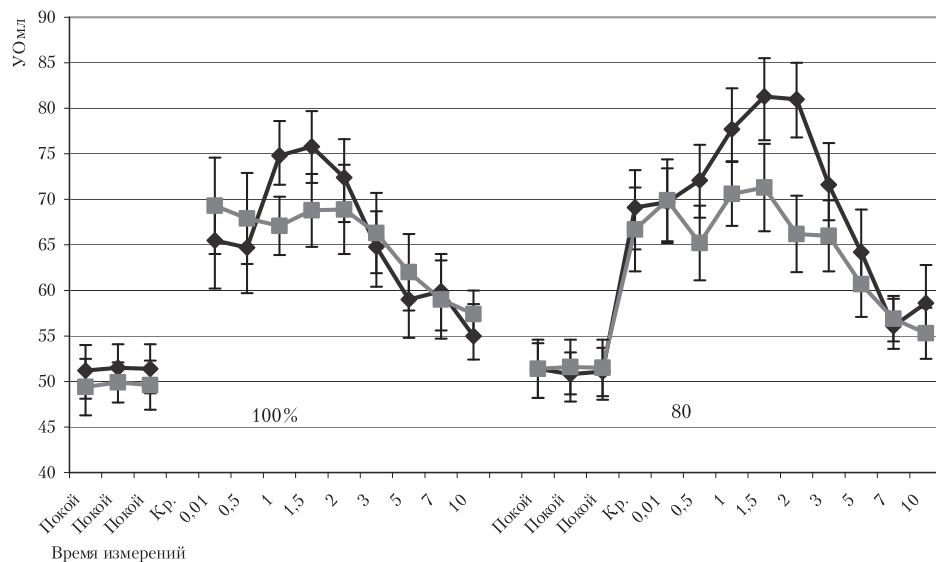


Рис.2. Изменение ударного объема сердца у девочек 11–12 лет в восстановительном периоде после нагрузок 100% и 80% от максимальной

снижения ЧСС. В тот же период времени у девочек без ОФЧСС ударный объем незначительно колеблется примерно на уровне, который зафиксирован в момент окончания работы. Затем начинается его снижение к величине покоя. С первой до пятой минуты восстановления различия в значениях ЧСС и УО у девочек двух групп достоверны ($p < 0.05$). При рассматриваемой нагрузке у девочек с ОФЧСС послерабочий подъем УО выражен более отчетливо, чем при нагрузке максимальной мощности. Это компенсирует снижение ЧСС, и различия в значениях МОК на всем протяжении восстановительного периода у девочек двух групп выражены не так отчетливо, как при нагрузке 100% мощности.

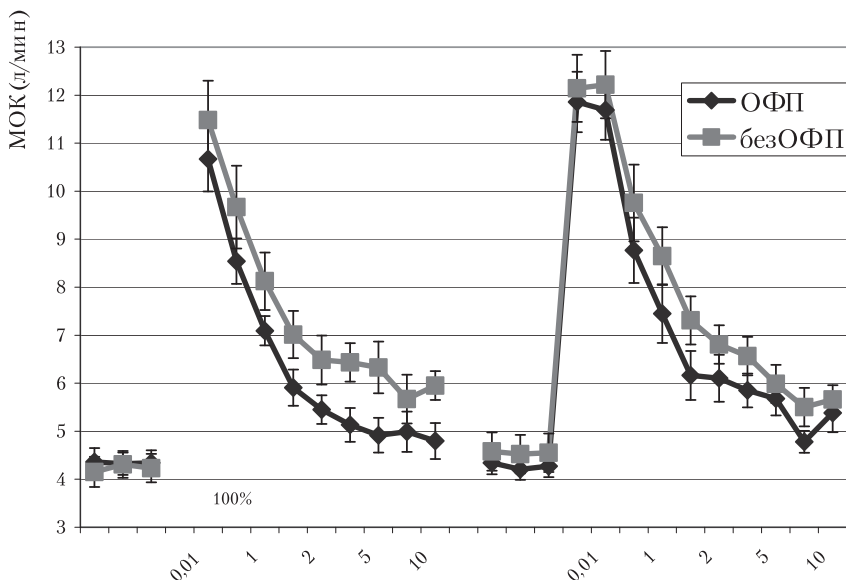


Рис. 3. Изменение минутного объема крови у девочек 11–12 лет в восстановительном периоде после нагрузок 100% и 80% от максимальной

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЕМОДИНАМИКИ У ДЕВОЧЕК 11–12 ЛЕТ ПОСЛЕ НАГРУЗОК БОЛЬШОЙ И УМЕРЕННОЙ МОЩНОСТИ

Показатели гемодинамики у девочек 11–12 лет в восстановительном периоде после нагрузок большой и умеренной мощности приведены в таблице 3.

Не рассматривая подробно динамику восстановительных процессов при этих нагрузках, остановимся только на отдельных ключевых моментах. Прежде всего, отметим, что в восстановительном периоде после нагрузок большой и умеренной мощности ни у кого из девочек не наблюдалось уменьшения ЧСС ниже исходных величин покоя, т.е. не выявлено «отрицательной фазы» пульса, не отмечено и послерабочего подъема УО. В обеих группах восстановление показателей идет более медленно, чем при нагрузках максимальной и субмаксимальной мощности.

Ни один из показателей полностью не приходил к норме на 10 мин после работы. Таким образом, при нагрузках большой и умеренной мощности существенных различий в динамике восстановительных процессов и величинах УО, ЧСС и МОК у девочек обеих групп не выявлено.

Таблица 3

Изменение показателей гемодинамики после нагрузок разной мощности у девочек 11–12 лет с разными вариантами восстановления пульса

Нагрузка 100%													
		ЧСС				УО				МОК			
		ОФЧСС		Без ОФЧСС		ОФЧСС		Без ОФЧСС		ОФЧСС		Без ОФЧСС	
		М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m
До раб.		84,2	1,0	84,9	3,0	51,5	2,63	49,9	2,24	4,34	0,2	4,23	0,30
Работа		162,8	3,3	164,4	3,8								
Восст-е	0,01	162,9	3,3	166,8	3,5	65,4	3,9	69,2	5,3	10,67	0,6	11,48	0,82
	0,5	132,5	3,3	141,3	4,31	64,7	3,4	67,8	4,99	8,54	0,4	9,67	0,86
	1	97,7	5,0	121,1	5,6*	74,8	3,6	67,1	3,2	7,09	0,3	8,13	0,60
	1,5	78,5	2,0	104,0	6,0*	75,8	3,8	68,7	3,9	5,91	0,3	7,01	0,49*
	2	74,5	2,5	95,40	5,5*	72,4	4,2	68,9	4,9	5,45	0,3	6,49	0,51
	3	78,9	1,8	97,6	5,2*	64,8	3,8	66,2	4,3	5,13	0,3	6,43	0,40*
	5	83,2	2,1	102,8	4,3*	58,9	3,8	61,9	4,8	4,92	0,3	6,33	0,54*
	7	82,8	2,0	95,6	4,3*	59,8	4,2	59,0	4,3	4,99	0,4	5,67	0,51
10	86,5	2,2	104,7	4,9*	54,98	3,4	57,3	2,6	4,80	0,3	5,95	0,30*	
Нагрузка 80%													
		ЧСС				УО				МОК			
		ОФЧСС		Без ОФЧСС		ОФЧСС		Без ОФЧСС		ОФЧСС		Без ОФЧСС	
		М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m
До раб.		84,6	1,9	87,2	3,6	51,1	2,6	52,0	3,1	4,27	0,2	4,55	0,4
Работа		171,6	3,5	173,5	2,1	69,01	4,1	69,99	4,6	11,86	0,6	12,14	0,7
Восст-е	0,01	167,5	3,4	172,1	2,0	69,7	3,7	71,00	4,5	11,67	0,6	12,22	0,7
	0,5	124,4	5,1	144,3	4,5*	70,5	3,9	67,6	4,1	8,77	0,6	9,75	0,8
	1	95,9	4,9	122,5	5,7*	77,7	4,5	70,6	3,5	7,45	0,6	8,65	0,6
	1,5	75,8	3,5	102,5	5,0*	81,3	4,2	71,3	4,8	6,16	0,5	7,31	0,5
	2	76,1	3,3	99,8	4,8*	80,2	4	68,2	4,2*	6,10	0,4	6,81	0,4
	3	81,7	3,6	98,7	4,1*	71,6	4,6	66,5	3,9	5,85	0,3	6,56	0,4
	5	88,5	3,7	97,8	4,2	64,2	4,7	61,2	3,6	5,68	0,3	5,99	0,4
	7	85,2	3,1	96,8	4,4*	56,1	3	56,85	2,5	4,78	0,2	5,50	0,4
10	91,8	3,7	102,3	3,9	58,6	4,2	55,33	2,8	5,38	0,4	5,66	0,3	

Нагрузка 70%													
	ЧСС				УО				МОК				
	ОФЧСС		Без ОФЧСС		ОФЧСС		Без ОФЧСС		ОФЧСС		Без ОФЧСС		
	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	
До раб.	86,5	2,1	87,8	3,2	50,2	3	50,8	2,6	4,39	0,3	4,53	0,3	
Работа	174,7	3,6	173,3	3,2	68,4	2,8	70,4	4,3	11,85	0,4	12,29	0,9	
Восст-е	0,01	166,2	4,6	168,8	3,6	64,5	2,6	68,0	4,1	10,72	0,6	11,49	0,8
	0,5	134,1	4,8	142,7	3,8	60,0	3,1	62,7	3,5	8,05	0,5	8,94	0,7
	1	117,3	4,0	130,9	4,2	60,9	3	58,8	3,7	7,15	0,3	7,70	0,7
	1,5	110,4	4,2	120,8	3,7	60,9	4	57,9	3,9	6,73	0,4	7,00	0,6
	2	105,2	2,8	111,1	3,5	59,6	3,7	58,3	4,8	6,26	0,3	6,47	0,6
	3	106,0	2,3	110,3	3	57,5	3,8	56,5	4,7	6,10	0,4	6,23	0,6
	5	102,7	2,6	109,0	3	54,6	3,3	53,9	3,6	5,61	0,3	5,87	0,5
	7	99,2	2,3	106,5	2,5	51,0	3,7	47,1	3,5	5,06	0,3	5,02	0,4
	10	99,1	2,1	102,8	3,5	48,8	3,2	51,2	3,3	4,84	0,3	5,27	0,4
Нагрузка 50%													
	ЧСС				УО				МОК				
	ОФЧСС		Без ОФЧСС		ОФЧСС		Без ОФЧСС		ОФЧСС		Без ОФЧСС		
	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	
До раб.	87,6	2,5	88,6	3,5	49,2	2,9	50,4	3	4,32	0,2	4,49	0,4	
Работа	131,1	1,7	138,6	3,2	74,3	4	71,4	4,5	9,74	0,5	9,90	0,6	
Восст-е	0,01	122,5	2,7	135,8	3,6	70,4	3,7	69,8	4,5	8,63	0,5	9,47	0,5
	0,5	103,7	1,7	114,6	4,9	68,0	3,5	65,3	3,8	7,05	0,3	7,48	0,5
	1	95,2	2,9	108,5	6,3	65,7	2,6	61,2	3,5	6,26	0,3	6,64	0,4
	1,5	96,0	2,7	104,0	5,2	60,6	2,6	59,7	2,5	5,82	0,3	6,21	0,3
	2	92,9	3,1	102,4	5,2	60,0	3,2	57,1	3,0	5,57	0,3	5,89	0,3
	3	94,3	2,9	104,0	3,8	59,7	3,1	57,8	3,8	5,63	0,3	6,01	0,4
	5	94,0	2,7	102,5	3,6	58,4	3,6	57,2	2,9	5,49	0,3	5,87	0,3
	7	90,0	2,1	99,5	3,5	55,6	3,2	56,1	4,4	5,00	0,2	5,58	0,4
	10	90,8	2,3	101,4	2,7	55,3	3,0	55,9	4,0	5,02	0,2	5,67	0,3

Примечания:* – достоверные различия соответствующих показателей у девочек с разной динамикой восстановительного периода

На основе анализа изменений ЧСС в восстановительном периоде после мышечной работы разработан ряд проб и тестов, для определения функциональных возможностей организма, как взрослого человека, так и ребенка (проба Руфье, проба Летунова, Гарвадский степ-тест и др.) [2, 8, 16]. Относительно новым и перспективным является метод оценки физической работоспособности

детей и подростков на основе измерения интенсивности накопления пульсового долга (ИНПД) во время мышечной работы. Этот показатель используется для оценки функциональных возможностей организма при выполнении дозированной нагрузки анаэробного и смешанного характера [9, 10].

Интересно было сравнить ИНПД у девочек с «отрицательной фазой» пульса и без ОФЧСС в восстановительном периоде, а также оценить, как различия в динамике восстановления отражаются на величине ИНПД и насколько этот индекс отражает «физиологическую стоимость работы» у детей с разными вариантами восстановительного периода.

С этой целью рассчитывали «долги», которые образовались у девочек при выполнении мышечной работы. Оценивали величину «пульсового долга» (ПД), «долга по ударному выбросу» (ДУО) и «долга по МОК».

В результате оказалось, что как при максимальной, так и при субмаксимальной нагрузке, девочки, у которых в восстановительном периоде отмечена «отрицательная фаза» пульса, имели более низкий ПД, по сравнению с теми испытуемыми, у которых падения ЧСС ниже уровня покоя не происходило. Различия достоверны ($p < 0.01$).

Как уже говорилось выше, именно те девочки, у которых восстановление пульса после работы шло через «отрицательную фазу», могли удерживать нагрузку 100 и 80% до отказа несколько дольше тех, у которых такого снижения ЧСС не наблюдалось.

В результате при обеих нагрузках ИНПД оказался в несколько раз ниже у девочек с «отрицательной фазой» пульса по сравнению с девочками, у которых такого феномена в восстановительном периоде не отмечено (Табл. 4, Рис. 4–5). Так, у девочек с «отрицательной фазой» пульса ИНПД, рассчитанный за 5 мин восстановления, в три с лишним раза, а за 10 мин восстановления в 5,2 раза меньше, чем у девочек с менее выраженным снижением ЧСС после работы (Табл. 4, рис. 4).

Таблица 4

Частота встречаемости «отрицательной фазы пульса» (ОФЧСС) у детей 9–14 лет при нагрузках максимальной и субмаксимальной мощности

Пол	Возраст	Кол-во выполненных нагрузок	Число проявлений ОФЧСС	Число проявлений ОФЧСС от общего числа нагрузок (в %)
Мальчики	9–10	18	14	81
	11–12	30	23	77
	13–14	33	9	27
Девочки	9–10	16	9	56
	11–12	44	23	52
	13–14	18	6	33

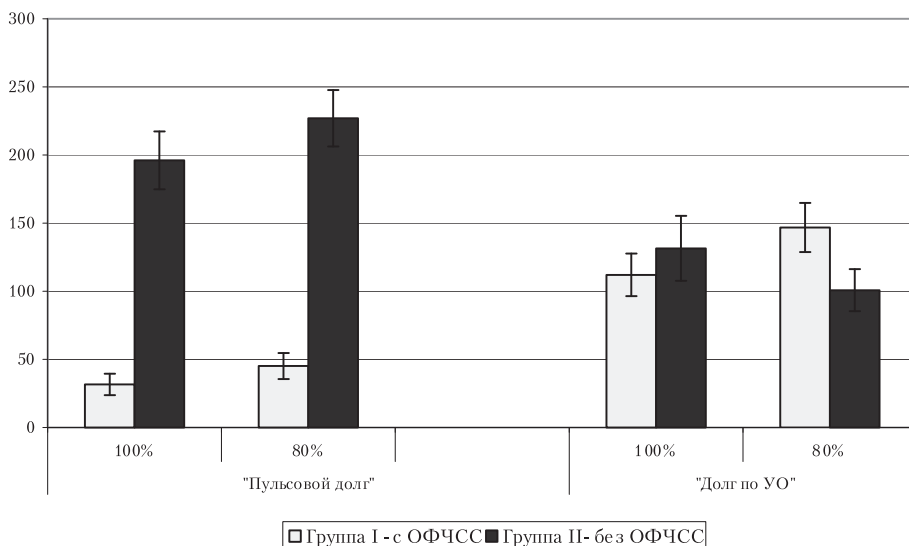


Рис.4 Величина пульсового «долга» и «долга» по ударному выбросу у девочек с разной динамикой восстановительных процессов

При максимальной и при субмаксимальной нагрузке «долги» по УО и интенсивность нарастания этого «долга» в период работы у девочек с разной динамикой восстановительного периода достоверно не различались.

У девочек без «отрицательной фазой» пульса за счет более высокой частоты сердечных сокращений МОК на протяжении всего восстановительного периода был выше, чем у девочек с ОФЧСС. В результате при обеих нагрузках у первых из них достоверно выше оказался и «долг» МОК ($p < 0.05$). У тех же девочек более высокой была и интенсивность нарастания в период работы «долга» МОК. (Табл. 5, Рис. 5).

Таким образом, мы видим, что во время работы у девочек без «отрицательной фазы» пульса накопился больший долг по кровотоку. Интенсивность его нарастания в период работы также была выше, чем у девочек с «отрицательной фазой» ЧСС. Образовавшийся у девочек без ОФЧСС «долг» не компенсировался за 10 мин реституции, поскольку ни ЧСС, ни МОК не приходили у них к уровню покоя до конца наблюдаемого восстановительного периода.

Исходя из полученных результатов можно предположить, что большее напряжение при работе испытывает организм тех девочек, у которых в восстановительном периоде «отрицательная фаза» пульса не появляется.

В литературе показано, что восстановление ЧСС и параметров, характеризующих силу сердечных сокращений, к исходным величинам покоя через «отрицательную фазу», является возрастной особенностью реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку. Такой вариант восстановления особенно часто (в 65,8% случаев) встречался у мальчиков в младшем школьном возрасте и практически совсем отсутствовал у юношей в 16–18 лет [17, 18].

Величина гемодинамического долга и интенсивность его нарастания у девочек
11–12 лет при нагрузках разной интенсивности

«Долги» за 10 мин. восстановления						
	Пульсовый долг		Долг по УО		Долг по МОК	
Нагрузка	100%	80%	100%	80%	100%	80%
ОФ ЧСС	31,6	45,1	112,0	146,8	11,3	16,1
безОФЧСС	196,1	226,9	131,5	100,8	19,6	18,2
Интенсивность нарастания долга						
	ИНПД		Инт. нараст. долга УО		Инт. нараст. долга МОК	
Нагрузка	100%	80%	100%	80%	100%	80%
ОФ ЧСС	3,35	0,71	13,14	3,69	1,19	0,18
безОФЧСС	17,60	3,01	15,10	2,21	2,37	0,26

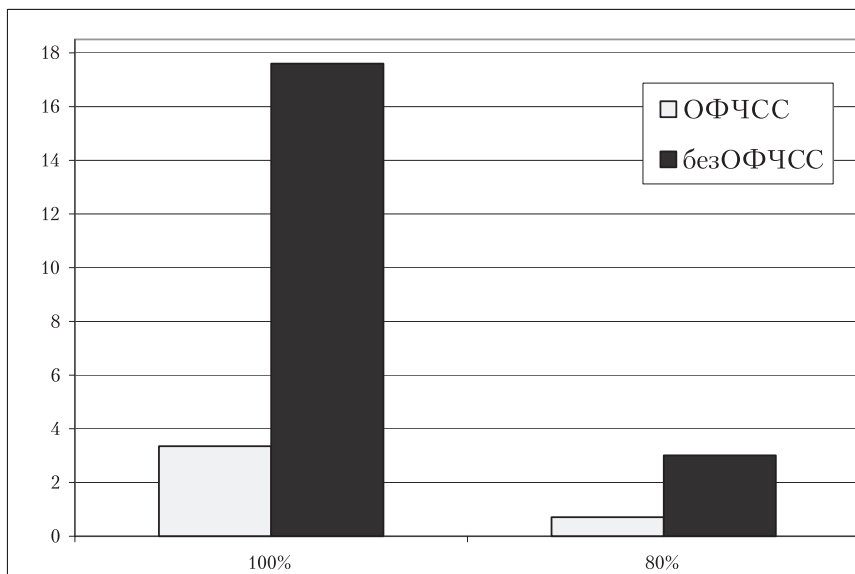


Рис. 5. Индекс нарастания «пульсового долга» у девочек с разной динамикой восстановительного процесса

Поскольку нами проведены исследования на детях школьного возраста от 9 до 14 лет, мы располагаем собственными данными, которые позволяют проследить возрастную динамику переходных процессов ЧСС в восстановительном периоде после физических нагрузок.

Выявлено, что в разных возрастно-половых группах число детей, у которых хотя бы при одной из двух нагрузок 100% или 80% наблюдалась «отрицательная фаза» пульса неодинаково (Табл. 3). Так, в возрасте 9–10 лет у девочек феномен «отрицательной фазы» пульса наблюдался в 56% от общего числа испытанных нагрузок максимальной и субмаксимальной мощности. У мальчиков того же возраста – в 81% случаев. В 11–12 лет ОФЧСС была выявлена у девочек в 52% случаев и у мальчиков в 77% случаев.

К 13–14 годам снижение ЧСС в восстановительном периоде ниже дорабочего уровня встречалось намного реже. К 13–14 годам частота встречаемости «отрицательной фазы» пульса, как у девочек, так и у мальчиков снижалась. В этом возрасте зафиксировано всего 33% случаев у девочек и 27% случаев у мальчиков, когда ЧСС в восстановительном периоде опускалась ниже уровня покоя.

Таким образом, мы видим, что вариант восстановления через «отрицательную фазу» с разной частотой встречаются у детей разного возраста, и число детей с таким вариантом восстановления уменьшается в период от 9 до 14 лет.

Направленность переходных процессов в восстановительном периоде зависит от состояния механизмов регуляции функций сердечно-сосудистой системы.

Поскольку «отрицательная фаза» пульса более четко выражена в возрастном периоде, когда происходит становление аэробно-анаэробных механизмов, обеспечивающих мышечную деятельность, а также формирование симпатических и парасимпатических влияний на сердце, можно допустить, что этот феномен отражает сложные, меняющиеся в процессе возрастного развития организма взаимоотношения различных механизмов регуляции функций сердечно-сосудистой системы при физической работе и после нее.

Можно также предположить, что снижение частоты сердечных сокращений ниже исходных величин после выполнения мышечной нагрузки способствует формированию более рациональной реакции на нагрузку за счет более высокого УО при более низкой ЧСС.

Таким образом, феномен уменьшения ЧСС после выполнения мышечной нагрузки по типу «отрицательной фазы» пульса требует дальнейшего исследования и установления его физиологического смысла.

ВЫВОДЫ

1. У детей 9–14 лет в ответ на физические нагрузки с различным энергообеспечением установлены отличия в кинетике восстановления показателей центральной гемодинамики в зависимости от мощности выполненной работы.

2. При исследовании периода реституции после нагрузок максимальной и субмаксимальной мощности выявлено два типа восстановления гемодинамических показателей: У части детей обнаружено снижение ЧСС ниже исходных величин покоя, т.е. «отрицательная фаза» частоты сердечных сокращений, которая наблюдается на первой – третьей минутах восстановительного периода. В этот же период (одновременно с этим) у этих детей отмечается увеличение УО выше величин, зафиксированных в работе и в момент ее окончания. У другой части детей уменьшения ЧСС ниже величин, зарегистрированных перед работой, и

послерабочего подъема УО не происходит, а наблюдается постепенное снижение этих показателей к уровню покоя.

3. У девочек, имевших «отрицательную фазу» пульса в восстановительном периоде после нагрузок 100 и 80% от максимальной, выявлен более низкий пульсовой «долг», «долг» МОК, более низкий ИНПД и ИН МОК, по сравнению с девочками, у которых «отрицательная фаза» пульса в восстановительном периоде не проявлялась.

4. При нагрузках большой и умеренной мощности существенных различий в динамике восстановительных процессов и величинах УО, ЧСС и МОК у девочек обеих групп не выявлено. Ни в одной из исследованных групп вариант переходных процессов с «отрицательной фазой» пульса при нагрузках большой и умеренной мощности не наблюдался.

5. Вариант восстановления, при котором ЧСС возвращаются к исходным величинам покоя через «отрицательную фазу», является возрастной особенностью реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку. Такой феномен у детей 9–10 лет встречается почти в два раза чаще по сравнению с детьми 13–14 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абзалов Р.А., Нигматуллина Р.Р. Изменение показателей насосной функции сердца у спортсменов и неспортсменов при выполнении мышечных нагрузок повышающейся мощности // Теория и практика физической культуры. – 1999. – №8. – С. 24–26

2. Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте. – М.: Медицина, 1990. – 192 с.

3. Бирюкович А.А. Биоритмы сердечной деятельности и дыхания в онтогенезе человека: с Автореф. дис.. докт. биол. наук. М., 1973. – 36 с.

4. Ванюшин Ю.С., Ситдииков Ф.Г. Адаптация сердечной деятельности подростков к нагрузке повышающейся мощности // Физиология человека. – 2001. – Т. 27. – №2. – С. 91–97. 3.

5. Васильева Р.М., состояние центральной гемодинамики у детей школьного возраста при выполнении физических нагрузок разной мощности. В кн. Нормирование нагрузок в физическом воспитании школьников // Под ред. Л.Е. Любомирского. – М.: Педагогика, 1989. – с. 39–58

6. Вахитов И. Х. Насосная функция сердца в зависимости от возраста приобщения к мышечным тренировкам. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Казань, 2005, 45 С.

7. Данько Ю.И., Тихвинский С.Б. Возрастная физиология мышечной деятельности // Детская спортивная медицина / Под ред. Тихвинского С.Б., Хрущева С.В. М.: Медицина, 1991. 560 с.

8. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.

9. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В., Васильева Р.М. и др. Возрастное развитие скелетных мышц и физической работоспособности // Физиология развития ребенка: теоретические и прикладные аспекты. М., 2000. С. 209.

10. Король В.М., Сонькин В.Д., Ратушная Л.И. Мышечная работоспособность и частота сердечных сокращений у подростков в зависимости от уровня полового созревания // Теория и практика физической культуры. – №8 – 1985 – С. 27.

11. Любомирский Л.Е., Васильева Р.М., Букреева Д.П., Исследование функций двигательной системы и центрального кровообращения у девочек 9–14 лет с разным уровнем физической тренированности // Физиология человека. – 2000. – Т. 26. – №3. – С. 113–120

12. Нигматуллина Р. Р. Насосная функция сердца развивающегося организма и ее регуляция при мышечных тренировках: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Казань, 1999. – 41 с.

13. Сонькин В.Д. Энергетическое обеспечение мышечной деятельности школьников: Автореф. дис.... докт. биол. наук. М., 1990. 50 с.

14. Сонькин В.Д., Р.М.Васильева, Д.П.Букреева., Динамика функционального состояния двигательного аппарата и сердечно-сосудистой системы в процессе работы разной интенсивности у девочек 9–14 лет. // Новые исследования. №1(4). 2003. с. 208–218.

15. Тихвинский С. Б., Бобко Я.Н. Определение, методы исследования и оценка физической работоспособности детей и подростков // Детская спортивная медицина.// Под ред. Тихвинского С.Б., Хрущева С.В – М.: Медицина, 1991. – С. 259–288.

16. Фарфель В.С. Физиологические основы классификации физических упражнений // Физиология мышечной деятельности труда и спорта. – Л., 1969. – С. 425–439.

17. Филеши П. А. Возрастные особенности некоторых функциональных характеристик сердечной деятельности современных школьников (мальчики 7–18 лет). Автореф. дисс. ... канд. наук мед. наук. Москва, 1978, 20 С.

18. Филеши П. А., Пачева Т. В. Возрастно-половые особенности переходных процессов параметров сердечной деятельности после стандартной физической нагрузки у школьников 7–18 лет // Возрастные функциональные особенности сердца при физических нагрузках. – Ставрополь, 1979. – Вып. 3. – С. 37–44.

19. Хрущев С.В. Врачебный контроль за физическим воспитанием школьников. – М., 1980. – 203 с. 224 с

20. Astrand P.-O. Aerobic work capacity in men and women with special references to age // Acta Physiol. Scand. – 1960. – 49. – Suppl. №169. – P. 88–92.

21. Astrand P.-O., Rodahl K. Textbook of work physiology. New York: McGraw-Hill Co, 1986. – 691 p. P. 669

22. Driscoli D.S. Cardiovascular Evolution of the Children and Adolescent before Participation in Sports // Mayo Clin. Proc. – 1985. – V. 60. – №12. – P. 867–873.

23. Weymans M., Reybrouck T. Habitual level of physical activity and cardiorespiratory endurance capacity in children // Eur. J. Appl Physiol. and Occup. Physiol. – 1989. – 58, №8. – P. 803–807.

ОБЗОРЫ

РОЛЬ НЕЙРОСТЕРОИДОВ МОЗГА В ЕГО МОРФО- ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПОВЕДЕНИЯ, ОБУЧЕНИЯ И ПАМЯТИ В ОНТОГЕНЕЗЕ

В.А. Сашков¹

Институт возрастной физиологии РАО, г. Москва

Рассмотрены механизмы влияния стероидных гормонов на морфологию нервной ткани, процессы синаптической пластичности и высшие функции мозга в процессе развития. Приводятся данные, свидетельствующие о возможности образования стероидных гормонов клеточными элементами мозга. Анализ результатов экспериментальных исследований на животных и клинических наблюдений у человека также свидетельствует о важной роли кортикостероидов и половых гормонов в организации адаптивного поведения, условнорефлекторной деятельности и механизмов памяти в процессе развития.

Ключевые слова: головной мозг, нервная ткань, стероидные гормоны.

The influence of steroid hormones on nervous tissue morphology, synaptic plasticity processes and brain functions in ontogenesis was studied. The evidence testifies to possible formation of steroid hormones by the cellular elements of the brain. The analysis of experiments on animals and clinical observation of humans also testifies to the important role of corticosteroids and sexual hormones in the organization of adaptive behavior, condition-reflex activity and mechanisms of memory in the course of development.

Key words: brain, nervous tissue, steroid hormones

Нейроактивная роль стероидных гормонов в основном связана с их влиянием на структуру и функции центральной нервной системы, формирование психического статуса, эмоций, поведения, обучения и памяти [7]. Периферические стероидные гормоны оказывают действие на ткани мозга через собственные внутриклеточные рецепторы, играют важную роль в синаптической передаче в мозге, принимая участие в формировании его структуры и функций в течение раннего развития, во взрослой жизни и в процессе старения [45]. Чувствительность мозга к стероидным гормонам гонадного и надпочечникового происхождения начинается в течение зародышевой жизни и проявляется в изменении процессов миелинизации, нейронного роста, и дифференцирования нервных клеток [11].

Однако в настоящее время не исключается возможность образования стероидных гормонов и клеточными элементами самого мозга с их последующим вовлечением в реализацию процессов высшей нервной деятельности и поведения [70]. Подтверждение этих предположений требует постановки экспериментальных исследований на лабораторных животных с учетом динамики уровней нейросте-

Контакты: ¹ В.А. Сашков

роидов в плазме крови и различных структурах мозга в процессе развития. Очевидным остается одно – стероидные гормоны в мозге могут действовать как нейротрофические факторы, а колебание их уровня глубоко изменяет деятельность головного мозга и отдельных его структур, приводя к нарушениям высших психических функций. В связи с этим целью настоящего обзора является обобщение и систематизация современных данных литературы и результатов экспериментальных исследований о механизмах действия, рецепции, нейросекреции и роли стероидных гормонов в морфо-функциональной организации мозга и реализации его функций в процессе развития.

Онтогенетическое развитие рецепторов стероидных гормонов в мозге и их нейропротективное участие в реализации функций мозга

Стероидные гормоны, продуцируемые периферийными эндокринными железами, оказывают действие на ткани мозга через собственные рецепторы в нервных клетках, что подтверждает представление о мозге как мишени для действия этих гормонов. В настоящее время известно, что рецепторы для эстрогенов, тестостерона и кортикостероидов в избытке присутствуют в нейронах гиппокампа, гипоталамуса, коры и в глиальных клетках мозга [11]. Нейроактивные стероиды связываются и модулируют не только различные типы мембранных рецепторов, но также способны связываться с внутриклеточными рецепторами и регулировать экспрессию генов по этому пути [23]. Это подтверждает концепцию непрерывности действия стероидов на клетки мозга от внешней поверхности до ядерных событий. При этом закрепление кортикостероидов, эстрогенов и андрогенов на поверхности плазматической мембраны указывает на наличие специфических мембранных участков для каждого типа стероидов, а внутриклеточные рецепторы могут действовать как факторы транскрипции в регулировании генов [61]. Действия нейроактивных стероидов, опосредованные внутриклеточными рецепторами имеют длительную продолжительность, тогда как закрепление гормонов на поверхности мембраны вызывает их быстрые эффекты. Вместе, и быстрые, и отсроченные эффекты стероидных гормонов изменяют электрические свойства мембран нейронов, несущих рецепторы для нейроактивных стероидов.

Кортикостероиды могут проникать через гематоэнцефалический барьер и связываться в мозге двумя типами внутриклеточных рецепторов – для глюкокортикоидов и минералокортикоидов [48]. Рецепторы минералокортикоидов оказывают действие через увеличение клеточной возбудимости, тогда как глюкокортикоидные рецепторы могут оказывать тормозящее влияние на нейронную активность, а опосредованный стероидами контроль возбудимости нейронов необходим для обработки информации в мозге. Рецепторы кортикостероидов оказывают глубокие эффекты на функцию гиппокампа и миндалины, структур, вовлеченных в формирование настроения, памяти и осуществление контроля функций гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системой [18]. Они вовлечены в пролиферацию, дифференцировку и гибель нейронов гиппокампа, модуляцию его нейронной активности, и гиппокампальное регулирование гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы. Эти данные указывают на вовлечение кортикосте-

роидных рецепторов в осуществление процессов тонкого регулирования адаптивных реакций на клеточном и системном уровне. Возрастное уменьшение плотности и активности кортикостероидных рецепторов отражается на изменении гиппокампальной структуры и функции, изменении когнитивных функций и поведения [70]. Это указывает на то, что гомеостаз рецепторов для кортикостероидов в мозге необходим для оптимальной организации процессов поведения, обучения и памяти [21]. Предполагается, что изменение активности рецепторов к глюкокортикоидам и минералокортикоидам в нейронах гиппокампа и миндалина может являться маркером когнитивных нарушений, поведенческой дезадаптации и мозгового старения.

Рецепторы для андрогенов в мозге присутствует уже в пренатальном периоде развития. Они локализованы главным образом в гипоталамических нейронах, однако их присутствие выявлено также и во многих других областях нервной системы [32]. Иммунореактивность рецепторов тестостерона максимальна в some астроциты, имеющей сильно окрашиваемые ядра. Использование двойного иммунного окрашивания позволило выявить соллокализацию рецепторов андрогенов и эстрогенов на многих нейронах, но и сосуществование рецепторов андрогенов с холинорецепторами глиальных клеток [37].

Рецепторы эстрогенов также присутствуют во многих структурах мозга [49], включая гипоталамус, миндалину, гиппокамп, кору мозга и клетки глии, уже в течение раннего развития, во взрослой жизни и в процессе старения. Существует два подтипа рецепторов эстрогенов (б и в). Их плотность и распределение в мозге дифференцированно определяется возрастом, полом и уровнем эстрогенов в мозге, определяя различия в опосредованных рецепторами функциях мозга. Эстрогены в мозге оказывают свое действие не только через внутриклеточные рецепторы [15], но также через плазматические клеточные рецепторы [15]. Некоторые из механизмов, лежащих в основе эффектов эстрогенов в мозге независимы от классических ядерных рецепторов и вовлекают мембранные рецепторы и модуляцию функции рецепторов нейромедиаторов. Другие нейропротективные эффекты эстрогенов зависят от классических ядерных рецепторов, через которые эстрогены изменяют экспрессию эстроген-чувствительных генов, играющих роль в апоптозе, аксональной регенерации и процессах нейрогенеза. Помимо ядерных и плазматических рецепторов эстрогенов, они присутствуют также в цитоплазме и способны к изменению процессов фосфорилиции в клетке через прямые взаимодействия с протеинкиназами [26]. Предполагается, что негеномное действие эстрогенов заключается в связывании эстрадиола с его рецепторами в цитоплазме с последующим перемещением в ядро. После прибытия в ядро, рецептор выступает как фактор транскрипции, располагается на соответствующем участке ДНК, и начинает расшифровку, которая завершается синтезом нового белка. Много этапов в процессах закрепления рецептора, перемещения, транскрипции, переводе, нуждаются в гормональной активации, в силу чего эти процессы протекают медленно и длительны по продолжительности. Физиологические эффекты эстрадиола с быстрым периодом действия (миллисекунды или секунды) является признаком мембранных эффектов эстрадиола. Они вовлекают прямую моду-

лящую белковых рецепторов, нейромедиаторов, ион-зависимых кальциевых каналов и рецепторов G-белка. При этом происходит активирование аденилатциклазы, увеличение содержания внутриклеточного кальция, активация фосфолипазы С, стимулирование синтеза оксида азота, чтобы произвести оксид азота, и активирование внеклеточных регулируемых киназ. Однако в период времени, который считается маркером «быстрых» эффектов эстрадиола, не происходит транскрипции, а имеет место физиологическое фосфорилирование. Очевидно, что в действии рецепторов эстрогенов для фосфорилирования цАМФ требуется присутствие обоих типов рецепторов эстрогенов.

Развитие системы рецепторов к андрогенам и эстрогенам в мозге происходит в течение пренатального периода, что связано с половым дифференцированием центральной нервной системы под влиянием половых стероидов [49]. Рецепторы эстрогенов появляются на 21 день эмбриогенеза, их количество увеличивается в течение последних двух дней пренатального периода и достигают наибольшего количества к 6 дню после рождения. Это повышение количества рецепторов к эстрогенам в течение первой недели постнатальной жизни совпадает с началом критического периода для полового дифференцирования мозга и может представлять собой фактор, ограничивающий скорость этого процесса. Преобладающие рецепторы для эстрогенов в мозге выявлены в гипоталамусе, гиппокампе, миндалине и коре головного мозга [44]. Развитие корковых рецепторов эстрогенов задерживается по сравнению с их уровнем в гипоталамусе и миндалине, однако их количество в данных структурах мозга сравнивается к 6 дню после рождения [44]. Наличие повышенного уровня рецепторов эстрогенов в гиппокампе в течение пренатального позволяет предполагать, что он является потенциальным субстратом для опосредованных эстрогенами организационных событий в мозге. Уровень рецепторов эстрогенов в гипоталамусе достигает пика на 8–15 день постнатального онтогенеза [43]. В миндалине, концентрация рецепторов остается относительно постоянной с повышением на 10 день после рождения, а уровень рецепторов в коре увеличивается между 3 и 10 днями, затем уменьшается и остается низким, начиная 15 дня постнатальной жизни [43].

Влияние стероидных гормонов на морфологическую организацию нейронов и глиальных клеток мозга в процессе развития

Колебание уровня стероидных гормонов в процессе развития сопровождается изменениями в дендритной и синаптической организации мозга, структурными изменениями морфологии глиальных клеток и процессов миелинизации в мозге [10].

Глюкокортикоидные гормоны контролируют процессы, связанные с созреванием мозговых структур, которые начинаются еще до рождения и продолжаются в постнатальном периоде развития [20]. Повышение уровня глюкокортикоидов в течение эмбрионального периода развития задерживает процессы пролиферации клеток мозга, процессы аксонального роста, миелинизации и синаптогенеза [63]. Любые изменения баланса глюкокортикоидов как в пренатальном, так и в раннем постнатальном онтогенезе, способны оказывать морфогенетическое влияние на функции мозга, сохраняющиеся на протяжении всей жизни индивидуума [63]. Так,

однократное введение дексаметазона сопровождается активацией антиапоптозных механизмов и снижением экспрессии проапоптозного белка в гиппокампе [2]. Вместе с тем, хроническое введение дексаметазона приводит к усилению процессов апоптоза не только в гиппокампе, но и в коре мозга [2]. Эта реорганизация отражает функциональные изменения данных структур мозга и может внести вклад в модуляцию глюкокортикоидными гормонами процессов обучения и памяти.

Половые стероиды также оказывают мощное влияние на морфо-функциональное созревание мозга. Они могут действовать как нейротрофические факторы, стимулируя аксональный и дендритный рост, формирование новых синапсов [45]. Неонатальная кастрация самцов и неонатальная андрогенизация самок вызывают выраженные изменения структуры и функции нейронов, которые сохраняются в период пубертата и на ранних этапах половой зрелости [2]. В дополнение к эффектам на нейроны мозга, половые стероиды могут модулировать морфологию глиальных клеток, их дифференцирование и процессы миелинизации в мозге [27]. Взаимоотношения нейроактивных стероидов и глиальных клеток могут иметь значение для развития мозга после рождения. Это подтверждается данными о том, что снижение циркулирующего уровня тестостерона у новорожденных крысят сопровождается изменениями в созревании и дифференцировке астроцитов гипоталамуса, а введение тестостерона нивелирует эти эффекты [27]. Введение тестостерона сопровождается также увеличением объема мозговых астроцитов и активированием Na-K насоса, играющего роль в регулировании объема клетки [24]. Приведенные данные указывают, на важную роль андрогенов в критические периоды развития и во взрослой жизни в морфофункциональной организации мозга с последующей модуляцией его нейроэндокринных и поведенческих функций [45].

Эстрогены также модулируют процессы развития, созревания и функции центральной нервной системы [50]. Они регулируют экспрессию нейротрофических факторов, влияя на морфологию нервных клеток. Эстрогены могут предупреждать гибель нейронов, регулируя экспрессию антиапоптозных молекул в мозге [74]. Эти эффекты эстрогенов выявлены не только в классическом для них органе-мишени – гипоталамусе, но и в других областях мозга. Кроме того, овариоэктомия взрослых самок крыс сопровождается значительным уменьшением плотности дендритов в пирамидальных нейронах гиппокампа, а экзогенное введение эстрадиола предотвращает эти морфологические изменения [60]. Плотность дендритов в пирамидальных нейронах гиппокампа также изменяется в течение эстрального цикла у взрослых крыс, подтверждая представления о роли эстрогенов в поддержании нормальной структуры гиппокампа [73]. Эстрогены также модулируют нейро-глиальные взаимоотношения в гипоталамусе у взрослых самок крыс, и эти процессы определяются изменениями в распознавании и адгезии стероидов на мембранах клеток. Глиальные клетки многих структур мозга – гипоталамуса, гиппокампа и неокортекса – имеют рецепторы к эстрогенам и вовлекаются в процессы регулирования нейроэндокринных функций. Выявлено прогрессивное дифференцирование астроцитов от сглаженной эпителиоидной морфологии до биполярных, лучевых и звёздчатых форм в ответ на действие эстрадиола [27]. Этот эффект зависит от рецепции эстрадиола на поверхности

клетки и проявляется изменением формы астроцитов и модификацией плотности ГАМК-эргических синапсов. Указанные перестройки в морфологии астроцитов коррелируют с уровнем эстрогенов и испытывают изменения в течение эстрального цикла самок крыс. При этом выраженные взаимоотношения глиальных клеток с уровнем эстрогенов в мозге обнаружены не только в пренатальной жизни у самцов и самок крыс, но и на протяжении всей последующей взрослой жизни.

Роль нейроактивных стероидов в синаптической организации мозга в онтогенезе

В течение последних десяти лет стало общеизвестно, что стероидные гормоны в процессе развития оказывают значительное влияние на синаптическую организацию мозга. Их содержание в мозге является одним из определяющих факторов активности его основных нейромедиаторных систем: ГАМК-эргической, холинергической, дофаминергической, норадренергической и серотонинергической [68]. В эмбриональном и неонатальном периоде развития нейроактивные стероиды модулируют процессы формирования синапсов в мозге, а у взрослых животных оказывают влияние на синаптическую передачу и нейросекрецию гипоталамуса и экстрагипоталамических структур [68, 70].

Глюкокортикоиды в раннем онтогенезе оказывают влияние на моноаминергические системы мозга. Это подтверждается повышенной иммунореактивностью рецепторов глюкокортикоидов в дофаминергических, норадренергических и серотонинергических нейронах мозга [34]. Программирующие эффекты глюкокортикоидных гормонов в мозге обусловлены их влиянием на экспрессию ключевых генов синтеза моноаминов, определяющих активность нейромедиаторных систем. В раннем постнатальном онтогенезе глюкокортикоиды подавляют активность серотонинергической системы, что сопровождается уменьшением обмена медиатора в гиппокампе и неокортексе [1]. Высокий уровень глюкокортикоидов приводит к увеличению выпуска ацетилхолина и уменьшению поглощения дофамина синапсосомой мозга. Кроме того, установлено, что дофаминергическая передача в неокортексе регулируется глюкокортикоидами и снижение их уровня при адrenaлэктомии сопровождается ухудшением памяти [53]. Приведенные данные свидетельствуют, что эндогенный кортикостерон необходим для поддержания дофаминергической передачи в коре мозга, а механизмом этих изменений является увеличение внеклеточной концентрации дофамина путем непосредственного воздействия на дофаминергические нейроны, содержащие рецепторы глюкокортикоидов. Эти данные указывают на участие глюкокортикоидов в модуляции нейронной активности моноаминергических мозга. Поэтому в зависимости от сроков онтогенеза глюкокортикоидные гормоны могут определять приспособительное значение гормональных влияний на развитие мозга.

Половые стероиды также действуют на мозг как нейротрофические факторы, стимулируя процессы формирования новых синапсов [50]. В пубертате и во взрослой жизни они оказывают мощное влияние на формирование синапсов в гипоталамусе, гиппокампе и лобной коре [45]. Исследования с гонадэктомией и экзогенным введением тестостерон-пропионата самцам и самкам крыс позволили

выявить изменение моноаминного метаболизма в гипоталамусе, гиппокампе и коре мозга [16]. Связанное с гонадэктомией увеличение активности моноаминэргических нейронов у самцов и самок крыс было уменьшено в большей степени физиологическими концентрациями эстрадиола, чем тестостерона. Кроме того, хроническое введение тестостерона может изменять ГАМК-эргическую передачу в мозге, показывая, что модуляция андрогенами рецепторов ГАМК может являться одним из механизмов их действия в мозге [16]. Приведенные данные свидетельствуют, что обеспечение нормальной синаптической организации мозга является зависимым от андрогенов процессом.

Эффекты эстрогенов на серотонинэргические, холинергические, дофаминэргические, и норадренергические нейроны мозга сопровождаются модулированием эмоциональных состояний, двигательной активности, процессов обучения и памяти [14]. Эстрогены модулируют синаптическую пластичность нейронов во многих областях мозга, вовлекаются в процессы формирования синапсов в гиппокампе и гипоталамусе, а снижение системного уровня эстрадиола может вызывать потерю синаптических связей [73]. Процессы синаптогенеза в мозге испытывают колебания на протяжении эстрального цикла [73]. При этом плотность синапсов в гиппокампе снижается в течение проэструса, а высокий уровень эстрадиола коррелирует с высокой плотностью синапсов. Самцы крыс имеют менее выраженные изменения в формировании синапсов в ответ на эстрадиол, а механизмом этих изменений может являться вовлечение эстрогенов в транскрипцию генов и регуляцию кальциевого гомеостаза в нейронах мозга и клеточных элементах глии [55]. Гормональные эффекты нейрональных и глиальных изменений могут быть также связаны с реконструированием ГАМК-эргических синапсов, что определяется распознаванием или адгезией эстрадиола на нейронных и глиальных мембранах [29]. Кроме того, эстрадиол оказывает быстрые эффекты на рецепторы нейромедиаторов в мозге и может влиять на выпуск нейромедиаторов в области синапсов.

Уровень серотонина и дофамина в мозге испытывает колебания в течение эстрального цикла, а овариоэктомия нарушает деятельность моноаминэргических систем мозга, что отражается на настроении, поведении, процессах обучения и памяти [42]. Реакция дофаминэргической системы на эндогенный эстрадиол более выражена у самок по сравнению с самцами, а экзогенное введение эстрадиола увеличивает возбудимость нейронов в ответ на дофамин [8].

В целом приведенные данные указывают на важную роль нейроактивных стероидов в осуществлении процессов синаптической передачи в мозге, вовлечение половых стероидов и глюкокортикоидов в процессы синаптогенеза и регуляцию плотности синапсов в гипоталамусе, гиппокампе и коре мозга.

Возможность синтеза нейростероидов и их предшественников в мозге в процессе развития организма

В течение последнего десятилетия стало известно, что мозг, подобно гонадам и надпочечникам, является стероидогенным органом [17, 72]. Ферменты, необходимые для синтеза нейростероидов в мозге выявлены как в эмбриональном периоде развития, так и во взрослом состоянии [64]. Они присутствуют в нейро-

нах и клеточных элементах глии [17]. Накопленные фактические и экспериментальные данные позволяют относить к стероидогенным элементам мозга олигодендроциты, Шванновские клетки, пирамидальные нейроны гиппокампа и мозжечковые клетки Пуркинье [9–11, 70]. Нейростероиды вовлекаются в регуляцию роста нейронов, процессы миелинизации, регенерации и синаптогенеза в центральной нервной системе [72], могут иметь специфическое значение в лечении эпилепсии, болезни Альцгеймера, Паркинсона и других нейродегенеративных состояний [72].

В центральной нервной системе нейростероиды синтезируются из холестерина и накапливаются в клетках мозга независимо от секреции стероидогенными железами [9–11]. Так, гиппокампальные пирамидальные нейроны имеют все необходимые механизмы для синтеза прегненолона, дегидроэпиандростерона, тестостерона, дегидротестостерона и эстрадиола [54]. Эти нейростероиды синтезируются из эндогенного холестерина с участие специфического фермента цитохром–450. Уровень активности фермента в 300–1000 раз ниже такового в эндокринных органах, а биосинтез нейростероидов происходит из холестерина через стадию прегненолона и дегидроэпиандростерона, которые могут служить предшественниками других стероидов – тестостерона, его метаболитов и эстрадиола [54].

Последующее преобразование тестостерона в эстрадиол осуществляются ферментом ароматазой во многих мозговых образованиях, включая гипоталамус, гиппокамп, миндалину и кору больших полушарий [48, 62]. Эти процессы также осуществляются в нейронах и клетках глии. Ароматическая активность гипоталамуса (и невральнй синтез эстрогенов) имеет четкие половые особенности в течение пренатального развития – имеет более высокие значения у самцов по сравнению с самками [34]. При этом уровень активности ароматазы в течение раннего развития может определять половую дифференцировку мозга и особенности полового поведения во взрослой жизни.

Эндогенные метаболиты андрогенов и эстрогенов могут также «de novo» синтезироваться в мозге [46], обеспечивая оптимальную нейрохимическую среду, модулирующую процессы обучения и половое дифференцирование мозга [49]. При этом биосинтез эстрогенов в мозге отличается от такового в гонадах [67]. Во-первых, процессы ароматизации тестостерона в эстрогены в мозге осуществляются паракринным способом и общее количество синтезируемых эстрогенов может быть небольшим, проявляя биологическое влияние на ткани мозга локально. Во-вторых, продукция эстрогенов в мозге зависит от внешних источников андрогенных предшественников. Следовательно, присутствие тестостерона и андростендиона, так же как и дегидроэпиандростерона и прегненолона становится чрезвычайно важным в обеспечении необходимого субстрата для биосинтеза эстрогенов в мозге [67].

Возможность синтеза глюкокортикоидов клеточными элементами мозга до настоящего времени остается открытым вопросом. Известно лишь, что они поступают в мозг, проникая через гемато-энцефалический барьер, оказывая влияние на собственные рецепторы в мозге [40]. При этом синтез нейростероидов в мозге увеличивается экзогенным введением дексаметазона.

Механизм действия нейроактивных стероидов на ткани мозга в осуществлении процессов высшей нервной деятельности

В начале 70-х годов была сформулирована двухэтапная модель действия стероидных гормонов [5]. Согласно этой концепции, путем простой диффузии они проникают в компетентную клетку и связываются родственными внутриклеточными рецепторами [28]. Образовавшийся гормон-рецепторный комплекс активируется, приобретая способность транслоцироваться в ядро и инициирует экспрессию генов. Это подтверждается присутствием чувствительных участков для рецепторов стероидных гормонов непосредственно на ДНК [12]. Акцепторные участки хроматина связываются с побывшим или образовавшимся в ядре гормон-рецепторным комплексом, что играет важную роль в стероидном управлении процессами транскрипцией в клетке. Такая каскадная модель объясняет процессы регуляции экспрессии генов от транскрипции и образования мРНК до белкового синтеза [6]. Аппарат белкового синтеза в мозге вовлекается в формирование памяти по следующей схеме «Стероидные гормоны – ДНК – РНК – Белок», а устойчивые сдвиги метаболизма нервных клеток выражаются в качественном и количественном изменении РНК, уровень которого значительно повышается при выработке условных рефлексов [6].

Плазматической мембране в указанной схеме отводится пассивная роль в осуществлении гормонального сигнала. Однако в последнее время обнаружены участки для связывания стероидов на поверхности клетки [57]. Экспериментальные данные указывают, что мембранотропные эффекты стероидных гормонов, пусковые механизмы которых локализуются на поверхности плазматической мембраны, опосредуются системой вторичных внутриклеточных медиаторов. Взаимодействие стероидных гормонов с плазматической мембраной клеток-мишеней изменяет внутриклеточный уровень цАМФ и ионов кальция [5]. Это сопровождается изменением возбудимости нейронов через взаимодействие с ионными каналами и рецепторами нейромедиаторов на поверхности мембраны компетентной к действию стероидных гормонов клетки [5]. Данные влияния могут лежать в основе долговременных и краткосрочных изменений нейронной ультраструктуры и синаптической передачи в мозге или комбинацией этих эффектов [50].

Существование рецепторов стероидных гормонов, локализованных в цитоплазме клетки и на поверхности клеточной мембраны, обуславливают принципиальную возможность разделения регуляторных функций стероидных гормонов на разных уровнях клеточной организации. Так, внутриклеточные рецепторы опосредуют геномные эффекты стероидных гормонов, которые отсрочены во времени, но имеют более продолжительный период действия [50]. Они проявляются во влиянии на синтез мРНК, индуцирование запрограммированной клеточной гибели (апоптоз), стимуляцию и ингибирование синтеза тканеспецифических белков, рецепторов и гормонов [5]. Негеномные, мембранно-опосредованные эффекты реализуются относительно быстро, но имеют относительно короткий период действия [50]. Они включают влияние стероидных гормонов на обмен вторичных посредников; ионную проницаемость плазматической мембраны; трансмембранный перенос аминокислот [56].

Специфический механизм действия кортикостероидов заключается в повышении базального уровня цАМФ, а также их способности потенцировать действие других соединений, активизирующих аденилатциклазу. Полученные данные позволяют предположить, что они непосредственно взаимодействуют с G-белками плазматической мембраны [5]. Это служит дополнительным уровнем регуляции процесса трансмембранной передачи сигнала. Повышение внутриклеточного уровня цАМФ запускает каскад последовательных биохимических реакций, в которых ключевое место отводится специфическим цАМФ-чувствительным протеинкиназам (А-киназы). В качестве субстрата А-протеинкиназ могут рассматриваться цитозольные рецепторы стероидных гормонов. Активация цитозольных гормон-рецепторных комплексов и последующая транслокация в ядро являются цАМФ-зависимыми процессами [36]. Вследствие этого увеличение концентрации цАМФ, индуцируемое кортикостероидами на уровне плазматической мембраны, приводит к изменению их собственной внутриклеточной рецепции по механизму гомоспецифической регуляции. В данном случае мембранные рецепторы выполняют модулирующую роль, подготавливая клетку к «восприятию» гормонального сигнала. Обе рецепторные системы кортикостероидов – мембранные и внутриклеточные – взаимосвязаны между собой и имеют общий механизм регуляции [5]. В целом же эффекты кортикостероидов на специфические для них ткани и органы-мишени зависят от их доступа на рецепторы, клеточного распределения, плотности и активации рецепторов, образовании гормон-рецепторного комплекса и его последующее вовлечение в процессы транскрипции генов.

Взаимодействие половых гормонов с их рецепторами в мозге запускает ряд клеточных событий, ведущих к непосредственной или косвенной активации генов, регулирующих белковый синтез [30]. Помимо собственных геномных эффектов, половые стероиды оказывают существенное влияние на Na-K ионный насос плазматической мембраны клетки – тестостерон стимулирует, а эстрадиол оказывает ингибирующее действие на его функционирование [24]. Тестостерон, может проявлять свои эффекты и после его ароматизации в эстрадиол [63]. Эти факты соответствуют гипотезе, согласно которой действие андрогенов на развивающуюся кору головного мозга и гиппокамп может вовлекать местные опосредованные эстрогенами эффекты, подобные ответственным за дифференцирование гипоталамических механизмов, контролирующим репродуктивную функцию, синтез и секрецию гипоталамических релизинг-гормонов и гонадотропинов гипофиза [30].

Действие эстрогенов в тканях-мишенях также может быть разделено на 1) геномное, опосредуемое внутриклеточными рецепторами эстрогенов и их влиянием на экспрессию генов; 2) основанное на взаимоотношении рецепторов эстрогенов с вторичными посредниками и ионными каналами [31].

Классический механизм действия эстрогенов заключается в том, что они проникают через плазматическую мембрану, связываясь с собственными внутриклеточными рецепторами [51]. Активизированный гормон-рецепторный комплекс перемещается в ядро, оказывая влияние на регулирование транскрипции генов, играющих роль в процессах апоптоза, аксональной регенерации и синаптогенеза.

Эти данные подтверждаются изменениями в нейронной и глиальной морфологии, дифференцированием клеточных элементов мозга и уменьшением апоптозных процессов в ответ на воздействие эстрадиола. Не исключается альтернативная возможность геномного действия эстрадиола на глутаматных рецепторах в мозге [51].

Описанный выше геномный механизм действия эстрогенов недостаточен для объяснения их эффектов на ткани мозга [51]. Некоторые из механизмов, лежащих в основе действия эстрогенов в мозге независимы от классических ядерных рецепторов и осуществляются через мембранные рецепторы, модулирующие функции рецепторов нейромедиаторов [15]. Плазматические рецепторы вовлекаются в осуществление каскадов фосфорилиции через прямые взаимодействия с протеинкиназами. Это сопровождается активированием аденилатциклазы, протеинкиназы-С и увеличением концентрации внутриклеточного кальция [33]. Плазматические рецепторы эстрогенов вовлекаются в модуляцию активности G-белка, изменяя возбудимость нейронов. Так, эстрадиол увеличивает возбуждающие постсинаптические потенциалы в гиппокампе и вызывает гиперполяризацию нейронов в миндалине [50]. Вызванная эстрогенами деполяризация гипоталамических нейронов вовлекает цАМФ и уменьшает калиевую проводимость [52].

Значение стероидных гормонов в организации адаптивного поведения, реализации процессов обучения и механизмов памяти

В настоящее время не вызывает сомнения факт вовлечения нейроактивных стероидов в регуляцию поведения, осуществление процессов обучения и памяти, возникновение депрессии и реакций напряжения [23].

Глюкокортикоиды вовлекаются в формирование адаптивного поведения, реализацию когнитивных функций и механизмов памяти [19, 20, 36]. Экзогенное введение кортикостерона уменьшает величину возбуждающего постсинаптического потенциала нейронов гиппокампа и сопровождается ухудшением пространственному обучению крыс. Экспериментальные данные указывают, что активация рецепторов глюкокортикоидов в гиппокампе и миндалине играет важную роль в посредничестве их эффектов в хранении памяти. Так, внутригиппокампальное введение агонистов глюкокортикоидов перед обучением в водном лабиринте Морриса приводит к задержке условного рефлекса [19]. У пожилых людей с хронически высоким уровнем кортизола, уменьшается объем гиппокампа и выявлен дефицит зависимых от гиппокампа задач памяти [25]. Высокий уровень кортикостероидов сопровождается также потерей клеток в гиппокампе, а степень гиппокампальной атрофии коррелирует как со степенью повышения кортизола, так и с его основным уровнем. Повышение уровня глюкокортикоидов с возрастом сопровождается снижением порога возбуждения нейронов гиппокампа, что вызывает нарушение процессов консолидации памяти у стареющих крыс [59]. Ухудшение же памяти на фоне низкого уровня кортикостероидов при адреналэктомии может являться результатом сниженной дофаминергической передачи в коре мозга. Эти нарушения предотвращаются экзогенным введением кортикостерона, свидетельствуя, что эндогенные глюкокортикоиды необходимы

для осуществления процессов обучения и памяти, протекающих при участии коры мозга [36].

Половые стероиды также влияют на процессы обучения, поведения, механизмы кратковременной и долгосрочной памяти и вербальные способности человека [13, 71]. Недостаток андрогенов и эстрогенов при гонадоэктоми у крыс обоего пола однотипно влияет на формирование условных рефлексов, нарушая процесс запоминания и воспроизведения приобретенного ранее навыка [4]. При этом частичный недостаток половых гормонов у крыс обоего пола при гемиэкстирпации половых желез вызывает изменения в поведенческих реакциях животных в тесте «открытое поле», а их дефицит при тотальной гонадоэктоми сопровождается еще и нарушениями процессов выработки и хранения условнорефлекторного навыка [4].

Экспериментальные данные указывают на взаимосвязь уровня половых гормонов у самцов и самок крыс с половыми особенностями в обучении и организации адаптивного поведения. Так, самцы крыс превосходят самок при обучении в лабиринте. Эти данные подтверждаются уменьшением половых различий в реализации высших функций мозга у стареющих животных, имеющих снижение системной секреции и эстрогенов, и андрогенов. Гормональные изменения при старении и различных эндокринных нарушениях оказывает существенное влияние на когнитивные функции мозга, а восстановление уровня половых стероидов в организме приводит к полному нивелированию этих эффектов [13].

Психосоматические проявления дефицита тестостерона у мужчин характеризуются плохим настроением, снижением физической и интеллектуальной активности, раздражительностью и повышенной утомляемостью [58]. Прием анаболических стероидов, напротив, является причиной раздражительности, импульсивной агрессии, и депрессивных состояний. Эффекты андрогенов в мозге проявляются как в пренатальной, так и в постнатальной жизни, и определяются разнообразием геномных и негеномных механизмов их действия на возбудимые ткани [49]. Так, кастрация новорожденных самцов крыс снижает их пространственно-навигационные навыки во взрослой жизни [66]. При дефиците андрогенов у взрослых самцов крыс затрудняется процесс формирования условных рефлексов, навык характеризуется своей нестабильностью, непрочностью, а иногда может происходить и его полное выпадение. Экзогенное введение тестостерона приводило к улучшению выполнения визуально-пространственных навыков у кастрированных самцов.

Кроме того, высокий уровень эндогенного тестостерона определяет уровень агрессии и доминантное поведение у грызунов и приматов [32]. Акт конкуренции за доминирующий статус у мужчин определяется тестостероном двумя путями: сначала уровень тестостерона повышается в качестве упреждающей реакции при соперничестве, а затем его содержание возрастает у победителей и снижается у проигравших. Системный уровень тестостерона является наиболее высоким у самцов, показывающих более высокую частоту и интенсивность агрессивного поведения [32]. Эти данные убедительно свидетельствуют о взаимосвязи уровня тестостерона с проявлением доминантного поведения у животных.

Эстрогены также оказывают значительное влияние на поведение, настроение, процессы обучения и памяти [15, 35]. Климактерический период у женщин сопровождается ухудшением памяти, снижением способности концентрировать внимание, повышенной эмоциональностью и сильной депрессией на фоне снижения системного уровня эстрогенов [41, 50]. Заместительная терапия эстрадиолом снижает степень выраженности этих познавательных дисфункций и уменьшает возможность проявления различных нейродегенеративных состояний [31]. Предполагается, что женские половые гормоны обеспечивают оптимальную нейрохимическую среду, модулируя процессы обучения и памяти [59].

Дефицит эстрогенов влияет процессы формирования и воспроизведения условных рефлексов у крыс [55]. Однако нарушение условнорефлекторной деятельности при овариоэктомии не сопровождается существенным изменением поведенческих реакций [4]. Авторы предполагают, что негативный эффект овариэктомии на процессы активного и пассивного обучения не связан с влиянием дефицита эстрогенов на поведенческие реакции животного, поскольку в тесте «открытое поле» не выявлено каких-либо значительных отклонений в поведении кастрированных крыс-самок за исключением уменьшения груминга [4]. Повышение двигательной и исследовательской активности, а также снижение груминга при высоком уровне эстрадиола в организме сопровождается снижением способности к обучению в лучевом лабиринте и улучшением процесса активного обучения у крыс [4]. Повышенный уровень эстрадиола у крыс-самок замедляет угасание выработанного ранее навыка и улучшает его сохранение, а его экзогенное введение овариоэктомированным самкам крыс облегчает формирование и последующее воспроизведение условного рефлекса в лучевом лабиринте и не усматривает корреляции между увеличением общей поведенческой активности при введении эстрадиола и ускорением процесса обучения, указывая, что это – не связанные между собой эффекты эстрадиола [4]. Предполагается, что изменение уровня эстрогенов может трансформировать стратегию поведения крыс для получения награды – самки крыс с повышенным уровнем эстрогенов предпочитают стратегии, основанные на визуальных стимулах, тогда как животные с низким уровнем эстрогенов предпочитают стратегии, основанные на предшествующем эффективном опыте.

Вовлечение эстрогенов в организацию адаптивного поведения и осуществление когнитивных функций организма подтверждается и изменениями в приобретении условных рефлексов и выполнении поведенческих реакций в течение эстрального цикла самок крыс [22]. При этом данные литературы о направленности этих изменений крайне противоречивы. Так, формирование условной реакции избегания облегчается в течение диэструса, ухудшается в проэструсе и фактически не проявляется в эструсе и метаэструсе [22]. Однако T.J. Shors утверждает [65], что самки крыс в проэструсе обучаются классическим рефлексам лучше чем, в любой другой стадии цикла. Двигательная активность минимально изменяется на протяжении цикла – увеличивается в метаэструсе и уменьшается в эструсе. Эти поведенческие изменения, возможно, могут быть связаны как с системным уровнем эстрогенов в течение эстрального цикла, так и с его взаимодействием с катехоламинергической системой мозга.

Таким образом, можно констатировать о существовании функциональной взаимосвязи между уровнем нейроактивных стероидов в мозге, его морфо-функциональным созреванием и организацией процессов высшей нервной деятельности. Стероидные гормоны оказывают существенное влияние на морфологию клеток мозга, процессы синаптической пластичности и когнитивные функции мозга. Изменение их содержания и соотношения в мозге может привести к нарушению условнорефлекторной деятельности и выработки адекватной стратегии поведения. Анализ современных данных литературы свидетельствует, что нейроактивные стероиды, как периферийные, так и образованные непосредственно в мозге, оказывают существенное влияние на поведение, процессы обучения и памяти в процессе развития организма. При этом их уровень на ранних этапах онтогенеза может являться не только модулирующим, но и определяющим фактором реализации высших функций мозга во взрослой жизни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калинина Т.С., Дыгало Н.Н. Экспрессия ключевых генов синтеза моноаминов мозга под действием глюкокортикоидов в пренатальном онтогенезе. // *Мат. XX съезда физиол. общества им. И.П. Павлова М.* –2007. –С. 43.
2. Меньшанов П.Н., Дыгало Н.Н. Эффекты дексаметазона на экспрессию белков апоптоза в неонатальном мозге крыс. // *Мат. XX съезда физиол. общества им. И.П. Павлова М.* –2007. –С. 332.
3. Мыслицкий В.Ф. Половая дифференциация некоторых структур лимбической системы головного мозга крыс в онтогенезе. // *Автореф. д-ра биол. наук.* – М. –1990. –32 с.
4. Сапронов Н.С., Федотова Ю.О., Гончаров Н.П. Половые гормоны и поведенческие реакции. // *Вестник РАМН.* –2001. –№12. –С. 29–34.
5. Сергеев П.В., Духанин А.С. Механизмы преобразования гормонального сигнала стероида в биологический ответ клетки-мишени. // *Фармакол. и токсикол.* –1988. –№4. –С. 4–12.
6. Тимкин В.Н., Кузьмин С.М., Мезенцев А.Н., Данилова Р.А. Кинетические изменения я-РНК гиппокампа, мозжечка и коры головного мозга крыс в процессе обучения. // *Журн. высш. нервн. деят.* –1970. –Т. XX. –Вып. 1. –С. 185–190.
7. Alkayed N.J., Murphy S.J., Traystman R.J., Hurn P.D. Neuroprotective Effects of Female Gonadal Steroids in Reproductively Senescent Female Rats. // *J. of the American Heart Association.* –2000. –V. 31. –P. 161–168.
8. Arnould E., Dufy B., Pestre M., Vincent J.D. Effects of estrogens on the responses of caudate neurons to microiontophoretically applied dopamine. // *Neurosci. Lett.* –1981. –V. 21. –P. 325–331.
9. Baulieu E.E. Neurosteroids: a new function in the brain. // *Biol. Cell.* –1991. –V. 71. –N. 1–2. –P. 3–10.
10. Baulieu E.E., Robel P. Neurosteroids: a new brain function? // *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* –1990. –V. 37. –N. 3. –P. 395–403.
11. Baulieu E.E. Neurosteroids: of the nervous system, by the nervous system, for the nervous system. // *Recent. Prog. Horm. Res.* –1997. –V. 52. –P. 1–32.

12. Beato M., Chalepakis G., Schauer M., Slater E.P. DNA regulatory elements for steroid hormones. // *J. Steroid Biochem.* –1989. –V. 32. –N. 5. –P. 737–747.
13. Beer T.M., Bland L.B., Bussiere J.R., Neiss M.B., Wersinger E.M., Garzotto M., Ryan C.W., Janowsky J.S. Testosterone Loss and Estradiol Administration Modify Memory in Men. // *The Journal of Urology.* –2006. –V. 175. –N. 1. –P. 130–135.
14. Beyer C. Estrogen and the developing mammalian brain. // *Anat. Embryol.* –1999. –V. 199. –N. 5. –P. 379–390.
15. Beyer C., Pawlak J., Karolczak M. Membrane receptors for oestrogen in the brain. // *J. Neurochem.* –2003. –V. 83. –N. 3. –P. 545–550.
16. Bitar M.S., Ota M., Linnoila M., Shapiro B.H. Modification of gonadectomy-induced increases in brain monoamine metabolism by steroid hormones in male and female rats. // *Psychoneuroendocrinology.* –1991. –V. 16. –N. 6. –P. 547–557.
17. Compagnone N.A., Mellon S.H. Neurosteroids: biosynthesis and function of these novel neuromodulators. // *Front. Neuroendocrinol.* –2000. –V. 21. –N. 1. –P. 1–56.
18. Datson N.A., van der Perk J., de Kloet E.R., Vreugdenhil E. Identification of corticosteroid-responsive genes in rat hippocampus using serial analysis of gene expression. // *Eur. J. Neurosci.* –2001. –V. 14. –N. 4. –P. 675–689.
19. De Kloet E.R. Hormones, Brain and Stress. // *Endocrine Regulations.* –2003. –V. –37. –P. 51–68.
20. De Kloet E.R., Rosenfield P., Van Eekelen A.M., Sutanto W., Levin S. Stress, glucocorticoids and development. // *Prog. Brain Res.* 1988. –V. 73. –P. 101–120.
21. De Kloet E.R., Rots N.Y., Cools A.R. Brain-corticosteroid hormone dialogue: slow and persistent. // *Cell. Mol.* –1996. –V. 16. –P. 345–356.
22. Diaz-Veliz G., Soto V., Dussaubat N., Mora S. Influence of the estrous cycle, ovariectomy and estradiol replacement upon the acquisition of conditioned avoidance responses in rats. // *Physiol. Behav.* –1989. –V. 46. –N. 3. –P. 397–401.
23. Dubrovsky B.O. Steroids, neuroactive steroids and neurosteroids in psychopathology. // *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry.* –2005. –V. 29. –N. 2. –P. 169–192.
24. Fraser C.L., Swanson R.A. Female sex hormones inhibit volume regulation in rat brain astrocyte culture. // *Cell. Physiology.* –1994. –V. 267. –N. 4. –P. 909–914.
25. Gallagher M., Landfield P.W., McEwen B., Meaney M.J., Rapp P.R., Sapolsky R., West M.J. Hippocampal neurodegeneration in aging. // *Science.* –1996. –V. 274. –P. 484–485.
26. Garcia-Segura L.M., Azcoitia I., DonCarlos L.L. Neuroprotection by estradiol. // *Prog. Neurobiol.* –2001. –V. 63. –N. 1. –P. 29–60.
27. Garcia-Segura L.M., Chowen J.A., Duecas M., Torres-Aleman I., Naftolin F. Gonadal steroids as promoters of neuro-glial plasticity. // *Psychoneuroendocrinology.* –1994. –V. 19. –N. 5–7. –P. 445–453.
28. Garcia-Segura L.M., Chowen J.A., Pórducz A., Naftolin F. Gonadal hormones as promoters of structural synaptic plasticity: cellular mechanisms. // *Prog. Neurobiol.* –1994. –V. 44. –N. 3. –P. 279–307.
29. Garcia-Segura L.M., Duecas M., Busiguina S., Naftolin F., Chowen J.A. Gonadal hormone regulation of neuronal-glia interactions in the developing neuroendocri-

ne hypothalamus. // *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* –1995. –V. 53. –N. 1–6. –P. 293–298.

30. Genazzani A.R., Gastaldi M., Bidzinska B., Mercuri N., Genazzani A.D., Nappi R.E., Segre A., Petraglia F. The brain as a target organ of gonadal steroids. // *Psychoneuroendocrinology.* –1992. –V. 17. –N. 4. –P. 385–390.

31. Genazzani A.R., Pluchino N., Luisi S., Luisi M. Estrogen, cognition and female ageing. // *Human Reproduction Update.* –2007. –V. 13. –N. 2. –P. 175–187.

32. Giammanco M., Tabacchi G., Giammanco S., Di Majo D., La Guardia M. // Testosterone and aggressiveness. –*Med. Sci. Monit.* –2005. –V. 11. –N. 4. –P. 136–145.

33. Green P.S., Simpkins J.W. Neuroprotective effects of estrogens: potential mechanisms of action. // *Int. J. Dev. Neurosci.* –2000. –V. 18. –N. 4–5. –P. 347–358.

34. Harfstrand A., Fuxe K., Cintra A., Agnati L.F., Zini I., Wikstrom A-C., Okret S., Yu Z-Y., Goldstein M., Steinbusch H., Verhofstad A., Gustafsson J-A. Glucocorticoid Receptor Immunoreactivity in Monoaminergic Neurons of Rat Brain. // *PNAS.* –1986. –V. 83. –N. 24. –P. 9779–9783.

35. Hendricks S.E. Role of estrogens and progestins in the development of female sexual behavior potential. // *Sexual differentiation.* –1992. –P. 129–155.

36. Hibberd C., Yau J.L.W., Seckl J.R. Glucocorticoids and the ageing hippocampus. // *J. Anat.* –2000. –V. 197. –P. 553–562.

37. Hцsli E., Jurasin K., Rцhl W., Lцthy R., Hцsli L. Colocalization of androgen, estrogen and cholinergic receptors on cultured astrocytes of rat central nervous system. // *Int. J. Dev. Neurosci.* –2001. –V. 19. –N. 1. –P. 11–9.

38. Janowsky J.S. The role of androgens in cognition and brain aging in men. // *Neuroscience.* –2006. –V. 138. –N. 3. –P. 1015–1020.

39. Jorge J.C., Velцzquez K.T., Ramos-Ortolaza D.L., Lorenzini I., Marrero J., Maldonado-Vlaar C.S. A Testosterone Metabolite Is Rewarding to Ovariectomized Female Rats. // *Behavioral Neuroscience.* –2005. –V. 119. –N. 5. –P. 1222–1226.

40. Jung-Testas I., Hu Z.Y., Baulieu E.E., Robel P.J. Steroid synthesis in rat brain cell cultures. // *Steroid Biochem.* –1989. –V. 34. –N. 1–6. –P. 511–519.

41. Klaiber E.L., Broverman D.M., Vogel W., Peterson L.G., Snyder M.B. Relationships of serum estradiol levels, menopausal duration, and mood during hormonal replacement therapy. // *Psychoneuroendocrinology.* –1997. –V. 22. –P. 549–558.

42. Kueng W., Wirz-Justice A., Menzi R., Chappuis-Arndt E. Regional brain variations of tryptophan, monoamines, monoamine oxidase activity, plasma free and total tryptophan during the estrous cycle of the rat. // *Neuroendocrinology.* –1976. –V. 21. –P. 289–296.

43. MacLusky N.J., Chaptal C., McEwen B.S. The development of estrogen receptor systems in the rat brain and pituitary: postnatal development. // *Brain Res.* –1979. –V. 178. –N. 1. –P. 143–160.

44. MacLusky N.J., Lieberburg I., McEwen B.S. The development of estrogen receptor systems in the rat brain: perinatal development. // *Brain Res.* –1979. –V. 178. –N. 1. –P. 129–142.

45. Matsumoto A. Synaptogenic action of sex steroids in developing and adult neuroendocrine brain. // *Psychoneuroendocrinology.* –1991. –V. 16. –N. 1–3. –P. 25–40.

46. McEwen B. Gonadal Steroids and Brain Development. // *Biology of reproduction*. –1980. –V. 22. –P. 43–48.
47. McEwen B., Biegon A., Davis P., Krey L., Luine V., McGinnis M., Paden C., Parsons B., Rainbow T. Steroid hormones humoral signals which alter brain cell properties and functions. // *Recent. Prog. Horm. Res.* –1982. –V. 38. –P. 41–92.
48. McEwen B.C., Kloet E.R., Rostene W. Adrenal steroid receptors and actions in the nervous system. // *Physiol. Rev.* –1986. –V. 66. –P. 1121–1188.
49. McEwen B.S. Estrogens, brain cell function and behavior. // *Biological Regulation and Development*. –1980. –New York. –234 p.
50. McEwen B.S., Alves S.E. Estrogen Actions in the Central Nervous System. // *Endocrine Reviews*. –1999. –V. 20. –N. 3. –P. 279–307.
51. Meharvan S., Dykens J.A., Simpkins J.W. Novel Mechanisms for Estrogen-Induced Neuroprotection. // *Experimental Biology and Medicine*. –2006. –V. 231. –P. 514–521.
52. Minami T., Oomura Y., Nabekura J., Fukuda A. 17 β -Estradiol depolarization of hypothalamic neurons is mediated by cyclic AMP. // *Brain Res.* –1990. –V. 519. –P. 301–307.
53. Mizoguchi K., Ishige A., Takeda S., Aburada M., Tabira T. Endogenous Glucocorticoids Are Essential for Maintaining Prefrontal Cortical Cognitive Function. // *The Journal of Neuroscience*. –2004. –V. 24. –N. 24. –P. 5492–5499.
54. Mukai H., Takata N., Ishii H.T., Tanabe N., Hojo Y., Furukawa A., Kimoto T., Kawato S. Hippocampal synthesis of estrogens and androgens which are paracrine modulators of synaptic plasticity: synaptocrinology. // *Neuroscience*. –2006. –V. 138. –N. 3. –P. 757–764.
55. Murphy D.D., Segal M. Regulation of Dendritic Spine Density in Cultured Rat Hippocampal Neurons by Steroid Hormones. // *The J. Neuroscience*. –1996. –V. 16. P. 4059–4068.
56. Parducz A., Hajszan T., Maclusky N.J., Hoyk Z., Csakvari E., Kurunczi A., Prange-Kiel J., Leranth C. Synaptic remodeling induced by gonadal hormones: neuronal plasticity as a mediator of neuroendocrine and behavioral responses to steroids. // *Neuroscience*. –2006. –V. 138. –N. 3. –P. 977–985.
57. Pietras R.J., Szego C.M. Steroid hormone receptors in target cell membranes. // *Nature*. –1977. –V. 265. –N. 5. –P. 69–72.
58. Pinna G., Costa E., Guidotti A. Changes in brain testosterone and allopregnanolone biosynthesis elicit aggressive behavior. // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. –2005. –V. 102. –N. 6. –P. 2135–2140.
59. Rasmussen T., Schliemann T., Sorensen J.C., Zimmer J., West M.J. Memory impaired aged rats: No loss of principal hippocampal and subicular neurons. // *Neurobiol. Aging*. –1996. –V. 17. –P. 143–147.
60. Rudick C.N., Woolley C.S. Estrogen Regulates Functional Inhibition of Hippocampal CA1 Pyramidal Cells in the Adult Female Rat. // *The Journal of Neuroscience*. –2001. –V. 21. –N. 17. –P. 6532–6543.
61. Rupprecht R. Neuroactive steroids: mechanisms of action and neuropsychopharmacological properties. // *Psychoneuroendocrinology*. –2003. –V. 28. –N. 2. –P. 139–168.

62. Saleh T.M., Connell B.J., Legge C., Cribb A.E. Estrogen synthesis in the central nucleus of the amygdala following middle cerebral artery occlusion: Role in modulating neurotransmission. // *Neuroscience*. –2005. –V. 135. –N. 4. –P. 1141–1153.

63. Schantz S.L., Widholm J.J. Cognitive Effects of Endocrine-Disrupting Chemicals in Animals. // *Environmental Health Perspectives*. –2001. –V. 109. –N. 12. –P. 1197–1206.

64. Schumacher M., Robel P., Baulieu E.E. Development and regeneration of the nervous system: a role for neurosteroids. // *Dev. Neurosci*. –1996. –V. 18. –N. 1–2. –P. 6–21.

65. Shors T.J. Estrogen and learning: Strategy over parsimony. // *Learning & Memory*. –2001. –V. 12. –P. 84–85.

66. Silverman I., Kastuk D., Choi J., Phillips K. Testosterone levels and spatial ability in men. // *Psychoneuroendocrinology*. –1999. –V. 24. –N. 8. –P. 813–822.

67. Simpson E., Rubin G., Clyne C., Robertson K., O'Donnell L., Jones M., Davis S. The role of local estrogen biosynthesis in males and females. // *Trends Endocrinol. Metab.* –2000. –V. 11. –N. 5. –P. 184–188.

68. Stoffel-Wagner B. Neurosteroid metabolism in the human brain. // *Eur. J. Endocrinol.* –2001. –V. 145. –N. 6. –P. 669–679.

69. Tsai M.J., O'Malley B.W. Molecular mechanisms of action of steroid/thyroid receptor superfamily members. // *Annu. Rev. Biochem.* –1994. –V. 63. –P. 451–486.

70. Tsutsui K., Ukena K., Usui M., Sakamoto H., Takase M. Novel brain function: biosynthesis and actions of neurosteroids in neurons. // *Neurosci Res.* –2000. –V. 36. –N. 4. –P. 261–273.

71. Williams C.L., Barnett A.M., Meck W.H. Organizational effects of early gonadal secretions on sexual differentiation in spatial memory. // *Behav. Neurosci.* –1990. –V. 104. –N. 1. –P. 84–97.

72. Wojtal K., Trojnar M.K., Czuczwar S. Endogenous neuroprotective factors: neurosteroids. // *J. Pharmacological Reports*. –2006. –V. 58. –P. 335–340.

73. Woolley C., McEwen B.S. Estradiol mediates fluctuation in hippocampal synapse density during the estrous cycle in the adult rat. // *J. Neurosci.* –1992. –V. 12. –P. 2549–2554.

74. Woolley C.S. Effects of estrogen in the CNS. // *Curr. Opin. Neurobiol.* –1999. –V. 9. –N. 3. –P. 349–354.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

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

При направлении статьи в редакцию рекомендуется руководствоваться следующими правилами:

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

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

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

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

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

6. К статье прилагается аннотация в размере не более 10 строк.

7. Статьи направлять на электронном и бумажном (2 экз.) носителях (Word; шрифт Times 14, через 1.5 интервала, поля стандартные: сверху – 2.5 см, снизу – 2.0 см, слева – 3.0 см, справа – 1.5 см)

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

Статьи следует направлять по адресу:

*119121, Москва, ул. Погодинская 8, корп.2, Институт возрастной физиологии
РАО, отв. секретарю альманаха Догадкиной С. Б. (комн. 32)
Тел/факс: (495) 245-04-33, тел: 708-36-83; E-mail: almanac@mail.ru*

Оригинал-макет издания подготовлен издательством «Вердана»
109507, Москва, Самаркандский бул., д. 17, к. 3

Формат 70x100/16. Усл.п.л. 12,35. Тираж 500 экз. Заказ №
Отпечатано в типографии «Ако-Принт»
117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, д. 25, к. 97