



Нейродинамические и нейровегетативные особенности студентов с разным уровнем функционального состояния центральной нервной системы

Виктор Петрович Мальцев* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2453-6585>

Алена Анатольевна Говорухина* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7466-2918>

Ольга Геннадьевна Литовченко* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8368-2590>

*Сургутский государственный университет
(Сургут, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Россия)

Аннотация. Изучение функционального состояния студентов важно для оценки адаптационного потенциала их организма в образовательном процессе. Цель работы – исследование особенностей нейродинамических характеристик и нейровегетативной регуляции у студентов северного региона с разным уровнем функционального состояния центральной нервной системы (ФС ЦНС). **Материалы и методы.** Обследованы 416 студентов гуманитарного профиля (341 девушка и 75 юношей), обучающихся в Сургутском государственном педагогическом университете. Средний возраст испытуемых составил $19,4 \pm 1,4$ года. Общая выборка была дифференцирована на четыре группы по уровню ФС ЦНС: высокий ($n = 118$), средний ($n = 170$), незначительно сниженный ($n = 65$) и сниженный ($n = 63$). В каждой группе оценивались нейродинамические параметры в тестах «Простая зрительно-моторная реакция (ПЗМР)», «Реакция выбора (РВ)» и «Помехоустойчивость (ПУ)» с помощью аппаратно-программного комплекса «НС-Психотест» (ООО «НейроСофт», Россия), а также временные и спектральные показатели вариабельности сердечного ритма (ВСР) в состоянии покоя с помощью электрокардиографа «ВНС-микро» (ООО «НейроСофт», Россия). **Результаты.** Преобладание лиц со средним и высоким уровнями ФС ЦНС (69,3 %) в выборке свидетельствует об относительно благоприятном функционировании ЦНС обследованных студентов. Установлено статистически значимое ($p < 0,001$) увеличение времени реакции в тестах ПЗМР (на 26,5 %), РВ (на 13,7 %) и ПУ (на 11,0 %) в группе со сниженным уровнем ФС ЦНС. Анализ ВСР показал в данной группе уменьшение общей мощности спектра в 5 раз ($p < 0,001$), увеличение индекса напряжения в 4,4 раза и амплитуды моды на 2/3 ($p < 0,001$), что свидетельствует об усилении центральных механизмов регуляции и смещении вегетативного баланса в сторону симпатической активности при снижении ФС ЦНС.

Ключевые слова: функциональное состояние ЦНС, сенсомоторные реакции, нейродинамика, вариабельность сердечного ритма, нейровегетативное регулирование, студенты вуза, адаптационный потенциал

© Мальцев В.П., Говорухина А.А., Литовченко О.Г., 2025

Ответственный за переписку: Виктор Петрович Мальцев, адрес: 628400, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Сургут, просп. Ленина, д. 1; e-mail: mal585@mail.ru

Для цитирования: Мальцев, В. П. Нейродинамические и нейровегетативные особенности студентов с разным уровнем функционального состояния центральной нервной системы / В. П. Мальцев, А. А. Говорухина, О. Г. Литовченко // Журнал медико-биологических исследований. – 2025. – Т. 13, № 4. – С. 432-441. – DOI 10.37482/2687-1491-Z264.

Original article

Neurodynamic and Neuroautonomic Characteristics of Students with Different Levels of the Functional State of the Central Nervous System

Viktor P. Mal'tsev* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2453-6585>
Alena A. Govorukhina* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7466-2918>
O'lga G. Litovchenko* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8368-2590>

*Surgut State University
(Surgut, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Russia)

Abstract. Studying the functional state of students is important to assess their adaptive potential in the educational process. The **purpose** of this article was to examine the neurodynamic characteristics and neuroautonomic regulation in northern students with different levels of the functional state of the central nervous system (CNS). **Materials and methods.** The research involved 416 humanities students (341 female and 75 male), mean age 19.4 ± 1.4 years, attending Surgut State Pedagogical University. The total sample was divided into four groups according to the level of the functional state of the CNS: high ($n = 118$), medium ($n = 170$), slightly reduced ($n = 65$) and reduced ($n = 63$) level. In each group, we evaluated the neurodynamic characteristics of simple visual-motor reaction (SVMR), choice reaction and interference immunity using NS-Psychotest system (Neurosoft, Russia) as well as temporal and spectral parameters of heart rate variability (HRV) at rest using VNS-Micro electrocardiograph (Neurosoft, Russia). **Results.** The prevalence of individuals with medium and high level of the functional state of the CNS (69.3 %) in the sample indicates a relatively favourable functioning of the CNS in the examined students. We identified a statistically significant ($p < 0.001$) increase in reaction time in the SVMR (by 25.6 %), choice reaction (by 13.7 %) and interference immunity (by 11 %) tests in the group with reduced level of the functional state of the CNS. HRV analysis showed a five-fold drop ($p < 0.001$) in the total power as well as an increase in the stress index by the factor of 4.4 and in the mode amplitude by 2/3 ($p < 0.001$), which indicates a strengthening of the central mechanisms of regulation and a shift in the autonomic balance towards sympathetic activity with a decrease in the functional state of the CNS.

Keywords: functional state of the CNS, sensorimotor reactions, neurodynamics, heart rate variability, neuroautonomic regulation, university students, adaptive potential

For citation: Mal'tsev V.P., Govorukhina A.A., Litovchenko O.G. Neurodynamic and Neuroautonomic Characteristics of Students with Different Levels of the Functional State of the Central Nervous System. *Journal of Medical and Biological Research*, 2025, vol. 13, no. 4, pp. 432–441. DOI: 10.37482/2687-1491-Z264

Corresponding author: Viktor Mal'tsev, address: prosp. Lenina 1, Surgut, 628400, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Russia; e-mail: mal585@mail.ru

Сохранение и укрепление здоровья молодежи является одной из приоритетных задач современного общества, поскольку именно эта возрастная группа определяет трудовой и интеллектуальный потенциал государства [1]. Исследования констатируют, что интенсификация образовательного процесса, цифровизация обучения, увеличение информационных нагрузок создают повышенные требования к функциональному состоянию центральной нервной системы (ФС ЦНС) и механизмам вегетативной регуляции студентов [2, 3]. Показатели ФС ЦНС являются объективными маркерами умственной работоспособности и отражают способность к эффективному усвоению учебного материала [3–5]. Важную роль в оценке функционального состояния организма студентов играет анализ параметров вариабельности сердечного ритма (ВСР), который позволяет объективно охарактеризовать работу механизмов регуляции физиологических функций. Параметры ВСР являются чувствительными индикаторами адаптационных процессов и могут служить прогностическими критериями успешности обучения [6]. Оптимальное функционирование когнитивной сферы наблюдается при сбалансированной активности симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, в то время как нарушение вегетативного баланса может приводить к снижению умственной работоспособности и развитию дезадаптационных состояний [7–9].

Особую актуальность приобретает оценка ФС ЦНС и вегетативного тонуса у студентов, обучающихся в гипокомфортных условиях северных регионов, где организм подвергается дополнительному воздействию климатических факторов, которые создают нагрузку на механизмы нейрофизиологической и нейровегетативной регуляции, что может приводить к снижению адаптационных возможностей и, как

следствие, ухудшению академической успеваемости [10–11].

Цель исследования – изучить особенности нейродинамических характеристик и нейровегетативной регуляции у студентов северного региона с разным уровнем ФС ЦНС.

Материалы и методы. В период с февраля по апрель 2023 года было проведено обследование 416 студентов I–IV курсов (341 девушка и 75 юношей) гуманитарного профиля обучения Сургутского государственного педагогического университета (СурГПУ). Средний возраст испытуемых составил $19,4 \pm 1,4$ года. Все участники эксперимента имели 1–2-ю группу здоровья и являлись представителями некоренных национальностей, проживающих в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре (территория, приравненная к условиям Крайнего Севера) более 10 лет. У девушек исследования проводились в постменструальную фазу овариально-менструального цикла, чтобы минимизировать влияние гормональных колебаний на результаты.

Общая выборка была разделена на группы по уровню функциональных возможностей (УФВ) – показателю вариационной хронорефлексометрии, который является интегральным вероятностно-статистическим параметром распределения латентных периодов простой зрительно-моторной реакции. Данный статистический критерий отражает общий адаптационный потенциал ЦНС и позволяет оценить способность индивида формировать адекватную заданию функциональную систему и длительно поддерживать ее устойчивость¹. На основе УФВ у обследованных студентов выделены четыре уровня ФС ЦНС со следующим распределением: высокий ($n = 118$), средний ($n = 170$), незначительно сниженный ($n = 65$) и сниженный ($n = 63$) (в последнюю группу включены 7 лиц с существенно сниженным уровнем ФС ЦНС, без признаков патологии).

¹Хазова И.В., Шошмин А.В., Девятова О.Ф. Полифункциональное психофизиологическое тестирование в оценке функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья: метод. указания. СПб.: СПб НЦЭПР им. Г.А. Альбрехта ФМБА России, 2011. 63 с.

Нейродинамические параметры оценивались с помощью аппаратно-программного комплекса «НС-Психотест» (ООО «НейроСофт», Россия). Оценка латентных периодов сенсомоторных реакций выполнялась по следующим методикам: «Простая зрительно-моторная реакция (ПЗМР)»; «Реакция выбора (РВ)»; «Помехоустойчивость (ПУ)». Дополнительно регистрировались среднеквадратичные отклонения (СКО) показателей, отражающие стабильность сенсомоторного реагирования.

Оценка вариабельности сердечного ритма (ВСР) проведена с помощью электрокардиографа «ВНС-микро» (ООО «НейроСофт», Россия). Запись реализована в стандартизованных условиях в положении лежа (5 мин), при спокойном дыхании. Анализировались временные (RRNN – средняя продолжительность RR-интервалов, мс; SDNN – среднеквадратичное отклонение последовательных RR-интервалов, мс; RMSSD – стандартное отклонение разности последовательных RR-интервалов, мс; A_{Mo} – амплитуда моды, %; SI – индекс напряжения, у. е.) и спектральные (TP – общая мощность спектра, мс^2 ; HF_{отн}, LF_{отн}, VLF_{отн} – относительные мощности в высокочастотном (0,16–0,4 Гц), низкочастотном (0,05–0,15 Гц) и очень низкочастотном (<0,05 Гц) диапазонах соответственно, %; LF/HF – индекс симпато-парасимпатического баланса, у. е.) показатели ВСР.

Статистический анализ данных осуществлялся с использованием программы Statistica v. 7.0 (StatSoft, США) и включал описательную статистику (медиана и интерквартильный размах – $Me [Q_1; Q_3]$), проверку нормальности распределения (тест Колмогорова–Смирнова), попарное сравнение групп с использованием непараметрического *U*-критерия Манна–Уитни. Критический уровень значимости – $p < 0,05$, с учетом множественных сравнений применялась поправка Бонферрони ($p < 0,008$).

Все проводимые процедуры соответствовали принципам Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (редакция 2013 года). Все испытуемые дали письменное

информированное согласие на участие в исследовании. Дизайн эксперимента одобрен этическим комитетом медико-биологических исследований при Сургутском государственном университете (протокол № 26 от 29.09.2021).

Результаты. Медианные показатели сенсомоторных реакций студентов с разным уровнем ФС ЦНС, полученные в ходе исследования, представлены в *табл. 1* (см. с. 436).

Время ПЗМР у обследуемых продемонстрировало прогрессивное увеличение на 26,5 % (при $p < 0,001$) по мере снижения ФС ЦНС. Медианные значения времени ПЗМР для высокого и среднего уровнями ФС ЦНС (214,2 и 228,8 мс соответственно) находились в пределах возрастно-половой нормы, в то время как групповые показатели лиц с незначительно сниженным и сниженным уровнями ФС ЦНС говорили об умеренно замедленном реагировании (250,7 и 270,9 мс соответственно).

Показатели РВ, отражающие подвижность нервных процессов и эффективность дифференцировочного торможения, демонстрировали особую динамику. Медианные значения времени РВ в группах с высоким и средним уровнями ФС ЦНС были практически идентичны (341,7 и 342,5 мс соответственно), что может свидетельствовать о схожей эффективности процессов обработки информации при выборе альтернативных сенсорных стимулов. Однако в группе со сниженным уровнем ФС ЦНС наблюдалось статистически значимое увеличение времени реакции на 13,7 % (до 389,5 мс) по сравнению со студентами с высоким уровнем ФС ЦНС.

Медианное время реакции в teste ПУ как интегральный показатель эффективности функционирования мозга в условиях помех характеризовалось последовательным увеличением в среднем на 11 % – от 350,8 мс в группе с высоким уровнем до 389,2 мс в группе со сниженным уровнем ФС ЦНС.

Параллельно наблюдалось увеличение СКО времени реакции всех диагностируемых типов сенсомоторных реакций от группы с высоким к группе с низким уровнем ФС ЦНС, что указывает на нарастающую нестабильность

Таблица 1

Нейродинамические показатели у студентов СурГПУ с разным уровнем ФС ЦНС, $Me [Q_1; Q_3]$ Neurodynamic parameters in students of Surgut State Pedagogical University
with different levels of the functional state of the CNS, $Me [Q_1; Q_3]$

Показатель	Высокий уровень (n = 118) (1)	Средний уровень (n = 170) (2)	Незначительно сниженный уровень (n = 65) (3)	Сниженный уровень (n = 63) (4)	Значимость различий
<i>Методика «Простая зрительно-моторная реакция»</i>					
Время реакции, мс	214,2 [202,2; 233,3]	228,8 [214,6; 245,3]	250,7 [236,1; 266,3]	270,9 [248,9; 295,8]	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{2-3} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-4} < 0,001$ $p_{1-4} < 0,001$ $p_{3-4} < 0,001$
СКО времени реакции, мс	49,7 [38,5; 62,2]	55,8 [45,6; 67,7]	66,2 [55,8; 85,5]	76,5 [64,3; 100,4]	$p_{1-2} = 0,013$ $p_{2-3} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-4} < 0,001$ $p_{1-4} < 0,001$ $p_{3-4} = 0,017$
<i>Методика «Реакция выбора»</i>					
Время реакции, мс	341,8 [318,2; 368,9]	342,5 [321,7; 377,0]	348,4 [331,0; 375,1]	389,5 [352,1; 417,4]	$p_{1-2} = 0,561$ $p_{2-3} = 0,073$ $p_{1-3} = 0,037$ $p_{2-4} < 0,001$ $p_{1-4} < 0,001$ $p_{3-4} < 0,001$
СКО времени реакции, мс	81,6 [69,8; 99,9]	85,4 [71,7; 103,5]	83,3 [72,3; 96,2]	90,4 [80,8; 116,9]	$p_{1-2} = 0,554$ $p_{2-3} = 0,538$ $p_{1-3} = 0,947$ $p_{2-4} = 0,011$ $p_{1-4} = 0,006$ $p_{3-4} < 0,001$
<i>Методика «Помехоустойчивость»</i>					
Время реакции, мс	350,9 [324,7; 373,0]	359,1 [338,4; 382,2]	378,1 [350,7; 402,6]	389,2 [371,0; 420,2]	$p_{1-2} = 0,012$ $p_{2-3} = 0,002$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-4} < 0,001$ $p_{1-4} < 0,001$ $p_{3-4} = 0,032$
СКО времени реакции, мс	73,7 [58,8; 90,5]	72,9 [60,3; 91,6]	77,9 [61,5; 93,2]	88,2 [67,7; 119,1]	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{2-3} = 0,007$ $p_{1-3} = 0,017$ $p_{2-4} = 0,032$ $p_{1-4} < 0,001$ $p_{3-4} = 0,050$

Примечание. Здесь и далее полужирным начертанием выделены статистически значимые различия.

процессов сенсомоторной интеграции при снижении ФС мозга. Наибольшее изменение в группах от высокого до сниженного уровней ФС ЦНС отмечено в СКО времени реакции в тесте ПЗМР (53,9 %), а наименьшее – в СКО времени реакции в тесте РВ (10,8 %). При этом вариативность медианных значений време-

ни реакции и СКО времени реакции в тестах ПЗМР, РВ и ПУ у всех групп соответствовали возрастно-половым нормам.

Оценка параметров ВСР обследованных студентов в состоянии покоя позволила охарактеризовать особенности нейровегетативной регуляции у лиц с разным уровнем ФС ЦНС (табл. 2).

Таблица 2

Временные и спектральные показатели ВСР студентов СурГПУ с разным уровнем ФС ЦНС, $Me [Q_1; Q_3]$

Temporal and spectral parameters of heart rate variability in students of Surgut State Pedagogical University with different levels of the functional state of the CNS, $Me [Q_1; Q_3]$

Показатель	Высокий уровень (n = 118) (1)	Средний уровень (n = 170) (2)	Незначительно сниженный уровень (n = 65) (3)	Сниженный уровень (n = 63) (4)	Значимость различий
<i>Временной анализ</i>					
RRNN, мс	838,5 [754,0; 899,0]	813,0 [731,0; 886,0]	809,0 [740,0; 932,0]	801,0 [744,0; 883,0]	$p_{1-2} = 0,125$ $p_{2-3} = 0,503$ $p_{1-3} = 0,653$ $p_{2-4} = 0,860$ $p_{1-4} = 0,219$ $p_{3-4} = 0,564$
SDNN, мс	54,0 [43,0; 75,0]	54,0 [38,0; 73,0]	58,0 [41,0; 77,0]	60,0 [41,0; 77,0]	$p_{1-2} = 0,646$ $p_{2-3} = 0,380$ $p_{1-3} = 0,669$ $p_{2-4} = 0,428$ $p_{1-4} = 0,626$ $p_{3-4} = 0,985$
RMSSD, мс	50,0 [33,0; 75,0]	50,5 [33,0; 79,0]	52,0 [32,0; 88,0]	57,0 [35,0; 87,0]	$p_{1-2} = 0,671$ $p_{2-3} = 0,721$ $p_{1-3} = 0,495$ $p_{2-4} = 0,577$ $p_{1-4} = 0,378$ $p_{3-4} = 0,840$
A_{Mo} , %	27,3 [21,5; 33,5]	34,8 [30,5; 40,4]	48,2 [44,2; 54,8]	48,3 [43,1; 55,1]	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{2-3} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-4} < 0,001$ $p_{1-4} < 0,001$ $p_{3-4} = 0,971$
SI, y. e.	32,7 [21,8; 63,3]	62,6 [44,8; 88,5]	154,8 [127,1; 202,4]	143,6 [124,9; 191,9]	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{2-3} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-4} < 0,001$ $p_{1-4} < 0,001$ $p_{3-4} = 0,625$

Окончание табл. 2

Показатель	Высокий уровень (n = 118) (1)	Средний уровень (n = 170) (2)	Незначительно сниженный уровень (n = 65) (3)	Сниженный уровень (n = 63) (4)	Значимость различий
<i>Спектральный анализ</i>					
TP, мс ²	5806,0 [3567,0; 9417,0]	3355,0 [2291,0; 4510,0]	1285,0 [1091,0; 1713,0]	1365,0 [1057,0; 1851,0]	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{2-3} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-4} < 0,001$ $p_{1-4} < 0,001$ $p_{3-4} = 0,890$
HF _{отн} , %	44,8 [33,8; 54,4]	39,4 [26,5; 52,6]	28,3 [19,6; 33,9]	30,6 [16,6; 40,8]	$p_{1-2} = 0,010$ $p_{2-3} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-4} < 0,001$ $p_{1-4} < 0,001$ $p_{3-4} = 0,475$
LF _{отн} , %	24,1 [18,6; 30,2]	27,9 [21,6; 37,2]	29,7 [23,3; 35,9]	28,2 [21,1; 38,5]	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{2-3} = 0,425$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-4} = 0,976$ $p_{1-4} = 0,010$ $p_{3-4} = 0,517$
VLF _{отн} , %	26,3 [18,9; 38,8]	29,8 [19,7; 39,9]	39,5 [32,2; 48,9]	36,9 [30,3; 53,2]	$p_{1-2} = 0,228$ $p_{2-3} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-4} < 0,001$ $p_{1-4} < 0,001$ $p_{3-4} = 0,644$
LF/HF, у. е.	0,6 [0,4; 0,8]	0,7 [0,4; 1,3]	1,1 [0,8; 1,8]	1,0 [0,6; 1,9]	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{2-3} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-4} = 0,012$ $p_{1-4} < 0,001$ $p_{3-4} = 0,292$

RRNN демонстрировала тенденцию к уменьшению от группы с высоким уровнем ФС ЦНС (838,5 мс) к группе со сниженным (801,0 мс). SDNN и RMSSD отражали парадоксальную тенденцию к незначительному увеличению медианных значений при снижении ФС ЦНС: SDNN – на 11 % (от 54,0 до 60,0 мс), RMSSD – на 14 % (от 50,0 до 57,0 мс), оставаясь при этом в пределах физиологической нормы. Наиболее

выраженные различия обнаружены в показателях, характеризующих симпатическую активность и напряжение регуляторных систем: A_{M_0} значительно возрастила (в среднем на 2/3) – от 27,3 % в группе с высоким уровнем ФС ЦНС до 48,3 % в группе со сниженным уровнем. SI демонстрировал выраженное увеличение (в 4,4 раза – от 32,7 до 143,6 у. е.) при снижении уровня ФС ЦНС.

Спектральный анализ ВСР выявил существенные различия в структуре спектральной мощности. ТР статистически значимо уменьшилась (примерно в 5 раз) от 5806,0 мс² в группе с высоким уровнем ФС ЦНС до 1365,0 мс² в группе со сниженным уровнем. В структуре спектра ВСР наблюдалось перераспределение компонентов: HF_{отн} уменьшилась от 44,8 % (высокий уровень ФС ЦНС) до 30,6 % (сниженный уровень); LF_{отн} демонстрировала умеренное увеличение от 24,1 до 28,2 % соответственно; наиболее выраженные изменения произошли в VLF_{отн} – она возросла примерно на 40 % при сниженному уровне ФС ЦНС по сравнению с высоким. LF/HF демонстрировал прогрессивное увеличение от 0,56 у. е. в группе с высоким уровнем до 1,0 у. е. в группе со сниженным уровнем ФС ЦНС, отражая смещение вегетативного баланса в пределах нормативного коридора в сторону симпатических влияний.

Обсуждение. ФС ЦНС играет существенную роль в формировании адаптивных психических и физиологических реакций, а также в определении готовности студентов к учебной деятельности [3, 5, 12, 13]. Преобладание в выборке лиц со средним и высоким уровнями ФС ЦНС (в сумме 69,3 %) свидетельствует об адекватном функционировании ЦНС у большинства обследованных студентов, что может рассматриваться как благоприятный прогностический признак успешной реализации когнитивной деятельности. Полученные нами результаты подтверждаются работами других авторов [5, 12], которые показали, что среди студентов преобладают лица с высоким и средним уровнями ФС ЦНС. Снижение ФС ЦНС отражает уменьшение общей активности нервной системы, что проявляется в увеличении времени прохождения нервных импульсов по элементам рефлекторной дуги. Это может быть связано с истощением энергетических ресурсов нейронов, дисбалансом нейромедиаторных систем и нарушением регуляторных процессов [14]. Выявленное нами у студентов северного вуза прогрессивное увеличение времени ПЗМР на 26,5 % при снижении ФС ЦНС свидетельствует о замедлении процессов возбуждения в сенсорных и моторных зонах коры головного мозга. При этом

эффективность РВ сокращается только при существенном ухудшении ФС (увеличение времени на 13,7 %), что указывает на относительную устойчивость когнитивных процессов к умеренным изменениям в ЦНС.

Отмеченное дифференцированное влияние ФС ЦНС обследованных студентов на сложные сенсомоторные реакции с сохранением эффективности при умеренном снижении ФС ЦНС может быть связано с вовлечением дополнительных нейронных сетей и компенсаторных механизмов. Реализация данных механизмов деятельности нервных центров головного мозга обеспечивает перераспределение ресурсов и активацию альтернативных путей обработки информации для поддержания производительности при выполнении сложных задач [14]. Аналогичные результаты представлены в работе [5], где описаны различные механизмы формирования функциональной системы ЦНС у лиц с разным уровнем подвижности и точности реакций. В частности, у студентов с выраженной инертностью нервных процессов наблюдалось развертывание реакций мобилизации, тогда как у лиц с высокой подвижностью нервных процессов и высокой точностью реакций активация была обусловлена реакцией готовности к сенсомоторной деятельности. Зафиксированное нами увеличение вариативности сенсомоторных реакций, особенно ПЗМР (на 53,9 %), при снижении ФС ЦНС подтверждает положение о нестабильности нейродинамических процессов как маркера снижения функциональных резервов ЦНС [8].

В проведенном исследовании установлено влияние уровня ФС ЦНС на параметры ВСР. Прогрессивное статистически значимое уменьшение ТР в 5 раз от высокого к сниженному уровню ФС ЦНС согласуется с данными [10, 12, 13], свидетельствующими о снижении ВСР с уменьшением адаптационного потенциала ЦНС. Значительное увеличение SI (в 4,4 раза) и A_{Mo} (на 2/3) говорит об усилении централизации управления сердечным ритмом.

Перераспределение спектральных компонентов ВСР с незначительным снижением высокочастотного компонента и увеличением доли

VLF-колебаний на 40 % при ухудшении ФС ЦНС у обследованных студентов также указывает на активацию надсегментарных эрготропных и метаболических механизмов регуляции сердечного ритма. Смещение LF/HF в сторону симпатических влияний, в пределах нормативного диапазона, может рассматриваться как адаптивная реакция, направленная на мобилизацию функциональных резервов организма, что подтверждается работами [6–7].

Комплексное исследование нейродинамических характеристик и показателей ВСР позволяет получить целостное представление о функциональном состоянии организмов студентов и их адаптационных возможностях. Такой интегративный подход особенно важен для понимания механизмов взаимосвязи центральной и вегетативной нервной систем в обеспечении оптимальной работоспособности в условиях интенсивных учебных нагрузок.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

1. Аминова О.С., Тятенкова Н.Н., Соколова С.Б. Проблема сохранения и укрепления здоровья студенческой молодежи (научный обзор) // Вопр. школ. и унив. медицины и здоровья. 2023. № 1. С. 9–15.
2. Тарасов А.В., Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Скоблина Н.А., Иевлева О.В. Современные факторы, определяющие состояние здоровья студенческой молодежи // Рос. вестн. гигиены. 2022. № 1. С. 4–9. <https://doi.org/10.24075/rbh.2022.034>
3. Литвинова Н.А., Иванов В.И., Березина М.Г., Глебов В.В. Оценка психофизиологического потенциала в процессе адаптации к учебной деятельности // Психология. Психофизиология. 2021. Т. 14, № 2. С. 108–122.
4. Марчук С.А. Исследование психофизиологических показателей студентов в разные периоды учебной деятельности // Науч.-метод. электрон. журн. «Концепт». 2025. № 2. С. 307–313. <https://doi.org/10.24412/2304-120X-2025-12004>
5. Байгужин П.А., Шибкова Д.З. Функциональное состояние центральной нервной системы при воздействии слабоструктурированной информации // Человек. Спорт. Медицина. 2017. Т. 17, № 5. С. 32–42. <https://doi.org/10.14529/hsm17s04>
6. Безбородова А.П., Рыжков А.В., Чаткин В.В., Шутов М.В., Дмитриева О.А., Власова Т.И. Особенности вегетативной регуляции вариабельности ритма сердца у молодых лиц при профилактике сердечно-сосудистой патологии // Профилакт. медицина. 2024. Т. 27, № 8. С. 76–81. <https://doi.org/10.17116/profmed20242708176>
7. Трифонов В.В., Каракевич А.И. Особенности проявления умственной работоспособности у лиц с ваготоническим и симпатикотоническим вариантом исходного вегетативного тонуса в условиях стресса // Соврем. вопр. биомедицины. 2025. Т. 9, № 1(31). Ст. № 17. https://doi.org/10.24412/2588-0500-2025_09_01_17
8. Сетко Н.П., Жданова О.М., Сетко А.Г. Индивидуально-типологический подход в анализе функционального состояния организма студентов-медиков // Кардиоваскуляр. терапия и профилактика. 2024. Т. 23, № 2. С. 6–18. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2024-3800>
9. Forte G., Favieri F., Casagrande M. Heart Rate Variability and Cognitive Function: A Systematic Review // Front. Neurosci. 2019. № 13. Art. № 710. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00710>
10. Еремеев С.И., Еремеева О.В., Кормилец В.С., Кормилец А.Ю. Вариабельность ритма сердца у здоровых женщин и мужчин 18–27 лет, проживающих в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре // Экология человека. 2021. № 8. С. 12–20. <https://doi.org/10.3396/1728-0869-2021-8-12-20>
11. Никилина А.В., Козлов В.А., Шуканов А.А. Изменчивость вариабельности сердечного ритма как отражение реализации физиологических механизмов адаптации организма // Человек. Спорт. Медицина. 2017. Т. 17, № 4. С. 14–20. <https://doi.org/10.14529/hsm170402>
12. Николаева Е.Н., Колосова О.Н. Физиологическая оценка состояния центральной нервной системы студентов в период учебной деятельности // Наука и образование. 2017. № 3(87). С. 96–100.
13. Спицин А.П. Особенности структуры сердечного ритма у лиц молодого возраста в зависимости от доминирующего типа вегетативной нервной системы // Человек и его здоровье. 2017. № 3. С. 113–117. <https://doi.org/10.21626/vestnik/2017-3/19>

14. Игнатова Ю.П., Макарова И.И., Яковлева К.Н., Аксенова А.В. Зрительно-моторные реакции как индикатор функционального состояния центральной нервной системы // Ульянов. мед.-биол. журн. 2019. № 3. С. 38–51. <https://doi.org/10.34014/2227-1848-2019-3-38-51>

References

1. Aminova O.S., Tyatenkova N.N., Sokolova S.B. Problema sokhraneniya i ukrepleniya zdorov'ya studencheskoy molodezhi (nauchnyy obzor) [The Problem of Preserving and Strengthening the Health of Students (Scientific Review)]. *Voprosy shkol'noy i universitetskoy meditsiny i zdorov'ya*, 2023, no. 1, pp. 9–15.
2. Tarasov A.V., Rakhmanov R.S., Bogomolova E.S., Skobolina N.A., Ievleva O.V. Modern Factors Determining the Status of Students' Health. *Russ. Bull. Hyg.*, 2022, no. 1, pp. 4–9. <https://doi.org/10.24075/rbh.2022.034>
3. Litvinova N.A., Ivanov V.I., Berezina M.G., Glebov V.V. Assessment of Psychophysiological Potential Under Adaptation to Educational Activity. *Psychol. Psychophysiol.*, 2021, vol. 14, no. 2, pp. 108–122 (in Russ.).
4. Marchuk S.A. Issledovanie psikhofiziologicheskikh pokazateley studentov v raznye periody uchebnoy deyatel'nosti [Study of Psychophysiological Indicators of Students in Different Periods of Learning Activity]. *Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal "Kontsept"*, 2025, no. 2, pp. 307–313. <https://doi.org/10.24412/2304-120X-2025-12004>
5. Baiguzhin P.A., Shikova D.Z. Functional Condition of the Central Nervous System Under the Influence of Weakly Structured Information. *Hum. Sport Med.*, 2017, vol. 17, no. S, pp. 32–42 (in Russ.). <https://doi.org/10.14529/hsm17s04>
6. Bezborodova A.P., Ryzhov A.V., Chatkin V.V., Shutov M.V., Dmitrieva O.A., Vlasova T.I. Features of Autonomic Regulation of Heart Rate Variability in Young People at the Cardiovascular Pathology Prevention. *Russ. J. Prev. Med.*, 2024, vol. 27, no. 8, pp. 76–81 (in Russ.). <https://doi.org/10.17116/profmed20242708176>
7. Trifonov V.V., Karankevich A.I. Features of Mental Performance in Individuals with Vagotonic and Sympathetic Tonic Variant of the Initial Vegetative Tone Under Stress. *Mod. Iss. Biomed.*, 2025, vol. 9, no. 1. Art. no. 17 (in Russ.). https://doi.org/10.24412/2588-0500-2025_09_01_17
8. Setko N.P., Zhdanova O.M., Setko A.G. Individual Typological Approach to the Analysis of the Body Function of Medical Students. *Cardiovasc. Ther. Prev.*, 2024, vol. 23, no. 2, pp. 6–18 (in Russ.). <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2024-3800>
9. Forte G., Favieri F., Casagrande M. Heart Rate Variability and Cognitive Function: A Systematic Review. *Front. Neurosci.*, 2019, no. 13. Art. no. 710. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00710>
10. Eremeev S.I., Eremeeva O.V., Kormilets V.S., Kormilets A.Yu. Heart Rate Variability in Healthy 18–27 Years-Old Women and Men in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Ugra. *Hum. Ecol.*, 2021, no. 8, pp. 12–20 (in Russ.). <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2021-8-12-20>
11. Nikulina A.V., Kozlov V.A., Shukanov A.A. Changes in Heart Rate Variability as a Reflection of Implemented Physiological Mechanisms of Adaptation. *Hum. Sport Med.*, 2017, vol. 17, no. 4, pp. 14–20 (in Russ.). <https://doi.org/10.14529/hsm170402>
12. Nikolaeva E.N., Kolosova O.N. Fiziologicheskaya otsenka sostoyaniya tsentral'noy nervnoy sistemy studentov v period uchebnoy deyatel'nosti [Physiological Estimation of the State of the Central Nervous System of Students in the Period of Educational Activity]. *Nauka i obrazovanie*, 2017, no. 3, pp. 96–100.
13. Spitsin A.P. Osobennosti strukturny serdechnogo ritma u lits molodogo vozrasta v zavisimosti ot dominiruyushchego tipa vegetativnoy nervnoy sistemy [Peculiarities of Heart Rate Structure in Young Persons Depending on the Dominant Type of the Vegetative Nervous System]. *Chelovek i ego zdorov'e*, 2017, no. 3, pp. 113–117. <https://doi.org/10.21626/vestnik/2017-3/19>
14. Ignatova Yu.P., Makarova I.I., Yakovleva K.N., Aksanova A.V. Zritel'no-motornye reaktsii kak indikator funktsional'nogo sostoyaniya tsentral'noy nervnoy sistemy [Visual-Motor Reactions as an Indicator of CNS Functional State]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskiy zhurnal*, 2019, no. 3, pp. 38–51. <https://doi.org/10.34014/2227-1848-2019-3-38-51>

Поступила в редакцию 17.04.2025 / Одобрена после рецензирования 23.06.2025 / Принята к публикации 25.06.2025.
Submitted 17 April 2025 / Approved after reviewing 23 June 2025 / Accepted for publication 25 June 2025.