

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АДАПТАЦИИ ПОДРОСТКОВ С ДИСФУНКЦИЕЙ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА (ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ АСПЕКТ)

Н.А. Белоусова¹, В.П. Мальцев¹, А.Ф. Матушак^{1,2},
Е.Л. Солдатова³, Г.Г. Горелова³

¹Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Челябинск, Россия,

²Щецинская высшая школа Коллегиум Балтикум, г. Щецин, Республика Польша,

³Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Цель. Фрагментарность исследования психофизиологических аспектов обучающихся подросткового возраста с дисфункцией локомоторного аппарата определила необходимость исследовать закономерности функционирования психофизиологических и нейровегетативных процессов у подростков с нарушениями осанки с учетом половой принадлежности. **Организация и методы.** Исследование психофизиологических показателей, вегетативной регуляции ритма сердца проводилось у обучающихся (n = 368, 12–14 лет) образовательных организаций г. Челябинска, дифференцированных по половому признаку. Основная группа – школьники с признаками нарушения осанки; контрольную группу составили обучающиеся 1–2 группы здоровья. Диагностика психофизиологических особенностей обучающихся включала исследование динамики нервных процессов центральной нервной системы при помощи аппаратно-программного комплекса «НС-Психо-Тест», качество регуляторных функций нейровегетативного обеспечения оценивали, используя аппаратно-программный комплекс «Поли-Спектр-Ритм» («НейроСофт», РФ). **Результаты.** Полученные результаты психофизиологического тестирования подростков с дисфункцией осанки раскрывают мобилизационно-компенсаторный механизм сенсомоторной интеграции, обеспечивающей высокую регуляцию и результативность локомоторного акта, при сниженной нейрональной реактивности и слабости нервной системы. Результаты факторного анализа интегральных показателей динамики нервных процессов центральной нервной системы, нейровегетативной регуляции ритма сердца и параметров вегетативных систем жизнеобеспечения обследованных позволили выявить два варианта обеспечения реактивности организма. «Психосоматический» вариант реактивности проявляется у подростков без выраженных признаков нарушений локомоторного аппарата; «соматоформный» вариант – у обучающихся детей подросткового возраста обоего пола с дисфункцией костно-мышечной системы. **Заключение.** Неуклонный рост патологии в системе локомоторного аппарата современных школьников обуславливает необходимость интегративной оценки здоровья обучающихся с нарушениями костно-мышечной системы. Обследованные подростки с признаками дисфункции осанки проявляют соматоформные реакции, являющиеся проявлением напряжения адаптационных механизмов нейровегетативной регуляции организма и обеспечивающие относительную устойчивость нейродинамических процессов и совершенную регуляцию движений и статических мышечных усилий по сравнению с группой контроля. У подростков контрольной группы когнитивная деятельность преимущественно обусловлена нервной перенастройкой системных реакций.

Ключевые слова: здоровье школьников, нейродинамические показатели, сенсомоторные реакции, вариабельность ритма сердца, нарушения осанки, школьники-подростки, информирование будущих педагогов.

Актуальность. По данным эпидемиологических исследований за последнее десятилетие в Российской Федерации констатируется рост заболеваемости населения, в том числе и детской популяции [2]. Рост числа детей с признаками функциональной и хронической

патологии приводит к увеличению социальной дезадаптированности и дезинтегрированности, выступая ограничивающим фактором в процессе обучения в школе и дальнейшем освоении профессиональной деятельности [14]. В связи с чем различные аспекты адаптации

детей к условиям среды обитания с отклонениями в состоянии здоровья являются актуальными.

Согласно ряду научных работ [8, 10–12, 19], функциональное состояние костно-мышечной системы детей, оказывая непосредственное влияние на органы и системы детского организма и являясь результатом комплексного воздействия на организм социально-экономических и медико-гигиенических средовых факторов, можно рассматривать в качестве индикатора общего уровня здоровья индивида. В связи с ростом патологии локомоторного аппарата значимой является комплексная оценка здоровья детей с разным состоянием костно-мышечной системы с учетом возрастно-половых особенностей с целью разработки профилактических и оздоровительных программ [6].

Причины возникновения нарушений осанки, а также более серьезных – выраженных в развитии сколиотической болезни достаточно подробно изложены в современной научной литературе. Основными факторами, определяющими популяционные показатели здоровья, в частности, нарушение функционального состояния костно-мышечной системы, являются генетически детерминированные и средовые факторы. Первые обуславливают конституциональные и фенотипические признаки организма, а также предрасположенность к нарушениям локомоторного аппарата [5, 7]. В группе социально-гигиенических факторов первостепенное значение принадлежит школьно-средовым условиям образовательного процесса [3, 6]: выраженная гиподинамия обучающихся, организация физической активности учащихся, воздействие ученической мебели и организации рабочего пространства школьника, внутришкольное питание, гигиенические условия образовательной среды и др. Высоко значимо и влияние экологического фактора, отражающего воздействие загрязнений окружающей среды, а также природно-климатических условий на патологический статус костно-мышечной системы детей [14].

Многочисленные исследования в этиологии нарушений локомоторного аппарата рассматривают сопутствующие факторы развития. Так, в частности, подтверждена связь развития дисфункции осанки, появление сколиотических нарушений с частотой малых аномалий развития, отклонений в неврологическом статусе и отклонений от нормального

течения беременности и родов [1]. В литературе описаны теории, где наиболее вероятной причиной возникновения и развития дисфункций осевого скелета является натальная травма [1]. Ряд авторов [2, 6] среди факторов, определяющих риски развития и отягощенность нарушений опорно-двигательного аппарата, выделяют состояние элементного статуса и прежде всего кальциевого баланса, витамина D и других остеогенных микронутриентов.

Как известно [13], адаптационные функциональные изменения организма обеспечиваются комплексной интегративной деятельностью физиологических систем организма, основополагающая роль в обеспечении жизнедеятельности принадлежит центральной нервной системе. Особенности перцептивных процессов, нервно-психической устойчивости, когнитивной деятельности, обусловленные функциональным состоянием ЦНС и нейровегетативными механизмами регуляции индивида, во многом являются определяющими факторами эффективной психофизиологической адаптации обучающихся к образовательному процессу в школе.

Дети подросткового возраста с признаками отклонения в здоровье и, в частности, сколиотического нарушения, обладая общими возрастными онтологически обусловленными характеристиками, имеют ряд особенностей, которые можно сгруппировать следующим образом: первая группа особенностей – физическая, определяемая двигательными ограничениями, создающих определенный темп движения, нарушениями координации, требующих мышечного усилия, быструю физическую утомляемость; вторая группа особенностей – психофизиологические – работа нервной системы, проявляющаяся в нестабильном, переменном, неустойчивом, а зачастую и регрессирующем, сочетании процессов возбуждения и торможения, неравномерность проявления скорости нервных процессов, силы нервной системы, устойчивости нервной системы; третья группа – психологическая – повышенная возбудимость, гиперактивность, эмоциональная напряженность, конфликтность, агрессия, тревожность, волнение, страхи, глубокие переживания, депрессия.

Однако с позиции нейробиологической науки исследовательские работы, посвященные вопросам психофизиологической сферы обучающихся с признаками дисфункции ло-

комоторного аппарата фрагментарны [11, 12]. На сегодняшний день значимым является необходимость усовершенствования и углубления методологии нейрофизиологического исследования функций работы нервной системы, результаты которого могли бы выступить основой для формирования траектории индивидуальных профилактических и корригирующих программ у индивидов с дисфункцией костно-мышечной системы.

Таким образом, актуальность исследований по проблеме сохранения здоровья подрастающего поколения с патологией костно-мышечной системы туловища определяет необходимость комплексных исследовательских работ, позволяющих оценивать текущее психофизиологическое состояние организма, выявлять компенсаторно-мобилизационные механизмы изменчивости в процессе развития, обусловленные структурно-функциональными перестройками систем жизнеобеспечения организма детей с целью профилактики заболеваемости, а также своевременной коррекции структурно-функциональных патологий, обеспечивающих повышение резистентных возможностей организма детей с нарушениями осанки.

Цель настоящего исследования заключается в выявлении закономерностей функционирования нейрофизиологических процессов у младших подростков с дисфункциональными признаками осанки.

Материалы и методы. Исследование психофизиологических показателей, вегетативной регуляции ритма сердца проводилось у обучающихся МОУ СОШ № 19, 142, 107 г. Челябинска. Всего обследовано 368 школьников обоего пола подросткового возраста (12–14 лет). Общая выборка дифференцирована на основную группу (подростки с признаками нарушения осанки – 238 обучающихся: 115 мальчиков, 123 девочки) и контрольную группу (130 школьников: 67 мальчиков и 63 девочки). Исследования проводились в отсутствие признаков заболеваний на момент обследования, на добровольной основе, с письменного согласия одного из родителей.

Комплексная оценка состояния нейродинамических процессов школьников проведена при помощи аппаратно-программного тестера «НС-Психо-Тест» (фирма ООО «НейроСофт»). Количественные характеристики хронорефлексометрических реакций были положены в основу определения свойств нервной систе-

мы: силы нервной системы, подвижности и уравновешенности процессов возбуждения и торможения в ЦНС. При изучении особенностей пространственно-координационных сенсомоторных реакций были использованы следующие методики: «Простая зрительно-моторная реакция» (ПЗМР) и «Реакция выбора (РВ)». «Помехоустойчивость» (ПУ), «Теплинг-тест» (ТТ), «Реакция на движущийся объект» (РДО). Точность управления движениями при решении двигательных задач диагностирована по методике «Контактная координациометрия по профилю» (КК).

Оценку регуляторной функции вегетативной нервной системы проводили на основании анализа кардиограммы (КРГ), используя аппаратно-программный комплекс «Поли-Спектр-Ритм» (фирма ООО «НейроСофт»). В соответствии с «Международным стандартом» продолжительность короткой записи КРГ составляла 300 секунд во втором стандартном отведении в положении сидя. В результате многомерного анализа кардиограмм автоматически произведен расчет показателей временного и спектрального анализа variability ритма сердца. Использовались для анализа показатели: $RRNN$, мс (среднее значение интервалов RR), $SDNN$, мс (среднее квадратическое отклонение величин NN-интервалов анализируемой записи), $RMSSD$, мс (корень квадратный из средней суммы квадратов разностей величин соседних пар NN-интервалов), $pNN50$, % (процент пар последовательных интервалов NN, которые различаются более, чем на 50 мс); TP (Total Power), $мс^2$ (общая мощность спектра частот), HF (High Frequency), $мс^2$ (мощность в диапазоне высоких (0,15–0,4 Гц) частот), LF (Low Frequency), $мс^2$ (мощность в диапазоне низких (0,04–0,15 Гц) частот), VLF (Very Low Frequency), $мс^2$ (мощность в диапазоне очень низких ($\leq 0,04$ Гц) частот).

Математическая обработка результатов исследования проводилась в среде Microsoft Excel 2010 и SPSS v.19 по общепринятым методам вариационной статистики. Уровень достоверности различий изучаемых показателей определяли с помощью параметрического t-критерия Стьюдента (для данных соответствующих нормальному распределению) и непараметрического U-критерия Манна–Уитни (для результатов отличных от нормального распределения). Статистическая значимость результатов исследования

Физиология

считалась при $p \leq 0,05$. С целью оптимизации совокупности показателей проведен факторный анализ (по методу главных компонент).

Результаты исследования. Обобщенный анализ результатов психофизиологической диагностики младших подростков 12–14 лет позволил выявить межгрупповые и гендерные различия в основном в скоростных показателях реагирования, отражающих особенности сенсомоторной реактивности обследованных (табл. 1).

Полученные результаты нейродинамического реагирования в целом соответствуют возрастано-половым нормативным значениям [14, 17]. При соответствии нормативным значениям показателя хронорефлексометрии по методикам ПЗМР и ПУ (в среднем 250–350 мс) подростки с признаками дисфункции локомоторного аппарата вне зависимости от половой принадлежности демонстрируют достоверно лучшие результаты помехоустойчивости по

сравнению с показателями сверстников группы контроля (мальчики – $t = 4,76$ при $p < 0,001$; у девочек – $t = 2,81$ при $p < 0,01$). Достоверно выраженных различий при сопоставлении средних значений показателей простой зрительно-моторной реакции в межгрупповом и гендерном аспектах не выявлено. При этом средние значения простой зрительно-моторной реактивности в группе контроля имеют относительно меньшую выраженность (на уровне тенденции ($p > 0,05$), при этом можно констатировать лучшую сенсомоторную реакцию юношей в сравнении с девушками вне зависимости от групповой принадлежности).

Анализируя значение показателя сложной зрительно-моторной реакции по методике реакции выбора, были выявлены достоверно низкие значения на высоком уровне статистической значимости ($p < 0,001$) показателя у детей группы контроля вне зависимости от гендера по сравнению с обследованными

Таблица 1
Table 1

Результаты сравнительного анализа психофизиологических показателей у мальчиков и девочек обеих групп, ($M \pm m$)
Results of the comparative study of psychophysiological parameters in boys and girls from both groups, ($M \pm m$)

Показатель Parameter	Единица измерения Unit of measurement	Пол Gender	Основная группа Main group	Контрольная группа Control group
Помехоустойчивость, мс Noise resistance, ms		♂	288,09 ± 9,85	346,74 ± 7,40***
		♀	280,52 ± 14,36	370,53 ± 28,7**
Простая зрительно-моторная реакция, мс Common hand-eye reaction, ms		♂	247,16 ± 13,12	216,77 ± 9,32
		♀	259,87 ± 14,71	247,15 ± 24,92
Сложная зрительно-моторная реакция, мс Complex hand-eye reaction, ms		♂	450,48 ± 9,23	321,56 ± 13,81***
		♀	443,87 ± 15,94	326,77 ± 11,11***
Реакция на движущийся объект, мс Reaction to a moving object, ms		♂	49,39 ± 3,52	19,48 ± 3,13***
		♀	68,22 ± 7,48 ⁺	52,18 ± 11,02 ⁺
Теппинг-тест Tapping test	Средняя частота нажатий, Гц Average tapping frequency, Hz	♂	5,3 ± 0,09	6,9 ± 0,21***
		♀	4,9 ± 0,11 ⁺⁺	5,7 ± 0,45 ⁺⁺
	Общее число нажатий Quantity of taps	♂	155,6 ± 2,99	201,8 ± 6,21***
		♀	146,5 ± 2,84 ⁺	165,9 ± 13,82 ⁺
Контактная координациометрия профилю с обратной связью Contact measure of coordination	Количество касаний Quantity of touchings	♂	13,1±1,15	39,3±2,34***
		♀	12,1±1,12	37,8±2,76***
	Общее время касаний, с Total time of touching, sec.	♂	0,86±0,07	2,11±0,18***
		♀	0,76±0,09	1,79±0,14***
Количество касаний в секунду Quantity of touchings per second	♂	0,87±0,11	2,84±0,23***	
	♀	0,97±0,12 ⁺	2,69±0,27***	

Примечание: + – степень достоверности межполовых различий показателя одной из групп (+ – $p < 0,05$; ++ – $p < 0,01$); * – степень достоверности различий показателей между однополыми представителями сравниваемых групп (* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$).

Note: + – significance level for the intergender differences of the parameter for one of the groups (+ – $p < 0,05$; ++ – $p < 0,01$); * – significance level for the differences of parameters between representatives of the same gender from the groups compared (* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$).

с признаками дисфункции локомоторного аппарата. Среднегрупповые показатели сложного сенсомоторного реагирования обследованных группы контроля выражено ниже показателей возрастано-половой нормы, что косвенно может характеризовать преобладание подвижности нервных процессов ЦНС.

Точность реакции, диагностируемая по методике РДО, у юношей группы контроля на высоком уровне статистической значимости ($p < 0,001$) превышала аналогичные показатели мальчиков с признаками нарушения осанки. В группе девочек не констатированы достоверно значимые различия в показателе уравновешенности нервных процессов, однако констатирована тенденция ($p > 0,05$) более точного реагирования у лиц женского пола контрольной группы, что косвенно указывает на выраженную тенденцию к уравновешенности нервных процессов ЦНС относительно здоровых детей подросткового возраста (группа контроля). Важно отметить, что в гендерном аспекте достоверно более совершенное и точное реагирование по данной методике отмечено у мальчиков в обеих исследуемых группах.

Оценка скоростных характеристик нейромоторного реагирования по методике «Теппинг-тест» свидетельствует о достоверно большей результативности по средним значениям частотных и количественных показателей у мальчиков контрольной группы в сравнении с обследованными основной группы. Моторный темп кисти девочек контрольной группы на уровне тенденции ($p < 0,1$) превос-

ходит средний показатель девочек основной группы. Гендерные различия в исследуемых показателях теппинг-теста имеют достоверное выражение и отражают большую результативность мальчиков по сравнению со сверстницами.

Анализируя показатели точности управления движениями подростков по данным контактной координации, следует отметить, что основные группы демонстрируют достоверно низкие значения показателя общего времени касаний, что свидетельствует о достоверно высоком уровне сенсорного контроля над движениями по сравнению с проявлением функции данного вида контроля у сверстников контрольной группы. Относительно низкие значения интенсивности ошибочных действий (количество касаний/с) (у девочек $t = 6,01$ при $p < 0,001$; у мальчиков $t = 7,78$ при $p < 0,001$) в основной группе и высокий уровень сенсорного контроля над движением инициирует соответствующий уровень проявления сложного двигательного качества – координации.

Обобщенные результаты показателей нейровегетативной регуляции сердечного ритма обследованных детей подросткового возраста представлены в табл. 2. Из предложенных данных можно констатировать отсутствие достоверных межгрупповых различий основных средних показателей временного и спектрального анализа сердечного ритма.

Как видно из представленной таблицы, исходный уровень регуляторного обеспечения

Таблица 2
Table 2

Временные и частотные компоненты динамического ряда R-R интервалов у детей обеих групп при фоновом исследовании ($M \pm m$)
Temporal and spectral components of the time series of R-R interval in children from both groups in baseline survey ($M \pm m$)

Показатель / Parameter	Основная группа / Main group		Контрольная группа / Control group	
	♂	♀	♂	♀
RRNN, мс / RRNN, ms	732,8 ± 67,5	735,9 ± 79,5	733,9 ± 108,7	759,6 ± 84,2
SDNN, мс / SDNN, ms	75,8 ± 29,7	75,7 ± 22,3	79,1 ± 29,0	69,3 ± 29,3
RMSSD, мс / RMSSD, ms	72,7 ± 42,0	70,6 ± 32,0	70,2 ± 42,0	63,9 ± 29,2
pNN50, %	24,4	26,4	26,1	29,7
Общая мощность спектра, мс ² Total Power, ms ²	7342,2 ± 6396,1	5387,6 ± 2684,9	6846,5 ± 5277,4	5390,5 ± 2423,2
Очень низкие частоты, мс ² Very Low Frequency, ms ²	1742,5 ± 1232,1	1662,6 ± 865,8	1748,8 ± 1199,1	1577,4 ± 646,2
Низкие частоты, мс ² Low Frequency, ms ²	2190,9 ± 2802,7	1737,8 ± 920,4	2025,7 ± 1775,79	1873,6 ± 855,6
Высокие частоты, мс ² High Frequency, ms ²	3408,8 ± 4007,4	1987,2 ± 2004,4	3071,9 ± 3501,5	2004,3 ± 1671,1

сердечного ритма в обеих группах подростков соответствует нормативным значениям.

Однако анализ индивидуальных данных фоновой ритмограммы у обследованных подростков с нарушениями осанки вне зависимости от половой принадлежности свидетельствует о высокой вариабельности ритма сердца, которая находит отражение в разнице $R-R_{\min}$ $R-R_{\max}$ (в среднем около 500 мс), что в 3–4 раза превышает допустимый уровень коэффициента вариации (не более 20 %). Данные RMSSD позволили выявить количество быстрого компонента вариабельности – дыхательные колебания длительности кардиоинтервалов по всему исследуемому вариационному ряду. Так, установлено, что у испытуемых школьников с дисфункцией костно-мышечной системы лишь 10–15 % записи ритмограммы обусловлены влиянием автономного (сегментарного) контура регуляции ритма сердца, что ниже аналогичных показателей у относительно здоровых детей группы контроля.

Показатели pNN50 у подростков с нарушениями осанки, варьируют в пределах 26–29 %, что в сравнении со школьниками группы контроля (pNN50 около 30–40 %) свидетельствует о недостаточной регуляторной доле парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

Анализ величин среднеквадратичных отклонений и расчета коэффициента вариации общей мощности спектра динамического ряда $R-R$ интервалов, а также ее частотных компонентов показал, что имеются значимые расхождения в индивидуальных значениях. Это подтверждается крайне высоким уровнем коэффициента вариации, варьирующим от 70 до 128 % и, вероятно, обусловлено различиями в психоэмоциональном состоянии, а также особенностями нарушения осанки.

Дальнейший анализ был направлен на исследование взаимосвязей между изучаемыми значениями психофизиологических и вегетативных показателей (60 показателей) и выявление признаков обуславливающих течение адаптационных процессов обследованного контингента подростков. С помощью факторного анализа по методу главных компонент выявлено четыре ведущих фактора с общей дисперсией 57–68 %. В структуре факторов лиц женского пола с признаками дисфункции осанки первостепенное значение (первый фактор – 31,3 %) отводится показателям спектрального анализа кардиоритма, отражающим особенности мощности спектра ритма. Сово-

купность второго и третьего факторов (20,9 и 8,7 % соответственно) объединяет показатели, характеризующие активацию регуляторных механизмов двигательных и волевых психомоторных функций. У лиц женского пола с нарушением осанки достаточно выражена функция внешнего дыхания (четвертый фактор – 8,3 %). Структура факторов у лиц мужского пола с нарушением осанки описана функциональными связями сердечно-сосудистой и дыхательной систем (первый фактор – 20,9 %); модуляцией регуляторных механизмов, выраженной показателями мощности компонентов частотного анализа сердечного ритма (второй фактор – 14,9 %) и психофизиологическими компонентами функционирования организма, представленными преимущественно показателями сенсомоторной координации движений и зрительно-моторных реакций (третий – 11,9 % и четвертый – 10,2 % факторы).

Факторный анализ корреляционных взаимосвязей 54 психофизиологических и вегетативных показателей обучающихся контрольной группы выявил четыре фактора с общей дисперсией 51–65 %. Показатели сенсомоторных реакций (простая, сложная зрительно-моторная реакция, критическая частота слияния мельканий) интерпретируются как «сенсомоторная интеграция, являясь первым фактором. Второй фактор интерпретировали как «регуляция функций» (совокупность показателей сенсомоторной координации, функций регуляции усилий и движений). Показатели дыхательной и сердечно-сосудистой систем, вариабельности сердечного ритма образуют третий и четвертый факторы с совокупным значением 19 % от общей дисперсии влияния переменных.

Обсуждение полученных результатов. У исследуемых групп подростков 12–14 лет выявлены различия скоростных и нейромоторных показателей. У подростков с нарушениями осанки в механизмах сенсомоторной интеграции проявляется компенсаторная психофизиологическая реакция, что отражает процессы согласования и объединения моторных и сенсорных процессов на разных уровнях мозговой организации [9]. Выявленный факт находит свое выражение в достоверно высоких показателях оценки внимания и помехоустойчивости (мальчики – $t = 4,76$ при $p < 0,001$; девочки – $t = 2,81$ при $p < 0,01$), возросшем управлении и регуляции двигательных актов (сенсорный контроль и координа-

ция движений). Высокие показатели сложной зрительно-моторной реакции у мальчиков основной группы – $t=7,76$ при $p < 0,001$; у девочек – $t=6,03$ при $p < 0,001$) свидетельствуют о достоверном снижении нейрональной реактивности и инертности нервных процессов.

Скорость и объем ошибок, время выполнения работы отражают качество выполненной работы и в психофизиологии когнитивной деятельности относятся к стилевым характеристикам деятельности [4, 10]. Эти показатели можно рассматривать как критерии эффективности и результативности деятельности. При поочередном сокращении мышц-агонистов и мышц-антагонистов проявляется состояние мануального тремора как произвольное ритмичное движение конечностей. Мы оценивали это с помощью метода координациометрии. У детей с нарушением осанки независимо от пола количество касаний в секунду, характеризующихся как ошибочные действия, достоверно ниже (при $p < 0,001$), чем у контрольной группы подростков. На точностные характеристики двигательного акта влияет амплитуда физиологического тремора [4, 18]. Базальные ганглии участвуют в тонких механизмах управления медленными движениями. Вероятно, что совершенствование этих механизмов приводит к снижению величины постурального тремора. Произвольные движения рук в виде физиологического тремора обусловлены функциями экстрапирамидной системы управления. В раннем подростковом возрасте не обнаружено половых различий по амплитудно-частотным параметрам [4].

Показатели простой зрительно-моторной реакции (при $p > 0,05$), скорости локомоторного ответа при теппинг-тесте (при $p < 0,01$) и точности реагирования при сложно-моторной реакции на движущийся объект (при $p < 0,05$) достоверно выше у мальчиков, хотя гендерные отличия между исследуемыми группами по хронорефлексометрическим показателям не выявлены. Более высокие показатели у мужчин по скорости выполнения заданий отмечены и в других исследованиях [14].

Показатели временного и спектрального анализа ритма выраженных различий минимальных и максимальных синусовых кардиоциклов, высокого уровня коэффициентов вариации свидетельствуют о компенсаторно-регуляторной реакции организма подростков с нарушениями осанки.

Верхняя граница нормы показателей низкочастотного спектра отражает гуморально-метаболическое воздействие на сердечный ритм и определяет наличие психического напряжения.

Компенсаторной регуляторной реакцией при нарушении осанки является высокая разность между $R-R \min$ и $R-R \max$ и вариационный размах показателей. Это подтверждается сравнительной оценкой с кардиографическими показателями обучающихся с первой группы здоровья [7, 13, 15, 16].

Проявление регуляторной активности автономного контура регуляции функционально может проявляться локализацией искривления в шейно-грудном отделе и, следовательно, изменением характера моторно-висцеральных взаимосвязей мышц туловища, рефлекторно-сегментарно связанных с сердечно-сосудистой системой. Данные спектрального анализа ритма сердца у испытуемых школьников, интерпретированные согласно стандартам Европейского Кардиологического общества и Северо-американского общества электрофизиологии, свидетельствуют о наличии регуляторных различий.

Функциональные различия в состоянии вегетативной нервной системы и в функциональном состоянии организма в целом находят выражение в высоком уровне коэффициента вариации, который составляет 50–130 %. Высокая вариабельность показателей спектрального анализа ритма сердца в исследуемой группе, вероятно, свидетельствует об адаптации обследованных [8]. Адаптационные реакции обусловлены индивидуальными особенностями реактивности центральных и периферических механизмов регуляции висцеральных систем в ответ на возникающее при нарушении осанки изменение моторно-висцеральных взаимосвязей.

Схожие результаты отклонения от нормы психофизиологического статуса в психовегетативной сфере детей и подростков со сколиозом были описаны в работе [9], которые находят свое выражение в повышенной лабильности и сниженной реактивности вегетативной нервной системы. В психоэмоциональной сфере данные изменения, по мнению автора, характеризуются высоким уровнем депрессии, ситуативной и личностной тревожности, нарушением социальной адаптации.

По данным факторного анализа показателей функционального состояния, выявлены

разнонаправленные векторы достижения полезного результата в зависимости от пола подростков и наличия дисфункции осанки. Наименее энергозатратный вариант реализации регуляторных механизмов при когнитивной деятельности отмечен у подростков контрольной группы. У здоровых подростков компенсаторно-адаптационные процессы обусловлены преимущественно сенсомоторной интеграцией нейродинамических процессов, при этом вегетативное обеспечение имеет значение сопутствующего механизма адаптационной консолидации. У лиц с функциональными нарушениями позвоночного столба при когнитивной деятельности инициируются механизмы комбинации и компенсации, выраженные в активации вегетативных реакций организма (преимущественно у мальчиков) и вегетативной нервной системы (у девочек), нейродинамический компонент имеет меньший вклад. Полученные данные во многом соответствуют результатам других исследований [8], отражающих сочетанное выражение нарушений костно-мышечной системы подростков с заболеваниями вегетативных систем организма.

Заключение. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что мобилизационно-компенсаторные функциональные перестройки нейродинамических процессов, нейровегетативной регуляции и вегетативных функций организма подростков с нарушениями осанки отражают напряженность регуляции функциональных систем организма, которые, в свою очередь, обеспечивают стабильность нейродинамических процессов и относительно совершенную регуляцию движений и статических мышечных усилий за счет консолидации сенсорных и моторных мозговых структур. Таким образом, можно заключить, что дисфункция опорно-двигательного аппарата подростков является первопричиной к мобилизации нейродинамических и нейровегетативных ресурсов организма, которые компенсируют текущее нарушение функции организма.

На основании комплексного изучения нейродинамических и нейровегетативных характеристик возможна реализация системы психофизиологической оценки функциональных и компенсаторно-адаптационных изменений у подростков с нарушениями костно-мышечной системы, что позволит прогнозировать и корригировать здоровье школьников

в условиях социально-гигиенического мониторинга.

Работа (данные контрольной группы обследованных) выполнена при финансовой поддержке ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт им. М.Е. Евсевьева» по договору НИР № 16-456 от 14.04.17 г.: «Индивидуально-типологические особенности подростков при адаптации к физической нагрузке разной интенсивности».

Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление № 211 от 16.03.2013 г.), соглашение №02.А03.21.0011.

Литература

1. Васильева, Т.Г. Некоторые аспекты проблемы нарушения осанки у подростков Приморского края / Т.Г. Васильева, Е.А. Кочеткова // *Остеопороз и остеопатии*. – 2007. – Т. 2, № 2. – С. 2–4.
2. Доклад о состоянии здоровья населения и организации здравоохранения по итогам деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации за 2013 год: 22 мая 2014 года. – М., 2014. – 129 с.
3. Ефименко, П.Б. Соматовегетативные нарушения в организме студентов при вынужденном функциональном искривлении осанки / П.Б. Ефименко // *Физическое воспитание студентов*. – 2011. – № 6. – С. 37–39.
4. Комин, С.В. К вопросу об идентичности параметров физиологического тремора рук у мальчиков и девочек 9–10 лет / С.В. Комин, А.Я. Рыжов // *Вестник Тверского гос. ун-та. Серия «Биология и экология»*. – 2006. – № 2. – С. 40–45.
5. Кучма, В.Р. Медицинское обеспечение детей в образовательных учреждениях в Российской Федерации: проблемы и пути решения / В.Р. Кучма, А.Ю. Макарова, И.К. Рапорт // *Здравоохранение РФ*. – 2014. – № 3. – С. 4–9.
6. Мирская, Н.Б. Факторы риска, негативно влияющие на формирование костно-мышечной системы детей и подростков в современных условиях / Н.Б. Мирская // *Гигиена и санитария*. – 2013. – № 1. – С. 65–71.
7. Михайлов, В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода / В.М. Михайлов. – Иваново: *Нейрософт*, 2002. – 200 с.
8. Наниева, А.Р. Состояние психофизиологических функций и работоспособности у школьников выпускных классов / А.Р. Наниева,

А.Р. Кусова, Л.Г. Хетагурова и др. // *Здоровье населения и среда обитания*. – 2011. – № 4. – С. 22–25.

9. Норкин, И.А. Особенности психофизиологического статуса детей и подростков со сколиозом на разных этапах лечения / И.А. Норкин, В.Н. Шемятенков, В.В. Зарецков и др. // *Хирургия позвоночника*. – 2006. – № 4. – С. 8–12.

10. Цивако, Е. Показатель качества функции равновесия у детей с нарушением осанки / Е. Цивако, В. Логин // *Известия Южного федерального университета. Серия «Технические науки»*. – 2004. – Т. 41, № 6. – С. 73–76.

11. Чекалова, Н.Г. Комплексная оценка здоровья школьников с разным состоянием костно-мышечной системы / Н.Г. Чекалова, Н.А. Матвеева, Ю.Р. Силкин и др. // *Гигиена и санитария*. – 2014. – № 4. – С. 66–69.

12. Чечельницкая, С.М. Физиологические и психологические особенности школьников с нарушениями осанки / С.М. Чечельницкая, А.Г. Румянцев, А.М. Волков и др. // *Вопросы практической педиатрии*. – 2008. – Т. 3, № 3. – С. 41–44.

13. Шлык, Н.И. Ритм сердца и гемодинамика у детей с различной степенью напряжения регуляторных систем организма / Н.И. Шлык, Е.Н. Сапожникова, И.И. Шумихина, Т.В. Красноперова // *Теория и практика оздоровления населения России: материалы II Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием*. – М., 2005. – С. 287–290.

14. Шутова С.В. Сенсомоторные реакции как характеристика функционального состояния ЦНС / С.В. Шутова, И.В. Муравьева // *Вестник Тамбов. ун-та. Серия «Естественные и технические науки»*. – 2013. – Т. 18, № 5–3. – С. 2831–2840.

15. Baharav, A. Spectral analysis of heart rate in vasovagal syncope: the autonomic nervous system in vasovagal syncope / A. Baharav, M. Mimouni, T. Lehrman-Sagie et al. // *Clinical Autonomic Research*. – 1993. – Vol. 3, No. 4. – P. 261.

16. Herpin, D. Mid and long term reproducibility of noninvasive measurements of spontaneous arterial baroreflex sensitivity in healthy variability / D. Herpin, S. Ragot // *American Journal of Hypertension*. – 1997. – Vol. 10, No. 1. – P. 790–797.

17. Montana, N. Presence of vasomotor and respiratory rhythms in the discharge of single medullary neurons involved in the regulation of cardiovascular system / N. Montana, T.G. Ruscone, A. Porta et al. // *Journal of Autonomic Nervous System*. – 1996. – Vol. 57, No. 1/2. – P. 116–122.

18. Rimoldi, O. Analysis of short-term oscillations of R-R and arterial pressure in conscious dogs / O. Rimoldi, S. Pierini, A. Ferrary // *American Journal of Physiology*. – 1990. – Vol. 258, No. 4, Pt. 2. – P. H967.

19. Schranz C., Meinck H.M. Primary neurogenic and myogenic disorders of posture // *Der Orthopäde*. – 2004. – Vol. 33, No. 5. – P. 583–590.

Белоусова Наталья Анатольевна, заведующий кафедрой математики, естествознания и методик обучения математике и естествознанию, доктор биологических наук, доцент, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 69. E-mail: belousova@cspu.ru, ORCID: 0000-0001-9873-320x.

Мальцев Виктор Петрович, доцент кафедры математики, естествознания и методик обучения математике и естествознанию, кандидат биологических наук, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 69. E-mail: maltsevvp@cspu.ru, ORCID: 0000-0002-2453-6585.

Матушак Алла Федоровна, профессор кафедры иностранных языков, доктор педагогических наук, доцент, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 69. Щецинская высшая школа Коллегиум Балтикум, Республика Польша. Мешка I, 61С, г. Щецин, Республика Польша, 71-011. E-mail: lilac0@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0514-0443.

Солдатова Елена Леонидовна, декан факультета психологии, заведующий кафедрой психологии развития и возрастного консультирования, доктор психологических наук, профессор, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: elena.l.soldatova@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1545-6145.

Горелова Галина Газимовна, старший научный сотрудник, доктор психологических наук, профессор, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: gal.gorelowa2015@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-3842-7352.

Поступила в редакцию 10 октября 2017 г.

PSYCHOPHYSIOLOGICAL PATTERNS OF THE ADAPTATION OF ADOLESCENTS WITH DYSFUNCTION OF THE LOCOMOTOR SYSTEM (PROFESSIONAL AND EDUCATIONAL ASPECT)

*N.A. Belousova*¹, *belousova@cspu.ru*, ORCID: 0000-0001-9873-320x,
*V.P. Maltsev*¹, *maltsevvp@cspu.ru*, ORCID: 0000-0002-2453-6585,
A.F. Matuszak^{1,2}, *lilac0@yandex.ru*, ORCID: 0000-0003-0514-0443,
*E.L. Soldatova*³, *elena.l.soldatova@gmail.com*, ORCID: 0000-0002-1545-6145,
*G.G. Gorelova*³, *gal.gorelova2015@yandex.ru*, ORCID: 0000-0003-3842-7352

¹South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russian Federation,

²Stettin Higher School Collegium Balticum, Stettin, Poland,

³South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Aim. The fragmentary character of research on the psychophysiological aspects of the adaptation of adolescents with dysfunction of the locomotor system determines the necessity to investigate the patterns of the functioning of psycho-physiological and neurovegetative processes in adolescents with impaired posture depending on gender. **Materials and Methods.** We conducted the study of psychophysiological indicators and heart rhythm vegetative regulation among pupils (n = 368, aged 12–14) of different gender from educational institutions in Chelyabinsk. The main group consisted of children with the signs of impaired posture. The control group consisted of pupils belonging to 1st or 2nd health group. The diagnostics of psychophysiological characteristics of pupils comprised the study of the dynamics of nervous processes in the central nervous system using “NS-PsychoTest” computer appliance. The quality of the regulatory functions of neurovegetative provision was assessed with the help of “Polispectr-Rhythm” computer appliance (NeuroSoft, Russia). **Results.** The results of the psychophysiological testing of adolescents with postural dysfunction reveal the mobilization-compensatory mechanism of sensorimotor integration, which provides the high regulation and effectiveness of the locomotor action with reduced neuronal reactivity and weakness of the nervous system. The results of the factor analysis of the integral indicators of the dynamics of the nervous processes in the central nervous system, heart rhythm neurovegetative regulation, and the parameters of vegetative life support systems in the examined pupils revealed two options for the ensuring of body reactivity. The “Psychosomatic” variant of reactivity is manifested in adolescents without the pronounced symptoms of disturbances in the locomotor system; the “Somatoform” option is revealed in adolescents of both sexes with dysfunction of the locomotor system. **Conclusion.** The steady growth of pathology in the locomotor system of modern pupils determines the necessity of an integrative assessment of the health of students with disorders of the locomotor system. The adolescents with the signs of postural dysfunction show somatoform reactions being the manifestation of tension in the adaptation mechanisms of the neurovegetative regulation and providing the relative stability of neurodynamic processes and perfect movement and static muscular effort regulation in comparison with the control group. In adolescents from the control group, cognitive activity is mainly determined by the nervous retuning of systemic reactions.

Keywords: *pupils’ health, neurodynamic indicators, sensorimotor reactions, heart rhythm variability, postural disorders, adolescent pupils, teachers-to-be informing.*

The work (data of the control group of the surveyed) was carried out with the financial support of the Mordovian State Pedagogical Institute named M.E. Evseveva under contract No. 16-456 dated 14.04.17 NIR: “Individually-typological features teenagers in adapting to physical activity of varying intensity”.

The work was supported by Act 211 Government of the Russian Federation, contact №02.A03.21.0011.

References

1. Vasil'eva T.G., Kochetkova E.A. [Some Aspects of the Problem of Violation of Posture in Adolescents of Primorsky Krai]. *Osteoporoz i osteopatii* [Osteoporosis and Osteopathy], 2007, vol. 2, no. 2, pp. 2–4. (in Russ.)
2. *Doklad o sostoyanii zdorov'ya naseleniya i organizatsii zdravookhraneniya po itogam deyatelnosti organov ispolnitel'noy vlasti sub"ektov Rossiyskoy Federatsii* [The Report on the Health Status of the Population and the Organization of Public Health Services on the Basis of the Activities of the Executive Authorities of the Constituent Entities of the Russian Federation]. Moscow, 2014. 129 p.
3. Efimenko P.B. [Somatovegetative Disorders in the Body of Students with Forced Functional Distortion of Posture]. *Fizicheskoe vospitanie studentov* [Physical Education of Students], 2011, no. 6, pp. 37–39. (in Russ.)
4. Komin S.V., Ryzhov A.Ya. [On the Question of the Identity of the Parameters of Physiological Tremor in the Hands of Boys and Girls 9-10 Years Old]. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya i ekologiya* [Bulletin of Tver State University. Series. Biology and Ecology], 2006, no. 2, pp. 40–45. (in Russ.)
5. Kuchma V.R., Makarova A.Yu., Rapoport I.K. [Medical Provision of Children in Educational Institutions in the Russian Federation. Problems and Solutions]. *Zdravookhranenie RF* [Healthcare of the Russian Federation], 2014, no. 3, pp. 4–9. (in Russ.)
6. Mirskaya N.B. [Risk Factors That Negatively Affect the Formation of the Musculoskeletal System of Children and Adolescents in Modern Conditions]. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation], 2013, no. 1, pp. 65–71. (in Russ.)
7. Mikhaylov V.M. *Variabel'nost' ritma serdtsa. Opyt prakticheskogo primeneniya metoda* [The Variability of the Rhythm of the Heart. Experience of Practical Application of the Method]. Ivanovo, Neurosoft Publ., 2002. 200 p.
8. Nanieva A.R., Kusova A.R., Khetagurova L.G. [The State of Psychophysiological Functions and Performance in Schoolchildren in Graduation Classes]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* [Health of the Population and Habitat], 2011, no. 4, pp. 22–25. (in Russ.)
9. Norkin I.A., Shemyatenkov V.N., Zaretskov V.V. [Peculiarities of the Psychophysiological Status of Children and Adolescents with Scoliosis at Different Stages of Treatment]. *Khirurgiya pozvonochnika* [Surgery of the Spine], 2006, no. 4, pp. 8–12. (in Russ.)
10. Tsivako E., Login V. [Indicator Quality of the Equilibrium Function in Children with a Violation of Posture]. *Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskie nauki* [News of the Southern Federal University. Series. Engineering], 2004, vol. 41, no. 6, pp. 73–76. (in Russ.)
11. Chekalova N.G., Matveeva N.A., Silkin Yu.R. [Comprehensive Assessment of the Health of Schoolchildren with Different Conditions of the Musculoskeletal System]. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation], 2014, no. 4, pp. 66–69. (in Russ.)
12. Chechel'nitskaya S.M., Rummyantsev A.G., Volkov A.M. [Physiological and Psychological Features of Schoolchildren with Impaired Posture]. *Voprosy prakticheskoy pediatrii* [Questions of Practical Pediatrics], 2008, vol. 3, no. 3, pp. 41–44. (in Russ.)
13. Shlyk N.I., Sapozhnikova E.N., Shumikhina I.I., Krasnoperova T.V. [Rhythm of the Heart and Hemodynamics in Children with Different Degrees of Stress of the Body's Regulatory Systems]. *Teoriya i praktika ozdorovleniya naseleniya Rossii : materialy II Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Theory and Practice of Health Improvement of the Population of Russia. Materials of the II National Scientific and Practical Conference with International Participation], 2005, pp. 287–290. (in Russ.)
14. Shutova S.V., Murav'eva I.V. [Sensory Motor Reactions as a Characteristic of the Functional State of the CNS]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Ser. Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Bulletin of Tambov University. Ser. Natural and Technical Sciences], 2013, vol. 18, no. 5–3, pp. 2831–2840. (in Russ.)
15. Baharav A., Mimouni M., Lehrman-Sagie T., Izraeli S., Akselrod S. Spectral Analysis of Heart Rate in Vasovagal Syncope. The Autonomic Nervous System in Vasovagal Syncope. *Clinical Autonomic Research*, 1993, vol. 3, no. 4, p. 261.

16. Herpin D., Ragot S. Mid and Long Term Reproducibility of Noninvasive Measurements of Spontaneous Arterial Baroreflex Sensitivity in Healthy Variability. *American Journal of Hypertension*, 1997, vol. 10, no. 1, pp. 790–797. DOI: 10.1016/S0895-7061(97)00115-5

17. Montana N., Ruscone T.G., Porta A., Lombardi F., Malliani A., Barman S.M. Presence of Vasomotor and Respiratory Rhythms in the Discharge of Single Medullary Neurons Involved in the Regulation of Cardiovascular System. *Journal of Autonomic Nervous System*, 1996, vol. 57, no. ½, pp. 116–122.

18. Rimoldi O., Pierini S., Ferrary A. Analysis of Short-Term Oscillations of R-R and Arterial Pressure in Conscious Dogs. *American Journal of Physiology*, 1990, vol. 258, no. 4, pt. 2, p. H967.

19. Schranz C., Meinck H.M. Primary Neurogenic and Myogenic Disorders of Posture. *Der Orthopäde*, 2004, vol. 33, no. 5, pp. 583–590. DOI: 10.1007/s00132-003-0621-0

Received 10 October 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Психофизиологические закономерности адаптации подростков с дисфункцией опорно-двигательного аппарата (профессионально-образовательный аспект) / Н.А. Белоусова, В.П. Мальцев, А.Ф. Матушак и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17, № S. – С. 43–54. DOI: 10.14529/hsm17s05

FOR CITATION

Belousova N.A., Maltsev V.P., Matuszak A.F., Soldatova E.L., Gorelova G.G. Psychophysiological Patterns of the Adaptation of Adolescents with Dysfunction of the Locomotor System (Professional and Educational Aspect). *Human. Sport. Medicine*, 2017, vol. 17, no. S, pp. 43–54. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm17s05
