

ОСОБЕННОСТИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ УЧАЩИХСЯ 11–16 ЛЕТ К УЧЕБНЫМ И ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ, ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ ТИПАМИ ИХ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ

В.В. Горелик¹, В.С. Беляев², С.Н. Филиппова², Б.Н. Чумаков²

¹Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти, Россия,

²Московский городской педагогический университет, г. Москва, Россия

Цель исследования. Определить у учащихся 11–16 лет с различными типами вегетативной регуляции (ТВР) сердечно-сосудистой системы (ССС) особенности их психофизиологической адаптации к учебным и физическим нагрузкам при занятиях физической культурой в условиях образовательного учреждения. **Организация и методы исследования.** Проведено обследование в школе № 90 г. Тольятти учащихся 5–7 классов (25 мальчиков), 8–10 классов (27 юношей), которые составили основную экспериментальную группу (ОГ). Теми же методами в школе № 5 г. Тольятти были обследованы школьники того же пола, возраста и численности, включенные в экспериментальную группу сравнения (ГС). Использовали метод диагностики variability ритма сердца с помощью автоматизированной регистрации и анализа аппаратно-программным комплексом (АПК) «Варикард 2.51». Для диагностики памяти, внимания учащихся применяли компьютерную модификацию регистрации психофизиологических показателей, основанную на распознавании учеником заданных знаков-стимулов среди безразличных знаков (метод Крепелина, корректурный тест). Метод регистрации времени (с) простой сенсомоторной реакции (ВПСМР) на цветовые и геометрические стимулы использовали для определения скоростей когнитивных процессов и переработки информации. **Результаты.** Установлена корреляционная связь ТВР ССС и психофизиологических когнитивных показателей, определена их динамика под влиянием типологически ориентированной физической нагрузки, показано ее корректирующее и развивающее влияние на психофизические возможности учащихся. Результаты углубляют понимание интегративных механизмов психофизиологической адаптации мальчиков в критические периоды онтогенеза (препубертат, пубертат), расширяют применение типирования регуляторных систем для оптимизации физического воспитания школьников на этапах основного общего и среднего общего образования. **Заключение.** Совокупность полученных данных свидетельствует о повышении физических и психофизиологических адаптационных возможностей школьников под влиянием физкультурных занятий, которые подобраны с учетом типов нейровегетативной регуляции учащихся.

Ключевые слова: психофизиологическая адаптация, регуляторные системы организма (РСО), типы нервно-вегетативной регуляции (НВР), функции ССС, физические нагрузки, коррекция психофизического состояния, критический период онтогенеза, физическое воспитание.

Введение. Современный этап исследований процессов адаптации к условиям среды характеризуется использованием интегративных психофизиологических (ПФ) подходов, которые позволяют сформировать целостное понимание происходящих в развивающемся организме ребенка изменениях под влиянием внешних воздействий [11, 15]. Такие подходы особенно востребованы при изучении детей, взросление которых происходит в условиях изменения образа жизни под влиянием урбанизации, информатизации, нарастания учебных нагрузок, приводящих к распространен-

ности среди детей школьного возраста гипокинезии, повышения заболеваемости инфекционными и хроническими патологиями, нарушения функций опорно-двигательного аппарата, эндокринной, нервно-психической и сенсорных систем. По данным НИИ физиологии детей и подростков Минздрава РФ [3], число здоровых детей в детской популяции населения РФ не превышает 10 %.

Недостаточная изученность индивидуальных адаптационных возможностей детей, реакции организма ребенка на двигательную нагрузку в условиях интенсивного онтогене-

тического развития в предкритические и критические периоды онтогенеза, которые могут проявляться дисфункциями, дезадаптаций, отклонениями от нормогенеза осложняет широкое использование в физическом воспитании учащихся двигательных нагрузок как в форме уроков ФК, так и спортивной подготовки [12].

Современные инструментальные методы исследования расширяют возможности мониторинговых наблюдений, позволяют выявить индивидуально-типологические закономерности регуляции процессов психофизиологической адаптации учащихся к двигательным нагрузкам [2, 17].

Изучение variability сердечного ритма позволяет выявить влияние центральных регуляторных механизмов и автономных контуров управления функциями ССС, реализуемых симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы. Исследователями [17, 20, 21] выделено *четыре типа регуляции*, основанных на различных сочетаниях и доминировании механизмов управления функциями ССС со стороны ЦНС и ВНС, определяющих приспособление детей к двигательным нагрузкам: 1) УПЦР: умеренное преобладание центральной и симпатической регуляции ритма ССС; 2) ВПЦР: выраженное преобладание центральной и симпатической регуляции ритма ССС; 3) УПАР: умеренное преобладание автономной регуляции, парасимпатической активности; 4) ВПАР: выраженное преобладание автономной регуляции, выраженное преобладанием активности парасимпатического отдела ВНС над симпатическим.

Созданная типология регуляторных механизмов определяет динамику реагирования на двигательные нагрузки половозрастных групп школьников, спортсменов [14]. Поэтому метод ВСР успешно используется для управления ФВ и тренировочным процессом: состоящем в подборе нагрузок и изменении тренировочного процесса на основе мониторинга состояния и уровня физической подготовленности занимающихся [5, 8, 13].

Так, в ряде исследований показано, что дети, имеющие преобладание центральной регуляции, значительно отстают по уровню зрелости регуляторных систем от сверстников с преобладанием автономной регуляции, что влияет на функциональное состояние и адаптационные возможности детского организма

[6, 21]. Выявлено, что с учетом типа регуляции организм ребенка по-разному реагирует на одинаковые физические нагрузки: у детей с преобладанием автономной регуляции включаются центральные механизмы регуляции функций ССС, а с преобладанием центральной регуляции – автономные [5].

Установлено, что регуляторные системы юных и взрослых спортсменов с типом УПАР III группы являются более устойчивыми к выполнению физических нагрузок (ФН) [13], поэтому объем, интенсивность, вид физических упражнений должны подбираться индивидуально в зависимости от типа и степени напряжения регуляторных систем организма [8].

Подбор оптимальных развивающих и тренирующих воздействий позволит в физическом школьном воспитании найти пути максимальной индивидуализации занятий, повышения их результативности, существенно увеличит их развивающий потенциал для формирования психофизиологических адаптационных резервов школьников. Проведенные исследования послужат основой оптимизации обучения, физического и спортивного воспитания детей и подростков, повышения физической тренированности и психологической устойчивости учащихся в условиях интенсификации и информатизации образа жизни и учебы.

Изучение закономерностей variability сердечного ритма (ВСР) человека показало [20], что он может быть комплексным показателем не только состояния симпатического и парасимпатического отделов ВНС, но и интегрирующим показателем сегментарных и надсегментарных отделов ЦНС, что позволяет изучать процессы адаптации организма учащихся к изменяющимся условиям среды, к физическим и умственным нагрузкам [6, 21].

Принцип гетерохронности развития функциональных систем, установленный П.К. Анохиным [1], свидетельствуют о том, что на каждом этапе онтогенеза происходит созревание именно тех регуляторных нейроэндокринных механизмов, которые важны для обеспечения жизненных функций и оптимального приспособления организма, необходимого и достаточного в данный период возрастного развития. Важную роль в процессах возрастных изменений играют нейро-эндокринные механизмы симпато-адреналиновой и гипоталамо-надпочечниковой систем, активно участвующие в пусковых реакциях на уровне ЦНС.

Типы НБР в основной группе обследованных школьников
Types of autonomic regulation in the experimental group

№ типа Type №	Тип регуляторных систем Type	Численность типов НБР в основной группе, % Number of AR types in the group, %
I	УЩЦР / MDCR	11 %
II	ВЩЦР / PDCR	5 %
III	УПАР / MDAR	72 %
IV	ВПАР / PDAR	12 %

Примечание: умеренное преобладание центральной и симпатической регуляции ритма (УЩЦР); выраженное преобладание центральной и симпатической регуляции ритма (ВЩЦР); умеренное преобладание автономной регуляции, парасимпатической активности (УПАР); выраженное преобладание автономной регуляции, выраженное преобладание активности парасимпатического отдела ВНС над симпатическим (ВПАР).

Note: moderate dominance of the central and sympathetic rhythm regulation (MDCR); pronounced dominance of the central and sympathetic rhythm regulation (PDCR); moderate dominance of the autonomic regulation of parasympathetic activity (MDAR); pronounced dominance of the autonomic regulation of parasympathetic activity (PDAR).

Большие морфофункциональные изменения в переходном 11–13 лет и подростковом 14–16 лет возрасте происходят в вегетативной нервной системе. При этом симпатические влияния на деятельность сердца преобладают, наблюдается определенное напряжение компенсаторных механизмов ССС, связанное с особенностями адаптации детского организма к физическим и умственным нагрузкам [20].

Показатели ВСР важны для объективной оценки тренировочной выносливости и могут быть диагностическим маркером утомления и перетренированности. Это состояние дезадаптации, неблагоприятное для здоровья ребенка, возникает при слишком интенсивных физических нагрузках и может привести к негативным морфофункциональным изменениям в ССС. Многочисленные исследования доказывают, что долгосрочная выносливость может быть причиной изменения симпатико-парасимпатического баланса [4, 7, 17].

Цель исследования: сравнительная оценка влияния на динамику психофизиологических показателей школьников 11–13 и 14–16 лет традиционных уроков ФВ и индивидуально ориентированных занятий, на которых физическая нагрузка подбиралась по критерию типа регуляции ССС учащихся со стороны ЦНС и ВНС.

Организация и методы исследования. Исследование проводилось в течение 2012–2015 гг. и состояло из двух последовательных этапов.

На первом этапе изучены типы вегетативной регуляции и психофизиологических пока-

зателей методом ВСР у учащихся 5–7 классов (25 мальчиков), 8–10 классов (27 юношей) в школе № 90 г. Тольятти, составивших *основную экспериментальную группу (ОГ)*. У детей экспериментальной группы были определены следующие типы вегетативной регуляции, представленные в табл. 1.

Обследованы теми же методами учащиеся 5–7 классов (25 мальчиков), 8–10 классов (27 юношей) школы № 5 г. Тольятти, составивших *экспериментальную группу сравнения (ГС)*.

На втором этапе (2015 г.) проведена сравнительная оценка полученных результатов, которые позволили разработанные нами типологически ориентированные технологии физического воспитания, использовать в учебном процессе школ № 5, 90 г. Тольятти.

Участвовавшие в обследовании мальчики были разделены на 2 возрастные группы: 1 группа – 11–13 лет, переходный возраст от второго детства к подростковому периоду онтогенеза; 2 группа – 14–16 лет подростковый период, пубертат.

Шкала Таннера для оценки стадии полового созревания мальчиков. Для оценки стадии полового созревания индивида использовали шкалу Таннера. Метод Таннера учитывает как первичные, так и вторичные половые признаки. Шкала разделена на 5 этапов и описывает стадии полового созревания отдельно для мужчин и женщин.

Шкала Таннера для оценки стадии полового созревания мальчиков. I стадия (препубертатный период) – яички, пенис и мо-

Таблица 2
Table 2

Показатели развития половой зрелости у мальчиков различных возрастных групп в ОГ
Parameters of sexual maturity in boys of different age groups from the experimental group

Возраст Age	Общее количество детей Total number of children	Не имеют признак (чел.) Without any signs of sexual maturity (n)	Имеют признак (чел.) Showing some signs of sexual maturity (n)	Количество детей в зависимости от степени развития признака по Tanner (чел.) Number of children depending on the degree of sign development according to a Tanner's scale (n)				
				I	II	III	IV	V
11	8	–	8		8			
12	8	–	8		8			
13	9	–	9			9		
14	8	–	8				8	
15	8	–	8					8
16	9	–	9					9

Таблица 3
Table 3

Показатели развития половой зрелости у мальчиков различных возрастных групп в ГС
Parameters of sexual maturity in boys of different age groups from the control group

Возраст Age	Общее количество детей Total number of children	Не имеют признак (чел.) Without any signs of sexual maturity (n)	Имеют признак (чел.) Showing some signs of sexual maturity (n)	Количество детей в зависимости от степени развития признака по Tanner (чел.) Number of children depending on the degree of sign development according to a Tanner's scale (n)				
				I	II	III	IV	V
11	8	–	8		8			
12	8	–	8		8			
13	9	–	9			9		
14	8	–	8				8	
15	8	–	8					8
16	9	–	9					9

шонка не изменяются, лобкового оволосения нет, железистой ткани в молочных железах нет, ареолы бледные, их диаметр менее 2 см. Оволосения на лобке нет.

V яичек по орхидометру Prader, мл равен 2–3.

II стадия (средний возраст $11,7 \pm 1,3$) – мошонка начинает увеличиваться, слегка окрашивается, у основания пениса появляются тонкие и светлые лобковые волоски. V яичек по орхидометру Prader, мл равен 4.

III стадия (средний возраст $13,2 \pm 0,8$) – мошонка приобретает складчатость, удлиняется половой член, лобковые волосы утолщаются и начинают виться. V яичек по орхидометру Prader, мл равен 10.

IV (средний возраст $14,7 \pm 1,1$) – увеличивается в длину пенис, становится больше в диаметре головка полового члена, гениталии темнеют, наблюдается пигментация, волосы покрывают большую часть лобка, но не растут на ногах в области внутренней поверхно-

сти бедер. V яичек по орхидометру Prader, мл равен 12.

V (средний возраст $15,5 \pm 0,7$ – гениталии приобретают свой максимальный размер, оволосение лобка и бедер как у взрослого мужчины. V яичек по орхидометру Prader, мл равен 15.

Данные оценки стадии половой зрелости обследованных школьников ОГ и ГС представлены в табл. 2, 3.

Метод регистрации и анализа показателей сердечно-сосудистой системы. Оценка функциональных показателей сердечно-сосудистой системы (ССС) по кардиоинтервалограммам и анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) проводились с помощью аппаратно-программного комплекса (АПК) «Варикард 2.51». АПК обеспечивает реализацию всех основных методов анализа ВСР: вариационную пульсометрию, автокорреляционный и спектральный анализ кардиограммы, статистический анализ; АПК позволяет вычислять

до 40 различных параметров ССС, рекомендуемых как российскими, так и европейско-американскими стандартами [16].

Методы регистрации психофизиологических показателей. Все использованные методы для регистрации психофизиологических показателей школьников представляют собой компьютерную модификацию известных ПФ методик [9], использующих для диагностики памяти и внимания, основаны на распознавании нужных знаков-стимулов среди безразличных знаков (метод Крепелина, корректурный тест). Другая группа ПФ методов для диагностики скорости когнитивных процессов и переработки информации основана на принципе «стимул – реакция», а именно: регистрацию времени (с) простой сенсомоторной реакции (ВПСМР): 1) на цвет; 2) на геометрическую фигуру [9, 10, 18, 19].

В нашем исследовании оценка психофизиологических показателей: внимания, мышления, памяти произведена с помощью следующих тестов:

- 1) времени (с) простой сенсомоторной реакции (ВПСМР) на цвет;
- 2) включения цветного квадрата в произвольном месте;
- 3) распознавания цвета в области экрана;
- 4) распознавания четных чисел – сенсомоторная реакция; скорости переработки информации – сенсомоторная реакция;
- 5) выявления из разнонаправленных стрелок в таблице *стрелок одного заданного направления* – скорость выполнения работы символ/с.

Математико-статистический анализ. Обработку результатов проводили с помощью статистической программы SPSS версии 17.0 для Windows. Достоверность результатов обеспечена взаимосвязью теории и практики исследования, подкрепленной использованием научных методов корреляционного анализа, дискриминантного анализа, критерия Бокса, равенства ковариационных матриц, проверки функций методом Лямбда Уилкса, сравнения средних по Т-критерию для независимых выборок, сравнения средних по Т-критерию для парных выборок, использования канонических дискриминантных функций.

Продолжительность и вид занятий ФК. Продолжительность ПЭ (2014–2015 (сентябрь – март)).

По программе в основной группе (ОГ) помимо плановых занятий физической культурой были предложены два дополнительных

урока физкультуры по выбору (волейбол, баскетбол, гандбол), в группе сравнения (ГС) учащиеся занимались по обычной учебной программе 3 раза в неделю.

Условия проведения исследования. Оценка показателей variability сердечного ритма АПК «Варикард 2.51» и психофизиологических показателей выполнялись в начале и конце исследования в отдельном специализированном помещении.

1. Оценка variability сердечного ритма проводилась АПК «Варикард 2.51» по стандартной оценке длительности кардиоинтервалов в течение 5 мин. Запись ЭКГ производилась в положении лежа на спине, при спокойном дыхании. Обстановка во время исследования была спокойной.

Были устранены все помехи, приводящие к эмоциональному возбуждению, исключены были разговоры с исследуемым и посторонними, исключены телефонные звонки и появление в кабинете других лиц, включая медработников. В период исследования ВСП пациент должен дышать, не делая глубоких вдохов, не кашлять, не сглатывать слюну.

Использовали: 4 жима (красную – на правую руку; желтую – на левую руку; зеленую – на левую ногу; черную – на правую ногу).

Метод ВСП пригоден для массовых обследований: является доступным, неинвазивным, простым и недорогим методом оценки вегетативной регуляции.

2. Психофизиологические показатели также оценивали в отдельном помещении без каких-либо помех. На мониторе компьютера школьники выполняли задания согласно выполняемому тесту.

Результаты исследования и их обсуждение. Были проведены исследования ВСП и на основании полученных данных определена типология школьников по уровням нервно-вегетативной регуляции (НВР) функций ССС, выявленных по реакции организма на двигательные нагрузки. Типология осуществлялась в соответствии с классификацией Н.И. Шлык [21]. Выделено 4 типа регуляции, имеющие свои отличительные признаки управления функциями ССС, которые представлены в табл. 1.

В зависимости от типов НВР разработаны виды физической нагрузки, которые имеют типологически ориентированное влияние на функциональные системы организма, ВСП и другие функции ССС. Применение этих дифференцированных, в зависимости от типа

НВР, нагрузок позволило установить результаты их воздействия на организм учащихся, представленные в обобщенном виде в табл. 4.

Исследование психофизиологических по-

казателей, дающих объективную количественную оценку некоторых ПФ процессов внимания, восприятия и переработки информации школьниками, необходимых для обес-

Таблица 4
Table 4

Дозировка и результативность типологически ориентированных упражнений на уроках физического воспитания мальчиков школьного возраста 11–16 лет
Dosage and effectiveness of typologically oriented exercises during physical education classes for male pupils aged 11–16 years

№	Характеристика типов нервно-вегетативной регуляции человека Characteristic of autonomic regulation types	Дозировка типологически ориентированных корригирующих физических упражнений (ФУ) Dosage of typologically oriented corrective exercises	Результат применения ФУ школьниками на уроках ФВ Results of exercises during PE classes
I тип Type I	<i>УПЦР: умеренное преобладание центральной и симпатической регуляции показателей ритма CCC</i> <i>MDCR: moderate dominance of the central and sympathetic rhythm regulation</i>	Применяли дозировку ФУ ниже допустимых норм : кратность, интенсивность занятий ФУ понижены Dosage is lower than permissible values: decreased quantity and intensity of exercises	Снижение мышечного тонуса, возрастание кровообращения и метаболизма мышц, нормализация процессов возбуждения и торможения в коре ГМ Decrease in muscle tone, increase in blood circulation and muscle metabolism, normalization of excitation and inhibition processes in the cerebral cortex
II тип Type II	<i>ВПЦР: выраженное преобладание центральной и симпатической регуляции ритма CCC. Выраженное преобладание центральной регуляции над автономной</i> <i>PDCR: pronounced dominance of the central and sympathetic rhythm regulation.</i> Pronounced dominance of the central regulation over the autonomic regulation	Дозировка существенно ниже допустимых норм : понижалась кратность, интенсивность ФУ. Использовали низкоинтенсивный бег аэробной направленности, ФУ для расслабления мышц Dosage is significantly lower than permissible values: decreased quantity and intensity of exercises. Low-intensity aerobic run and exercises for muscular relaxation	Существенное снижение мышечного тонуса, восстановление баланса процессов возбуждения и торможения в коре ГМ Significant decrease in muscle tone, normalization of the balance between excitation and inhibition processes in the cerebral cortex
III тип Type III	<i>УПАР: умеренное преобладание автономной регуляции, парасимпатической активности. Оптимальное состояние РСО и тренированности.</i> <i>MDAR: moderate dominance of the autonomic regulation of parasympathetic activity.</i> Optimal state of regulative systems of the body and physical fitness	Оптимальное состояние РСО позволяет использовать допустимые нормы (кратность, интенсивность ФУ рекомендованные для половозрастных групп) Optimal state of RSB allows applying the dosage of permissible level (quantity and intensity recommended for the children of this age-sex group)	Сбалансированные показатели вегетативных РСО обеспечивают эффективное выполнение физических и умственных нагрузок Balanced parameters of RSB provide effective performance of physical and mental loads
IV тип Type IV	<i>ВПАР: выраженное преобладание автономной регуляции. Выраженное преобладание активности парасимпатического отдела ВНС над симпатическим. Этот тип регуляции может иметь как патологический, так и физиологический характер (у спортсменов)</i> <i>PDAR: pronounced dominance of the autonomic regulation of parasympathetic activity.</i> Pronounced dominance of the parasympathetic nervous system over the sympathetic nervous system. This type of regulation can have both pathological and physiological (in athletes) character	Предлагались дозированные упражнения для общей физической подготовки и скоростной работы в связи с низкими показателями регуляторных систем. Dosage for overall physical fitness and speed work due to low parameters of regulative systems	Повышение двигательной активности, снижение вялости, пассивности на фоне некоторого повышения баланса возбуждения и торможения в коре ГМ Increase in motor activity, decrease in apathy due to a certain increase in the balance between excitation and inhibition processes in the cerebral cortex

Физиология

печения их успешной познавательной деятельности, позволяет улучшить процессы адаптации к учебным нагрузкам.

Исследования проводили в форме педагогического эксперимента. На констатирующем этапе определяли исходное состояние ПФ показателей у школьников, затем с ними проводились типологически ориентированные на индивидуальный тип нейровегетативной регуляции занятия физкультурой, оптимизирующие психофизиологическое функциональное состояние занимающихся. Результаты представлены в табл. 5.

Результаты эксперимента показали, что использование для целей оптимизации физического воспитания школьников типологически ориентированной программы занятий, которая учитывала особенности нейровегетативной регуляции состояния ССС, кардиоритмологических и других показателей, оказывает корректирующее, нормализующее и

адаптирующее воздействие на такие ПФ параметры, как скорость переработки информации и показатели внимания. Получено достоверное снижение временных затрат на распознавание чисел и переработку информации, уменьшение числа совершаемых при выполнении заданий ошибок как у младших, так и у старших школьников ОГ. Следовательно, полученные данные свидетельствуют об оптимизации психофизиологического состояния школьников 11–13 и 14–16 лет после занятий ФВ по типологически ориентированной программе.

В табл. 3 показана в сравнительном аспекте динамика ПФ показателей у школьников переходного 11–13 лет и подросткового (пубертатного) возраста 14–16 лет, находящихся в критическом периоде онтогенеза в табл. 6.

Сравнение данных табл. 5, 6 показало достоверное снижение скорости распознавания четных чисел и скорости переработки

Таблица 5
Table 5

Изменение тестируемых показателей у мальчиков 11–13 и 14–16 лет
в ОГ до и после эксперимента ($M \pm m$)
Change in parameters in boys aged 11–13 and 14–16 years
from the experimental group before and after the experiment

№	Название теста / Test	11–13 лет / 11–13 years		14–16 лет / 14–16 years	
		до / before	после / after	до / before	после / after
1	Распознавание четных чисел (с) Recognition of even numbers (s)	1,17 ± 0,05	1,06 ± 0,04*	1,19 ± 0,03	0,96 ± 0,05*
	Процент неправильных ответов (%) Percentage of errors (%)	11	5	14	5
2	Скорость переработки информации (с) Information processing speed (s)	2,46 ± 0,06	2,07 ± 0,05**	2,24 ± 0,08	1,89 ± 0,06*
	Процент неправильных ответов (%) Percentage of errors (%)	17	6	14	4

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

Таблица 6
Table 6

Изменение тестируемых показателей у мальчиков 11–13 и 14–16 лет
в ГС до и после эксперимента ($M \pm m$)
Change in parameters in boys aged 11–13 and 14–16 years
from the control group before and after the experiment

№	Название теста / Test	11–13 лет / 11–13 years		14–16 лет / 14–16 years	
		до / before	после / after	до / before	после / after
1	Распознавание четных чисел (с) Recognition of even numbers (s)	1,28 ± 0,04	1,26 ± 0,06*	1,25 ± 0,07	1,20 ± 0,06*
	Процент неправильных ответов (%) Percentage of errors (%)	16	16	17	15
2	Скорость переработки информации (с) Information processing speed (s)	2,36 ± 0,08	2,29 ± 0,06	2,23 ± 0,07	2,21 ± 0,04
	Процент неправильных ответов (%) Percentage of errors (%)	18	15	19	21

* $P < 0,05$

информации, свидетельствующее о возрастании показателя внимания и динамических параметров при умственной работе. Сравнимые положительные изменения наблюдались у младших и старших школьников основной группы (ОГ) под влиянием программы физкультурных занятий с учетом типов нейровегетативной регуляции функции ССС. В группе сравнения (ГС) изменения были менее выраженными, чем в ОГ. Число ошибочных ответов (в %) в ОГ, по данным табл. 2, 3, снижалось в 2–3 раза, а в ГС только на 1–3 %.

Эти данные указывают на коррекционное и нормализующее воздействие на ПФ показатели познавательно-учебной деятельности школьников средних и старших классов специально подобранной двигательной нагрузки.

Они также служат подтверждением эф-

фективности предлагаемого нами использования при подборе показателей двигательных нагрузок физические упражнения, учитывающие тип НВР занимающихся.

Нами были определены показатели внутригрупповой корреляции индекса напряжения регуляторных систем организма (SI-стресс индексе) с ПФ показателями ОГ школьников 11–16 лет (табл. 7).

Из таблицы следует наличие выраженной отрицательной связи психофизиологического (ПФ) показателя «скорость переработки информации» у школьников с **I типом** (умеренным центральным) и **II типом** (выраженным центральным) индекса напряжения регуляторных систем. Это может свидетельствовать об обратной связи степени напряжения адаптационных возможностей и ресурсов орга-

Таблица 7
Table 7

Внутригрупповая корреляция индекса напряжения регуляторных систем организма (SI-стресс индекс) с психофизиологическими показателями мальчиков школьного возраста 11–16 лет
Intragroup correlation of the stress index of regulative systems (SI stress-index) with psychophysiological parameters of male pupils aged 11–16 years

№ типа Type №	Тип регуляторных систем Regulative system type	Численность типов НВР в основной группе, % Number of AR types in the group, %	Психофизиологический показатель Psychophysiological parameter	Коэффициент корреляции Correlation coefficient	Уровень достоверности, P Significance level, P
I	УПЦР / MDCR	11 %	Скорость переработки информации Information processing speed	-0,93	< 0,01
II	ВПЦР / PDCR	5 %	Скорость переработки информации Information processing speed	-0,935	< 0,01
III	УПАР / MDAR	72 %	1) Скорость переработки информации, 2) сосредоточенность внимания 1) information processing speed, 2) attention concentration	-0,849 +0,854	< 0,05 < 0,05
IV	ВПАР / PDAR	12 %	Сосредоточенность внимания Attention concentration	+0,854	< 0,05

Примечание: умеренное преобладание центральной и симпатической регуляции ритма (УПЦР); выраженное преобладание центральной и симпатической регуляции ритма (ВПЦР); умеренное преобладание автономной регуляции, парасимпатической активности (УПАР); выраженное преобладание автономной регуляции, выраженное преобладание активности парасимпатического отдела ВНС над симпатическим (ВПАР).

Note: moderate dominance of the central and sympathetic rhythm regulation (MDCR); pronounced dominance of the central and sympathetic rhythm regulation (PDCR); moderate dominance of the autonomic regulation of parasympathetic activity (MDAR); pronounced dominance of the autonomic regulation of parasympathetic activity (PDAR).

низма школьников подросткового возраста, мобилизуемых при участии центральных и вегетативных механизмов и снижении (истощении) результативности их учебно-познавательной деятельности. На этом основании можно считать, что типологически ориентированное физическое воспитание как способ управления двигательной активностью школьников оказывает позитивное влияние на учебно-познавательную деятельность учащихся (см. табл. 5).

У учащихся с **III типом** умеренной автономной регуляции, обеспечивающей оптимальное функционирование организма, *обнаружена* обратная взаимосвязь на уровне достоверности ($p < 0,05$) с ПФ показателем «скорость переработки информации» и прямая связь с ПФ показателем «сосредоточенности внимания», что свидетельствует о прямой зависимости базового для учебной деятельности показателя «внимания» от сбалансированности вегетативной регуляции организма детей. Такая же прямая зависимость внимания наблюдается у **IV типа** регуляции, однако внимание при напряжении автономных регуляторных механизмов не подкрепляется скоростью выполнения когнитивных заданий.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить нормализующее и адаптирующее влияние двигательной нагрузки, соответствующей типу нейровегетативной регуляции функций ССС не только на показатели физической активности мальчиков переходного (11–13) и подросткового возраста (14–16), но на психофизиологические параметры, определяющие учебно-познавательную деятельность школьников, в большей степени выраженную в старшей возрастной группе. Получила подтверждение концепция управляющего влияния на ПФ показатели типологически ориентированной двигательной активности, то есть подобранной с учетом типа нейровегетативной регуляции ССС.

Выводы

1. Проведено типирование нейровегетативной (ТВР) регуляции функции ССС у мальчиков школьного возраста 11–16 лет переходного и подросткового возраста, составившее следующее распределение по типам регуляции: УПЦР – 11 %, ВПЦР – 5 %, УПАР – 72 %, ВПАР – 12 %, у 72 % учащихся преобладает оптимальное состояние регуляторных систем организма.

2. На основе особенностей ТВР для 28 % школьников разработаны типологически ориентированные программы занятий на уроках физического воспитания (ФВ), которые использованы в качестве формирующих воздействий для изучения процессов психофизиологической адаптации.

3. Получены оптимизирующее и коррекционно-нормализующее влияние программ ФВ на психофизиологические показатели скорость переработки информации (СПИ) и функцию внимания. У мальчиков 11–13 лет показатели внимания в ОГ достоверно возросли на 9 %, а СПИ на 13 %, у подростков 14–16 лет показатели внимания повысились на 12 %, а СПИ на 11 %.

4. Число ошибок, совершаемых при ПФ тестах, аналогичных учебно-познавательным действиям, в ОГ снижается в 2–3 раза, а в ГС на 2–3 % под влиянием типологически ориентированных программ физического воспитания.

5. Получены выраженные корреляционные связи индекса напряжения регуляторных систем организма (стресс-индекса) у группы учащихся I, II нейровегетативного регуляторного типа с психофизиологическими показателями «скорость переработки информации». У наиболее оптимального III типа НВР выявлены корреляционные связи с ПФ показателями «скорость переработки информации» и «внимание». У IV неоптимального типа регуляции с показателем «внимание», но не подкрепленных ростом скорости переработки информации.

6. Совокупность полученных данных свидетельствует о повышении физических и психофизиологических адаптационных возможностей школьников под влиянием физкультурных занятий с учетом типов нейровегетативной регуляции учащихся.

Литература

1. Анохин, П.К. Узловые вопросы теории функциональных систем / П.К. Анохин. – М.: Наука, 1987. – 197 с.
2. Баевский, Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65–86.
3. Безруких, М.М. Отчет о НИР за 2016 год по теме проекта «Физиологическое развитие и состояние здоровья современных де-

тей на разных этапах пубертатного возраста» / М.М. Безруких. – М.: Изд-во ИФДП. – 40 с.

4. Гаврилова, Е.А. Допуск к занятиям физической культурой и спортом лиц с нарушениями ритма проводимости сердца / Е.А. Гаврилова. // Сердце: журнал для практикующих врачей. – 2013. – № 2(70). – С. 107–111.

5. Гаврилова, Е.А. Ритмокардиография в спорте: моногр. / Е.А. Гаврилова. – СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2014. – 164 с.

6. Галеев, А.Р. Вариабельность сердечного ритма у здоровых детей в возрасте 6–16 лет / А.Р. Галеев, Л.Н. Игишева, Э.М. Казин // Физиология человека. – 2002. – № 4. – С. 54–58.

7. Горелик, В.В. Оценка функционального состояния учащихся на основе анализа физиологических показателей регуляторных систем / В.В. Горелик // Спортивная медицина: наука и практика. – 2015. – № 3. – С. 23–30.

8. Демидов, В.А. Медленноволновые характеристики гемодинамики у лиц юношеского возраста, занимающихся и не занимающихся циклическими видами спорта / В.А. Демидов, Н.Ш. Хаснутдинов, Ф.А. Мавлиев // Вестник Тюменского гос. ун-та. Серия «Биологические и медицинские науки». – 2007. – № 6. – С. 75–82.

9. Еськов, В.М. Избранные технологии диагностики / В.М. Еськов, В.Г. Зилов, Н.А. Фудин // Междунар. журн. эксперимент. образования. – 2010. – № 11. – С. 23.

10. Пат. 2005612886 Российская Федерация. Программа количественной оценки показателей памяти человека / В.М. Еськов, С.В. Кулаев, М.А. Филатов; свидетельство об официальной регистрации программы на ЭВМ № 2005612886. РОСПАТЕНТ. – М., 2005.

11. Илюхина, В.А. Психофизиология функциональных состояний и познавательной деятельности здорового и больного человека / В.А. Илюхина. – СПб.: Изд-во Н-Л, 2010. – 368 с.

12. Криволапчук, И.А. Функциональное состояние детей 9–10 лет при напряженной информационной нагрузке и физическая работоспособность / И.А. Криволапчук // Физиология человека. – 2009. – № 6. – С. 1–11.

13. Мавлиев, Ф.А. Краткосрочная адап-

тация гемодинамики и вариабельности ее параметров в ответ на дозированную физическую нагрузку / Ф.А. Мавлиев, Ф.Р. Зотова, В.А. Демидов // Вестник спортивной науки. – 2013. – № 6. – С. 35–41.

14. Мавлиев, Ф.А. Типологические особенности вариабельности параметров кровообращения / Ф.А. Мавлиев, А.С. Назаренко, Н.В. Соснов // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2012. – № 9 (91). – С. 97–101.

15. Русалов, В.М. Психология и психофизиология индивидуальных различий; некоторые итоги и ближайшие задачи системных задач / В.М. Русалов // Психол. журн. – 1991. – № 5. – С. 3–17.

16. Семенов, Ю.Н. Комплекс для переработки кардиоинтервалов и анализа вариабельности сердечного ритма «Варикард 2.51»: рук. к эксплуатации / Ю.Н. Семенов. – Рязань: ИВНМТ «Рамена», 2014. – 303 с.

17. Спивак, Е.М. Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы к нагрузке у юных спортсменов с различными типами вегетативной регуляции / Е.М. Спивак, Н.Н. Нежкина // Спортивная медицина: наука и практика. – 2014. – № 1. – С. 32–36.

18. Филатов, М.А. Измерение количественных показателей психических функций человека на основе диагностического комплекса М-2. / М.А. Филатов, В.М. Еськов, Н.А. Рузанкина // Материалы международной конференции «Датчики и преобразователи информации систем измерения». – М.: МГИЭМ, 2003. – 270 с.

19. Филатов, М.А. Измерительные системы для рефлексометрических исследований в психофизиологии / М.А. Филатов, В.М. Еськов, О.Е. Филатова // Материалы международной конференции «Датчики и преобразователи информации систем измерения». – М.: МГИЭМ, 1991. – С. 129–130.

20. Шлык, Н.И. О физиологической норме ВСП у детей с разной активностью вегетативной регуляции. / Н.И. Шлык, Е.Н. Сапожникова, И.И. Шумихина // XX съезд физиологического общества им. И.П. Павлова: тез. докл. – М.: Рус. врач, 2007. – 492 с.

21. Шлык, Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов / Н.И. Шлык. – Ижевск: Удмуртский гос. ун-т, 2009. – 255 с.

Горелик Виктор Владимирович, кандидат биологических наук, доцент кафедры адаптивной физической культуры, спорта и туризма, Тольяттинский государственный университет. 445020, Самарская область, г. Тольятти, ул. Белорусская, д. 14. E-mail: lecgoy@list.ru, ORCID: 0000-0001-8767-5200.

Беляев Василий Степанович, доктор биологических наук, профессор кафедры теории и методики спортивных дисциплин, Московский городской педагогический университет, Педагогический институт физической культуры и спорта. 117303, г. Москва, Балаклавский проспект, д. 32, корпус 4. E-mail: BelyaevVS@mgpu.ru, ORCID: 0000-0002-8543-3539.

Филиппова Светлана Николаевна, доктор биологических наук, профессор кафедры адаптивной физической культуры и медико-биологических дисциплин, Московский городской педагогический университет, Педагогический институт физической культуры и спорта. 117303, г. Москва, Балаклавский проспект, д. 32, корпус 4. E-mail: svetjar@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3626-6372.

Чумаков Борис Николаевич, доктор медицинских наук, профессор кафедры адаптивной физической культуры и медико-биологических дисциплин, Московский городской педагогический университет Педагогический институт физической культуры и спорта. 117303, г. Москва, Балаклавский проспект, д. 32, корпус 4. E-mail: otarimelkadze@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-9071-8643.

Поступила в редакцию 9 декабря 2017 г.

DOI: 10.14529/hsm180102

PECULIARITIES OF THE PSYCHOPHYSIOLOGICAL ADAPTATION OF PUPILS AGED 11–16 YEARS TO EDUCATIONAL AND PHYSICAL LOADS DETERMINED BY THE TYPES OF THEIR VEGETATIVE REGULATION

*V.V. Gorelik¹, lecgoy@list.ru, ORCID:0000-0001-8767-5200,
V.S. Belyaev², BelyaevVS@mgpu.ru, ORCID: 0000-0002-8543-3539,
S.N. Filippova², svetjar@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3626-6372,
B.N. Chumakov², otarimelkadze@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-9071-8643*

¹*Togliatti State University, Togliatti, Russian Federation,*

²*Moscow City Pedagogical University, Moscow, Russian Federation*

Aim. The aim of this article is to identify the peculiarities of psychophysiological adaptation to educational and physical loads during physical education classes in pupils aged 11–16 years having different types of vegetative regulation of the cardio-vascular system. **Materials and Methods.** We examined the pupils of 5–7 grades (25 male pupils) and 8–10 grades (27 male pupils) studying at school № 90 located in Togliatti, who formed the experimental group. Using the same methods, we also examined the same number of male pupils of the same age studying at school №5 located in Togliatti to form the control group. We used heart rate variability diagnostics performed with the help of Varycard 2.51 computer appliance. For the diagnostics of memory and attention of pupils we used a computer modifying of psychophysiological indexes registration based on recognition of determined stimulus signs among neutral signs (Kreplin's method, Correction test). To evaluate cognitive functions and information processing speed we used the method of time registration (in seconds) of simple sensorimotor reaction to color and geometrical stimuli. **Results.** We established a correlation between TAR and psychophysiological cognitive characteristics, determined their dynamics under the influence of typologically oriented physical stress, and revealed its correction and advancing effects on psychophysical abilities of pupils. The results obtained improve the understanding of integrative mechanisms of psychophysiological adaptation in boys within critical ontogeny periods (prepubertal, pubertal stages) and extend

application of physiological “typing” of the regulative systems to optimize physical education of pupils in secondary and high school. **Conclusion.** The data obtained show the improvement of physical and psychophysical adaptive capacities of pupils under the influence of physical education classes based on their Types of Autonomic Regulation (AR) of the Cardiovascular System (CVS).

Keywords: psychophysiological adaptation, regulative systems of the body (RSB), types of autonomic regulation, CVS functions, physical stresses, correction of psychophysical condition, critical period of ontogenesis, physical education.

References

1. Anokhin P.K. *Uzlovye voprosy teorii funktsional'nykh system* [Nodal Questions of the Theory of Functional Systems]. Moscow, Science Publ., 1987. 197 p.
2. Baevskiy R.M., Ivanov G.G., Chireykin L.V. [Analysis of Heart Rate Variability when Using Various Electrocardiographic Systems]. *Vestnik aritmologii* [Herald of Arrhythmology], 2001, no. 24, pp. 65–86. (in Russ.)
3. Bezrukikh M.M. *Otchet o NIR za 2016 god po teme proekta “Fiziologicheskoe razvitie i sostoyanie zdorov'ya sovremennykh detey na raznykh etapakh pubertatnogo vozrasta”* [Report on the Research Work for 2016 on the Theme of the Project Physiological Development and State of Health of Modern Children at Different Stages of Puberty Age]. Moscow, IFHD Publ., 40 p.
4. Gavrilova E.A. [Admission to Physical Education and Sports for People with Impaired Rhythm of Conduction of the Heart]. *Serditse: zhurnal dlya praktikuyushchikh vrachey* [Heart. A Magazine for Practicing Doctors], 2013, no. 2 (70), pp. 107–111. (in Russ.)
5. Gavrilova E.A. *Ritmokardiografiya v sporte : monografiya* [Rhythmocardiography in Sports. Monograph]. St. Petersburg, SZGMU I.I. Mechnikov Publ., 2014. 164 p.
6. Galeev A.R., Igisheva L.N., Kazin E.M. [Heart Rate Variability in Healthy Children Aged 6–16 Years]. *Fiziologiya cheloveka* [Physiology of Man], 2002, no. 4, pp. 54–58. (in Russ.)
7. Gorelik V.V. [Assessment of the Functional State of Students Based on the Analysis of Physiological Parameters of Regulatory Systems]. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* [Sports Medicine. Science and Practice], 2015, no. 3, pp. 23–30. (in Russ.)
8. Demidov V.A., Khasnutdinov N.Sh., Mavliev F.A. [Slow-Wave Characteristics of Hemodynamics in Adolescents Engaged in and not Engaged in Cyclical Sports]. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Biologicheskies i meditsinskie nauki»* [Bulletin of the Tyumen State University. Series Biological and Medical Sciences], 2007, no. 6, pp. 75–82 (in Russ.)
9. Es'kov V.M., Zilov V.G., Fudin N.A. [Selected Diagnostic Technologies]. *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya* [International Journal of Experimental Education], 2010, no. 11, pp. 23–25. (in Russ.)
10. Es'kov V.M., Kulaev S.V., Filatov M.A. *Programma kolichestvennoy otsenki pokazateley pamyati cheloveka* [Program for the Quantitative Assessment of Human Memory Indicators]. Patent RF, no. 2005612886, 2005.
11. Ilyukhina V.A. *Psikhofiziologiya funktsional'nykh sostoyaniy i poznavatel'noy deyatel'nosti zdorovogo i bol'nogo cheloveka* [Psychophysiology of Functional States and Cognitive Activity of a Healthy and Sick Person]. St. Petersburg, N-L Publ., 2010. 368 p.
12. Krivolapchuk I.A. [Functional State of Children 9-10 Years with Intense Information Load and Physical Working Capacity]. *Fiziologiya cheloveka* [Physiology of Man], 2009, no. 6, pp. 1–11. (in Russ.)
13. Mavliev F.A., Zotova F.R., Demidov V.A. [Short-Term Adaptation of Hemodynamics and Variability of Its Parameters in Response to Dosed Physical Activity]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2013, no. 6, pp. 35–41. (in Russ.)
14. Mavliev F.A., Nazarenko A.S., Sosnov N.V. [Typological Features of the Variability of Circulatory Parameters]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Uchenye Zapiski Universiteta imeni PF Lesgafta], 2012, no. 9 (91), pp. 97–101. (in Russ.)
15. Rusalov V.M. [Psychology and Psychophysiology of Individual Differences; Some Results and Immediate Tasks of System Tasks]. *Psikhologicheskii zhurnal* [Psychological Journal], 1991, no. 5, pp. 3–17. (in Russ.)

16. Semenov Yu.N. *Kompleks dlya pererabotki kardiointervalov i analiza variabel'nosti serdechnogo ritma "Varikard 2.51": rukovodstvo k ekspluatatsii* [Complex for Cardiointerval Processing and Heart Rate Variability Analysis Varikard 2.51. Manual for Operation]. Ryazan', IVNMT Ramena Publ., 2014. 303 p.
17. Spivak E.M., Nezhkina N.N. [Peculiarities of Adapting the Cardiovascular System to Exercise in Young Athletes with Different Types of Vegetative Regulation]. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* [Sports Medicine. Science and Practice], 2014, no. 1, pp. 32–36. (in Russ.)
18. Filatov M.A., Es'kov V.M., Ruzankina N.A. [Measurement of Quantitative Indicators of Human Mental Functions on the Basis of the Diagnostic Complex M-2]. *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii "Datchiki i preobrazovateli informatsii sistem izmereniya"* [Materials of the International Conference Sensors and Converters of Information of Measurement Systems], 2003. 270 p. (in Russ.)
19. Filatov M.A., Es'kov V.M., Filatova O.E. [Measuring Systems for Reflexometric Studies in Psychophysiology]. *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii "Datchiki i preobrazovateli informatsii sistem izmereniya"* [Materials of the International Conference Sensors and Converters of Information of Measurement Systems], 1991, pp. 129–130. (in Russ.)
20. Shlyk N.I., Sapozhnikova E.N., Shumikhina I.I. *O fiziologicheskoy norme VSR u detey s raznoy aktivnost'yu vegetativnoy regulyatsii. XX s"ezd fiziologicheskogo obshchestva imeni I.P. Pavlova* [About Physiological Norm HRV in Children with Different Activity of Vegetative Regulation. XX Congress of the Physiological Society Named After I.P. Pavlova]. Moscow, Russian Doctor Publ., 2007. 492 p.
21. Shlyk N.I. *Serdechnyy ritm i tip regulyatsii u detey, podrostkov i sportsmenov* [Heart Rhythm and Type of Regulation in Children, Adolescents and Athletes]. Izhevsk, Udmurt State University Publ., 2009. 255 p.

Received 9 December 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Особенности психофизиологической адаптации учащихся 11–16 лет к учебным и физическим нагрузкам, детерминированные типами их вегетативной регуляции / В.В. Горелик, В.С. Беляев, С.Н. Филиппова, Б.Н. Чумаков // Человек. Спорт. Медицина. – 2018. – Т. 18, № 1. – С. 20–32. DOI: 10.14529/hsm180102

FOR CITATION

Gorelik V.V., Belyaev V.S., Filippova S.N., Chumakov B.N. Peculiarities of the Psychophysiological Adaptation of Pupils Aged 11–16 Years to Educational and Physical Loads Determined by the Types of Their Vegetative Regulation. *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 20–32. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm180102