



© И. А. Криволапчук, М. Б. Чернова, Е. В. Савушкина

DOI: [10.15293/2658-6762.2003.10](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2003.10)

УДК 612.821+371

Особенности психофизиологической реактивности детей 5–6 и 6–8 лет при умственной, сенсомоторной и физической нагрузках

И. А. Криволапчук, М. Б. Чернова (Москва, Россия), Е. В. Савушкина (Гродно, Беларусь)

Проблема и цель. В настоящее время большое теоретическое и практическое значение приобретает проблема оценки психофизиологической реактивности детей на разных этапах развития и выявления ее особенностей при выполнении тестовых нагрузок различного типа.

Цель исследования – выявить особенности психофизиологической реактивности детей при выполнении умственной, сенсомоторной и физической нагрузок на этапе перехода от дошкольного к младшему школьному возрасту.

Методология. В исследовании приняли участие практически здоровые дети 5–6 ($n=106$) и 6–8 лет ($n=102$). Моделью умственной нагрузки служил компьютеризированный вариант работы с таблицами Анфимова. Сенсомоторная нагрузка, представляющая собой ценные зрительно-моторные реакции с выбором из четырех альтернатив, выполнялась на специальном пульте. Дозированная физическая нагрузка умеренной мощности задавалась на велоэргометре. Для оценки психофизиологической реактивности использовали омегаметрию, вариационный анализ сердечного ритма, регистрацию артериального давления крови, электрической активности кожи, внешнего дыхания и диагностику ситуативной тревожности. Рассчитывали статистические характеристики вариационного ряда и коэффициенты ранговой корреляции, проводили оценку значимости различий.

Результаты. Авторами при изучении психофизиологической реактивности детей 5–6 и 6–8 лет установлено, что умственная и сенсомоторная нагрузки, выполняемые с максимальной скоростью в условиях дефицита времени при наличии «угрозы наказания» и

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 19-013-00093 и № 19-013-00127). Данные о ФС детей 5-6 лет получены при выполнении исследований по гранту № 19-013-00127. Данные о ФС детей 6-8 лет получены при выполнении исследований по гранту № 19-013-00093.

Криволапчук Игорь Альерович – доктор биологических наук, заведующий лабораторией физиологии мышечной деятельности и физического воспитания, Институт возрастной физиологии Российской академии образования; профессор кафедры физической культуры, Государственный университет управления.

E-mail: i.krivolapchuk@mail.ru

Чернова Мария Борисовна – кандидат педагогических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии мышечной деятельности и физического воспитания, Институт возрастной физиологии Российской академии образования.

E-mail: mashacernova@mail.ru

Савушкина Елена Васильевна – старший преподаватель кафедры экспериментальной и прикладной психологии, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы.

E-mail: lesav68@gmail.com

физическая работа умеренной мощности вызывают однонаправленные функциональные изменения в организме. Сопоставление ФС детей рассматриваемых возрастных групп выявило более низкую психофизиологическую цену адаптации школьников 6–8 лет к используемым тестовым нагрузкам по сравнению с дошкольниками 5–6 лет.

Заключение. *На этапе перехода от дошкольного к младшему школьному возрасту особенности психофизиологической реактивности детей, проявляющиеся при одном типе нагрузки, сохраняются при выполнении других тестовых заданий. У школьников 6–8 лет по сравнению с дошкольниками 5–6 лет выявлены более высокая эффективность и низкая психофизиологическая цена адаптации к напряженной деятельности.*

Ключевые слова: *психофизиологическая реактивность, нагрузки разного типа, функциональное состояние, эффективность деятельности, возрастные характеристики; эмоциональный интеллект; молодежь; система высшего образования.*

Постановка проблемы

Психофизиологическая реактивность является одним из наиболее общих показателей функционального состояния (ФС) [3; 12; 14; 27]. Она тесно связана с характером и качеством регуляции функций со стороны модулирующих систем мозга, обеспечивающих приспособляемость организма к постоянно изменяющимся условиям природной [2; 32] и социальной среды [12; 26]. Психофизиологическая реактивность во многом определяет адаптацию к психосоциальным [15; 19; 26], когнитивным [27], эмоциональным [14; 18, 23], физическим [22; 31] и другим стрессорам [25], оказывает влияние на готовность к обучению в школе [25].

Характер психофизиологической реактивности определяется возрастными морфофункциональными особенностями детей [1; 6] и различиями физиологических механизмов, обуславливающих специфику взаимодействия организма и внешней среды [4; 9]. Известно, что избыточная активация приспособительных механизмов организма на ранних этапах развития в наибольшей мере способствует возникновению неблагоприятных изменений ФС [3], развитию разных форм тревожности [16; 24; 29], депрессии [17], агрессивности [34], формированию предрасположенности к

связанным со стрессом неинфекционным заболеваниями [10] и патологическим процессам, ведущим к возникновению аффективных расстройств [18; 35]. В контексте изложенного, важно отметить, что в настоящее время большое теоретическое и практическое значение приобретает задача оценки психофизиологической реактивности детей на разных этапах развития [25; 26] и выявления ее особенностей при выполнении тестовых нагрузок различного типа [28].

Цель настоящего исследования – выявить особенности психофизиологической реактивности детей при выполнении умственной, сенсомоторной и физической нагрузок на этапе перехода от дошкольного к младшему школьному возрасту.

Методология исследования

В исследовании приняли участие дети 5–6 ($n=106$) и 6–8 лет ($n=102$), отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе.

Испытуемые не имели каких-либо противопоказаний для выполнения тестовых нагрузок, не употребляли лекарств и продуктов, содержащих кофеин. Работа одобрена Советом ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО».

В ходе исследования использовали экспериментальную модель, основанную на последовательном выполнении умственной, сенсомоторной и физической нагрузок [21]. В процессе тестирования испытуемые находились в положении сидя. Каждый ребенок принимал участие во всех экспериментальных ситуациях.

Моделью умственной нагрузки служил компьютеризированный вариант работы с буквенными таблицами Анфимова. Оценка выполненного задания проводилась по объему работы (количеству просмотренных знаков – КПЗ) и продуктивности (Q).

Сенсомоторная нагрузка, представляющая собой цепные зрительно-моторные реакции с выбором из четырех альтернатив, выполнялась на специальном пульте. Электронная схема пульта обеспечивала реализацию цепного принципа реагирования: выключение одной лампы в случайном порядке вызывало включение другой и т. д. Оценка сенсомоторного задания проводилась по объему работы – количеству выполненных циклов реагирования (КЦР). Перед выполнением заданий испытуемым сообщалось, что они должны безошибочно работать с максимально возможной скоростью. В качестве «наказания» применялся стандартный набор порицающих замечаний и сильный звук. Продолжительность отдельных периодов работы и отдыха составляла 2 минуты.

Дозированная физическая нагрузка умеренной мощности (1.5 Вт/кг) при темпе pedalирования 60 об/мин задавалась на детском велоэргометре в течение 3-х минут. Регистрация изучаемых показателей осуществлялась в процессе вработывания и в условиях истинного устойчивого состояния.

Регистрация ω -потенциала (ОП), характеризующего ФС ЦНС, осуществлялась по ме-

тодике В. А. Илюхиной [3]. ОП измеряли в состоянии покоя и при выполнении умственной, сенсомоторной и физической нагрузок. По времени выхода исходных значений ω -потенциала на плато определяли спонтанную релаксацию (BCP).

Для выявления степени напряженности регуляторных систем использовали вариационный анализ сердечного ритма [31]. В состоянии покоя записывали 300–500, а при тестовых нагрузках – 100–150 кардиоинтервалов. Определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС), среднюю продолжительность R-R интервала (RRNN), моду (Mo), амплитуду моды (AMo), разброс кардиоинтервалов (MxDMn), среднеквадратическое отклонение (SDNN), стресс-индекс (SI).

Систолическое (СД) и диастолическое (ДД) артериальное давление крови при умственной и сенсомоторной нагрузках регистрировали на каждой минуте работы в соответствии с рекомендациями Society for Psychophysical Research [30] с помощью полуавтоматического прибора MF-30. Применяли адекватную возрасту детскую манжету. При физической нагрузке измеряли только СД. Рассчитывали двойное произведение (ДП).

Электрическую активность кожи (ЭАК) по Тарханову регистрировали с поверхности кисти левой руки. Частоту дыхания (ЧД) записывали посредством пневмодатчика. На основе метода цветочных выборов МЦВ (модифицированный тест М. Люшера) [7] определяли уровень ситуативной тревожности (СТ).

В ходе анализа полученных данных рассчитывали статистические характеристики вариационного ряда исследуемых показателей и коэффициенты ранговой корреляции Спирмена. Оценку значимости различий проводили с помощью методов параметрической и непараметрической статистики.

Результаты исследования, обсуждение
Изучение ФС в условиях спокойного бодрствования и мобилизационной готовности, а также при выполнении умственной, сенсомоторной и физической нагрузок позволило выявить особенности психофизиологической реактивности детей на этапе перехода от дошкольного к младшему школьному возрасту.

Данные, представленные в табл. 1 и 2, отражают состояние корково-стволовых и лимбико-ретикулярных механизмов регуляции ФС у детей 5–6 и 6–8 лет. Установлено, что в условиях спокойного бодрствования у детей 5–6 лет средние значения ω -потенциала обнаруживаются у 50 % испытуемых, низкие – у 26,0 % испытуемых и высокие – у 24,0 % дошкольников. В 6–8 лет средние значения ω -потенциала наблюдаются у 59,4 % испытуемых, низкие – у 25,6 % испытуемых и высокие – у 15,0 % школьников. Полученные в настоящем исследовании величины ω -потенциала позволяют утверждать, что у большинства детей рассматриваемых возрастных групп наблюдается оптимальный уровень спокойного бодрствования. Динамика ω -потенциала при переходе из состояния активного бодрствования к состоянию спокойного бодрствования характеризовалась быстрой и умеренно замедленной спонтанной релаксацией. В этих условиях выявлены различия между детьми рассматриваемых возрастных групп по ряду вегетативных показателей активации. Они касались, прежде всего, ЧСС, RRNN, СД ($p < 0,05–0,01$).

Выполнение умственной, сенсомоторной и физической нагрузок обуславливало увеличение ($p < 0,01–0,001$) средних значений ω -потенциала, ЧСС, SI, СД, ДП, ЧД, СТ (табл.1), а также уменьшение SDNN, RRNN, Mo, MxDMn. Наблюдалось также увеличение параметров ЭАК в виде появления непре-

рывно следующих одна за другой волн. В период релаксации после нагрузки у ряда испытуемых ЭАК не угасала.

Сопоставление максимальных сдвигов ω -потенциала, наблюдаемых при разных нагрузках, дало возможность констатировать их значительную степень сходства (см. табл. 1 и 2). Анализ изменений показателей центральной гемодинамики, сердечного ритма, вегетативного баланса и тревожности, происходящих при выполнении тестовых заданий у детей 5–6 и 6–8 лет, также показал, что в условиях умственной и сенсомоторной работы их сдвиги статистически значимо не отличаются. Исключение составляют изменения ЧД, которые при сенсомоторной нагрузке в обеих группах были более выраженными ($p < 0,001$), чем при умственной.

Сравнение эффективности когнитивной деятельности у детей рассматриваемых возрастных групп выявило более высокую продуктивность ($p < 0,001$) реализации умственной и сенсомоторной нагрузок у школьников 6–8 лет по сравнению с дошкольниками 5–6 лет на фоне менее значительных изменений ряда показателей сердечного ритма (ЧСС, RRNN) и более высоких значений систолического давления крови (см. табл. 1 и 2).

Циклическая физическая нагрузка умеренной интенсивности вызывала наиболее выраженные сдвиги ($p < 0,01–0,001$) показателей сердечного ритма, центральной гемодинамики, внешнего дыхания и вегетативного баланса (см. табл. 1 и 2). При выполнении физической нагрузки на велоэргометре максимальные сдвиги показателей сердечного ритма и гемодинамики наблюдались в конце 2-й минуты работы, после чего их величины стабилизировались, и наступал период устойчивой работоспособности.

Сравнение ФС детей рассматриваемых возрастных групп при физической нагрузке

также выявило межгрупповые различия ($p < 0,05-0,001$) в отношении абсолютных значений ЧСС, RRNN, ДП и ЧД (см. табл. 1 и 2):

у школьников 6–8 лет средние величины рассматриваемых показателей в устойчивом состоянии были меньше, чем у детей 5–6 лет.

Таблица 1

Показатели функционального состояния у детей 5-6 лет в покое, при умственной, сенсомоторной и физической нагрузках

Table 1

Indicators of functional state in children 5-6 years old at rest, with mental, sensorimotor and physical exertion

Показатель / Parameter	Состояние покоя / Functional state rest	Нагрузка / Load					
		Умственная / Mental		Сенсомоторная / Sensory-motor		Физическая / Physical	
		A/AV	C/S	A/AV	C/S	A/AV	C/S
ω -потенциал, мВ / ω -potential, mV	24,2±1,5	42,7±1,5	18,5±1,3*	40,3±1,6	16,1±1,3*	38,6±1,6	14,4±1,2*
ЧСС, уд/мин / HR, bpm	94,2±1,4	113,6±1,3	19,4±0,7*	111,5±1,4	17,3±0,7*	165,2±1,5	71,0±1,2*
RRNN, мс / RRNN, ms	635,1±14,4	602,5±11,2	-32,6±9,3*	605,8±11,0	-29,3±8,7*	423,8±10,0	-211,3±8,8*
АМо, % / АМо, %	42,1±1,4	53,8±1,8	11,7±1,2*	52,1±1,8	10,0±1,4*	72,7±2,1	30,6±1,2*
МхDMn, мс / МхDMn, ms	228,3±11,4	159,2±11,8	-69,1±7,0*	172,6±11,8	-55,7±8,1*	122,2±9,2	-106,1±11,4*
SDNN, мс / SDNN, ms	52,6±2,1	43,3±1,5	-9,3±0,9*	44,5±1,5	-8,1±1,1*	31,4±1,0	-21,2±0,9*
SI, отн.ед. / SI, relative units	165,1±18,3	361,2±18,5	196,1±16,1*	296,6±17,5	131,5±21,3*	1121,4±136,8	956,3±135,7*
СД, мм.рт.ст. / BPS mm Hg	101,3±1,6	114,4±1,6	13,1±1,8*	112,5±1,6	11,2±1,6*	137,9±1,8	36,6±1,8*
ДП, отн. ед. / DP, relative units	96,4±1,8	131,6±2,4	35,2±1,6*	129,5±2,5	33,1±1,8*	225,8±2,4	129,4±2,0*
ЧД, цикл./мин / BR, cycl./min.	22,2±0,4	33,5±0,8	11,3±0,5*	41,7±1,1	19,5±0,4*	47,2±0,8	25,0±0,5*
СТ, баллы / SA, points	1,5±0,4	3,9±0,6	2,4±0,4*	3,1±0,6	1,6±0,4*	3,2±0,7	1,7±0,5*
Скорость работы+ / Work speed+	–	92,8±3,1	–	153,5±3,4	–	–	–
Q, отн.ед. / Q, relative units	–	6,8±0,7	–	–	–	–	–

Примечание. ОП – ω -потенциал; ЧСС – частота сердечных сокращений; RRNN – средняя продолжительность R-R интервала; АМо – амплитуда моды; МхDMn – разброс R-R интервалов; SDNN – среднее квадратическое отклонение R-R интервалов; SI – стресс-индекс; СД – систолическое давление; ДП – двойное произведение; ЧД – частота дыхания; СТ – ситуативная тревожность; А – абсолютное значение показателя; С – сдвиг показателя; * – достоверность сдвигов на нагрузку ($p < 0,01-0,001$).

+ – Скорость работы. При умственной нагрузке – общее количество просмотренных знаков (КПЗ); при сенсомоторной нагрузке – количество циклов реагирования в минуту (КЦР).

Note. OP – ω -potential; HR – heart rate; RRNN is the average duration of the R-R interval; АМо – mode amplitude; МхDMn is the spread of the R-R intervals; SDNN is the standard deviation of the R-R intervals; SI – stress index; SBP – systolic pressure; DP – double product; BR – respiratory rate; SA – situational anxiety; AV is the absolute value of the indicator; S – indicator shift; * – reliability of shifts on the load ($p < 0.01-0.001$).

+ – Speed of work. With mental load – the total number of viewed characters (NVC); with sensorimotor load – the number of response cycles per minute (NRC).

Таблица 2

Показатели функционального состояния у детей 6–8 лет в покое, при умственной, сенсомоторной и физической нагрузках

Table 2

Indicators of the functional state in children 6–8 years old at rest, with mental, sensorimotor and physical exertion

Показатель / Parameter	Состояние покоя / Functional state rest	Нагрузка / Load					
		Умственная / Mental		Сенсомоторная / Sensory-motor		Физическая / Physical	
		A/AV	C/S	A/AV	C/S	A/AV	C/S
ω-потенциал, мВ /ω-potential, mV	23,7±1,4	43,2±1,6	19,5±1,2*	42,6±1,8	18,9±1,2*	39,7±1,6	16,0±1,2*
ЧСС, уд/мин/ HR, bpm	89,6±1,3x	108,3±1,4xx	18,7±0,9*	107,5±1,5	17,9±0,8*	151,3±1,4xxx	61,7±1,1*
RRNN, мс/ RRNN, ms	691,1±12,7xx	656,5±10,5xx	-34,6±9,9*	670,3±10,4xxx	-20,8±8,2*	450,7±8,7x	-240,4±8,5*
АМо, %/ АМо, %	38,7±1,4	52,3±1,7	13,6±1,5*	49,6±1,8	10,9±1,4*	75,3±1,9	36,6±1,4*
МхDMn, мс/ MxDMn, ms	218,5±11,8	184,2±11,3	-34,3±7,7*	189,0±10,9	-29,5±7,3	138,2±6,8	-80,3±10,5*
SDNN, мс/ SDNN, ms	54,2±1,7	42,6±1,4	-11,6±0,8*	44,9±1,5	-9,3±0,8*	31,7±1,2	-22,5±1,1*
SI, отн.ед./ SI, relative units	124,1±14,0x	316,3±16,8	192,2±12,9*	273,9±19,4	149,8±14,4*	1001,0±122,7	876,9±110,6*
СД, мм.рт.ст./ BPS mm Hg	105,8±1,4	119,7±1,5x	13,9±1,4*	118,1±1,7x	12,3±2,0*	138,5±1,9	32,7±1,6*
ДП, отн. ед./ DP, relative units	95,8±1,7	132,8±2,3	37,0±1,4*	126,9±2,2	31,1±1,4*	214,6±2,9xx	118,8±2,3*
ЧД, цикл./мин /BR, cycl./min.	23,7±0,3	31,3±0,7x	7,6±0,3*	38,9±1,1	15,2±0,5*	44,6±0,8x	20,9±0,4*
СТ, баллы / SA, points	1,2±0,4	3,3±0,7	2,1±0,6*	2,7±0,6	1,5±0,5*	2,1±0,5	0,9±0,3*
Скорость работы+ / Work speed+	–	149,2±3,9xxx	–	189,6±3,1xxx	–	–	–
Q, отн.ед./ Q, relative units	–	9,6±0,9xx	–	–	–	–	–

Примечание. ОП – X, XX, XXX – статистическая значимость различий между детьми 5–6 и 6–8 лет при $p < 0,05$, 0,01, 0,001 соответственно. Остальные обозначения такие же, как и в табл. 1.

Note. OP - X, XX, XXX – statistical significance of differences between children 5–6 and 6–8 years old at $p < 0.05$, 0.01, 0.001, respectively. The remaining designations are the same as in table. 1.

Анализ взаимосвязей между величинами рассматриваемых показателей в состоянии спокойного бодрствования и в условиях тестовых нагрузок выявил статистически значимые корреляции между ними (табл. 3). Полученные данные показывают, что особенности психофизиологической реактивности связаны с уровнем активации в состоянии покоя. Результаты исследования свидетельствуют также о том, что сдвиги ω-потенциала, ЧСС,

ДП, SI и ЧД при выполнении различных тестовых заданий тесно взаимосвязаны. Наиболее сильные степени тесноты взаимосвязи в обеих возрастных группах детей выявлены между величинами ω-потенциала при умственной, сенсомоторной и физической нагрузках, а наименее существенные, однако статистически значимые, – между изменениями ЧД в рассматриваемых условиях (см. табл. 3). У детей 5–6 лет в целом обнаружены

более тесные взаимосвязи показателей ФС по сравнению с детьми 6–8 лет.

Таблица 3

Взаимосвязь показателей ФС в условиях спокойного бодрствования и при выполнении умственной, сенсомоторной и физической нагрузок у детей 5–6 и 6–8 лет

Table 3

Correlations of FS indices in conditions of calm wakefulness and when performing mental, sensorimotor and physical exertion in children 5–6 and 6–8 years old

Показатель/Parameter	ОП ₁ /OP ₁	ОП ₂ /OP ₂	ОП ₃ /OP ₃	ЧСС ₁ /HR ₁	ЧСС ₂ /HR ₂	ЧСС ₃ /HR ₃	ДП ₁ /DP ₁	ДП ₂ /DP ₂	ДП ₃ /DP ₃	СИ ₀ /SI ₀	СИ ₁ /SI ₁	СИ ₂ /SI ₂	СИ ₃ /SI ₃	ЧД ₁ /BR ₁	ЧД ₂ /BR ₂	ЧД ₃ /BR ₃
ОП ₀ /OP ₀	61/59	58/55	65/63	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ОП ₁ /OP ₁		92/89	81/84	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ОП ₂ /OP ₂			85/79	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ЧСС ₀ /HR ₀				73/84	88/91	65/61	–	–	–	52/57	71/75	76/78	–	–	–	–
ЧСС ₁ /HR ₁					90/81	60/72	–	–	–	–	65/54	55/57	–	–	–	–
ЧСС ₂ /HR ₂						74/77	–	–	–	–	70/77	67/74	–	–	–	–
ЧСС ₃ /HR ₃							–	–	–	–	–	–	55/61	–	–	–
ДП ₀ /DP ₀							61/75	85/82	72/69	–	–	–	–	–	–	–
ДП ₁ /DP ₁								84/87	72/74	–	–	–	–	–	–	–
ДП ₂ /DP ₂									64/71	–	–	–	–	–	–	–
СИ ₀ /SI ₀											53/59	76/70	72/75	–	–	–
СИ ₁ /SI ₁												77/86	68/81	–	–	–
СИ ₂ /SI ₂													71/68	–	–	–
ЧД ₀ /BR ₀														62/56	41/45	59/66
ЧД ₁ /BR ₁															36/40	55/58
ЧД ₂ /BR ₂																38/43

Примечание: представлены только статистически значимые коэффициенты ранговой корреляции Спирмена. Целые и запятые у коэффициентов корреляции опущены. В числители коэффициенты корреляции у детей 6–8 лет, в знаменателе – 5–6 лет.

Индексы 0, 1, 2, 3 – спокойное бодрствование, умственная, сенсомоторная и физическая нагрузки соответственно.

Note: Only statistically significant Spearman rank correlation coefficients are presented. Integers and commas in the correlation coefficients are omitted. In the numerators, the correlation coefficients in children 6–8 years old, in the denominator – 5–6 years.

Indices 0, 1, 2, 3 – calm wakefulness, mental, sensorimotor and physical stress, respectively.

Обобщение результатов исследования показало, что у детей 5–6 и 6–8 лет выявлены соответствующие возрастной норме значения ω -потенциала [3], параметров сердечного ритма [13; 21; 31], центральной гемодинамики и вегетативного баланса [12; 25; 26].

Согласно современным представлениям ω -потенциал рассматривается в качестве интегрального количественного параметра уровня активации ЦНС [20; 33] и стрессоустойчивости человека при выполнении напряженных физических и психических

нагрузок [3; 5]. В нашем исследовании у большинства детей наблюдался оптимальный уровень ω -потенциала в условиях спокойного бодрствования в сочетании с быстрой и умеренно замедленной спонтанной релаксацией, что рассматривается как физиологическая основа повышенной устойчивости к стрессу и хороших адаптационных возможностей детского организма [3].

Изучение динамики ω -потенциала при выполнении тестовых заданий различного

типа выявило высокую реактивность этого показателя на предъявляемые функциональные нагрузки. Обращает на себя внимание наличие тесной взаимосвязи между изменениями используемых показателей ФС при умственной, сенсомоторной и физической работе, с одной стороны, и активированностью в состоянии спокойного бодрствования, с другой. Последнее позволяет предполагать, что, по результатам, полученным при реализации какого-либо одного вида тестовых нагрузок, можно предсказывать особенности динамики ФС при двух других. Сходство максимальных сдвигов ω -потенциала, наблюдаемых при умственной, сенсомоторной и физической работе, свидетельствует о неспецифической природе изменений данного интегрального показателя, отражающих, по-видимому, не столько содержание тестового задания, сколько интенсивность деятельности и индивидуальные особенности психофизиологической реактивности детей 5–6 и 6–8 лет.

Необходимо отметить, что у детей обследуемых возрастных групп при реализации тестовых нагрузок наблюдались повышение уровня неспецифической активации ЦНС, напряженность корково-стволовых и лимбико-ретикулярных механизмов регуляции функционального состояния, преобладание активности симпатического отдела ВНС над парасимпатическим, усиление влияния центрального контура управления сердечным ритмом, стимуляция системной гемодинамики и возрастание уровня тревожности по сравнению с состоянием спокойного бодрствования. Полученные результаты дают основание полагать, что реализация умственной и сенсомоторной работы с максимальной скоростью при наличии «угрозы наказания», оказывает выраженное стрессогенное воздействие на детей 5–6 и 6–8 лет.

Важно подчеркнуть, что изменения большинства из используемых психофизиологических показателей, зарегистрированные при умственной и сенсомоторной работе, сопоставимы с их динамикой, выявленной другими авторами при стрессе, обусловленном психологическими и физическими по своей природе факторами [3, 12; 14; 22; 26; 29]. Однако физическая нагрузка умеренной интенсивности, по сравнению с напряженной умственной и сенсомоторной работой, вызывает более значительные сдвиги параметров сердечного ритма, центральной гемодинамики, внешнего дыхания и вегетативного баланса.

Выявлены статистически значимые взаимосвязи между изменениями показателей ФС организма детей 5–6 и 6–8 лет при физической, умственной и сенсомоторной работе. Полученные данные указывают на то, что психофизиологические механизмы срочной адаптации детей 5–6 и 6–8 лет к воздействию психологических по своей природе стрессоров и физических нагрузок в значительной степени совпадают. Выявленное сходство базируется на возможности реализации неспецифических реакций, характеризующихся общими, однотипными изменениями, наблюдаемыми при любом адаптационном процессе [2; 21; 32].

Результаты исследования свидетельствуют в пользу представления о том, что физические нагрузки, вызывающие состояние напряжения [32], также как и психологические факторы [19; 27], могут оказывать воздействие на центральные механизмы «оценки угрозы», запуская одни и те же регуляторные процессы независимо от природы стрессорного воздействия. В этой связи высказывается предположение о возможном влиянии адаптации к мышечной деятельности на сложный процесс неокортикальной и лимбической интеграции, имеющий место в случае интерпре-

тации стимула как «неприятного» или «угрожающего». Дело в том, что в ситуациях психической напряженности и угрозы, в том числе и символической, у современного человека возникает, выработанная в процессе эволюции реакция на стресс, обеспечивающая гипермобилизацию вегетативных функций, энергетических и пластических ресурсов организма. Данная реакция была необходима первобытному человеку для преодоления возникающих проблем посредством интенсивной мышечной деятельности. Считается, что естественный отбор закрепил целесообразность этой гипермобилизации, так как она способствовала выживанию первобытного человека. Последнее даёт нам основание рассматривать стрессовую реакцию как эволюционно детерминированный психофизиологический процесс, подготавливающий организм ребенка к напряженной физической активности.

Проведенные сравнительные исследования позволили установить, что у детей 6–8 лет в целом отмечается более быстрая стабилизация ω -потенциала в условиях спокойного бодрствования и более низкий уровень фоновой активированности по сравнению с детьми 5–6 лет. Сопоставление ФС детей рассматриваемых возрастных групп при умственной и сенсомоторной нагрузках выявило у школьников 6–8 лет более высокую продуктивность деятельности по сравнению с дошкольниками 5–6 лет на фоне менее значительных изменений показателей сердечного ритма и более высоких значений систолического давления крови. Последнее, вероятно, отражает возрастную тенденцию увеличения у детей всех видов артериального давления крови. В целом

на основе полученных результатов можно сделать заключение, что у детей 6–8 лет психофизиологическая цена напряженной когнитивной деятельности ниже, а эффективность её реализации выше, чем у дошкольников 5–6 лет. Сравнительный анализ изменений ФС детей при физической нагрузке показал, что у школьников 6–8 лет средние величины ряда вегетативных показателей в устойчивом состоянии были меньше, чем у дошкольников 5–6 лет. Это свидетельствует, что дозированная физическая нагрузка одинаковой величины у школьников 6–8 лет реализуется за счет меньшей физиологической цены.

На этапе перехода от дошкольного к младшему школьному возрасту наблюдаются качественные перестройки в формировании регуляторной системы мозга [9], которым соответствуют существенные изменения в деятельности других физиологических систем, в частности, выраженные преобразования двигательной функции и мышечной энергетики¹ [11]. Отмеченные морфофункциональные изменения позволяют рассматривать данный период в качестве переломного этапа развития. В настоящем исследовании выявлены особенности психофизиологической реактивности при выполнении умственной, сенсомоторной и физической нагрузок, наблюдаемые у детей в этот качественно своеобразный период онтогенеза. Установлено, что у детей 5–6 и 6–8 лет когнитивная деятельность, реализуемая в максимально возможном темпе, также, как и мышечная деятельность умеренной мощности, осуществляется в значительной степени за счет генерализованного характера активационных процессов. При этом в сходных условиях наблюдения у детей 5–6 лет отмечается

¹ Тамбовцева Р. В. Ферментативные преобразования мышечной ткани в постнатальном онтогенезе // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 12–1. – С. 124–127.

более высокий уровень неспецифической активации по сравнению с детьми 6–8 лет и более высокая реактивность модулирующей системы мозга. Можно полагать, что обнаруженные возрастные различия в уровне неспецифической активации и психофизиологической реактивности обусловлены становлением в онтогенезе механизмов модулирующей системы мозга. В совокупности представленные выше данные являются отражением более общей закономерности повышения по мере развития эффективности, экономичности и надежности функционирования как отдельных систем, так и целостного организма [9].

Заключение

Изучение психофизиологической реактивности детей 5–6 и 6–8 лет показало, что умственная и сенсомоторная нагрузки, выполняемые с максимальной скоростью в условиях дефицита времени при наличии «угрозы наказания» и физическая работа умеренной мощности вызывают однонаправленные функциональные изменения в организме, проявляющиеся в повышении уровня активации ЦНС, напряженности механизмов регуляции ФС, стимуляции системной гемодинамики, усилении центральных влияний на изменения сердечного ритма и возрастании тревожности.

Установлено, что особенности психофизиологической реактивности детей, выявленные при одном типе нагрузки, сохраняются, как правило, при выполнении других тестовых заданий. Однако, будучи неспецифическими по отношению к типу нагрузки, сдвиги различных индикаторов ФС происходят независимо друг от друга. В этих условиях у детей 5–6 лет в целом обнаружены более тесные взаимосвязи показателей ФС по сравнению с детьми 6–8 лет.

Сравнение ФС детей рассматриваемых возрастных групп при умственной и сенсомоторной нагрузках выявило более высокую эффективность и низкую психофизиологическую цену адаптации к напряженной деятельности у школьников 6–8 лет по сравнению с дошкольниками 5–6 лет. Установлено также, что дозированная физическая нагрузка одинаковой величины у школьников 6–8 лет реализуется за счет меньшей психофизиологической цены.

В целом полученные результаты дают основание рассматривать стрессовую реакцию как в значительной степени эволюционно детерминированный психофизиологический процесс, подготавливающий организм ребенка к напряженной физической активности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безруких М. М., Мачинская Р. И., Фарбер Д. А. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга и формирование познавательной деятельности в онтогенезе ребенка // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 6. – С. 10–24. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12989134>
2. Илюхина В. А. Сверхмедленные информационно-управляющие системы в интеграции процессов жизнедеятельности головного мозга и организма // Физиология человека. – 2013. – Т. 39, № 3. – С. 114–126. DOI: <http://dx.doi.org/10.7868/S0131164613030107> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21229093>
3. Мачинская Р. И. Управляющие системы мозга // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. – 2015. – Т. 65, № 1. – С. 33–60. DOI: <http://dx.doi.org/10.7868/S0044467715010086> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22995553>



4. Мызников И. Л., Щербина Ф. А. Особенности формирования компенсаторно-приспособительных реакций организма моряков в условиях длительного хронического стресса // Физиология человека. – 2006. – Т. 32, № 3. – С. 92–97. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9220225>
5. Семенова О. А., Мачинская Р. И. Особенности регуляторных компонентов познавательной деятельности у детей 5-10 лет с изменениями электрической активности мозга лимбического происхождения // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. – 2016. – Т. 66, № 4. – С. 458–469. DOI: <http://dx.doi.org/10.7868/S0044467716040109> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26498100>
6. Собчик Л. Н. Методы психодиагностики как инструмент исследования личности и дезадаптивных состояний // Личность в экстремальных условиях и кризисных ситуациях жизнедеятельности. – 2011. – № 1. – С. 85–90. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19076100>
7. Agorastos A., Pervanidou P., Chrousos G. P., Baker D. G. Developmental Trajectories of Early Life Stress and Trauma: A Narrative Review on Neurobiological Aspects Beyond Stress System Dysregulation // *Frontiers in Psychiatry*. – 2019. – Vol. 10. – P. 118. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsy.2019.00118>
8. Armstrong N., Barker A. R., McManus A. M. Muscle metabolism changes with age and maturation: How do they relate to youth sport performance? // *British Journal of Sports Medicine*. – 2015. – Vol. 49 (13). – P. 860–864. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2014-094491>
9. Boyce W. T. Differential Susceptibility of the Developing Brain to Contextual Adversity and Stress // *Neuropsychopharmacology*. – 2015. – Vol. 41 (1). – P. 142–162. DOI: <https://doi.org/10.1038/npp.2015.294>
10. Bush N. R., Caron Z. K., Blackburn K. S., Alkon A. Measuring Cardiac Autonomic Nervous System (ANS) Activity in Toddlers – Resting and Developmental Challenges // *JoVE*. – 2016. – Vol. 108. – P. 53652. DOI: <https://doi.org/10.3791/53652>
11. Coulombe B. R., Rudd K. L., Yates T. M. Children's physiological reactivity in emotion contexts and prosocial behavior // *Brain and Behavior*. – 2019. – Vol. 9 (10). – e01380. DOI: <https://doi.org/10.1002/brb3.1380>
12. De Los Reyes A., Aldao A., Qasmieh N., Dunn E. J., Lipton M. F., Hartman C., Youngstrom E. A., Dougherty L. R., Lerner M. D. Graphical representations of adolescents' psychophysiological reactivity to social stressor tasks: Reliability and validity of the Chernoff Face approach and person-centered profiles for clinical use // *Psychological Assessment*. – 2017. – Vol. 29 (4). – P. 422–434. DOI: <https://doi.org/10.1037/pas0000354>
13. Dieleman G. C., Huizink A. C., Tulen J. H., Utens E. M., Tiemeier H. Stress reactivity predicts symptom improvement in children with anxiety disorders // *Journal of Affective Disorders*. – 2016. – Vol. 196. – P. 190–209. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jad.2016.02.022>
14. Farber D. A., Machinskaya R. I., Kurgansky A. V., Petrenko N. E. Functional organization of the brain in the period of preparation for recognizing fragmented images in seven- to eight-year-old children and adults // *Human Physiology*. – 2014. – Vol. 40 (5). – P. 475–482. DOI: <https://doi.org/10.1134/S036211971405003X>
15. Hamilton J. L., Alloy L. B. A typical reactivity of heart rate variability to stress and depression across development: Systematic review of the literature and directions for future research // *Clinical Psychology Review*. – 2016. – Vol. 50. – P. 67–79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2016.09.003>



16. Hare T. A., Tottenham N., Galvan A. Voss H. U., Glover G. H., Casey B. J. Biological substrates of emotional reactivity and regulation in adolescence during an emotional go–nogo task // *Biological Psychiatry*. – 2008. – Vol. 63 (10). – P. 927–934. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2008.03.015>
17. Johnson A. E., Perry N. B., Hostinar C. E., Gunnar M. R. Cognitive-affective strategies and cortisol stress reactivity in children and adolescents: Normative development and effects of early life stress // *Developmental Psychobiology*. – 2019. – Vol. 61 (7). – P. 999–1013. DOI: <https://doi.org/10.1002/dev.21849>
18. Kovac S., Speckmann E., Gorji A. Uncensored EEG: The role of DC potentials in neurobiology of the brain // *Progress in Neurobiology*. – 2018. – Vol. 165–167. – P. 51–65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2018.02.001>
19. Krivolapchuk I. A., Chernova M. B. Physical performance and psychophysiological reactivity of 7–8 year-old children to different types of exercise // *Medicina dello Sport*. – 2012. – Vol. 65 (2). – P. 173–185. URL: <https://www.minervamedica.it/en/journals/medicina-dello-sport/article.php?cod=R26Y2012N02A0173>
20. Lambiase M. J., Dorn J., Roemmich J. N. Systolic blood pressure reactivity during submaximal exercise and acute psychological stress in youth // *American Journal of Hypertension*. – 2013. – Vol. 26 (3). – P. 409–415. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajh/hps036>
21. Latham M. D., Cook N., Simmons J. G., Byrne M. L., Kettle J. W. L., Schwartz O., Vijayakumar N., Whittle S., Allen N. B. Physiological correlates of emotional reactivity and regulation in early adolescents // *Biological Psychology*. – 2017. – Vol. 127. – P. 229–238. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.07.018>
22. Nelemans S. A., Hale W. W., Branje S. J. T., van Lier P. A. C., Koot H. M., Meeus W. H. J. The role of stress reactivity in the long-term persistence of adolescent social anxiety symptoms // *Biological Psychology*. – 2017. – Vol. 125. – P. 91–104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.03.003>
23. Obradovic J., Bush N. R., Stamperdahl J., Adler N. E., Boyce W. T. Biological sensitivity to context: the interactive effects of stress reactivity and family adversity on socioemotional behavior and school readiness // *Child Development*. – 2010. – Vol. 81 (1). – P. 270–289. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2009.01394.x>
24. Quas J. A., Yim I. S., Oberlander T. F., Nordstokke D., Essex M. J., Armstrong J. M., Bush N., Obradovic J., Boyce W. T. The symphonic structure of childhood stress reactivity: patterns of sympathetic, parasympathetic, and adrenocortical responses to psychological challenge // *Development and Psychopathology*. 2014. – Vol. 26 (4). – P. 963–982. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0954579414000480>
25. Roos L. E., Beauchamp K. G., Giuliano R., Zalewski M., Kim H. K., Fisher P. A. Children's biological responsivity to acute stress predicts concurrent cognitive performance // *Stress*. – 2018. – Vol. 21 (4). – P. 347–354. DOI: <https://doi.org/10.1080/10253890.2018.1458087>
26. Roos L. E., Giuliano R. J., Beauchamp K. G., Gunnar M., Amidon B., Fisher P. A. Validation of Autonomic and Endocrine Reactivity to a Laboratory Stressor in Young Children // *Psychoneuroendocrinology*. – 2017. – Vol. 77. – P. 51–55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.11.023>
27. Rozenman M., Sturm A., McCracken J. T., Piacentini J. Autonomic arousal in anxious and typically developing youth during a stressor involving error feedback // *European Child & Adolescent Psychiatry*. – 2017. – Vol. 26 (12). – P. 1423–1432. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00787-017-1001-3>



28. Shapiro D., Jamner L. D., Lane J. D., Light K. C., Myrtek M., Sawada Y., Steptoe A. Blood pressure publication guidelines. Society for Psychophysical Research // *Psychophysiology*. – 1996. – Vol. 33 (1). – P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1996.tb02103.x>
29. Shlyk N. I., Sapozhnikova E. N., Kirillova T. G., Semenov V. G. Typological characteristics of the functional state of regulatory systems in schoolchildren and young athletes (According to Heart Rate Variability Data) // *Human Physiology*. – 2009. – Vol. 35 (6). – P. 730–738. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0362119709060103>
30. Sothmann M. S., Buckworth J., Claytor R. P., Cox R. H., White-Welkley J. E., Dishman R. K. Exercise Training and the Cross-Stressor Adaptation Hypothesis // *Exercise and Sport Sciences Reviews*. – 1996. – Vol. 24 (1). – P. 267–288. DOI: <http://dx.doi.org/10.1249/00003677-199600240-00011>
31. Trimmel M., Goger C., Spitzer U., Geiss-Granadia T. Brain DC Potentials Evoked by Listening to Mozart's Sonata K. 448, Albinoni's Adagio, Schubert's Fantasia, and Brown Noise: Indications of a Mozart Effect Independent of Mood and Arousal // *Journal of Psychology and Brain Studies*. – 2017. – Vol. 1 (1:2). – P. 1–7. DOI: <https://www.imedpub.com/articles/review-article.pdf>
32. Winiarski D. A., Engel M. L., Karnik N. S., Brennan P. A. Early Life Stress and Childhood Aggression: Mediating and Moderating Effects of Child Callousness and Stress Reactivity // *Child Psychiatry & Human Development*. – 2018. – Vol. 49 (5). – P. 730–739. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10578-018-0785-9>
33. Winzeler K., Voellmin A., Hug E., Kirmse U., Helmig S., Princip M., Cajochen C., Bader K., Wilhelm F. H. Adverse childhood experiences and autonomic regulation in response to acute stress: the role of the sympathetic and parasympathetic nervous systems // *Anxiety Stress Coping*. – 2017. – Vol. 30 (2). – P. 145–154. DOI: <https://doi.org/10.1080/10615806.2016.1238076>
34. Zarakovsky G. M. The objective function of human adaptation: Developing the ideas of Vsevolod I. Medvedev // *Human Physiology*. – 2014. – Vol. 40 (6). – P. 589–596. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0362119714060139>



DOI: [10.15293/2658-6762.2003.10](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2003.10)

Igor Allerovich Krivolapchuk

Dr. Sci. (Biolog.), Head,

Laboratory of Physiology of Muscular Activity and Physical Training,
Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education,
Moscow, Russian Federation.

State University of Management, Moscow, Russian Federation.

Corresponding author

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8628-6924>

E-mail: i.krivolapchuk@mail.ru

Maria Borisovna Chernova

Cand. Sci. (Ped.), Senior Researcher,

Laboratory of Physiology of Muscular Activity and Physical Training,
Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education,
Moscow, Russian Federation.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1253-9842>

E-mail: mashacernova@mail.ru

Elena Vasilyevna Savushkina

Senior Teacher of Department of Experimental and Applied Psychology,
Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Belarus.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5459-4391>

E-mail: lesav68@gmail.com

Characteristics of psychophysiological reactivity of children aged 5–6 and 6–8 years during intellectual, sensomotor and physical challenges

Abstract

Introduction. Recent years have witnessed theoretical and practical recognition of the problem of measuring children's psychophysiological reactivity at different developmental stages and identifying its peculiarities during performing different types of tests.

The purpose of the article is to identify the characteristics of children's psychophysiological reactivity during intellectual, sensomotor and physical loads in transition from preschool to primary school age.

Materials and Methods. The current study involved apparently healthy children aged between 5 and 6 years ($n=106$) and between 6 and 8 years ($n=102$). The intellectual load consisted in working with computer-based Anfimov's tables. Sensor motor load involved chains of visual-motor reactions with choosing from four alternatives using a control panel. Bicycle ergometer tests were conducted to perform graduated physical exercise of moderate intensity. In order to measure psychophysiological reactivity, the authors used omegametry, heart rate variability analysis, blood pressure recordings, measuring electrodermal activity, external respiration, and occasional anxiety. The authors used such statistical methods as variational series, correlation coefficients and identifying statistically significant difference.

Results. The results of this study indicate that intellectual and sensomotor loads performed at maximal speed within time limits with the "threat of punishment" and physical activities of moderate intention cause unidirectional functional changes in the organism. Another important finding was a lower psychophysiological cost of adaptation in schoolchildren aged between 6 and 8 years compared to preschool children aged between 5 and 6 years.



Conclusions. *The article concludes that in transition from preschool to primary school age peculiarities of children's psychophysiological reactivity identified at one type of load remain during performing the other tests. Schoolchildren aged between 6 and 8 years demonstrated higher effectiveness and lower psychophysiological cost of adaptation to intellectual, sensomotor and physical challenges in comparison to 5-6-year-old preschool children.*

Keywords

Psychophysiological reactivity; Loads of various types; Functional state; Activity efficiency; Age characteristics.

Acknowledgments

The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research. Project No. 19-013-00093 and No. 19-013-00127.

REFERENCES

1. Bezrukikh M. M, Machinskaya R. I., Farber D. A. Structural and functional organization of a developing brain and formation of cognitive functions in child ontogeny. *Human Physiology*, 2009, vol. 35 (6), pp. 10–24. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12989134>
2. Ilyukhina V. A. Super slow information-control systems in the integration of the life processes of the brain and the body. *Human Physiology*, 2013, vol. 39 (3), pp. 114–126. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.7868/S0131164613030107> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21229093>
3. Machinskaya R. I. Control systems of the brain. *Journal of Higher Nervous Activity I. P. Pavlov*, 2015, vol. 65 (1), pp. 33–60. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.7868/S0044467715010086> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22995553>
4. Myznikov I. L., Shcherbina F. A. Characteristics of the formation of compensatory and adaptive responses of sailors to chronic stress. *Human Physiology*, 2006, vol. 32 (3), pp. 92–97. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9220225>
5. Semenova O. A., Machinskaya R. I. Features of the regulatory components of cognitive activity in children 5-10 years old with changes in the electrical activity of the brain of limbic origin. *Journal of Higher Nervous Activity I. P. Pavlov*, 2016, vol. 66 (4), pp. 458–469. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.7868/S0044467716040109> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26498100>
6. Sobchik L. N. Psychodiagnostics methods as the tool of research of the person and crisis conditions. *Personality in Extreme Conditions and Crisis Situations*, 2011, no. 1, pp. 85–90. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19076100>
7. Agorastos A., Pervanidou P., Chrousos G.P., Baker D. G. Developmental trajectories of early life stress and trauma: A narrative review on neurobiological aspects beyond stress system dysregulation. *Frontiers in Psychiatry*, 2019, vol. 10, pp. 118. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsy.2019.00118>
8. Armstrong N., Barker A. R., McManus A. M. Muscle metabolism changes with age and maturation: How do they relate to youth sport performance? *British Journal of Sports Medicine*, 2015, vol. 49 (13), pp. 860–864. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2014-094491>
9. Boyce W. T. Differential susceptibility of the developing brain to contextual adversity and stress. *Neuropsychopharmacology*, 2015, vol. 41 (1), pp. 142–162. DOI: <https://doi.org/10.1038/npp.2015.294>



10. Bush N. R., Caron Z. K., Blackburn K. S., Alkon A. Measuring cardiac autonomic nervous system (ANS) activity in toddlers – Resting and developmental challenges. *JoVE*, 2016, vol. 108, pp. 53652. DOI: <https://doi.org/10.3791/53652>
11. Coulombe B. R., Rudd K. L., Yates T. M. Children's physiological reactivity in emotion contexts and prosocial behavior. *Brain and Behavior*, 2019, vol. 9 (10). – e01380. DOI: <https://doi.org/10.1002/brb3.1380>
12. De Los Reyes A., Aldao A., Qasmieh N., Dunn E. J., Lipton M. F., Hartman C., Youngstrom E. A., Dougherty L. R., Lerner M. D. Graphical representations of adolescents' psychophysiological reactivity to social stressor tasks: Reliability and validity of the Chernoff face approach and person-centered profiles for clinical use. *Psychological Assessment*, 2017, vol. 29 (4), pp. 422–434. DOI: <https://doi.org/10.1037/pas0000354>
13. Dieleman G. C., Huizink A. C., Tulen J. H., Utens E. M., Tiemeier H. Stress reactivity predicts symptom improvement in children with anxiety disorders. *Journal of Affective Disorders*, 2016, vol. 196, pp. 190–209. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jad.2016.02.022>
14. Farber D. A., Machinskaya R. I., Kurgansky A. V., Petrenko N. E. Functional organization of the brain in the period of preparation for recognizing fragmented images in seven- to eight-year-old children and adults. *Human Physiology*, 2014, vol. 40 (5), pp. 475–482. DOI: <https://doi.org/10.1134/S036211971405003X>
15. Hamilton J. L., Alloy L. B. A typical reactivity of heart rate variability to stress and depression across development: Systematic review of the literature and directions for future research. *Clinical Psychology Review*, 2016, vol. 50, pp. 67–79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2016.09.003>
16. Hare T. A., Tottenham N., Galvan A. Voss H. U., Glover G. H., Casey B. J. Biological substrates of emotional reactivity and regulation in adolescence during an emotional go–nogo task. *Biological Psychiatry*, 2008, vol. 63 (10), pp. 927–934. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2008.03.015>
17. Johnson A. E., Perry N. B., Hostinar C. E., Gunnar M.R. Cognitive-affective strategies and cortisol stress reactivity in children and adolescents: Normative development and effects of early life stress. *Developmental Psychobiology*, 2019, vol. 61 (7), pp. 999–1013. DOI: <https://doi.org/10.1002/dev.21849>
18. Kovac S., Speckmann E., Gorji A. Uncensored EEG: The role of DC potentials in neurobiology of the brain. *Progress in Neurobiology*, 2018, Vol. 165–167, pp. 51–65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2018.02.001>
19. Krivolapchuk I. A., Chernova M. B. Physical performance and psychophysiological reactivity of 7-8 year-old children to different types of exercise. *Medicina dello Sport*, 2012, vol. 65 (2), pp. 173–185. URL: <https://www.minervamedica.it/en/journals/medicina-dello-sport/article.php?cod=R26Y2012N02A0173>
20. Lambiase M. J., Dorn J., Roemmich J. N. Systolic blood pressure reactivity during submaximal exercise and acute psychological stress in youth. *American Journal of Hypertension*, 2013, vol. 26 (3), pp. 409–415. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajh/hps036>
21. Latham M. D., Cook N., Simmons J. G., Byrne M. L., Kettle J. W. L., Schwartz O., Vijayakumar N., Whittle S., Allen N. B. Physiological correlates of emotional reactivity and regulation in early adolescents. *Biological Psychology*, 2017, vol. 127, pp. 229–238. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.07.018>
22. Nelemans S. A., Hale W. W., Branje S. J. T., van Lier P. A. C., Koot H. M., Meeus W. H. J. The role of stress reactivity in the long-term persistence of adolescent social anxiety symptoms. *Biological Psychology*, 2017, vol. 125, pp. 91–104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.03.003>
23. Obradovic J., Bush N. R., Stamplerdahl J., Adler N. E., Boyce W. T. Biological sensitivity to context: the interactive effects of stress reactivity and family adversity on socioemotional behavior



- and school readiness. *Child Development*, 2010, vol. 81 (1), pp. 270–289. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2009.01394.x>
24. Quas J. A., Yim I. S., Oberlander T. F., Nordstokke D., Essex M. J., Armstrong J. M., Bush N., Obradovik J., Boyce W. T. The symphonic structure of childhood stress reactivity: patterns of sympathetic, parasympathetic, and adrenocortical responses to psychological challenge. *Development and Psychopathology*, 2014, vol. 26 (4pt1), pp. 963–982. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0954579414000480>
 25. Roos L. E., Beauchamp K. G., Giuliano R., Zalewski M., Kim H. K., Fisher P. A. Children's biological responsivity to acute stress predicts concurrent cognitive performance. *Stress*, 2018, vol. 21 (4), pp. 347–354. URL: DOI: <https://doi.org/10.1080/10253890.2018.1458087>
 26. Roos L. E., Giuliano R. J., Beauchamp K. G., Gunnar M., Amidon B., Fisher P. A. Validation of autonomic and endocrine reactivity to a laboratory stressor in young children. *Psychoneuroendocrinology*, 2017, vol. 77, pp. 51–55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.11.023>
 27. Rozenman M., Sturm A., McCracken J. T., Piacentini J. Autonomic arousal in anxious and typically developing youth during a stressor involving error feedback. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 2017, vol. 26 (12), pp. 1423–1432. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00787-017-1001-3>
 28. Shapiro D., Jamner L. D., Lane J. D., Light K. C., Myrtek M., Sawada Y., Steptoe A. Blood pressure publication guidelines. Society for psychophysical research. *Psychophysiology*, 1996, vol. 33 (1), pp. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1996.tb02103.x>
 29. Shlyk N. I., Sapozhnikova E. N., Kirillova T. G., Semenov V. G. Typological characteristics of the functional state of regulatory systems in schoolchildren and young athletes (According to heart rate variability data). *Human Physiology*, 2009, vol. 35 (6), pp. 730–738. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0362119709060103>
 30. Sothmann M. S., Buckworth J., Claytor R. P., Cox R. H., White-Welkley J. E., Dishman R. K. Exercise training and the cross-stressor adaptation hypothesis. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 1996, vol. 24 (1), pp. 267–288. DOI: <http://dx.doi.org/10.1249/00003677-199600240-00011>
 31. Trimmel M., Goger C., Spitzer U., Geiss-Granadia T. Brain DC Potentials Evoked by Listening to Mozart's Sonata K. 448, Albinoni's adagio, Schubert's fantasia, and brown noise: Indications of a Mozart effect independent of mood and arousal. *Journal of Psychology and Brain Studies*, 2017, vol. 1 (1:2), pp. 1–7. DOI: <https://www.imedpub.com/articles/review-article.pdf>
 32. Winiarski D. A., Engel M. L., Karnik N. S., Brennan P. A. Early life stress and childhood aggression: Mediating and moderating effects of child callousness and stress reactivity. *Child Psychiatry & Human Development*, 2018, vol. 49 (5), pp. 730–739. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10578-018-0785-9>
 33. Winzeler K., Voellmin A., Hug E., Kirmse U., Helmig S., Princip M., Cajochen C., Bader K., Wilhelm F. H. Adverse childhood experiences and autonomic regulation in response to acute stress: The role of the sympathetic and parasympathetic nervous systems. *Anxiety Stress Coping*, 2017, vol. 30 (2), pp. 145–154. DOI: <https://doi.org/10.1080/10615806.2016.1238076>
 34. Zarakovsky G. M. The objective function of human adaptation: Developing the ideas of Vsevolod I. Medvedev. *Human Physiology*, 2014, vol. 40 (6), pp. 589–596. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0362119714060139>

Submitted: 09 December 2019

Accepted: 10 May 2020

Published: 30 June 2020



This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).