

Кардиоваскулярная и вегетативная адаптация организма курсантов Института гражданской авиации к разным типам локомоторной двигательной активности

А.И. Рязанцев^{1,2}, Е.К. Гребенников², И.Н. Гребенникова², О.В. Сорокин³,
М.А. Суботялов^{2,4}

¹ Спортивная школа олимпийского резерва «Центр водных видов спорта»
630129, г. Новосибирск, ул. Курчатова, 13/2

² Новосибирский государственный педагогический университет
630126, г. Новосибирск, ул. Виллюйская, 28

³ ООО «Биоквант»
630108, г. Новосибирск, 1-й переулок Пархоменко, 14

⁴ Новосибирский государственный университет
630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1

Резюме

Целью исследования являлось изучение показателей кардиоваскулярной и вегетативной адаптации курсантов Института гражданской авиации к разным типам локомоторной двигательной активности. **Материал и методы.** Выполнена оценка частоты сердечных сокращений, артериального давления, кардиоваскулярных индексов у 96 здоровых курсантов, разделенных на четыре группы согласно типу их локомоторной двигательной активности. Также проведена оценка вариабельности ритма сердца методом кардиоинтервалографии с анализом индексов М.Р. Баевского. **Результаты и их обсуждение.** Анализ кардиоваскулярных показателей и показателей вариабельности сердечного ритма как в фоновом состоянии, так и в ответ на активную ортостатическую пробу выявил увеличение адаптационного резерва в ряду «незанимающиеся» – «самозанимающиеся» – «игровые виды спорта» – «циклические виды спорта». Установлено, что большей парасимпатической активностью и ее влиянием на сердечный ритм, как в состоянии покоя, так и при ответе на ортостатическую нагрузку, обладают курсанты, занимающиеся циклическими видами спорта, что отражает более глубокую степень их адаптированности к физической и учебной нагрузке. Полученные данные указывают на проявление общей стратегии структурно-функциональной перестройки регуляторных систем организма, направленной на формирование оптимальных компенсаторно-приспособительных перестроек гемодинамики.

Ключевые слова: здоровье, адаптация, пилоты, курсанты, кардиоваскулярная система, вегетативная нервная система, вариабельность ритма сердца.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Автор для переписки: Суботялов М.А., e-mail: subotylov@yandex.ru

Для цитирования: Рязанцев А.И., Гребенников Е.К., Гребенникова И.Н., Сорокин О.В., Суботялов М.А. Кардиоваскулярная и вегетативная адаптация организма курсантов Института гражданской авиации к разным типам локомоторной двигательной активности. *Сибирский научный медицинский журнал*. 2024;44(3):108–117. doi: 10.18699/SSMJ20240312

Cardiovascular and vegetative adaptation of the body of cadets of the Institute of Civil Aviation to different types of locomotor motion activity

A.I. Ryazantsev^{1,2}, E.K. Grebennikov², I.N. Grebennikova², O.V. Sorokin³, M.A. Subotylov^{2,4}

¹ Sports School of the Olympic Reserve "Water Sports Center"

630129, Novosibirsk, Kurchatova st., 13/2

² Novosibirsk State Pedagogical University

630126, Novosibirsk, Vilyuiskaya st., 28

³ LLC "Bioquant"

630108, Novosibirsk, 1st ln. Parkhomenko, 14

⁴ Novosibirsk State University

630090, Novosibirsk, Pirogova st., 1

Abstract

The aim of study was to investigate the indicators of cardiovascular and autonomic adaptation of cadets of the Institute of Civil Aviation to different types of locomotor motion activity. **Material and methods.** Heart rate, blood pressure, cardiovascular indices were assessed in 96 healthy cadets divided into four groups according to the type of their locomotor motion activity. The study also analyzed Baevsky's indices. **Results and its discussion.** The analysis of cardiovascular indicators and indicators of heart rate variability both in the background state and in response to an active orthostatic test revealed an increase in the adaptive reserve and heart rate variability in the series «not engaged» – «self-exercising» – «game sports» – «cyclical sports». It has been established that cadets involved in cyclic sports have greater parasympathetic activity and its influence on the heart rate both at rest and in response to orthostatic load, which reflects a deeper degree of their adaptation to physical and educational load, based on structural changes in cells of the cardiovascular, nervous and endocrine systems. Apparently, the data obtained indicate the manifestation of a general strategy of structural and functional restructuring of the body's regulatory systems, aimed at the formation of optimal compensatory and adaptive changes in hemodynamics.

Key words: health, adaptation, pilots, cadets, cardiovascular system, autonomic nervous system, heart rate variability.

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

Correspondence author: Subotyalov M.A., e-mail: subotyalov@yandex.ru

Citation: Ryazantsev A.I., Grebennikov E.K., Grebennikova I.N., Sorokin O.V., Subotyalov M.A. Cardiovascular and vegetative adaptation of the body of cadets of the Institute of Civil Aviation to different types of locomotor motion activity. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal*. 2024;44(3):108–117. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20240312

Введение

При исполнении своих обязанностей пилоты гражданской авиации постоянно сталкиваются с нагрузками различного характера. Состояние перегрузки при взлете, высокое психоэмоциональное напряжение во время штатных и нештатных ситуаций в небе, плотный график полетов и, конечно, действие климатогеографических факторов – все это является стрессом, вызывающим мобилизацию биологических и психологических резервов пилотов [1–3]. В некоторых случаях восстановление между полетами бывает сокращено до минимума, что влечет запоздание восстановления перед вновь возникающей нагрузкой [4]. Поэтому требования к физическому и психическому здоровью пилотов находятся на высоком уровне [5]. Курсанты, обучающиеся в летном институте, так же как и действующие пилоты, должны иметь требуемые профессиональные качества.

Ранее нами рассмотрены показатели физической подготовленности и психофизиологические характеристики курсантов Ульяновского института гражданской авиации им. Б.П. Бугаева (УИГА)

[6, 7], зависимость показателей физического здоровья курсантов УИГА от типа локомоторной двигательной активности [8]. Представленные данные дают некоторое представление о здоровье курсантов и их соответствии профессиональным качествам пилота, однако необходимы дальнейшая оценка кардиоваскулярной и вегетативной адаптации и формирование объективной картины приспособления будущих пилотов к физической и учебной нагрузкам.

Цель исследования – изучение показателей кардиоваскулярной и вегетативной адаптации курсантов Института гражданской авиации к разным типам локомоторной двигательной активности.

Материал и методы

Настоящее исследование проходило в феврале 2023 г. на базе УИГА. В эксперименте приняло участие 96 здоровых курсантов УИГА мужского пола. Обследуемые были разделены на четыре группы исходя из типа двигательной активности: «незанимающиеся» (Н), «самостоятельно занимающиеся» (С), «игровые виды спорта»

(И), «циклические виды спорта» (Ц). Критерием включения являлся тип локомоторной двигательной активности: в группу Н попал 41 курсант без дополнительной внеурочной локомоторной двигательной активности, в группу С – 20 курсантов, самостоятельно занимающихся общей физической подготовкой не менее 6 ч в неделю, в группу И – 14 курсантов, выступающих за сборную института по волейболу, футболу или баскетболу (квалификация от II разряда до кандидата в мастера спорта) и регулярно занимающихся в профильных секциях с общей нагрузкой 6 ч в неделю, в группу Ц – 21 курсант, входящий в состав сборной института по плаванию, лыжным гонкам или легкой атлетике (беговые дисциплины) с квалификацией от II разряда до кандидата в мастера спорта, представители этой группы посещали профильные секции с нагрузкой 6 ч в неделю.

Вариабельность ритма сердца (ВРС) определяли с использованием электрокардиографа «ВедаПульс». Испытуемый 5 мин находился в положении лежа на спине без движения (для достижения уровня физиологического покоя – фона), затем 5 мин велась запись ЭКГ в том же положении, по истечении времени первой записи испытуемому предлагали аккуратно встать, после чего начиналась запись ЭКГ в состоянии активной ортостатической пробы (АОП). На основе математической обработки ЭКГ были рассчитаны показатели ВРС – индексы Р.М. Баевского. Частота сердечных сокращений (ЧСС) регистрировалась в состоянии покоя. Артериальное давление измерялось на левой руке аускультативно по методу Н.С. Короткова с применением механического тонометра CS-109-Pro («СиЭс Медика», Россия). Изучение кардиоваскулярной и вегетативной адаптации заключалось в проведении функциональной диагностики сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем и анализе полученных результатов.

Помимо вышеуказанных показателей были рассчитаны кардиоваскулярные показатели и индексы: пульсовое давление (ПД), среднее артериальное давление (AD_{cp}), индекс Робинсона (ИР), коэффициент эффективности кровообращения (КЭК), абсолютные и относительные значения систолического и минутного объема крови (СОК, $СОК_{отн}$ и МОК, $МОК_{отн}$ соответственно), сердечный индекс (СИ), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) и величина адаптационного потенциала (АП).

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 критерия Стьюдента, достоверными считались результаты при $p < 0,05$.

Эксперимент проводился в соответствии с Хельсинкской декларацией. Протокол обследования одобрен на научном совете факультета физической культуры Новосибирского государственного педагогического университета. У всех курсантов получены письменные согласия на обработку персональных данных в рамках настоящего исследования.

Результаты и их обсуждение

Величина ЧСС у курсантов УИГА во всех четырех группах находилась на уровне нормокардии (табл. 1). Хотя достоверных отличий не выявлено, можно отметить тенденцию, что в среднем курсанты-спортсмены имеют более низкие значения ЧСС, чем курсанты, не занимающиеся в профильных спортивных секциях, что может являться признаком развития физиологической адаптации сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем к спортивным нагрузкам [9]. Величина систолического АД (САД) свидетельствует о нормотензии в группах Н, С, И и Ц. САД курсантов, занимающихся циклическими видами спорта, достоверно меньше, чем курсантов, не занимающихся внеурочной локомоторной двигательной активностью, что говорит о более благоприятном течении адаптации у первых; снижение САД указывает на вазодилатацию магистральных и периферических сосудов неопределенного генеза (возможно, из-за уменьшения тонуса симпатической нервной системы, повышения активности вагуса или улучшения состояния эндотелия сосудов) [10]. Величина диастолического АД находилась в пределах нормы для данного половозрастного контингента.

Более низкие значения ПД у курсантов, занимающихся циклическими видами спорта, по сравнению с незанимающимися и самозанимющимися курсантами говорят о лучшем состоянии миокарда и сосудов у первых, а также о меньших рисках срыва адаптации или развития кардиологической патологии [11]. Также обнаружены достоверно более низкие значения AD_{cp} у группы Ц по отношению к группе И, что может, с одной стороны, указывать на меньший риск развития повышенного артериального давления у курсантов, занимающихся циклическими видами спорта, по сравнению с курсантами-игровиками, а с другой стороны – на повышение вклада парасимпатической нервной системы в регуляцию сердечно-сосудистой деятельности у первых по отношению ко вторым. При этом следует заметить, что величины AD_{cp} во всех четырех группах

Таблица 1. Кардиоваскулярные показатели курсантов УИГА

Table 1. Cardiovascular indicators of cadets of the Institute of Civil Aviation

Показатель	Группа			
	Незанимающиеся (Н) (n = 41)	Самозанимающиеся (С) (n = 20)	Игровые виды спорта (И) (n = 14)	Циклические виды спорта (Ц) (n = 21)
ЧСС, уд/мин	66,44 ± 1,28	65,35 ± 2,15	62,50 ± 2,96	62,62 ± 2,92
САД, мм рт. ст.	125,80 ± 2,62	122,65 ± 2,43	122,43 ± 2,08	117,29 ± 1,69*
Диастолическое АД, мм рт. ст.	71,77 ± 1,66	68,18 ± 2,81	74,29 ± 1,87	70,29 ± 1,71
ПД, мм рт. ст.	54,03 ± 2,01	54,47 ± 2,03	48,14 ± 2,61	47,00 ± 1,73*. [#]
АД _{ср.} , мм рт. ст.	89,78 ± 1,80	86,33 ± 2,51	90,33 ± 1,50	85,95 ± 1,49 [^]
ИР, у. е.	83,07 ± 2,83	78,75 ± 3,51	76,59 ± 3,93	73,63 ± 2,70*
КЭК, у. е.	3562,40 ± 157,81	3475,82 ± 167,71	3011,64 ± 201,67*	2943,71 ± 138,04*. [#]
СОК, мл	67,00 ± 1,40	69,00 ± 2,42	62,25 ± 2,37	63,94 ± 1,67
СОК _{отн.} , мл/кг	0,94 ± 0,03	0,91 ± 0,04	0,78 ± 0,04*. [#]	0,83 ± 0,03*
МОК, л/мин	4,40 ± 0,11	4,39 ± 0,20	3,89 ± 0,22*	3,99 ± 0,14*
МОК _{отн.} , мл/(мин×кг)	62,18 ± 2,64	58,91 ± 3,62	48,74 ± 3,00*. [#]	51,96 ± 2,30*
СИ, мл/(мин×м ²)	2,35 ± 0,08	2,27 ± 0,12	1,93 ± 0,11*. [#]	2,02 ± 0,08*
ОПСС, дин×с×см ⁻⁵	1814,31 ± 61,67	1719,54 ± 106,06	1979,59 ± 105,42	1825,09 ± 74,11
АП, у. е.	2,12 ± 0,05	2,03 ± 0,07	2,09 ± 0,06	1,97 ± 0,04*

Примечание. Обозначены статистически значимые ($p < 0,05$) отличия от величин соответствующих показателей:

* – курсантов группы Н, # – курсантов группы С, ^ – курсантов группы И.

находятся в пределах половозрастной физиологической нормы.

Значение ИР в группе Ц статистически значимо меньше, чем в группе Н, что указывает на большую экономичность функций, представленную снижением САД и ЧСС, у курсантов группы Ц [12]. Изменение функциональной активности или развитие экономизации функций невозможны без соответствующих структурных изменений в клетках, основанных на гиперплазии ультраструктур [13, 14]. В этом смысле снижение или увеличение ИР следует считать индикатором более глубоких адаптационных морфологических изменений в кардиомиоцитах или в клетках нервной и эндокринной систем. Исходя из этого, КЭК как интегральный показатель можно представить в виде такого же индикатора структурных изменений, хотя в некоторых исследованиях КЭК трактуется как косвенный показатель выброса крови за 1 мин, в других исследованиях – как показатель утомления сердечно-сосудистой системы [15–17]. Достоверно более низкие значения КЭК в группах Ц и И по сравнению с группой Н, а также статистически значимо меньшая величина КЭК у курсантов группы Ц по отношению к группе С могут свидетельствовать об усилении парасимпатической активности за счет гиперпластических изменений в клетках двойного ядра продолговатого мозга, в парасимпатических ганглиях или в клетках блуждающего нерва у курсантов, занимающихся спортом в профильных секциях [18, 19].

В абсолютном показателе СОК между группами статистически значимых отличий не обнаружено. В относительных величинах этого параметра между группами Н и И, Н и Ц, С и И получены достоверные отличия, причем у курсантов, занимающихся спортом, во всех сравнительных парах величина СОК_{отн.} была меньше, чем у курсантов без дополнительной локомоторной двигательной активности или организующих таковую активность самостоятельно. Данный феномен затруднителен в интерпретации: у курсантов, занимающихся в профильных спортивных секциях, СОК и СОК_{отн.} должны быть больше, чем у незанимающихся и самозанимающихся курсантов, так как систематические нагрузки, ускоряя биосинтез ультраструктур в кардиомиоцитах, приводят к дилатации полостей миокарда и физиологической гипертрофии стенок желудочков [20, 21]. Мы же получили обратную реакцию. Возможно, объяснение полученных результатов находится в характеристиках смежных функциональных систем: респираторной и гемопозитической.

Абсолютный и относительный МОК, СИ были достоверно меньше в группах И и Ц, чем в группе Н, относительный МОК и СИ в группе И ниже, чем в группе С. Уменьшение МОК и СИ указывают на развитие так называемой «экономизации» (например, за счет снижения минутной активнос-

ти инспираторных мышц или за счет увеличения сопряжения окисления и фосфорилирования), однако на сегодня показано, что снижение МОК в фоновом состоянии у спортсменов связано с увеличением кислородной емкости крови [22]. Известно, что сердечный выброс регулируется посредством хеморецепторов. В этом случае при условии, что кровь будет переносить достаточное количество O_2 не за счет повышения циркуляции, а за счет увеличения способности связывать и переносить кислород, снижение оксигенации и развитие гиперкапнии происходить не будут, а значит, не возникнет и потребность в увеличении МОК. Следовательно, повышение эритроцитарных характеристик крови можно рассматривать как фактор, опосредованно ингибирующий повышение МОК в фоновом состоянии.

Статистический анализ результатов исследования ОПСС не выявил достоверных различий между группами. Показатель АП, предложенный профессором Р.М. Баевским, является интегральным, он объединяет как морфологические, так и кардиоваскулярные величины. Полученные результаты (достоверно более низкое значение АП у группы Ц по отношению к группе Н) свидетельствуют о больших адаптационных возможностях курсантов, занимающихся циклическими видами спорта, по сравнению с курсантами, не занимающимися внеурочной локомоторной двигательной активностью.

Суммируя результаты исследования кардиоваскулярных индексов, мы можем заявить о том, что функциональный резерв сердечно-сосудистой и нейроэндокринной систем увеличивается в ряду «незанимающиеся» – «самозанимающиеся» – «игровые виды спорта» – «циклические виды спорта».

Помимо расчетных кардиологических показателей мы изучили ВРС по индексам Р.М. Баевского. В фоне достоверных различий между группами по величине моды (M_o) при уровне доверительной вероятности 95 % нет, но, как и для ЧСС, сохраняется тенденция к более высоким значениям M_o у курсантов, занимающихся спортом в профильных секциях. Амплитуда моды (ΔM_o) с биологической точки зрения отражает степень вовлечения так называемого центрального контура (прежде всего симпатической нервной системы) в управление сердцебиением [23]. В настоящем исследовании ΔM_o во всех четырех группах находилась в пределах физиологической нормы, при этом достоверные отличия наблюдаются в парах Н и Ц, С и Ц. Более низкие значения ΔM_o у курсантов, занимающихся циклическими видами спорта, можно считать индикатором снижения функциональной активности симпатиче-

ских нервов вследствие структурных изменений в соответствующих клетках и развития ваготонии.

Анализ вариационного размаха (ВР) не выявил между группами каких-либо статистически значимых различий, хотя стоит отметить важность данного показателя: ВР отражает вклад парасимпатического отдела нервной системы в обеспечение сердечной деятельности [23]. У спортсменов по данным ряда исследователей с ростом спортивного мастерства увеличивается и ВР, в таком случае большая разница между максимальным и минимальным кардиоинтервалами будет предполагать и наличие большого функционального и структурного резерва миокарда, нервной и эндокринной систем. С другой стороны, часть авторов считает повышение вариационного размаха до 0,500 с и более развитием СА-блокады и смещением водителя ритма [23–27]. ВР курсантов УИГА группы Ц был больше приблизительно на 15 %, чем лиц группы Н ($p > 0,05$), в этом видится некоторое преобладание резервов курсантов из группы «циклические виды спорта» над резервами курсантов из группы «незанимающиеся».

Группа Ц продемонстрировала более низкие значения индекса вегетативного равновесия (ИВР) и показателя адекватности процессов регуляции (ПАПР) по сравнению с группами Н и С, из чего можно предположить, что у курсантов, занимающихся циклическими видами спорта, клетки синоатриального узла, блуждающего нерва и его ядер в продолговатом мозге, претерпев гиперпластические изменения, вносят значительно больший вклад в управление сердечной деятельностью, нежели у курсантов без дополнительной локомоторной двигательной активности или у организующих ее самостоятельно [23]. Полученные статистически значимые различия между группами Ц и Н в вегетативном показателе ритма (ВПР), очень схожем по биологическому смыслу с предыдущими двумя индексами, убеждают нас в том, что у курсантов, занимающихся видами спорта на выносливость, в большей степени преобладает автономный контур регуляции, чем у их сверстников, не занимающихся в профильных спортивных секциях.

При анализе индекса централизации (ИЦ), основанном на математической обработке частотного спектра ВРС, мы наблюдали лишь одно достоверное отличие: среднegrupповые значения незанимающихся были достоверно ниже аналогичных значений игроков. Последнее приводит нас к мысли, что центральный контур у курсантов-игроков вносит больший вклад в управление сердечным ритмом, чем у незанимающихся курсантов. Также получены более низкие значе-

ния индекса напряжения (ИН) у представителей группы Ц по сравнению с ИН лиц групп Н и С, что, скорее всего, связано с большей адаптивностью и более низкой «ценой» адаптации у первых [23, 27].

Анализ ВРС в режиме фона следует завершить обобщением всех индексов и определением преимущественного типа вегетативной регуляции [28]. Исходя из предложенной Р.М. Баевским классификации, во всех четырех группах мы наблюдаем «преимущественно парасимпатикотонический» тип регуляции, что, конечно, является признаком адаптированности курсантов к физической и учебной нагрузкам (при этом мы не отрицаем, что внутри каждой группы могут иметься разные типы вегетативной конституции).

Развитие патологии с точки зрения структурных и функциональных изменений начинается с бессимптомного доклинического периода, когда определенные морфологические изменения на уровне структур и ультраструктур уже есть, но количество здоровых клеток, активно вовлекаемых в работу, возрастает, что приводит к повышению суммарной функциональной активности, как бы компенсирующей эти изменения [14]. То есть патологический процесс уже запущен, но

симптоматически (функционально) еще не выражен. В спортивной медицине выявление состояний компенсированного заболевания может проходить при помощи функциональных проб, они повышают функциональную активность клеток, и если в части из них уже протекает патологический процесс, то данные клетки перестают справляться с повышенными требованиями к функционированию, что проявляется в результатах тестирования (например, в картине ЭКГ). Мы использовали АОП, смысл которой в том, что при смене положения тела на вертикальное резко ухудшается венозный возврат крови к сердцу (в связи с чем уменьшается МОК), что влечет за собой напряжение регуляторных механизмов для нормализации гомеостаза.

Результаты АОП (табл. 2) практически повторяют данные, полученные в фоновом состоянии. В парах Ц и Н, Ц и С получены статистически значимые различия по величине Мо, АМо, ИВР, ПАПР, ИН. Кроме того, ПАПР достоверно меньше у И, чем у Н, ВПР меньше у Ц, чем у Н, ИЦ меньше у И, чем у Н и Ц, а также у С относительно Ц. Анализ АОП показывает, что наиболее благоприятно адаптация протекает у группы курсантов, занимающихся циклическими и игровыми

Таблица 2. Показатели ВРС курсантов УИГА

Table 2. Heart rate variability indicators of cadets of Institute of Civil Aviation (according to the R.M. Bayevsky indices)

Показатель	Группа			
	Незанимающиеся (Н) (n = 41)	Самозанимающиеся (С) (n = 20)	Игровые виды спорта (И) (n = 14)	Циклические виды спорта (Ц) (n = 21)
Фон				
Мо, мс	928,78 ± 19,97	931,50 ± 31,81	981,07 ± 45,97	974,76 ± 32,37
АМо, %	34,84 ± 1,98	36,92 ± 3,23	34,94 ± 3,82	28,71 ± 1,93*. [#]
ВР, с	0,311 ± 0,020	0,341 ± 0,029	0,302 ± 0,033	0,356 ± 0,038
ИВР, у. е.	167,71 ± 31,53	134,61 ± 22,90	168,51 ± 53,21	83,05 ± 8,82*. [#]
ПАПР, у. е.	39,07 ± 2,72	40,80 ± 4,27	38,25 ± 6,05	29,39 ± 2,40*. [#]
ВПР, у. е.	4,56 ± 0,56	3,82 ± 0,46	4,58 ± 1,00	3,05 ± 0,28*
ИЦ, у. е.	3,45 ± 0,44	4,57 ± 0,71	5,91 ± 1,00*	4,18 ± 0,85
ИН, у. е.	97,24 ± 19,76	78,07 ± 15,07	100,23 ± 37,94	43,73 ± 5,16*. [#]
АОП				
Мо, мс	648,17 ± 12,26	680,00 ± 26,02	696,43 ± 16,33*	717,86 ± 24,31*
АМо, %	42,46 ± 1,85	43,33 ± 3,09	38,19 ± 2,11	36,07 ± 1,41*. [#]
ВР, с	0,259 ± 0,014	0,263 ± 0,023	0,296 ± 0,025	0,278 ± 0,014
ИВР, у. е.	199,20 ± 19,90	203,50 ± 28,84	184,59 ± 29,89	139,24 ± 11,27*. [#]
ПАПР, у. е.	67,30 ± 3,63	66,71 ± 5,93	54,89 ± 3,95*	52,12 ± 2,83*. [#]
ВПР, у. е.	6,98 ± 0,53	6,70 ± 0,69	6,53 ± 0,87	5,37 ± 0,32*
ИЦ, у. е.	2,79 ± 0,41	2,32 ± 0,21	1,83 ± 0,21*	3,81 ± 0,69*. [#] , [^]
ИН, у. е.	160,87 ± 17,76	160,32 ± 25,19	141,55 ± 34,52	103,80 ± 9,69*. [#]

Примечание. Обозначены статистически значимые ($p < 0,05$) отличия от величин соответствующих показателей:

* – курсантов группы Н, # – курсантов группы С, ^ – курсантов группы И.

видами спорта. В ответ на пробу у них увеличиваются показатели ИВР, ПАПР и ВПР, что указывает на возрастание влияния центрального контура управления (вероятно, за счет гетерохронно вовлекаемых в регуляцию катехоламинов, *n. vagus*, ренин-ангиотензин-альдостеронового механизма). У лиц групп С и Н наблюдается такая же тенденция, но реакция на пробу у них выражается в большей степени активации гуморально-симпатических влияний.

ИН, несущий наибольший биологический смысл, возрастает у всех четырех групп, но наименьшие значения регистрируются у курсантов, занимающихся циклическими видами спорта. Интересно, что при АОП ИЦ у всех курсантов снижается. Это говорит об увеличении доли высокочастотных колебаний и снижении доли низкочастотных и очень низкочастотных колебаний. Такую реакцию можно назвать парадоксальной, так как вовлечение центрального контура в управление сердечной деятельностью должно увеличиваться, а не уменьшаться [23]. Несмотря на это, профессор Н.И. Шлык утверждает, что снижение всех спектральных компонентов в состоянии ортостаза является нормальной реакцией и отражает хорошее состояние функциональных резервов организма [27]. Данный феномен нуждается в дополнительном исследовании и обсуждении.

Заключение

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что в фоновом состоянии у курсантов в ряду «незанимающиеся» – «самозанимающиеся» – «игровые виды спорта» – «циклические виды спорта» в регуляции сердечной деятельности возрастает степень влияния парасимпатического звена вегетативной нервной системы, что проявляется в оптимальном состоянии тонуса сосудов и в более экономичном режиме функционирования миокарда, отражающихся в снижении САД, ПД, АД_{ср}, ИР, КЭК, АП. При этом уменьшение величины СОК_{отн}, МОК, МОК_{отн} и СИ у курсантов, занимающихся игровыми и циклическими видами спорта, может быть объяснено увеличением кислородной емкости крови у данного контингента. Результаты ритмографического исследования, а именно более низкие значения АМо, ИВР, ВПР, ПАПР, ИЦ у курсантов, занимающихся циклическими видами спорта, по сравнению с незанимающимися и самозанимающимися курсантами подтверждают наши предположения о большей автоматизации сердечного ритма и большем развитии ваготонии у первых. В ответ на активную ортостатическую пробу у обследованных отмечалось оптимальное вегетативное

обеспечение гемодинамики путем временного снижения активности парасимпатического звена в регуляции кардиоритма и относительно краткосрочном повышении вклада симпатической составляющей вегетативной нервной системы. При этом более выраженное уменьшение парасимпатической и увеличение симпатической активности во время АОП наблюдается у курсантов, не занимающихся и самозанимающихся внеурочной локомоторной двигательной активностью.

Итоги исследования указывают на то, что у курсантов-спортсменов регуляторные системы напряжены в меньшей степени и в большей степени сформирован адаптационный резерв, чем у курсантов, не занимающихся в профильных спортивных секциях. Полученные результаты могут быть использованы для усовершенствования учебно-воспитательного процесса путем дифференцирования объемов, интенсивности и типов физической нагрузки относительно индивидуальных возможностей и действительного физического и функционального состояния курсантов Института гражданской авиации.

Список литературы

1. Зибарев Е.В., Бухтияров И.В., Кравченко О.К., Астанин П.А. Разработка новой концепции оценки напряженности труда пилотов гражданской авиации. *Анал. риска здоровью*. 2022;(2):73–87. doi: 10.21668/health.risk/2022.2.07
2. Сериков В.В., Атьков О.Ю., Горохова С.Г., Капустина А.В., Ониани Х.Т. Оценка адаптационно-приспособительных реакций организма пилотов во время кругосветного арктического перелета. *Мед. труда и пром. экол.* 2020;60(4):232–237. doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-4-232-237
3. Атьков О.Ю., Горохова С.Г., Сериков В.В., Алчинова И.Б., Полякова М.В., Панкова Н.Б., Карганов М.Ю., Баранов В.М. Результаты медицинских и психофизиологических исследований во время кругосветного арктического перелета. *Вестн. РАМН*. 2019;74(4):261–271. doi: 10.15690/vramn1110
4. Бухтияров И.В., Юшкова О.И., Фесенко М.А., Меркулова А.Г. Оценка риска утомления у работников нервно-эмоционального труда. *Анал. риска здоровью*. 2018;(1):66–77. doi: 10.21668/health.risk/2018.1.08
5. Благинин А.А., Жильцова И.И., Анненкова О.А. Оценка функционального состояния организма летчика с помощью компьютерной стабильности в условиях статокINETических нагрузок. *Вестн. Рос. воен.-мед. акад.* 2014; (2):134–137.
6. Гребенников Е.К., Мещеряков А.В., Козак А.В., Ташниченко О.И. Сравнительный анализ физической подготовленности курсантов первых курсов за период 2019–2022 годов. *Учен. зап. Ун-та*

- им. П.Ф. Лесгафта. 2023;(5):129–132. doi: 10.34835/issn.2308-1961.2023.05.p129-133
7. Гребенников Е.К., Гребенникова И.Н., Салимзянов Р.Р., Суботьялов М.А. Психофизиологические показатели курсантов института гражданской авиации в зависимости от типа двигательной активности. *Человеческий капитал*. 2023;(10):239–244. doi: 10.25629/НС.2023.10.23
8. Гребенников Е.К., Салимзянов Р.Р., Акчурин Ф.А., Сабиров И.И. Анализ посещаемости дисциплины Физическая культура и показателей силовых качеств у курсантов 1–2 курсов. *Учен. зап. Ун-та им. П. Ф. Лесгафта*. 2023;(5):133–136. doi: 10.34835/issn.2308-1961.2023.05.p133-136
9. Шлык Н.И., Гаврилова Е.А. Брадикардия и вариабельность сердечного ритма у спортсменов. *Человек. Спорт. Мед.* 2023;23(1):59–69. doi: 10.14529/hsm23s109
10. Green D.J., Smith K.J. Effects of exercise on vascular function, structure, and health in humans. *Cold Spring Harb. Perspect. Med.* 2018;8(4):a029819. doi:10.1101/cshperspect.a029819
11. Кожевникова О.В., Намазова-Баранова Л.С., Логачева О.С., Сюткина Е.В., Антонова Е.В., Абашидзе Э.А., Айсина В.А., Балабанов А.С., Ватакмадзе Н.Д., Геворкян А.К. Пульсовое артериальное давление и показатели ремоделирования сосудов: поиск ранних признаков развития сердечно-сосудистой патологии у детей. *Вопр. соврем. педиатрии*. 2015;14(1):119–123. doi: 10.15690/vsp.v14i1.1270
12. Боярская Л.А., Прокопьева Н.Я., Ананьев В.Н., Августа Е.Н. Изучение хронобиологических показателей индекса Робинсона у женщин с ишемической болезнью сердца в условиях гиподинамии, перенесших новую коронавирусную инфекцию. *Современные вопросы биомедицины*. 2022;6(2):162–170. doi: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_21
13. Саркисов Д.С., Втюрин Б.В. Электронно-микроскопический анализ повышения выносливости сердца. М.: Медицина, 1969. 172 с.
14. Структурные основы адаптации и компенсации нарушенных функций: Руководство. Ред. Д.С. Саркисов. М.: Медицина, 1987. 445 с.
15. Петров И.А., Пуликов И.А., Маркович Е.Б. Функциональные особенности адаптации у юношей аборигенов Хакасии. *Sib. J. Life Sci. and Agr.* 2019; 11(5-2):100–105. doi: 10.12731/2658-6649-2019-11-5-2-100-105
16. Юсупов Н.З., Лядова И.В., Хайруллина Л.Р., Фролова О.А. Оценка функционального состояния организма работников общественного питания. *Вестн. нов. мед. технол.* 2023;(2):98–104. doi: 10.24412/2075-4094-2023-2-2-4
17. Игнатъева Л.Е., Трескин М.Ю., Бакулин С.В. Показатели перенапряжения миокарда у футболистов. *Теория и практ. физ. культуры*. 2021;(2):30–32.
18. Pashchenko P.S., Zhukov A.A. Structural modifications of the thoracic region of vagus and sympathetic trunk ganglia after exposure to gravitational overloads. *Morphology*. 2005;128(6):28–33.
19. Laucius O., Jucevičiūtė N., Vaitkus A., Balnytė R., Rastenyte D., Petrikonis K. Evaluating the functional and structural changes in the vagus nerve: Should the vagus nerve be tested in patients with atrial fibrillation? *Med. Hypotheses*. 2020;138:109608. doi: 10.1016/j.mehy.2020.109608
20. Шарыкин А.С., Иванова Ю.М., Павлов В.И. Бадтиева В.А. Субботин П.А. Варианты ремоделирования сердца у детей и подростков в игровых видах спорта (на примере футбола и хоккея). *Педиатрия. Ж. им. Г.Н. Сперанского*. 2016;95(3):65–72.
21. Xiao J., Xu T., Li J., Lv D., Chen P., Zhou Q., Xu J. Exercise-induced physiological hypertrophy initiates activation of cardiac progenitor cells. *Int. J. Clin. Exp. Pathol.* 2014;7(2):663–669.
22. Мельников А.А., Викулов А.Д. Особенности гемодинамики и реологических свойств крови у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса. *Теория и практ. физ. культуры*. 2003;(1):23–26.
23. Гаврилова Е.А. Вариабельность ритма сердца и спорт. *Физиол. человека*. 2016;42(5):121–129. doi: 10.7868/S0131164616050088
24. Гаврилова Е.А., Чурганова О.А. Прогнозирование аэробных способностей высококвалифицированных лыжников по данным вариационной пульсометрии. *Вестн. спорт. науки*. 2012;(4):3–5.
25. Шлык Н.И. Нормативы показателей вариабельности сердечного ритма в покое и ортостазе при разных диапазонах значения MxDMn и их изменение у биатлонистов в тренировочном процессе. *Человек. Спорт. Мед.* 2020;20(4):5–24. doi: 10.14529/hsm200401
26. Шлык Н.И. Анализ вариабельности сердечного ритма при ортостатической пробе у спортсменов с разными преобладающими типами вегетативной регуляции в тренировочном процессе. *Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и практическое применение*: мат. V Всерос. симп., Ижевск, 26–28 октября 2011 г. Ижевск: Удмуртский ун-т, 2011. С. 348–369.
27. Лутков В.Ф., Миллер Л.Л., Смирнов Г.И., Шадрин Д.И. Методика функциональной оценки адаптации волейболисток в микроциклах спортивной тренировки. *Теория и практ. физ. культуры*. 2022;(9):32–35.
28. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997. 265 с.

References

1. Zibarev E.V., Bukhtiyarov I.V., Kravchenko O.K., Astanin P.A. Development of a new concept for assessing the labor intensity of civil aviation pilots. *Analiz riska zdorov'yu = Health Risk Analysis*. 2022;(2):73–87. [In Russian]. doi: 10.21668/health.risk/2022.2.07
2. Serikov V.V., At'kov O.Yu., Gorokhova S.G., Kapustina A.V., Oniani H.T. Assessment of adaptation-adaptive reactions of the pilots 'body during the round-the-world Arctic flight. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya = Occupational Medicine and Industrial Ecology*. 2020;60(4):232–237. [In Russian]. doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-4-232-237
3. At'kov O.Yu., Gorokhova S.G., Serikov V.V., Alchinova I.B., Poljakova M.V., Pankova N.B., Karganov M.Yu., Baranov V.M. The results of medical and psychophysiological studies during a round-the-world Arctic flight. *Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk = Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2019;74(4):261–271. [In Russian]. doi: 10.15690/vramn1110
4. Bukhtiyarov I.V., Jushkova O.I., Fesenko M.A., Merkulova A.G. Assessment of the risk of fatigue in workers of nervous and emotional labor. *Analiz riska zdorov'yu = Health Risk Analysis*. 2018;(1):66–77. [In Russian]. doi: 10.21668/health.risk/2018.1.08
5. Blaginin A.A., Zhil'tsova I.I., Annenkova O.A. Assessment of the functional state of the pilot's body using computer stabilography under conditions of statokinetic loads. *Vestnik Rossiyskoy voyenno-meditsinskoy akademii = Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2014; (2):134–137. [In Russian].
6. Grebennikov E.K., Meshcherjakov A.V., Kozak A.V., Tashnichenko O.I. Comparative analysis of the physical fitness of first-year cadets for the period 2019-2022. *Uchenye zapiski Universiteta imeni Petra Frantsevicha Lesgafa = The Scientific Notes of the P.F. Lesgaf University*. 2023;(5):129–132. [In Russian]. doi: 10.34835/issn.2308-1961.2023.05.p129-133
7. Grebennikov E.K., Grebennikova I.N., Salimzjanov R.R., Subotjalov M.A. Psychophysiological indicators of cadets of the Institute of Civil Aviation, depending on the type of motor activity. *Chelovecheskiy kapital = Human Capital*. 2023;(10):239–244. [In Russian]. doi: 10.25629/HC.2023.10.23
8. Grebennikov E.K., Salimzjanov R.R., Akchurin F.A., Sabirov I.I. Analysis of attendance of the discipline of Physical culture and indicators of strength qualities in cadets of 1-2 courses. *Uchenye zapiski Universiteta imeni Petra Frantsevicha Lesgafa = The Scientific Notes of the P.F. Lesgaf University*. 2023;(5):133–136. [In Russian]. doi: 10.34835/issn.2308-1961.2023.05.p133-136
9. Shlyk N.I., Gavrilova E.A. Bradycardia and heart rate variability in athletes. *Chelovek. Sport. Meditsina = Human. Sport. Medicine*. 2023;23(1):59–69. [In Russian]. doi: 10.14529/hsm23s109
10. Green D.J., Smith K.J. Effects of exercise on vascular function, structure, and health in humans. *Cold Spring Harb. Perspect. Med*. 2018;8(4):a029819. doi:10.1101/cshperspect.a029819
11. Kozhevnikova O.V., Namazova-Baranova L.S., Logachjova O.S., Sjutkina E.V., Antonova E.V., Abashidze Je.A., Ajsina V.A., Balabanov A.S., Vashakmadze N.D., Gevorkjan A.K. Pulse blood pressure and vascular remodeling indicators: the search for early signs of the development of cardiovascular pathology in children. *Voprosy sovremennoy pediatrii = Current Pediatrics*. 2015;14(1):119–123. [In Russian]. doi: 10.15690/vsp.v14i1.1270
12. Boyarskaya L.A., Prokop'eva N.Ya., Anan'ev V.N., Avgusta E.N. Study of chronobiological indicators of the Robinson index in women with ischemic heart disease in conditions of inactivity who have undergone a new coronavirus infection. *Sovremennyye voprosy biomeditsiny = Modern Issues of Biomedicine*. 2022;6(2):162–170. [In Russian]. doi: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_21
13. Sarkisov D.S., Vtjurin B.V. Electron microscopic analysis of increasing the endurance of the heart. Moscow: Meditsina, 1969. 172 p. [In Russian].
14. Structural foundations of adaptation and compensation of impaired functions: A Guide. Ed. D.S. Sarkisov. Moscow: Meditsina, 1987. 445 p. [In Russian].
15. Petrov I.A., Pulikov I.A., Markovich E.B. Functional features of adaptation in young aborigines of Khakassia. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2019; 11(5-2):100–105. [In Russian]. doi: 10.12731/2658-6649-2019-11-5-2-100-105
16. Jusupov N.Z., Ljadova I.V., Hajrullina L.R., Frolova O.A. Assessment of the functional state of the body of public catering workers. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy = Journal of New Medical Technologies*. 2023;(2):98–104. [In Russian]. doi: 10.24412/2075-4094-2023-2-2-4
17. Ignat'eva L.E., Treskin M.Ju., Bakulin S.V. Indicators of myocardial overstrain in football players. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury = Theory and Practice of Physical Culture*. 2021;(2):30–32. [In Russian].
18. Pashchenko P.S., Zhukov A.A. Structural modifications of the thoracic region of vagus and sympathetic trunk ganglia after exposure to gravitational overloads. *Morphology*. 2005;128(6):28–33.
19. Laucius O., Jucevičiūtė N., Vaitkus A., Balnytė R., Rastenyte D., Petrikonis K. Evaluating the functional and structural changes in the vagus nerve: Should the vagus nerve be tested in patients with atrial fibrillation? *Med. Hypotheses*. 2020;138:109608. doi: 10.1016/j.mehy.2020.109608
20. Sharykin A.S., Ivanova Ju.M., Pavlov V.I. Badtieva V.A. Subbotin P.A. Cardiac remodeling variants in children and adolescents in team sports (on the example of football and hockey). *Pediatriya. Zhurnal*

imeni Georgiya Nestorovicha Speranskogo = *Pediatrics. Journal named after Georgy Nestorovich Speransky*. 2016;95(3):65–72. [In Russian].

21. Xiao J., Xu T., Li J., Lv D., Chen P., Zhou Q., Xu J. Exercise-induced physiological hypertrophy initiates activation of cardiac progenitor cells. *Int. J. Clin. Exp. Pathol.* 2014;7(2):663–669.

22. Mel'nikov A.A., Vikulov A.D. Features of hemodynamics and rheological properties of blood in athletes with different directions of the training process. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury = Theory and Practice of Physical Culture*. 2003;(1):23–26. [In Russian].

23. Gavrilova E.A. Heart rate variability and sports. *Fiziologiya cheloveka = Human Physiology*. 2016;42(5):571–578. [In Russian]. doi: 10.7868/S0131164616050088

24. Gavrilova E.A., Churganova O.A. Prediction of aerobic capacity of elite skiers by heart rate variability. *Vestnik sportivnoy nauki = Bulletin of Sports Science*. 2012;(4):3–5. [In Russian].

25. Shlyk N.I. The standards of heart rate variability at rest and orthostasis at different ranges of MxDMn values and their change in biathletes in the training process. *Chelovek. Sport. Meditsina = Human. Sport. Medicine*. 2020;20(4):5–24. [In Russian]. doi: 10.14529/hsm200401

26. Shlyk N.I. Analysis of heart rate variability during an orthostatic test in athletes with different predominant types of autonomic regulation in the training process. *Heart rate variability: theoretical aspects and practical application*: coll. thes. rep. V All-Russian Symposium, Izhevsk, October 26–28, 2011. Izhevsk: Udmurt University, 2011. P. 348–369. [In Russian].

27. Lutkov V.F., Miller L.L., Smirnov G.I., Shadrin D.I. The methodology of functional assessment of adaptation of volleyball players in microcycles of sports training. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury = Theory and Practice of Physical Culture*. 2022;(9):32–35. [In Russian].

28. Baevskij R.M. Assessment of the adaptive capabilities of the body and the risk of developing diseases. Moscow: Meditsina, 1997. 265 p. [In Russian].

Сведения об авторах:

Рязанцев Андрей Игоревич, ORCID: 0000-0003-4441-4793, e-mail: reza.a.i@mail.ru

Гребенников Егор Константинович, ORCID: 0009-0000-5495-7922, e-mail: grebennikof98@gmail.com

Гребенникова Ирина Николаевна, к.б.н., ORCID: 0009-0002-7466-3651, e-mail: i160463@yandex.ru

Сорокин Олег Викторович, к.м.н., ORCID: 0000-0001-7227-4471, e-mail: oleg.sorokin@vedapulse.com

Суботялов Михаил Альбертович, д.м.н., проф., ORCID: 0000-0001-8633-1254, e-mail: subotyalov@yandex.ru

Information about the authors:

Andrey I. Ryazantsev, ORCID: 0000-0003-4441-4793, e-mail: reza.a.i@mail.ru

Egor K. Grebennikov, ORCID: 0009-0000-5495-7922, e-mail: grebennikof98@gmail.com

Irina N. Grebennikova, candidate of biological sciences, ORCID: 0009-0002-7466-3651, e-mail: i160463@yandex.ru

Oleg V. Sorokin, candidate of medical sciences, ORCID: 0000-0001-7227-4471, e-mail: oleg.sorokin@vedapulse.com

Mikhail A. Subotyalov, doctor of medical sciences, professor, ORCID: 0000-0001-8633-1254, e-mail: subotyalov@yandex.ru

Поступила в редакцию 02.11.2023

После доработки 26.12.2023

Принята к публикации 22.02.2024

Received 02.11.2023

Revision received 26.12.2023

Accepted 22.02.2024