

УДК 612.766.1:612.1

<https://doi.org/10.51523/2708-6011.2021-18-1-18>

Влияние физической нагрузки на показатели сердечно-сосудистой системы студентов с различными типами саморегуляции кровообращения

© С. Н. Мельник, Л. А. Белая

УО «Гомельский государственный медицинский университет», г. Гомель, Республика Беларусь

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценить показатели сердечно-сосудистой системы студентов медицинского вуза в зависимости от типа саморегуляции кровообращения при физических нагрузках.

Материал и методы. Обследовано 58 студентов, средний возраст которых составил $19 \pm 1,13$ года. В ходе исследования проводилась запись электрокардиограммы (ЭКГ), регистрировались показатели центральной гемодинамики, а также определялись систолическое и диастолическое артериальное давление, частота сердечных сокращений. У студентов с разными типами саморегуляции кровообращения (ТСК) (сердечный, сердечно-сосудистый и сосудистый) проведено сравнение показателей сердечно-сосудистой системы (ССС) при физической нагрузке.

Результаты. Выявлена динамика электрокардиографических и реографических показателей при физической нагрузке, выражающаяся в чрезмерной активации энергетических ресурсов, напряжении функционирования ССС юношей с сердечным ТСК, что обеспечивает адаптацию к кратковременным воздействиям возмущающих факторов внешней среды. Наоборот, сосудистый ТСК является наиболее экономичным, и ССС этого типа обладает большим диапазоном мобилизации функции на длительно действующие физические нагрузки.

Заключение. Установлены статистически значимые различия показателей сердечно-сосудистой системы у студентов с разными типами саморегуляции кровообращения при физической нагрузке.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система, студенты, тип саморегуляции кровообращения, физическая нагрузка.

Вклад авторов: Мельник С.Н., Белая Л.А.: концепция и дизайн исследования, получение оригинальных данных, сбор материала, обсуждение полученных результатов, статистическая обработка данных, редактирование, проверка критически важного содержания, обзор публикаций по теме статьи, утверждение рукописи для публикации.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Мельник С.Н., Белая Л.А. Влияние физической нагрузки на показатели сердечно-сосудистой системы студентов с различными типами саморегуляции кровообращения. *Проблемы здоровья и экологии*. 2021;18(1):138–145. <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2021-18-1-18>

Influence of physical exercise on cardiovascular parameters in students with different types of blood flow autoregulation

© Svetlana N. Melnik, Lyudmila A. Belaya

Gomel State Medical University, Gomel, Republic of Belarus

ABSTRACT

Objective: to assess cardiovascular parameters in medical students depending on the type of blood flow autoregulation during physical exercise.

Material and methods. We examined 58 students whose average age was 19 ± 1.13 years. During the examination, we recorded electrocardiograms (ECG), registered the parameters of central hemodynamics and determined systolic and diastolic blood pressure and heart rate. We performed the comparison of the parameters of the cardiovascular system (CVS) in students with different types of blood flow autoregulation (BFA) (cardiac, cardiovascular and vascular) during physical exercise.

Results. The study has identified the dynamics of electrocardiographic and rheographic parameters during physical exercise expressed in excessive activation of energy resources and strain of the CVS functioning in young men with the cardiac type of BFA, which provides adaptation to short-term effects of disturbing environmental factors. On the contrary, the vascular type of BFA is the most economical, and this type of CVS has a wide range of the function mobilization to long-term physical activity.

Conclusion. The study has found statistically significant differences in the cardiovascular parameters in the students with different types of blood flow autoregulation during physical activity.

Key words: cardiovascular system, students, type of blood flow autoregulation, physical activity.

Author contributions: research concept and design, obtaining experimental data collecting material, statistical data processing, editing, discussing data, reviewing publications on the topic of the article, checking critical content, approving the manuscript for publication.

Conflict of interests: authors declare no conflict of interest.

Funding: study conducted without sponsorship.

For citation: Melnik SN, Belaya LA. Influence of physical exercise on cardiovascular parameters in students with different types of blood flow autoregulation. *Health and Ecology Issues*. 2021;18(1):138–145. (In Russ.). <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2021-18-1-18>

Введение

Здоровье студенческой молодежи — это состояние полного физического, духовного и социального благополучия, способствующее наиболее полноценному участию в различных видах общественной трудовой деятельности, а не только отсутствие болезней и физических дефектов [1–3].

В период обучения в вузе студенты испытывают влияние целого комплекса факторов, оказывающих отрицательное воздействие на состояние их здоровья, это, в частности, стрессовые ситуации, связанные с успеваемостью, трудности с материальной обеспеченностью и как следствие — необходимость совмещать учебу с работой, частые нарушения режима труда, отдыха и питания, значительная гиподинамия [4]. Вследствие этого состояние здоровья студенческой молодежи вызывает ряд опасений у медиков и педагогов [5].

Установлено, что рост заболеваемости студентов происходит на основе заметного снижения общего уровня их физического развития, что отрицательно сказывается на эффективности учебного процесса, а в дальнейшем — и на трудовой деятельности [6].

Переносимость физических нагрузок отражает функциональное состояние организма и прежде всего — состояние сердечно-сосудистой системы (ССС) [7].

Сердечно-сосудистая система отвечает за транспортировку крови, а следовательно, кислорода и питательных веществ ко всем тканям и органам. Точно так же ССС облегчает выведение продуктов метаболизма, таких как углекислый газ. Кроме того, она участвует в распределении тепла, что очень важно при длительных физических нагрузках [9–11].

Тип саморегуляции кровообращения является одним из информативных интегральных показателей, отражающих особенности адаптивно-приспособительных реакций организма человека. В норме у здоровых

людей установлено наличие трех типов саморегуляции кровообращения: сердечного, сосудистого и сердечно-сосудистого, которые позволяют оценить уровень напряжения в регуляции ССС [12–15].

Цель исследования

Оценить показатели сердечно-сосудистой системы студентов медицинского вуза в зависимости от типа саморегуляции кровообращения при физических нагрузках.

Материал и методы

Обследовано 58 юношей 2-го курса медицинского университета, средний возраст которых составил $19 \pm 1,13$ года. С помощью общепринятых методов определяли САД — в мм рт. ст., ДАД — в мм рт. ст., ЧСС — ударов/мин. Биологическая активность миокарда изучалась с использованием 12-канального портативного электрокардиографа «Альтоник-06» (РБ) с последующей автоматической (P, Q, R, S, T, R-R, PQ, QRS, QT, QTc) обработкой полученных данных. Электрокардиограмма записывалась в 12 стандартных отведениях. Используя цифровую компьютерную систему «Импекард» (РНПЦ «Кардиология», ИМО «Импекард», РБ), методом грудной тетраполярной реографии (импедансной кардиографии) регистрировали показатели центральной гемодинамики: общее периферическое сопротивление (ОПС, $1200\text{--}1900$ дин с см^{-5}), ударный объем (УО, $60\text{--}100$ мл), минутный объем крови (МО, $4,5\text{--}6,5$ л/мин), сердечный индекс (СИ, $2,2\text{--}3,7$ л/(мин м^2)). Тип саморегуляции кровообращения определяется по формуле ТСК = (ДАД/ЧСС) $\times 100$ и разделяется на 3 вида: сердечно-сосудистый (ТСК от 90 до 110 усл. ед.), сосудистый (ТСК >110 усл. ед.), сердечный (ТСК < 90 усл. ед.). В соответствии с этим все обследуемые студенты были разделены на три группы: с сердечно-сосудистым

ТСК — 24 человека, с сосудистым — 23 человека и с сердечным — 11 человек.

В качестве индикаторов энергопотенциала и функциональных возможностей миокарда были рассчитаны физиологические индексы: показатель внешней работы миокарда (ВРМ), индекс напряжения миокарда (ИНМ) и критерий эффективности миокарда (КЭМ).

Показатели сердечно-сосудистой системы исследовали в состоянии покоя и после физической нагрузки. Физическая нагрузка представляла собой 20 приседаний за 30 секунд с вытянутыми вперед руками.

Так как, согласно критерию Колмогорова — Смирнова, полученные данные подчинялись закону нормального распределения, они были представлены в виде ($M \pm SD$), где M — среднее арифметическое, SD — стандартное отклонение, а при сравнении показателей в изучаемых группах использовался критерий Стьюдента (t -test). Статистическую обработку полученного материала проводили с использованием пакета прикладных программ «Statistica», 7.0. Результаты анализа считались статистически значимыми при $p < 0,05$ [8].

Результаты и обсуждение

В результате исследований было установлено, что сердечно-сосудистый ТСК характерен для 41,4 % обследованных студентов. Анализ полученных результатов выявил, что у молодых людей этой группы показатели ЭКГ (длительность и высота зубцов P, Q, R, S, T, длительность интервалов PQ, QT, QTc, R-R, длина комплекса QRS) колебались в пределах нормальных значений (таблица 1).

Таблица 1. Влияние физической нагрузки на электрокардиографические показатели у студентов с сердечно-сосудистым типом саморегуляции кровообращения ($M \pm SD$)

Показатели	Сердечно-сосудистый ТСК	
	исходное состояние	после нагрузки
ЧСС, ударов/мин	69,04 ± 8,08	78,79 ± 12,62*
P, с	0,104 ± 0,011	0,106 ± 0,011
R-R, с	0,87 ± 0,10	0,75 ± 0,19*
PQ, с	0,16 ± 0,02	0,16 ± 0,01
QRS, с	0,09 ± 0,01	0,09 ± 0,01
QT, с	0,38 ± 0,02	0,36 ± 0,02*
QTc, с	0,37 ± 0,02	0,34 ± 0,08*

* статистически значимо по сравнению с исходным состоянием ($p < 0,05$)

Сердечный ТСК среди обследуемых студентов наблюдался реже всего и отмечался у 18,9 % юношей. Исследуемые электрокардиографические показатели у них были нормальными. Тем не менее, при сравнении групп

выявлено, что юноши с сердечным ТСК по сравнению со студентами с сердечно-сосудистым ТСК имели значимо большее значение ЧСС ($p < 0,001$), в связи с этим у них были значимо укорочены интервалы ЭКГ: R-R ($p < 0,01$), QT ($p < 0,01$), QTc ($p < 0,01$) (таблица 2).

Таблица 2. Влияние физической нагрузки на электрокардиографические показатели у студентов с сердечным типом саморегуляции кровообращения ($M \pm SD$)

Показатели	Сердечный ТСК	
	исходное состояние	после нагрузки
ЧСС, ударов/мин	82,09 ± 12,86#	90,55 ± 16,80#
P, с	0,102 ± 0,008	0,113 ± 0,016*
R-R, с	0,74 ± 0,11#	0,68 ± 0,13
PQ, с	0,16 ± 0,01	0,17 ± 0,02
QRS, с	0,09 ± 0,01	0,09 ± 0,01
QT, с	0,35 ± 0,03#	0,34 ± 0,04
QTc, с	0,34 ± 0,03#	0,33 ± 0,03

статистически значимо по сравнению с сердечно-сосудистым типом ($p < 0,05$); * статистически значимо по сравнению с исходным состоянием ($p < 0,05$)

Сосудистый ТСК был выявлен у 39,7 % молодых людей медицинского вуза. Все изучаемые показатели ЭКГ у студентов этой группы, как и у студентов других групп, колебались в пределах нормальных значений. При анализе полученных результатов сравнения студентов с сосудистым и сердечно-сосудистым ТСК значимых различий не выявлено. Однако при сравнении молодых людей с сосудистым и сердечным ТСК, обнаружены различия в состоянии сердечно-сосудистой системы, выражающиеся в значимом увеличении ЧСС ($p = 0,03$), повышении амплитуды зубца P ($p = 0,03$), укорочении интервалов R-R ($p < 0,01$), QT ($p < 0,01$) QTc ($p < 0,01$) (таблица 3), у юношей с сердечным ТСК по сравнению со сверстниками с сосудистым ТСК.

Таблица 3. Влияние физической нагрузки на электрокардиографические показатели у студентов с сосудистым типом саморегуляции кровообращения ($M \pm SD$)

Показатели	Сердечный ТСК	
	исходное состояние	после нагрузки
ЧСС, ударов/мин	82,09 ± 12,86#	90,55 ± 16,80#
P, с	0,102 ± 0,008	0,113 ± 0,016*
R-R, с	0,74 ± 0,11#	0,68 ± 0,13
PQ, с	0,16 ± 0,01	0,17 ± 0,02
QRS, с	0,09 ± 0,01	0,09 ± 0,01
QT, с	0,35 ± 0,03#	0,34 ± 0,04
QTc, с	0,34 ± 0,03#	0,33 ± 0,03

статистически значимо по сравнению с сердечно-сосудистым типом ($p < 0,05$); * статистически значимо по сравнению с исходным состоянием ($p < 0,05$)

При изучении показателей центральной гемодинамики выявлено, что студенты с сердечно-сосудистым ТСК характеризовались нормальными величинами УО, МО, СИ, ОПС, показатели артериального давления у них также были нормальными. Величина ВРМ у юношей данной группы в среднем составила $6,42 \pm 0,49$ усл. ед., ИНМ — $8,79 \pm 8,80$ усл. ед., КЭМ — $0,75 \pm 0,10$ усл. ед. (таблица 4).

Таблица 4. Влияние физической нагрузки на показатели системной гемодинамики и функциональные индексы у студентов с сердечно-сосудистым типом саморегуляции кровообращения ($M \pm SD$)

Показатели	Сердечный ТСК	
	исходное состояние	после нагрузки
УО, мл	$64,78 \pm 5,70$	$64,87 \pm 10,54$
МО, л/мин	$5,12 \pm 0,49$	$6,86 \pm 1,45^*$
СИ, л/(мин м ²)	$2,63 \pm 0,34$	$3,53 \pm 0,84^*$
ОПС, дин ^х с × см ⁻⁵	$1498,91 \pm 150,65$	$1255,07 \pm 369,07^*$
САД, мм рт. ст.	$126,54 \pm 10,62$	$137,00 \pm 17,08^*$
ДАД, мм рт. ст.	$80,04 \pm 8,26$	$84,71 \pm 11,99$
ВРМ, усл. ед.	$6,42 \pm 0,49$	$6,87 \pm 1,08$
ИНМ, усл. ед.	$8,79 \pm 8,80$	$10,88 \pm 2,68^*$
КЭМ, усл. ед.	$0,75 \pm 0,10$	$0,66 \pm 0,14^*$

* статистически значимо по сравнению с исходным состоянием ($p < 0,05$)

Молодые люди с сердечным ТСК характеризовались сниженным значением ОПС, остальные исследуемые гемодинамические показатели у них соответствовали норме (таблица 5).

Анализ показателей центральной гемодинамики при сравнении студентов с сердечным и сердечно-сосудистым ТСК показал, что, несмотря на то, что величина УО незначительно отличалась у молодых людей сравниваемых групп, МО и СИ были значимо выше ($p < 0,001$), а ОПС — значимо ниже ($p < 0,001$) у юношей с сердечным ТСК. Различия в величинах артериального давления у юношей с сердечным ТСК по сравнению со сверстниками с сердечно-сосудистым ТСК были незначительными (таблицы 4, 5).

Таблица 5. Влияние физической нагрузки на показатели системной гемодинамики и функциональные индексы у студентов с сердечным типом саморегуляции кровообращения ($M \pm SD$)

Показатели	Сердечный ТСК	
	исходное состояние	после нагрузки
УО, мл	$68,91 \pm 9,56$	$72,89 \pm 11,40^{\#}$
МО, л/мин	$6,66 \pm 0,85^{\#}$	$8,56 \pm 2,62^{*}$
СИ, л/(мин м ²)	$3,28 \pm 0,54^{\#}$	$4,24 \pm 1,44^*$
ОПС, дин ^х с × см ⁻⁵	$1080,96 \pm 130,48^{\#}$	$1059,50 \pm 526,16$
САД, мм рт. ст.	$121,18 \pm 21,54$	$139,55 \pm 17,95^*$
ДАД, мм рт. ст.	$74,09 \pm 12,10$	$78,82 \pm 13,54$
ВРМ, усл. ед.	$6,45 \pm 1,17$	$7,54 \pm 1,20^*$
ИНМ, усл. ед.	$9,94 \pm 2,34$	$12,75 \pm 3,38^*$
КЭМ, усл. ед.	$0,67 \pm 0,14$	$0,62 \pm 0,12$

[#] статистически значимо по сравнению с сердечно-сосудистым типом ($p < 0,05$); * статистически значимо по сравнению с исходным состоянием ($p < 0,05$)

Величины ИНМ и ВРМ значимо не различались у молодых людей сравниваемых групп, однако величина КЭМ имела тенденцию к уменьшению у студентов с сердечным ТСК по сравнению со студентами с сердечно-сосудистым ТСК (соответственно, $0,67 \pm 0,14$ усл. ед. и $0,75 \pm 0,10$ усл. ед.) ($p = 0,07$), что указывает на некоторое снижение эффективности работы миокарда у юношей данной группы (таблица 5).

У обследованных студентов с сосудистым ТСК было выявлено снижение величин МО, СИ по сравнению с нормальными значениями, значения остальных исследуемых показателей колебались в пределах нормы. При сравнении молодых людей с сосудистым и сердечно-сосудистым ТСК, изменений в показателях ЭКГ, как уже отмечалось, не выявлено, однако у первых по сравнению со вторыми были значимо повышены САД ($p < 0,05$), ДАД ($p < 0,05$), ОПС ($p < 0,0001$) и снижены МО ($p < 0,0001$), СИ ($p < 0,0001$). Различия значений ВРМ, ИНМ и КЭМ у юношей сравниваемых групп были незначимыми (таблица 6).

Анализируя полученные результаты у студентов с сердечным и сосудистым ТСК, мы обнаружили различия в состоянии центральной гемодинамики, выражающиеся в

значимом повышении МО ($p < 0,0001$), СИ ($p < 0,0001$), значимом снижении ОПС ($p < 0,0001$), САД ($p < 0,001$), ДАД ($p < 0,001$) и тенденцией к снижению КЭМ ($p = 0,06$) у студентов с сердечным ТСК в сравнении с юношами с сосудистым ТСК (таблицы 5, 6).

Таблица 6. Влияние физической нагрузки на показатели системной гемодинамики и функциональные индексы у студентов с сосудистым типом саморегуляции кровообращения ($M \pm SD$)

Показатели	Сердечный ТСК	
	исходное состояние	после нагрузки
УО, мл	63,13 ± 5,81	66,17 ± 8,50
МО, л/мин	4,27 ± 0,48*	6,13 ± 1,11*
СИ, л/(мин м ²)	2,17 ± 0,30*	3,13 ± 0,66*
ОПС, дин× с × см ⁻⁵	1903,93 ± 258,05*	1426,77 ± 306,49*
САД, мм рт. ст.	132,48 ± 9,17*	144,39 ± 21,16*
ДАД, мм рт. ст.	84,30 ± 6,63*	86,96 ± 10,95
ВРМ, усл. ед.	6,58 ± 0,59	7,34 ± 1,22*
ИНМ, усл. ед.	8,80 ± 1,67	10,54 ± 2,31*
КЭМ, усл. ед.	0,77 ± 0,15	0,72 ± 0,15

статистически значимо по сравнению с сердечно-сосудистым типом ($p < 0,05$); * статистически значимо по сравнению с исходным состоянием ($p < 0,05$)

Исследования показали, что физическая нагрузка привела к изменению показателей ЭКГ у студентов всех исследуемых групп ТСК. Так, у юношей с сердечно-сосудистым ТСК наблюдалось значимое увеличение — на 14 % ЧСС ($p < 0,01$) и как следствие — значимое укорочение интервалов: на 14 % интервала R-R ($p < 0,01$), на 5 % интервала QT ($p = 0,04$) и на 8 % интервала QTc ($p = 0,03$) после физической нагрузки по сравнению с состоянием покоя (таблица 1).

У молодых людей с сердечным ТСК применяемая нагрузочная проба меньше всего сказалась на электрокардиографических показателях, приводя лишь к значимому — на 11 % удлинению зубца P ($p < 0,05$) и тенденции к повышению ЧСС ($p = 0,08$), без значимых изменений других показателей ЭКГ по сравнению с показателями, исследуемыми в состоянии покоя. Удлинение зубца P может указывать

на замедление проведения электрического импульса по предсердиям (таблица 2).

Изменение показателей ЭКГ у студентов с сосудистым ТСК под влиянием физической нагрузки было сходным с выявленными у студентов с сердечно-сосудистым ТСК, это выражалось в значимом повышении — на 10 % ЧСС ($p = 0,04$), а также укорочении на 7 % интервала R-R ($p < 0,05$). Анализ интервала QT показал, что после нагрузки значимых изменений данного интервала у студентов не отмечалось ($p > 0,05$). Однако исследование корригирующего относительно ЧСС интервала QT–QTc выявило значимое укорочение его на 5 % ($p = 0,04$). Значимых изменений интервалов PQ и QRS не наблюдалось ($p > 0,05$) (таблица 3).

У юношей с сердечно-сосудистым ТСК после нагрузки по сравнению с исходным состоянием выявлено значимое увеличение — на 34 % МО ($p < 0,0001$) и на 34 % — СИ ($p < 0,0001$), а также значимое снижение — на 16 % ОПС ($p < 0,05$). Кроме того, отмечалось значимое повышение — на 8 % САД ($p = 0,04$) (таблица 4).

При анализе индексных показателей миокарда у молодых людей после нагрузочной пробы было установлено, что у обследуемых студентов данной группы ТСК значимо увеличился ИНМ — на 24 % ($p < 0,01$), уменьшился КЭМ — на 12 % ($p = 0,02$) (увеличение напряжения миокарда, снижение эффективности его работы) и наблюдалась тенденция к увеличению ВРМ ($p = 0,06$) по сравнению с исходным состоянием (таблица 4).

Таким образом, у студентов с сердечно-сосудистым ТСК выявлено увеличение кровотока, связанное с увеличением насосной функции сердца и уменьшением ОПС. Прослеживаемая динамика указывает на то, что у юношей данного типа под действием физической нагрузки происходит увеличение расхода энергоресурсов миокардом и напряжение его работы, а также существенная активация адаптационных механизмов.

Изменение показателей центральной гемодинамики у студентов с сердечным ТСК под влиянием физической нагрузки несколько отличалось от такового у студентов с сердечно-сосудистым ТСК. Так, после нагрузки у них также выявлено значимое увеличение — на 29 % МО ($p = 0,03$), на 29 % — СИ ($p < 0,05$), на 15 % — САД ($p = 0,04$), однако без значимых изменений ОПС по сравнению с состоянием покоя (таблица 5).

Функциональные индексы у студентов данной группы ТСК после нагрузки изменились следующим образом: значимо увеличилась ВРМ — на 17 % ($p = 0,04$), повысился ИНМ — на 28 % ($p = 0,03$), а изменения КЭМ были незначимыми (таблица 5).

Такие изменения гемодинамики вызывают на напряженную работу миокарда, что может быть связано с высокой активностью симпатико-адреналовой системы и как следствие — чрезмерной активацией сердечной деятельности и неэкономным режимом его работы.

Обследуемые молодые люди с сосудистым ТСК характеризовались изменением следующих показателей системной гемодинамики при воздействии физической нагрузки по сравнению с исходным состоянием: значимым увеличением МО — на 44 % ($p < 0,0001$), СИ — на 44 % ($p < 0,0001$), повышением САД — на 9 % ($p = 0,02$) и снижением ОПС — на 25 % ($p < 0,0001$) (таблица 6).

После нагрузки отмечались следующие значимые различия по сравнению с состоянием покоя функциональных индексов миокарда: повышение ВРМ на 12 % ($p < 0,01$) и ИНМ — на 20 % ($p < 0,01$). Изменения КЭМ, как и у студентов с сердечным ТСК, были незначительными (таблица 6).

При сравнении изучаемых показателей ССС у молодых людей с сердечным и сосудистым ТСК после нагрузочной пробы значимых различий не наблюдалось. Однако у молодых людей с сердечным ТСК после физической нагрузки были значимо увеличены частота сердечных сокращений ($p < 0,05$), ударный ($p < 0,05$) и минутный ($p < 0,05$) объемы крови по сравнению с соответствующими показателями центральной гемодинамики у юношей как с сердечно-сосудистым, так и сосудистым ТСК.

Заключение

В результате анализа исследуемых показателей сердечно-сосудистой системы при физической нагрузке у юношей, обучающихся в медицинском вузе и имеющих различные типы саморегуляции кровообращения, установлено:

1. Физическая нагрузка приводила к изменениям показателей сердечно-сосудистой системы студентов всех трех групп. При этом у лиц с сердечно-сосудистым и сосудистым типами саморегуляции кровообращения повышалась частота сердечных сокращений ($p < 0,05$), укорачивались интервалы R-R ($p < 0,01$) и QTc ($p < 0,05$), увеличивались значения минутного объема крови ($p < 0,0001$), сердечного индекса ($p < 0,0001$), систолического артериального давления ($p < 0,05$), индекса напряжения миокарда ($p < 0,01$), уменьшалось общее периферическое сопротивление ($p < 0,05$) по сравнению с состоя-

нием покоя. Значимых различий при сравнении исследуемых показателей у студентов данных групп после нагрузочной пробы не наблюдалось.

2. Влияние физической нагрузки на сердечно-сосудистую систему у юношей с сердечным типом саморегуляции кровообращения проявлялось в значимом удлинении зубца P ($p < 0,05$), увеличении минутного объема крови ($p = 0,03$), сердечного индекса ($p < 0,05$), систолического артериального давления ($p = 0,04$), повышении показателей внешней работы миокарда ($p = 0,04$) и индекса напряжения миокарда ($p = 0,04$) по сравнению с состоянием физиологического покоя. При сравнении с соответствующими показателями студентов с сердечно-сосудистым и сосудистым типами саморегуляции кровообращения отмечено, что нагрузочная проба приводила к значимому увеличению частоты сердечных сокращений ($p < 0,05$), ударного ($p < 0,05$) и минутного ($p < 0,05$) объемов крови у молодых людей данной группы.

3. Выявленная динамика электрокардиографических и реографических показателей указывает на то, что физическая нагрузка приводит к чрезмерной активации энергетических ресурсов, напряжению функционирования сердечно-сосудистой системы юношей с сердечным типом саморегуляции кровообращения, что обеспечивает адаптацию к кратковременным воздействиям возмущающих факторов внешней среды, при этом ограничивая диапазон компенсаторных возможностей этого типа в ходе продолжительного воздействия нагрузки. Наоборот, сосудистый тип саморегуляции кровообращения является наиболее экономичным, и сердечно-сосудистая система этого типа обладает большим диапазоном мобилизации функции на длительные действующие физические нагрузки.

Полученные данные будут использованы при дальнейшем изучении сердечно-сосудистой системы учащейся молодежи с использованием нагрузочных проб, позволяющих выявлять скрытые формы сосудистых дистоний; при разработке программ по оздоровлению, ориентированных как на имеющиеся отклонения в состоянии здоровья, так и на возможное его ухудшение в период учебы в вузе; при разработке профилактических и лечебных мероприятий, направленных на снижение риска развития неблагоприятных состояний, улучшение качества жизни молодых людей и уменьшение экономических затрат на медикаментозную помощь.

Список литературы

1. Гречкина ЛИ. Донозологическая характеристика показателей гемодинамики у мальчиков-уроженцев города Магадана с разным типом саморегуляции кровообращения. Здоровье населения и среда обитания. 2016;1(274):22–26.
2. Жиженина ЛМ, Клокова ТБ. Оценка адаптации сердечно-сосудистой системы у студентов в условиях экзаменационного стресса. Молодой ученый. 2015;2(103):123–126.
3. Коновалова ГМ, Севрюкова ГА. Здоровье и резервные возможности человека. Вестник Адыгейского гос. ун-та. сер. 4. Естественно-математические и технические науки. 2011;1:84–92.
4. Веневцева ЮЛ, Мельников АХ, Авдеева ОС, Болотских АА, Саулин АА. Компьютерная электрокардиография и холтеровское мониторирование у здоровых студентов: эхокардиографические параллели. Вестник аритмологии. 2005;1(39):27.
5. Мельник С.Н, Мельник ВА, Сукач ЕС, Ткаченко ПВ. Влияние физической и умственной нагрузки на состояние центральной и мозговой гемодинамики молодых людей в зависимости от типа кровообращения и церебральной микроциркуляции. Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». 2016;1:117–123.
6. Мельник СН, Сукач ЕС, Савченко ОГ. Состояние центральной гемодинамики молодых людей в зависимости от типа кровообращения при физических нагрузках. Проблемы здоровья и экологии. 2014;(3):116–120.
7. Мельник СН, Мельник ВВ. Особенности показателей сердечно-сосудистой системы студентов с различными типами саморегуляции кровообращения. Проблемы здоровья и экологии. 2019;(2):80–85.
8. Платонов АЕ. Статистический анализ в медицине и биологии: задачи, терминология, логика, компьютерные методы. Москва, Изд-во РАМН; 2000 с. 52.
9. Рогозина МА, Подвигин СН, Дилина АМ. О раннем выявлении и терапии астенических расстройств у студентов медицинского вуза. Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. 2009;35:217–221.
10. Севрюкова ГА. Адаптивные изменения функционального состояния и работоспособность студентов в процессе обучения. Гигиена и санитария. 2006;1:72–74.
11. Махарова НВ. Структурно-функциональные изменения сердечно-сосудистой системы при занятиях спортом. Якутский медицинский журнал. 2007;3:44–46.
12. Шаханова АВ, Коблев ЯК. Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы спортсменов разных видов спорта по данным variability ритма сердца. Вестник адыгейского гос. ун-та: серия 4. Естественно-математические и технические науки. 2010;1:105–111.
13. Cooney MT, Vartiainen E, Laatikainen T, De Bacquer D, McGorrian C, Dudina A, Graham I. Cardiovascular risk age: concepts and practicalities. Heart. 2012;98(12):941–946. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2011-301478>
14. Moore SC, Patel AV, Matthews CE, Berrington de Gonzalez A, Park Y, Katki HA, Linet MS, Weiderpass E, Visvanathan K, Helzlsouer KJ, Thun M, Gapstur SM, Hartge P, Lee IM. Leisure time physical activity of moderate to vigorous intensity and mortality: a large pooled cohort analysis. PLoS Med. 2012;9:e1001335. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001335>
15. Nocon M, Hiemann T, Muller-Riemenschneider F, Thalau F, Roll S, Willich SN. Association of physical activity with all-cause and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. J Cardiovasc Prevent Rehabil. 2008;15(3):239–46. <https://doi.org/10.1097/HJR.0b013e3282f55e09>

References

1. Grechkina LI. Donozologicheskaya harakteristika pokazatelej gemodinamiki u mal'chikov-urozhencev goroda Magadana s raznym tipom samoregulyacii krovoobrashcheniya. Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya. 2016;1(274):22–26. (in Russ.)
2. Zhizhenina LM, Klokova TB. Ocenka adaptacii serdechno-sosudistoj sistemy u studentov v usloviyah ekzamenacionnogo stressa. Molodoj Uchenyj. 2015;2(103):123–126. (in Russ.)
3. Konovalova GM, Sevryukova GA. Zdorov'e i rezervnye vozmozhnosti cheloveka. Vestnik Adygejskogo gos. un-ta. ser. 4. Estestvenno-Matematicheskie i Tekhnicheskie Nauki. 2011;1:84–92. (in Russ.)
4. Venevceva YUL, Mel'nikov AH, Avdeeva OS, Bolotskih AA, Saulin AA. Komp'yuternaya elektrokardiografiya i holterovskoe monitorirovanie u zdorovyh studentov: ekhokardiograficheskie paralleli. Vestnik Aritmologii. 2005;1(39):27. (in Russ.)
5. Mel'nik S.N, Mel'nik VA, Sukach ES, Tkachenko PV. Vliyaniye fizicheskoy i umstvennoj nagruzki na sostoyaniye central'noj i mozgovoj gemodinamiki molodyh lyudej v zavisimosti ot tipa krovoobrashcheniya i cerebral'noj mikrociркуlyacii. Kurskij Nauchno-Prakticheskij Vestnik «Chelovek i Ego Zdorov'e». 2016;1:117–123. (in Russ.)
6. Mel'nik SN, Sukach ES, Savchenko OG. Sostoyaniye central'noj gemodinamiki molodyh lyudej v zavisimosti ot tipa krovoobrashcheniya pri fizicheskikh nagruzkah. Health and Ecology Issues. 2014;(3):116–120. (in Russ.)
7. Mel'nik SN, Mel'nik VV. Osobennosti pokazatelej serdechno-sosudistoj sistemy studentov s razlichnymi tipami samoregulyacii krovoobrashcheniya. Health and Ecology Issues. 2019;(2):80–85. (in Russ.)
8. Platonov AE. Statisticheskij analiz v medicine i biologii: zadachi, terminologiya, logika, komp'yuternye metody. Moskva, Izd-vo RAMN; 2000 s. 52.
9. Rogozina MA, Podvigin SN, Dilina AM. O rannem vyvaylenii i terapii astenicheskikh rasstrojstv u studentov medicinskogo vuza. Nauchno-Medicinskij Vestnik Central'nogo Chernozem'ya. 2009;35:217–221. (in Russ.)
10. Sevryukova GA. Adaptivnye izmeneniya funkcional'nogo sostoyaniya i rabotosposobnost' studentov v processe obucheniya. Gigiena i Sanitariya. 2006;1:72–74. (in Russ.)
11. Maharova NV. Strukturno-funkcional'nye izmeneniya serdechno-sosudistoj sistemy pri zanyatiyah sportom. Yakutskij Medicinskij Zhurnal. 2007;3:44–46. (in Russ.)
12. Shahanova AV, Koblev YAK. Osobennosti adaptacii serdechno-sosudistoj sistemy sportsmenov raznyh vidov sporta po dannym variabel'nosti ritma serdca. Vestnik adygejskogo gos. un-ta: seriya 4. Estestvenno-Matematicheskie i Tekhnicheskie Nauki. 2010;1:105–111. (in Russ.)
13. Cooney MT, Vartiainen E, Laatikainen T, De Bacquer D, McGorrian C, Dudina A, Graham I. Cardiovascular risk age: concepts and practicalities. Heart. 2012;98(12):941–946. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2011-301478>

14. Moore SC, Patel AV, Matthews CE, Berrington de Gonzalez A, Park Y, Katki HA, Linet MS, Weiderpass E, Visvanathan K, Helzlsouer KJ, Thun M, Gapstur SM, Hartge P, Lee IM. Leisure time physical activity of moderate to vigorous intensity and mortality: a large pooled cohort analysis. *PLoS Med.* 2012;9:e1001335. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001335>

15. Nocon M, Hiemann T, Muller-Riemenschneider F, Thalau F, Roll S, Willich SN. Association of physical activity with all-cause and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. *J Cardiovasc Prevent Rehabil.* 2008;15(3):239-46. <https://doi.org/10.1097/HJR.0b013e3282f55e09>

Информация об авторах / Information About the Authors

Мельник Светлана Николаевна, доцент, кандидат биологических наук, заведующий кафедрой нормальной и патологической физиологии УО «Гомельский государственный медицинский университет»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3624-7614>, e-mail: melniklana26@tut.by

Svetlana N. Melnik, Associate Professor, Cand. Sc. (Biology), Head of the Department of Normal and Pathologic Physiology of the EI «Gomel State Medical University»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3624-7614>, e-mail: melniklana26@tut.by

Белая Людмила Александровна, преподаватель кафедры нормальной и патологической физиологии УО «Гомельский государственный медицинский университет»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4983-4488>

Lyudmila A. Belaya, lecturer at the Department of Normal and Pathologic Physiology of the EI «Gomel State Medical University»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4983-4488>

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Мельник Светлана Николаевна
e-mail: melniklana26@tut.by

Svetlana N. Melnik
e-mail: melniklana26@tut.by

Received / Поступила в редакцию 17.11.2020
Revised / Поступила после рецензирования 05.03.2021
Accepted / Принята к публикации 19.03.2021