

Вариабельность ритма сердца у студентов транспортного вуза в зависимости от типа конституции

Е.В. Климова¹, А.И. Рязанцев³, О.В. Сорокин², М.А. Суботьялов^{3,4} ✉

¹ Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия

² ООО «Ведагенетика», Новосибирск, Россия

³ Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия

⁴ Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. Цель исследования – изучение показателей variability ритма сердца и вегетативной адаптации студентов Сибирского государственного университета путей сообщения в зависимости от типа конституции. Были изучены следующие морфологические параметры: длина и масса тела, окружность грудной клетки. Осуществлен расчет индексов: Кетле, Пинье. Выполнена оценка частоты сердечных сокращений, артериального давления у 216 здоровых студентов, разделенных на три группы в зависимости от типа конституции. Проведена оценка variability ритма сердца методом кардиоинтервалографии с анализом индексов Р.М. Баевского. Сформирован индивидуально-типологический морфофункциональный портрет студентов транспортного вуза в зависимости от типа конституции.

Ключевые слова: транспортный вуз, здоровье, студенты, морфофункциональные показатели, variability ритма сердца, педагогическая физиология

ORIGINAL RESEARCHES

Original article

doi: <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2025-22-3-103-108>

Heart rate variability in transport university students depending on the type of constitution

E.V. Klimova¹, A.I. Riazantsev³, O.V. Sorokin², M.A. Subotyalov^{3,4} ✉

¹ Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia

² Bioquant, Novosibirsk, Russia

³ Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia

⁴ Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Abstract. The purpose of the study is to study the indicators of heart rate variability and vegetative adaptation of students of the Siberian State University of Railway Transport, depending on the type of constitution. The following morphological parameters were studied: body length and weight, chest circumference. The indices were calculated: Quetelet, Pinier. An assessment of the frequency of heart contractions and blood pressure was performed in 216 healthy students divided into three groups depending on the type of constitution. The heart rate variability was assessed by cardiointervalography with the analysis of indices R.M. Bayevsky. An individual typological morpho-functional "portrait" of students of a transport university has been formed, depending on the type of constitution.

Keywords: transport university, health, students, morphofunctional indicators, heart rate variability, pedagogical physiology

Современному обществу необходимы специалисты профессионально компетентные, творчески мыслящие, надежные, способные самостоятельно принимать решения в сложных, постоянно изменяющихся условиях трудовой деятельности, умеющие планировать и организовывать свою деятельность и деятельность других людей, а также обеспечивать бесперебойную и эффективную работу необходимых технических средств. Все вышеперечисленное в полном объеме относится и к работникам железнодорожной отрасли. Реформа железнодорожного транспорта предусматривает

внедрение новых технических средств, способных обусловить более совершенный способ управления и регулирования системы транспорта, что, в свою очередь, должно способствовать повышению безопасности движения. Поэтому будущий специалист транспортной отрасли должен обладать высокими показателями психологического и морфофункционального состояния [1].

В период учебной деятельности у студентов появляется набор специфических характеристик, связанных с восприятием и обработкой разнообразной

информации, что в условиях дефицита времени приводит к высокому уровню нагрузки на адаптационно-компенсаторные механизмы организма.

Во время учебы в вузе более заметные нарушения выявляются со стороны сердечно-сосудистой системы, являющейся основным участником всех реакций, происходящих в организме.

Увеличение частоты сердечных сокращений, повышение значений артериального давления и сердечного выброса, уменьшение сосудистого сопротивления являются наиболее выраженными индикаторами [2].

Во время адаптации к обучению в вузе в организме обучающихся осуществляется ремоделирование деятельности органов и систем, изменяется баланс вегетативной регуляции, увеличивается чувствительность к воздействиям внешней среды.

Особо ошутимое влияние оказывается на сердечно-сосудистую систему. Работа сердца – суммарный показатель того, какие процессы протекают в организме человека: ритм и сила сердечных сокращений моментально реагируют на все экзо- и эндогенные изменения [3, 4, 5].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение показателей variability ритма сердца и вегетативной адаптации студентов Сибирского государственного университета путей сообщения в зависимости от типа конституции.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Настоящее исследование проходило в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (СГУПС). Были обследованы практически здоровые студенты СГУПС мужского пола. В рамках исследования были изучены возраст и тотальные размеры тела испытуемых (ДТ – длина тела, МТ – масса тела, ИМТ – индекс массы тела, ОГК – обхват грудной клетки). Индекс Пинье (ИП) служил для оценки типа конституции по М.В. Черноруцкому: $ИП = ДТ - (МТ + ОГК)$. Юноши, имеющие ИП более 30, были отнесены к астеническому типу конституции (А), при ИП от 10 до 30 – к нормостеническому типу (Н), при ИП менее 10 – к гиперстеническому типу (Г). Более полные данные о морфологическом статусе испытуемых представлены в табл. 1.

Таблица 1

Морфологические особенности юношей в зависимости от типа конституции ($M \pm m$)

Показатели	Конституциональные типы			Значимость различий		
	А n = 49	Н n = 56	Г n = 59	А-Н	А-Г	Н-Г
ДТ, см	178,8 ± 0,5	180,0 ± 0,6	180,9 ± 0,5	0,149	0,150	0,989
МТ, кг	60,5 ± 0,5	70,4 ± 0,5	88,9 ± 0,9	0,000	0,000	0,000
ОГК, см	82,4 ± 0,6	93,9 ± 0,3	103,8 ± 0,6	0,000	0,000	0,000
Индекс Пинье, у.е.	35,8 ± 0,4	16,1 ± 0,4	-11,8 ± 1,4	0,000	0,000	0,000
Индекс Кетле, у.е.	19,0 ± 0,1	21,0 ± 0,1	27,4 ± 0,2	0,000	0,000	0,000

Примечание: А – астеники, Н – нормостеники, Г – гиперстеники, ДТ – длина тела, МТ – масса тела, ОГК – обхват грудной клетки.

Вариабельность сердечного ритма (ВРС) измеряли с помощью электрокардиографа «ВедаПульт» (ООО «Биоквант», Россия). Испытуемый находился в исходном положении лежа на спине без движения в течение 5 мин (это было использовано для достижения уровня физиологического покоя – фона). Затем в течение 5 мин в том же положении записывали электрокардиограмму (ЭКГ). После первой записи испытуемому предлагали аккуратно встать, а затем регистрировали ЭКГ в ходе активной ортостатической пробы (АОП). На основе математической обработки ЭКГ были рассчитаны показатели ВРС – индексы Р.М. Баевского [6, 7].

Частота сердечных сокращений (ЧСС) регистрировалась в состоянии покоя. Артериальное давление (АД) измерялось на левой руке аускультативно по методу Короткова Н.С. с применением механического тонометра CS-109-Pro фирмы CS Medica (Shenzhen Complectservice Industrial & Trade Co., Ltd., Китай).

Статистическую обработку результатов исследования проводили, вычисляя среднее арифметическое значение (M), ошибку среднего арифметического значения (m), и представляли в виде $M \pm m$. Различия между группами оценивали с помощью t-критерия Стьюдента, достоверными считались результаты при $p < 0,05$ [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Обследуемые были разделены на три группы в зависимости от типа конституции: астеники (А), нормостеники (Н), гиперстеники (Г).

Частота сердечных сокращений в покое у студентов СГУПС была сопоставима во всех трех группах и находилась на уровне нормокардии (табл. 2). Систолическое артериальное давление достоверно увеличивалось в ряду А-Н-Г. Диастолическое АД было наименьшим в группе

студентов-астеников, а наибольшим – в группе студентов-гиперстеников, что стати-стически показано при $p \leq 0,05$. Более низкие значения САД и ДАД у астеников, возможно, говорят о более выраженной вазодилатации магистральных сосудов или лучшем состоянии эндотелия

сосудов, чем у гиперстеников. Однако отметим, что средние показатели по популяции как у астеников, так и у нормостеников и гиперстеников находятся в пределах половозрастной физиологической нормы для практически здоровых людей.

Таблица 2

**Основные кардиологические показатели и вариабельности ритма сердца
студентов транспортного вуза ($M \pm m$)**

Показатели	Конституциональные типы			Статистическая значимость		
	А $n = 49$	Н $n = 56$	Г $n = 59$	А-Н	А-Г	Н-Г
Фон						
ЧСС, уд./мин	85,2 ± 2,7	82,6 ± 2,2	80,90 ± 2,04	0,236	0,613	0,733
САД, мм рт. ст.	106,9 ± 0,7	112,8 ± 2,8	126,1 ± 1,9	0,049	0,000	0,000
ДАД, мм рт. ст.	69,0 ± 0,9	72,9 ± 0,7	73,4 ± 1,2	0,005	0,007	0,758
Мо, мс	898,1 ± 23,8	944,0 ± 18,6	880,1 ± 15,8	0,130	0,520	0,009
АМо, %	34,9 ± 1,9	30,2 ± 0,9	35,1 ± 1,3	0,033	0,946	0,005
ВР, с	0,308 ± 0,010	0,335 ± 0,010	0,295 ± 0,010	0,204	0,514	0,031
ИВР, у.е.	213,2 ± 42,9	104,8 ± 8,3	136,1 ± 11,9	0,006	0,050	0,036
ПАПР, у.е.	41,8 ± 3,6	37,3 ± 2,2	40,1 ± 2,2	0,283	0,684	0,375
ВПР, у.е.	5,2 ± 0,8	3,6 ± 0,2	4,5 ± 0,2	0,049	0,359	0,023
ИЦ, у.е.	3,5 ± 0,5	2,1 ± 0,1	1,9 ± 0,1	0,005	0,001	0,420
ИН, у.е.	117,4 ± 12,9	58,8 ± 5,8	83,6 ± 9,1	0,000	0,030	0,028
АОП						
ЧСС, уд./мин	112,2 ± 1,9	129,4 ± 2,2	131,0 ± 3,4	0,000	0,000	0,693
Мо, мс	635,0 ± 12,1	624,1 ± 11,2	641,9 ± 10,1	0,512	0,658	0,242
АМо, %	43,7 ± 1,9	43,9 ± 1,7	43,1 ± 1,5	0,938	0,809	0,734
ВР, с	0,279 ± 0,01	0,233 ± 0,01	0,264 ± 0,010	0,017	0,442	0,040
ИВР, у.е.	234,8 ± 22,3	235,6 ± 22,0	186,0 ± 13,3	0,978	0,050	0,049
ПАПР, у.е.	72,0 ± 4,1	73,6 ± 3,8	69,6 ± 3,3	0,784	0,646	0,437
ВПР, у.е.	8,6 ± 0,4	8,3 ± 0,6	6,7 ± 0,3	0,678	0,001	0,027
ИЦ, у.е.	2,6 ± 0,2	2,4 ± 0,2	2,7 ± 0,2	0,452	0,933	0,398
ИН, у.е.	210,9 ± 26,2	208,4 ± 22,4	156,6 ± 13,3	0,943	0,048	0,045

Примечание: ЧСС – частота сердечных сокращений, САД – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление, Мо – мода, АМо – амплитуда моды, ВР – вариабельность ритма, ИВР – индекс вегетативного равновесия, ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции, ВПР – вегетативный показатель ритма, ИЦ – индекс централизации, ИН – индекс напряжения

Изучение вариабельности ритма сердца по индексам Р.М. Баевского показало, что в состоянии фона наблюдаются разные уровни функционирования сердечно-сосудистой системы в зависимости от соматотипа [9, 10]. В покое показатель моды (Мо) был достоверно выше у Н по отношению к Г ($p < 0,01$). Амплитуда моды (АМо) у Н была достоверно ниже, чем у Г ($p < 0,005$). Совокупность анализа двух показателей (Мо и АМо) говорит о большем вкладе парасимпатической нервной системы и меньшем вкладе симпатической нервной в регуляцию сердечного ритма у группы Н по отношению к группе Г. Настоящие результаты мы предположительно связываем

со снижением функциональной активности ряда симпатических нервов, основанном на структурных изменениях в соответствующих клетках, и развитием ваготонии, причиной которой послужили адаптационно-компенсаторные гиперпластические процессы на ультраструктурном уровне.

Вариационный размах (ВР), как показатель вклада парасимпатического звена сердечной регуляции, был достоверно ниже у нормостеников по отношению к гиперстеникам ($p < 0,05$), что в сумме с аналогично более низкими значениями индекса вегетативно регуляции (ИВР) ($p < 0,05$), вегетативного показателя ритма (ВПР) ($p < 0,05$) и индекса напряжения (ИН) ($p < 0,05$) снова

указывает на большую зависимость сердечного ритма от парасимпатической системы у нормостеников, чем у гиперстеников [5, 6, 10, 11]. Представленный вариант стратегии адаптации нормостеников рассматривается как наиболее благоприятный, так как считается, что чем выше способность сердца к автономной регуляции и чем больше диапазон работы сердца, тем большими резервами обладает организм. Добавим, что в состоянии покоя достоверных отличий в показателе адекватности процессов регуляции (ПАПР) получено не было.

Интересным является среднegrupповое распределение индекса централизации (ИЦ). По нашим данным, наименьшими значениями ИЦ обладают гиперстеники, что означает пропорциональное увеличение влияния автономного контура регуляции и снижение влияния центрального у представителей данной группы в отличие от представителей других двух групп. Но выше по ряду других индексов Р.М. Баевского (Мо, АМо, ВР, ИВР, ВПР, ИН) была продемонстрирована противоположная картина, в которой у группы Г на сердечный ритм, по всей видимости, относительно большое влияние оказывали гипоталамический и лимбический отделы нервной системы, а также эндокринная система. Данный феномен нуждается в дополнительном исследовании и более глубоком анализе.

В качестве нагрузочной пробы мы использовали активную ортостатическую пробу. Смысл АОП в том, что при смене положения тела с горизонтального на вертикальное резко ухудшается возврат венозной крови к сердцу (в связи с чем уменьшаются показатели минутного объема кровообращения), что влечет за собой напряжение вегетативных и гормональных механизмов регуляции для нормализации гемодинамического гомеостаза.

Результаты АОП (табл. 2) отличаются от результатов, полученных в фоновом состоянии. По показателю ЧСС гиперстеники имели менее выраженную реакцию, чем астеники. Мо и АМо были сопоставимы во всех трех группах. Наибольший ВР был зафиксирован у астеников, а наименьший ВПР – у гиперстеников. В парах А-Г и Н-Г были получены значимые отличия в показателях ВПР ($p < 0,001$ и $p < 0,05$ соответственно) и ИН ($p < 0,05$ и $p < 0,05$ соответственно), при этом оба эти показателя увеличивались в ряду Г-А-Н. Показатель адекватности процессов регуляции и индекс централизации не имели статистически значимых отличий между группами. Представленная в табл. 3 межгрупповая оценка сердечно-сосудистой и вегетативной реакции дает возможность утверждать, что нормостеники хуже всех адаптируются к ортостатической нагрузке, а лучше всех гиперстеники.

Обращает на себя внимание расхождение результатов фоновых и нагрузочных исследований: нормостеники по показателям, полученным в фоне, имели наиболее благоприятную стратегию адаптации, заключающуюся в относительно высокой вариабельности сердечного

ритма и относительно большей автоматии миокарда, однако в ортостазе нормостеники имели наибольшую вовлеченность сегментарных и надсегментарных уровней регуляции среди прочих соматотипов, что расценивается как гиперадаптивное состояние и не может считаться благоприятной реакцией. Астеники и гиперстеники имели приблизительно одинаковую умеренную реакцию на ортостатическую нагрузку.

Таблица 3

Межгрупповая оценка вариабельности ритма сердца студентов транспортного вуза

Показатели	Конституциональные типы		
	А $n = 49$	Н $n = 56$	Г $n = 59$
АОП			
ЧСС, уд./мин.	-	+	++
Мо, мс	+	-	++
АМо, %	+	-	+
ВР, с	++	-	+
ИВР, у.е.	+	-	++
ПАПР, у.е.	+	-	++
ВПР, у.е.	+	-	++
ИЦ, у.е.	-	+	-
ИН, у.е.	+	-	++

Примечание. ++ – высшее значение по популяции, + – среднее значение по популяции, - – низшее значение по популяции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основываясь на данных, полученных в результате нашего исследования, можно отметить, что:

1. Студенты астенического типа телосложения имеют минимальную плотность тела, низкое артериальное давление, высокие энергетические затраты в работе сердечно-сосудистой системы, а также у них выявлено преобладание симпатических влияний в работе вегетативной нервной системы, напряжение механизмов адаптации.

2. Нормостеники обладают средними показателями плотности телосложения и артериального давления, выраженное снижение парасимпатической активности и увеличение симпатической во время АОП свидетельствуют о снижении экономизации в работе сердечно-сосудистой системы, в большей степени напрягаются регуляторные системы и в меньшей степени формируется адаптационный резерв.

3. Гиперстеники характеризуются высокими значениями крепости телосложения, высокими показателями артериального давления. Парасимпатическое звено регуляции позволяет им иметь более экономичную сердечно-сосудистую систему, благоприятные функциональные резервы адаптации.

По результатам проведенного эксперимента был сформирован морфофункциональный индивидуально-типологический портрет (табл. 4), который позволяет оценить уровень физического и функционального здоровья студентов в зависимости от их типа телосложения. Данные, полученные в ходе исследования,

можно использовать при формировании структуры учебных занятий по дисциплине «Физическая культура» для студентов, проживающих в Сибирском регионе и обучающихся в Сибирском государственном университете путей сообщения с учетом этих показателей.

Таблица 4

Морфофункциональный индивидуально-типологический портрет студентов 18–19 лет в зависимости от типа конституции

Показатели	Конституциональные типы		
	А	Н	Г
Морфологический статус	Низкая масса тела, окружность грудной клетки	Средняя масса тела, окружность грудной клетки	Высокая масса тела, окружность грудной клетки
	Минимальная плотность телосложения	Средняя плотность телосложения	Максимальная плотность телосложения
Функциональный статус	Низкое систолическое и диастолическое артериальное давление	Средние значения систолического и диастолического артериального давления	Высокое систолическое и диастолическое артериальное давление
	Высокая частота сердечных сокращений после физической нагрузки. Низкий уровень работоспособности сердечно-сосудистой системы; преобладание симпатических влияний в деятельности вегетативной нервной системы	Средний уровень работоспособности сердечно-сосудистой системы; преобладание симпатического влияния в деятельности вегетативной нервной системы	Низкая частота сердечных сокращений после физической нагрузки. Средний уровень работоспособности сердечно-сосудистой системы; преобладание парасимпатического влияния в деятельности вегетативной нервной системы

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Долгих Т.П. К вопросу о необходимости выявления профессионально важных качеств студентов транспортных вузов. *Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения*. 2010;3:269–273.
2. Суботьялов М.А., Шуленина Н.С., Куприна Н.С. Функциональные и психофизиологические особенности школьников, обучающихся в условиях специализированного и профильного классов. *Вестник Новосибирского государственного педагогического университета*. 2014;4(20):81–87.
3. Аль-Шаммари М.Я.И. Спектральный анализ вариабельности сердечного ритма у студентов иностранцев. *Научный результат. Серия: Физиология*. 2016;1:26–33.
4. Похачевский А.Л., Михайлов В.М., Груздев А.А., Петровицкий А.А., Садков А.В., Колесов Н.В. и др. Функциональное состояние и адаптационные резервы организма. *Вестник Новгородского государственного университета*. 2016;35:11–15.
5. Сарыг С.К. Вариабельность ритма сердца у студентов Туvinского государственного университета. Кызыл: Издательство ТувГУ, 2020. 140 с.
6. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Гаврилушкин А.П., Довгалецкий П.Я., Кукушкин Ю.А., Миронова Т.Ф. и др. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем. Ч. 1. *Вестник аритмологии*. 2002.24:65–86.
7. Прима О.С., Головин М.С., Суботьялов М.А. Вариабельность ритма сердца у хоккеистов-подростков

разных игровых амплуа. *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия*. 2022;8(74):221–228.

8. Бородич С.М., Кавитова Т.В. Теория вероятностей и математическая статистика: методические рекомендации. Витебск: Витебский государственный университет им. П.М. Машерова, 2023. 53 с.
9. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Волковская И.В. Вариабельность сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое использование. *Анналы Аритмологии*. 2009;4:21–32.
10. Гаврилова Е.А. Вариабельность ритма сердца и спорт. *Физиология человека*. 2016;42(5):121–129.
11. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Введение в донозологическую диагностику. М.: Слово, 2008. 220 с.

REFERENCES

1. Dolgikh T.P. On the issue of the need to identify professionally important qualities of transport university students. *Psikhologiya i pedagogika: metodika i problemy prakticheskogo primeneniya = Psychology and pedagogy: methodology and problems of practical application*. 2010;3:269–273. (In Russ.).
2. Subotyalov M.A., Shuleniina N.S., Kuprina N.S. Functional and psychophysiological features students studying in the specialized classes and profile. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta = Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin*. 2014;4(20):81–87. (In Russ.).

3. Al'-Shammari M.Ya.I. Spectral analysis of heart rate variability in foreign students. *Nauchnyi rezul'tat. Seriya: Fiziologiya = Scientific Result. Series: Physiology*. 2016;1: 26–33. (In Russ.).

4. Pokhachevskii A.L., Mikhailov V.M., Gruzdev A.A., Dovgalevskii P.Ya., Kukushkin Yu.A., Mironova T.F. et al. Functional state and adaptive reserves of the body. *Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta = Vestnik NOVSU*. 2016;35:11–15. (In Russ.).

5. Saryg S.K. Heart rate variability in students of Tuvan State University. Kyzyl; TSU Publ., 2020. 140 p. (In Russ.).

6. Baevskii R.M., Ivanov G.G., Gavrilushkin A.P., Dovgalevskii P.Ya., Kukushkin Yu.A., Mironova T.F. et al. Analysis of heart rate variability using different electrocardiographic systems. Part 1. *Vestnik aritmologii = Journal of arrhythmology*. 2002;4:65–86. (In Russ.).

7. Prima O.S., Golovin M.S., Subotyalov M.A. Heart rate variability in adolescent hockey players different game roles.

Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo Biologiya. Khimiya = Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry. 2022;8(74):221–228. (In Russ.).

8. Borodich S.M., Kavtova T.V. Probability Theory and Mathematical Statistics: Methodological Recommendations. Vitebsk; Vitebsk State University named after P.M. Masharov, 2023. 53 p. (In Russ.).

9. Bokeriya L.A., Bokeriya O.L., Volkovskaya I.V. Heart rate variability: measurement methods, interpretation, clinical use. *Annaly Aritmologii = Annals of Arrhythmology*. 2009;4:21–32. (In Russ.).

10. Gavrilova E.A. Heart rate variability and sports. *Fiziologiya cheloveka = Human Physiology*. 2016;42(5): 121–129. (In Russ.).

11. Baevskii R.M., Berseneva A.P. Introduction to prenosological diagnostics. Moskva; Slovo Publ., 2008. 176 p. (In Russ.).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этические требования соблюдены. Текст не сгенерирован нейросетью.

Информация об авторах

Елена Владимировна Климова – кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой «Физическое воспитание и спорт», Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия; elklm09@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1367-236X>

Андрей Игоревич Рязанцев – старший преподаватель кафедры теоретических основ физической культуры, аспирант кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия; reza.a.i@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4441-4793>

Олег Викторович Сорокин – кандидат медицинских наук, генеральный директор, ООО «Ведагенетика», Новосибирск, Россия; oleg.sorokin@vedapulse.com, <https://orcid.org/0000-0001-7227-4471>

Михаил Альбертович Суботьялов – доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет; доцент кафедры фундаментальной медицины, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск, Россия; subotyalov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8633-1254>

Статья поступила в редакцию 30.06.2025; одобрена после рецензирования 15.08.2025; принята к публикации 20.08.2025.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethical requirements are met. The text is not generated by a neural net-work.

Information about the authors

Elena V. Klimova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physical Education and Sports, Siberian State University of Railway Transport, Novosibirsk, Russia; elklm09@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1367-236X>

Andrey I. Riazantsev – Senior Lecturer at the Department of Theoretical Foundations of Physical Culture, Postgraduate Student at the Department of Anatomy, Physiology and Life Safety, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia; reza.a.i@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4441-4793>

Oleg V. Sorokin – Candidate of Medical Sciences, General Director, Bioquant LLC, Novosibirsk, Russia; oleg.sorokin@vedapulse.com, <https://orcid.org/0000-0001-7227-4471>

Mikhail A. Subotyalov – MD, Associate Professor, Department of Anatomy, Physiology and Safety of Life, Novosibirsk State Pedagogical University; Associate Professor, Department of Fundamental Medicine, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia; subotyalov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8633-1254>

The article was submitted 30.06.2025; approved after reviewing 15.08.2025; accepted for publication 20.08.2025.