

DOI 10.22363/2313-0245-2025-29-2-211-221
EDN LSBGNHОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ORIGINAL RESEARCH

Временные и спектральные показатели variability ритма сердца курсантов института гражданской авиации с разным типом локомоторной двигательной активности

А.И. Рязанцев^{1, 2} , Е.К. Гребенников¹ , И.Н. Гребенникова¹ ,
О.В. Сорокин³ , М.А. Суботялов^{1, 4}  

¹Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск, Российская Федерация

²Спортивная школа олимпийского резерва «Центр водных видов спорта», г. Новосибирск, Российская Федерация

³ООО «Биоквант», г. Новосибирск, Российская Федерация

⁴Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация

✉ subotyalov@yandex.ru

Аннотация. *Актуальность.* Повышенные физические, функциональные, психоэмоциональные и интеллектуальные нагрузки в период получения высшего образования курсантами институтов гражданской авиации в сочетании с высокими требованиями к профессиональным качествам пилота и высокой конкуренцией на бирже труда выступают серьезным стресс-фактором для формирующегося организма и могут повлечь за собой различные нарушения в работе организма в целом и центральной гемодинамики в частности. В связи с этим своевременное определение состояния миокарда, нейровегетативной и нейрогормональной регуляции является важным для своевременной помощи и коррекции образа жизни, типа и режима двигательной активности курсантов. Цель исследования — изучение спектральных и временных показателей variability ритма сердца курсантов института гражданской авиации с разным типом локомоторной двигательной активности. *Материалы и методы.* В рамках исследования была выполнена оценка временных и спектральных показателей variability ритма сердца у 96 практически здоровых курсантов с разным типом локомоторной двигательной активности. *Результаты и обсуждение.* У курсантов обнаружены различные стратегии адаптации гемодинамики и вегетативной регуляции деятельности миокарда в зависимости от их типа локомоторной двигательной активности. Наибольшим адаптационным структурно-функциональным резервом обладают курсанты занимающиеся игровыми и циклическими видами спорта в профильных секциях. *Выводы.* Наличие кардиоваскулярных особенностей адаптации курсантов к учебной и физической нагрузкам позволяет использовать результаты исследования для модернизации системы физического воспитания в высших учебных заведениях у летных специальностей.

Ключевые слова: здоровье, адаптация, спорт, курсанты, variability ритма сердца, психофизиология

Информация о финансировании. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

© Рязанцев А.И., Гребенников Е.К., Гребенникова И.Н., Сорокин О.В., Суботялов М.А., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Вклад авторов. Все авторы внесли равный вклад в проведение исследования, разработку концепции и подготовку статьи, прочли и одобрили итоговую версию перед публикацией.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Этическое утверждение. Протокол исследования утвержден на научном совете кафедры теоретических основ физической культуры факультета физической культуры Новосибирского государственного педагогического университета.

Благодарности — неприменимо.

Информационное согласие на публикацию. Исследование проводилось в полном соответствии с Хельсинской декларацией Всемирной медицинской ассоциации: перед началом обследования у всех курсантов были получены письменные согласия на проведение исследования и обработку персональных данных.

Поступила 06.02.2024. Принята 11.03.2024.

Для цитирования: Рязанцев А.И., Гребенников Е.К., Гребенникова И.Н., Сорокин О.В., Суботьялов М.А. Временные и спектральные показатели вариабельности ритма сердца курсантов института гражданской авиации с разным типом локомоторной двигательной активности // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2025. Т. 29. № 2. С. 211—221. doi: 10.22363/2313-0245-2025-29-2-211-221. EDN LSBGNH

Civil Aviation Institute cadet's temporal and spectral indices of heart rate variability engaged different types of locomotor activity

Andrey I. Ryazancev^{1,2} , Egor K. Grebennikov¹ , Irina N. Grebennikova¹ ,
Oleg V. Sorokin³ , Mikhail A. Subotyalov^{1,4}  

¹Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation

²Olympic Reserve Sports School «Aquatics Center», Novosibirsk, Russian Federation

³LLC «Bioquant», Novosibirsk, Russian Federation

⁴Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation

✉ subotyalov@yandex.ru

Abstract. Relevance. Increased physical, functional, psycho-emotional and intellectual loads during the period of higher education for cadets of civil aviation institutes combined with high requirements to professional qualities of a pilot and high competition at the labor exchange act as a serious stress-factor for the forming organism and may entail various disorders in the work of the organism as a whole and central hemodynamics in particular. In this regard, timely determination of myocardial, neurovegetative and neurohormonal regulation is important for timely assistance and correction of lifestyle, type and mode of motor activity of cadets. The aim of the study is to investigate spectral and temporal indices of heart rate variability in cadets of the Institute of Civil Aviation with different types of locomotor motor activity. *Materials and Methods.* Within the framework of the study we evaluated temporal and spectral indices of heart rate variability in 96 practically healthy cadets with different types of locomotor motor activity. *Results and Discussion.* Different adaptation strategies of hemodynamics and vegetative regulation of myocardial activity depending on their type of locomotor motor activity were found in cadets. The greatest adaptation structural

and functional reserve is possessed by cadets engaged in game and cyclic sports in profile sections. The main results of the study. **Conclusion.** The presence of cardiovascular features of cadets' adaptation to physical and training load allows to use the results of the study for modernization of physical education system in higher educational institutions for flight specialties.

Keywords: health, adaptation, pilots, cadets, cardiovascular system, autonomic nervous system, heart rate variability, psychophysiology

Funding. The authors received no financial support for the research, authorship, and publication of this article.

Author contributions. All authors contributed equally to the study, conceptualization and preparation of the article, and read and approved the final version before publication.

Conflict of interest statement. The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethical approval. The research protocol was approved at the Scientific Council of the Department of Theoretical Foundations of Physical Culture, Faculty of Physical Culture, Novosibirsk State Pedagogical University.

Acknowledgements — not applicable.

Consent for publication. The study was conducted in full compliance with the Declaration of Helsinki of the World Medical

Association: written consents for the study and processing of personal data were obtained from all cadets before the survey.

Received 06.02.2024. Accepted 11.03.2024.

For citation: Ryazancev A.I., Grebennikov E.K., Grebennikova I.N., Sorokin O.V., Subotyalov M.A. Civil Aviation Institute cadet's temporal and spectral indices of heart rate variability engaged different types of locomotor activity. *RUDN Journal of Medicine*. 2025;29(2):211—221. doi: 10.22363/2313-0245-2025-29-2-211-221. EDN LSBGNH

Введение

Профессиональная деятельность пилотов гражданской авиации подразумевает работу в тяжелых, порой экстремальных условиях, связанных с максимальным напряжением функциональных систем [1–3]. Эффекты срочной адаптации, повторяющиеся регулярно, должны приводить к развитию стойких структурно-компенсаторных перестроек на клеточном и субклеточном уровнях, по-другому — к хронической адаптации [4, 5]. Однако проблема цены этой адаптации до сих пор обсуждается.

Реакция организма на изменение условий внешней среды будет зависеть от того насколько специфичен данный стресс, насколько он силен и насколько в организме сформированы адаптационные резервы [6]. Из последнего ясно, что адаптироваться к изменившимся средовым условиям будет лучше тот индивид, у которого больше адаптационный

резерв. В таком свете морфофункциональная и психофизиологическая конституция, уровень физической, функциональной и психологической подготовленности курсантов институтов гражданской авиации, то есть будущих пилотов, будут играть одну из решающих ролей в профессиональном отборе и ориентации последних. С целью изучения адаптационного резерва и влияния разных физических упражнений на организм курсантов Ульяновского института гражданской авиации им. главного маршала авиации Б.П. Бугаева (УИГА) было организовано и проведено исследование отдельных показателей variability ритма сердца.

Цель исследования — изучение спектральных и временных показателей variability ритма сердца курсантов института гражданской авиации с разным типом локомоторной двигательной активности.

Методы и методы

Исследование проходило в феврале 2023 года на базе Ульяновского института гражданской авиации имени главного маршала авиации Б.П. Бугаева.

Было обследовано 96 практически здоровых курсантов УИГА мужского пола. Исследование проводилось в полном соответствии с Хельсинской декларацией Всемирной медицинской ассоциации. Протокол обследования был одобрен на научном совете кафедры теоретических основ физической культуры факультета физической культуры Новосибирского государственного педагогического университета. Перед началом обследования у всех курсантов были получены письменные согласия на проведение исследования и обработку персональных данных.

Среди участников исследования были выделены четыре когорты исходя из типа локомоторной двигательной активности: «не занимающиеся», «самостоятельно занимающиеся», «игровые виды спорта», «циклические виды спорта». Когорту «не занимающиеся» составил 41 курсант без внеурочной локомоторной двигательной активности. Когорту «самозанимающиеся» составили 20 курсантов, самостоятельно занимающихся общей физической подготовкой не менее 3 академических часов в неделю. В когорту «игровые виды спорта» вошло 14 курсантов, выступающих за сборную УИГА по волейболу, футболу или баскетболу (квалификация от II разряда до КМС) и регулярно занимающихся в профильных секциях с общей нагрузкой 6 академических часов в неделю. Когорта «циклические виды спорта» состояла из 21 курсанта, входящих в состав сборной института по плаванию, лыжным гонкам или легкой атлетике (беговые дисциплины) с квалификацией от II разряда до КМС — представители этой когорты посещали профильные секции с нагрузкой 6 академических часов в неделю.

Процедура исследования вариабельности ритма сердца (ВРС): запись ритмокардиограммы проводилась с использованием ритмокардиографа «ВедаПульт». Сначала испытуемому предлагался 5-минутный отдых в положении лежа на спине

без движения (для достижения уровня фона), после чего велась 5-минутная запись ритмокардиограммы (РКГ) в том же положении, по истечении времени первой записи испытуемому предлагалось аккуратно встать, после чего начиналась запись РКГ в состоянии активной ортостатической пробы (АОП). На основе математической обработки РКГ были рассчитаны спектральные и временные показатели ВРС.

Математическая обработка и оформление результатов исследования осуществлялись с помощью использования полного пакета функций программ Word, Excel и Statistica for Windows. Метод математической статистики: t-критерий Стьюдента для независимых выборок. Нормальное распределение подтверждали правилом трех сигм.

Результаты и их обсуждение

В таблицах 1 и 2 представлены результаты исследования ВРС у курсантов УИГА с разным типом локомоторной двигательной активности. Анализ 96 результатов ритмокардиографии в фоновом состоянии в четырех когортах показал, что в процессе адаптации к учебной и тренировочной деятельности наблюдаются различные стратегии приспособления сердечной деятельности. Так, например, по ряду показателей временной области (R-R min, R-R max, RRNN) можно судить о более эффективном кровообращении у курсантов, занимающихся в профильных спортивных секциях, по отношению к курсантам, не занимающимся внеурочной локомоторной двигательной активностью, что показано наличием достоверных отличий ($p \leq 0,05$). Относительно большие значения R-R min, R-R max, RRNN у курсантов-спортсменов говорят об относительно меньшем ЧСС, что косвенно указывает либо на увеличение систолического объема крови, либо на увеличение кислородной емкости крови, либо на оба этих процесса сразу, что в любом случае будет являться повышением экономичности гемодинамических механизмов [7, 8].

Таблица 1 / Table 1

Временные показатели variability ритма сердца курсантов института гражданской авиации /
Civil Aviation Institute cadet's temporary indicators of heart rate variability

Показатель / Indicator	Когорты / Cohort				Достоверность результатов / Reliability of the results
	Н / N(n=41)	С / S(n=20)	И / P(n=14)	Ц / C(n=21)	
Фон / Background values					
R-R min, мс	747, 85 ± 12,54	754,80± 19,08	829,36 ± 27,38	791,95 ± 25,30	Н – И*, С – И*
R-R max, мс	1059,20 ± 20,94	1095,65 ± 42,82	1131,07 ± 53,81	1147,95 ± 39,10	Н – Ц*
RRNN, мс	903,46 ± 15,95	938,50 ± 32,61	1003,85 ± 40,11	972,86 ± 28,37	Н – И*, Н – Ц*
SDNN, мс	58,26 ± 3,71	71,09 ± 7,96	64,86 ± 6,86	87,05 ± 12,05	Н – Ц*
MxDMn, мс	290,82 ± 17,20	335,95± 29,86	301,56 ± 32,94	382,89 ± 40,54	Н – Ц*
MxRMn, y. e.	1,43 ± 0,03	1,44 ± 0,04	1,34 ± 0,07	1,47 ± 0,07	–
RMSSD, мс	59,97 ± 5,60	68,43 ± 10,78	67,04 ± 8,97	65,17 ± 6,80	–
CV, %	6,51 ± 0,41	7,34 ± 0,69	6,79 ± 0,48	9,18 ± 1,15	Н – Ц*
АОП / Active orthostatic test					
R-R min, мс	556,02 ± 9,40	570,95 ± 13,33	590,21 ± 11,92	621,20 ± 18,23	Н – И*, Н – Ц*, С – Ц*
R-R max, мс	802,23 ± 15,34	834,05 ± 33,19	886,07 ± 31,28	894,14 ± 22,62	Н – И*, Н – Ц*
RRNN, мс	655,36 ± 10,38	686,70 ± 25,12	709,36 ± 18,75	733,71 ± 21,93	Н – И*, Н – Ц*
SDNN, мс	53,34 ± 2,83	55,05 ± 4,76	60,60 ± 5,18	58,77 ± 2,73	-
MxDMn, мс	259,29 ± 13,55	263,25 ± 22,83	296,35 ± 25,38	278,33 ± 14,23	-
MxRMn, y. e.	1,47 ± 0,03	1,45 ± 0,03	1,50 ± 0,04	1,46 ± 0,03	-
RMSSD, мс	21,44 ± 1,35	27,08 ± 2,95	29,03 ± 3,18	27,54 ± 2,19	Н – И*, Н – Ц*
CV, %	7,24 ± 0,37	7,01 ± 0,38	7,69 ± 0,54	7,28 ± 0,34	–

Примечание: * – результаты достоверны при $p \leq 0,05$. H – не занимающиеся, C – самозанимающиеся, И – игровые виды спорта, Ц – циклические виды спорта.

Note: * – the results are reliable at $p \leq 0.05$. N – non-exercising, S – self-exercising, P – playing sports, C – cyclic sports.

Таблица 2 / Table 2

Спектральные показатели variability ритма сердца курсантов института гражданской авиации /
Civil Aviation Institute cadet's spectral indicators of heart rate variability

Показатель / Indicator	Когорты / Cohort				Достоверность результатов / Reliability of the results
	Н / N(n = 41)	С / S(n = 20)	И / P(n = 14)	Ц / C(n = 21)	
Фон / Background values					
TP, мс²	4652,10 ± 691,17	5651,20 ± 1786,34	3486,15 ± 591,61	8528,82 ± 2359,68	И – Ц*
VLF, мс²	1213,11 ± 184,06	1082,30 ± 324,40	643,07 ± 122,08	1512,05 ± 329,99	Н – И*, И – Ц*
LF, мс²	1609,08 ± 262,30	2061,90 ± 557,50	1130,79 ± 214,43	2377,57 ± 495,54	И – Ц*
HF, мс²	1831,03 ± 376,77	2506,10 ± 1001,73	2125,87 ± 545,46	3345,43 ± 1422,21	-
VLF _% , %	31,89 ± 2,60	21,77 ± 2,05	18,11 ± 2,43	24,08 ± 2,28	Н – С*, Н – И*, Н – Ц*
LF _% , %	35,06 ± 2,27	39,41 ± 3,39	34,89 ± 5,07	39,33 ± 3,38	-
HF _% , %	35,51 ± 2,66	38,82 ± 3,38	49,02 ± 5,31	35,33 ± 3,76	Н – И*, И – Ц*
LF/HF, y.e.	1,37 ± 0,18	1,36 ± 0,26	1,06 ± 0,27	1,74 ± 0,38	-
АОП / Active orthostatic test					
TP, мс²	2468,95 ± 315,72	2755,10 ± 475,04	3096,71 ± 413,97	2777,52 ± 277,93	-
VLF, мс²	809,88 ± 142,53	938,10 ± 195,69	1167,15 ± 172,00	719,62 ± 91,25	И – Ц*
LF, мс²	1403,94 ± 202,36	1462,15 ± 230,72	1704,71 ± 265,32	1757,38 ± 234,11	-
HF, мс²	256,10 ± 37,37	354,60 ± 81,89	302,93 ± 44,91	299,01 ± 46,26	-
VLF _% , %	35,08 ± 2,48	32,36 ± 2,01	35,43 ± 2,92	26,78 ± 2,90	Н – Ц*, И – Ц*
LF _% , %	54,10 ± 2,43	54,87 ± 2,89	52,27 ± 2,70	62,70 ± 2,89	Н – Ц*, И – Ц*
HF _% , %	10,82 ± 1,05	12,77 ± 1,33	10,18 ± 1,10	10,63 ± 1,48	-
LF/HF, y.e.	6,67 ± 0,76	5,72 ± 0,94	6,40 ± 0,57	8,19 ± 1,28	-

Примечание: * – результаты достоверны при $p \leq 0,05$. Н – не занимающиеся, С – самозанимающиеся, И – игровые виды спорта, Ц – циклические виды спорта.

Note: * – the results are reliable at $p \leq 0.05$. N – non-exercising, S – self-exercising, P – playing sports, C – cyclic sports.

Показатели MxDMn и MxRMn отражают разницу и частное между максимальным и минимальным кардиоинтервалом, но с биологической точки зрения MxDMn и MxRMn являются индикаторами вклада парасимпатического отдела вегетативной

нервной системы в обеспечение сердечной деятельности [9]. Также предполагается, что большая разница между максимальным и минимальным кардиоинтервалом является следствием наличия большого морфологического, а значит и функци-

онального, резерва миокарда и нейроэндокринной системы. Показатель MxDMn достоверно больше у курсантов, занимающихся циклическими видами спорта, по отношению к курсантам, не занимающимся внеурочной локомоторной двигательной активностью, что подразумевает наличие большего адаптационного резерва у первых [10, 11]. Однако ряд авторов считает увеличение MxDMn до 500 мс и более развитием синоатриальной блокады и (или) смещением водителя ритма [12, 13].

С учетом анализа данных исследования SDNN и CV, показывающего наличие достоверных отличий между курсантами, не занимающимися внеурочной локомоторной двигательной активностью, и курсантами, занимающимися циклическими видами спорта в профильных секциях, можно говорить о том, что стратегия адаптации гемодинамики в когорте «циклические виды спорта» состоит в увеличении длительности R-R интервалов и увеличении вариабельности ритма сердца, что в свою очередь объясняется повышением вклада парасимпатической вегетативной нервной системы в регуляцию работы сердечно-сосудистой системы [9, 14]. У когорты «игровые виды спорта» компенсаторно-приспособительные перестройки состоят только в увеличении длительности кардиоинтервалов. У когорты «не занимающиеся» и «самозанимающиеся» наблюдается общая стратегия адаптации, заключающаяся в смешанном механизме управления ритмом сердца — по показателям временной области не было выявлено доминирующего звена регуляции (центрального или автономного контуров).

Анализ спектральных показателей вариабельности ритма сердца в фоновом состоянии также выявил ряд закономерностей в стратегии адаптации (табл. 2). Общая мощность спектра (TP или total power) была достоверно больше у курсантов, занимающихся циклическими видами спорта, по отношению к курсантам, не занимающимся внеурочной локомоторной двигательной активностью. Считается, что с ростом спортивного мастерства и уровня физической и функциональной подготовленности растет и значение TP [9, 15]. Большие значения общей мощности спектра у когорты «циклические

виды спорта», вероятно, говорят о большем адаптационном резерве, формируемом за счет активации структурно-компенсаторных процессов на клеточном и субклеточном уровнях. Но при этом изучение отдельных периодических составляющих колебаний ритма сердца показало, что у курсантов, занимающихся циклическими видами спорта, достоверно больше значение VLF (very low frequency или очень низкочастотные колебания) и LF (low frequency или низкочастотные колебания) по отношению к курсантам, занимающимся игровыми видами спорта. Данный феномен позволяет предполагать, что у курсантов, занимающихся циклическими видами спорта, в большей степени активны гипоталамический и лимбический отделы центральной нервной системы, и в большей степени реализуется ренин-ангиотензиновая система, что связано с очень низкочастотными колебаниями; а также в большей степени увеличена активность паравентрикулярных ядер гипоталамической области, ростральных вентролатеральных ядер продолговатого мозга, участков гиппокампа, медиобазальных отделов виска, что связано с низкочастотными колебаниями [16, 17]. То есть системы нейровегетативного и нейрогормонального управления у когорты «циклические виды спорта» находятся в несколько большем напряжении, чем у других.

Однако при оценке относительных величин волновых показателей ВРС было обнаружено и статистически подтверждено, что курсанты УИГА, не занимающиеся внеурочной локомоторной двигательной активностью, имеют достоверно больший вклад очень низкочастотных колебаний в общую мощность спектра по отношению к курсантам, занимающимся в профильных спортивных секциях и выступающих за сборную УИГА, и к курсантам, самостоятельно занимающимся внеурочной локомоторной двигательной активностью (рис. 1). Из чего можно сделать вывод, что, несмотря на средние величины площади спектра VLF, увеличенная доля очень низкочастотных колебаний в когорте «не занимающиеся» говорит о напряжении регуляторных систем и, возможно, развитии гипердаптоза [9].

Наибольшей долей высокочастотных колебаний (HF, high frequency) обладают курсанты, занимающиеся игровыми видами спорта. Их показатель HF% достоверно больше аналогичных значений курсантов, не занимающихся внеурочной локомоторной двигательной активностью, и курсантов, занимающихся циклическими видами спорта, что указывает на большую активность N. vagus и большую зависимость сердечного ритма от дыхательных изменений кровенаполнения сердечных полостей у первых по отношению ко вторым и третьим.

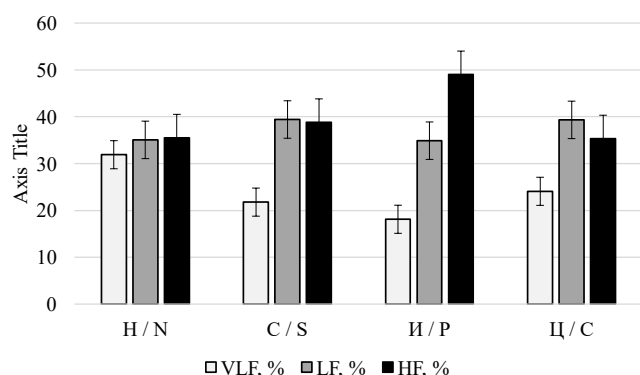


Рис. 1. Соотношение спектров ВРС у курсантов института гражданской авиации в состоянии фона.

Н — не занимающиеся, С — самозанимающиеся,

И — игровые виды спорта,

Ц — циклические виды спорта

Fig. 1. The ratio of HRV spectra among cadets of the Institute of Civil Aviation in the background state. N — non-exercising, S — self-exercising, P — playing sports, C — cyclic sports

Обобщив данные исследования волновой структуры сердечного ритма в фоновом состоянии, можно предположить наличие разных стратегий приспособления гемодинамики к учебной и физической нагрузкам у обследуемых когорт. Так наибольшей централизацией сердечного ритма по показателям спектрального анализа обладают курсанты, не занимающиеся внеурочной локомоторной двигательной активностью, у них в наибольшей степени активны кардиостимулирующие и вазоконстрикторные зоны головного мозга, а также напряжены механизмы нейроэндокринной стимуляции. Курсанты, зани-

мающиеся циклическими видами спорта, также обладают повышенной активностью центрального контура регуляции сердечного ритма, что, вероятно, связано с напряженным тренировочным процессом, однако учитывая высокие значения TP и площади спектра HF, можно предполагать наличие у них большого адаптационного, по-другому структурно-функционального, резерва. Стратегия адаптации курсантов, занимающихся игровыми видами спорта, выглядит как увеличение влияния клеток синоатриального узла и блуждающего нерва на сердечный ритм, следствием чего является наличие респираторной синусовой аритмии [9, 10].

При переходе из положения лежа в вертикальное положение в среднем у курсантов всех когорт наблюдалась нормальная кардиоваскулярная реакция: длительность максимального и минимального кардиоинтервалов была снижена, уменьшена вариабельность ритма сердца. При наличии общего характера реакции на ортостатический стресс количественное изменение показателей временной и частотной областей вариабельности ритма сердца отличается. Например, в исследовании было показано, что когорта «не занимающиеся» обладает достоверно меньшими значениями R-R min, R-R max и RRNN, чем когорты «игровые виды спорта», «циклические виды спорта». Показатель вариабельности ритма сердца RMSSD также достоверно меньше у курсантов, не занимающихся внеурочной локомоторной двигательной активностью, по отношению к курсантам, занимающимся игровыми и циклическими видами спорта в профильных секциях.

Несмотря на примерно одинаковый уровень депрессии временных показателей ВРС относительно фоновых величин, особо низкие значения длительности кардиоинтервалов и вариабельности сердечного ритма указывают на высокую активность срочных механизмов гиперфункции миокарда у курсантов, не занимающихся внеурочной локомоторной двигательной активностью, первопричиной чего может являться малый структурно-функциональный резерв миокарда, клеток нервной и эндокринной систем у последних.

Спектральный анализ ВРС при АОП показал снижение TP, HF-, LF- и VLF-колебаний у трех когорт: «не занимающиеся», «самозанимающиеся», «циклические виды спорта». В исследованиях Н.И. Шлык показано, что реакция на ортостатическую нагрузку зависит от типа регуляции сердечной деятельности [18]. При доминировании автономной регуляции ряд временных (R-R min, R-R max, RRNN, RMSSD, SDNN, MxDMn) и все частотные показатели ВРС должны депрессироваться на фоне активации как автономных, так и центральных систем управления. При исходном доминировании центрального контура регуляции (заведомо неблагоприятного) происходит увеличение TP за счет LF- и VLF-колебаний — данный тип реакции трактуется как парадоксальный и является нежелательным, свидетельствующим об утомлении организма. Повышение площади спектра низкочастотных и очень низкочастотных колебаний у когорты «игровые виды спорта» при АОП скорее всего связано с тяжелым течением тренировочного процесса и нарушением восстановления (рис. 2).

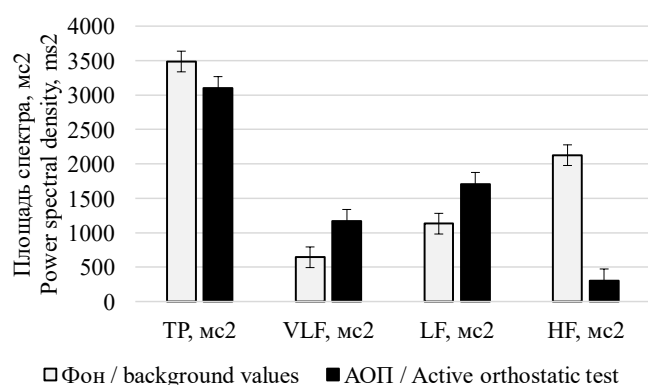


Рис. 2. Парадоксальная реакция на АОП у курсантов института гражданской авиации, занимающихся игровыми видами спорта

Fig. 2. Paradoxical reaction to active orthostatic test among cadets of the Institute of Civil Aviation engaged in playing sports

Наиболее благоприятной реакцией на АОП обладают курсанты, занимающиеся циклическими видами спорта в профильных секциях, их реакция на стресс заключалась в умеренном

уменьшении HF-, LF- и VLF-колебаний, а также в увеличении доли низкочастотных колебаний за счет снижения доли высокочастотных и очень низкочастотных колебаний. Данная реакция реализовывалась за счет гетерохронного вовлечения в процесс регуляции сердечной деятельности симпатoadrenalовой и ренин-ангиотензин-альдостероновой систем [9].

Выводы

Проведенное исследование ряда временных и спектральных показателей variability ритма сердца курсантов института гражданской авиации показало, что стратегия адаптации к учебной и физической нагрузкам будет отличаться в зависимости от типа и режима локомоторной двигательной активности. В фоновом состоянии наибольшей variability сердечного ритма по показателям RRNN, RMSSD, SDNN, MxDMn обладают курсанты, занимающиеся циклическими видами спорта в профильных секциях, у них же выявлена наибольшая длительность кардиоинтервалов. Наименьшими значениями в аналогичных показателях обладают курсанты, не занимающиеся внеурочной локомоторной двигательной активностью. Самостоятельно занимающиеся курсанты и курсанты, занимающиеся игровыми видами спорта, занимают промежуточную позицию, имея относительно средние величины длительности RR-интервалов и variability ритма сердца.

Анализ показателей спектрального анализа выявил в некоторой степени противоречивую картину, с одной стороны в когорте «циклические виды спорта» были получены наибольшие значения TP, указывающие на высокий уровень развития структурно-функциональных резервов, а с другой стороны в этой же когорте зафиксированы высокие значения VLF- и LF-колебаний, дающие право рассуждать о несколько повышенной централизации управления сердечным ритмом. Благоприятной стратегией адаптации обладали курсанты, занимающиеся игровыми видами спорта: несмотря на относительно сниженные величины TP, у этой

когорты были высокие показатели площади спектра и доли дыхательных HF-колебаний.

Реакция на ортостаз у когорт «не занимающиеся», «самозанимающиеся» и «циклические виды спорта» была благоприятна и заключалась в умеренном снижении как общей мощности спектра, так и всех ее компонентов. Когорта «игровые виды спорта» продемонстрировала парадоксальную реакцию: при незначительном снижении ТР было получено увеличение VLF- и LF-колебаний, что указывает на гиперреакцию кардиостимулирующих и вазоконстрикторных отделов головного мозга, вероятно связанную с периодом напряженных тренировок и утомлением.

Таким образом, итоги исследования указывают на развитие общей стратегии адаптации у курсантов, занимающихся игровыми и циклическими видами спорта в профильных секциях, и у не занимающихся и самозанимающихся курсантов. У первых в наибольшей степени сформирован адаптационный структурно-функциональный резерв сердечно-сосудистой и нейроэндокринной систем, хотя и выявлены признаки развивающегося утомления. Вторые же обладают меньшим резервом к адаптации, а значит и меньшим потенциальным уровнем работоспособности, физического и функционального состояния.

Результаты, полученные по итогам исследования, могут быть использованы для дифференцирования учебной и физической нагрузки и модернизации системы физического воспитания в высших учебных заведениях у летных специальностей.

Список литературы

1. Разработка новой концепции оценки напряженности труда пилотов гражданской авиации / Е.В. Зибарев [и др.] // Анализ риска здоровью. 2022. № 2. С. 73—87. doi: 10.21668/health.risk/2022.2.07
2. Оценка адаптационно-приспособительных реакций организма пилотов во время кругосветного арктического перелета / В.В. Сериков [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. 2020. Т. 60. № 4. С. 232—237. doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-4-232-237
3. Результаты медицинских и психофизиологических исследований во время кругосветного арктического перелета / О.Ю. Атьков [и др.] // Вестник Российской академии медицинских наук. 2019. Т. 74. № 4. С. 261—271. doi: 10.15690/vramn1110.
4. Структурные основы адаптации и компенсации нарушенных функций: Руководство / под ред. Д.С. Саркисова. М.: Медицина, 1987. 445 с.
5. Саркисов Д.С., Втюрин Б.В. Электронно-микроскопический анализ повышения выносливости сердца. М.: Медицина, 1969. 172 с.
6. Меерсон Ф.З., Пшенникова Н.Г. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам. М.: Медицина, 1988. 256 с.
7. Мельников А.А., Викулов А.Д. Особенности гемодинамики и реологических свойств крови у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса // Теория и практика физической культуры. 2003. № 1. С. 23—26.
8. 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. Журнал имени Г.Н. Сперанского. 2016. Т. 95. № 3. С. 65—72.
9. Гаврилова Е.А. Спорт, стресс, вариабельность: монография. М.: Спорт, 2015. 168 с.
10. Гаврилова Е.А. Вариабельность ритма сердца и спорт // Физиология человека. 2016. Т. 42. № 5. С. 121—129. doi: 10.7868/S0131164616050088
11. Гаврилова Е.А., Чурганова О.А. Прогнозирование аэробных способностей высококвалифицированных лыжников по данным вариационной пульсометрии // Вестник спортивной науки. 2012. № 4. С. 3—5.
12. Дембо А.Г., Земцовский Э.В., Фролов Б.А. Эхокардиография и корреляционная ритмография в оценке функционального состояния спортсменов. Л.: Институт им. П.Ф. Лесгафта, 1979. 60 с.
13. 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. Медицина. 2020. Т. 20. № 4. С. 5—24. doi: 10.14529/hsm200401.
14. Иванова Э.Н., Пьянзина Н.И., Ермолаев А.Х. Нейрофизиологические показатели организма у занимающихся на оздоровительно-восстановительном тренажере «Правило» // Человек. Спорт. Медицина. 2020. № 4. С. 40—47.
15. Вариабельность сердечного ритма у лиц с повышенным режимом двигательной активности и спортсменов / А.Д. Викулов [и др.] // Физиология человека. 2005. Т. 31. № 6. С. 54—59.
16. Флейшман А.Н. Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики: нелинейные феномены в клинической практике. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2009. 194 с.
17. Spectral analysis of sympathetic discharge, R-R interval and systolic arterial pressure in decerebrate cats / N. Montano et al. // Journal of the autonomic nervous system. 1992. V. 40. № 1. P. 21—31. doi:10.1016/0165-1838 (92) 90222-3
18. 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: материалы V Всероссийского симпозиума с международным участием, посвященного юбилею заслуженного деятеля науки УР, профессора Натальи Ивановны Шлык. Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет», 2011. С. 348—369.

References

1. Zibarev EV, Buhtiyarov IV, Kravchenko OK, Astanin PA. Development of a new concept for assessing the labor intensity of civil aviation pilots. *Analiz riska zdorov'yu*. 2022;2:73—87. (in Russian). doi: 10.21668/health.risk/2022.2.07.
2. Serikov VV, Atkov OY, Gorokhova SG, Kapustina AV, Oniani HT. Assessment of adaptive reactions of the body of pilots during a round-the-world Arctic flight. *Medsitsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2020;60(4):232—237. (in Russian). doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-4-232-237.
3. Atkov OY, Gorokhova SG, Serikov VV, Alchinova IB, Polyakova MV, Pankova NB, Karganov MY, Baranov VM. The results of medical and psychophysiological studies during a round-the-world Arctic flight. *Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2019;74(4):261—271. (in Russian). doi: 10.15690/vramn1110.
4. Sarkisov DS. Structural foundations of adaptation and compensation of impaired functions: A Guide. Moscow: *Medicina*; 1987. (in Russian).
5. Sarkisov DS, Vtjurin BV. Electron microscopic analysis of increasing the endurance of the heart. Moscow: *Medicina*; 1969. (in Russian).
6. Meerson FZ, Pshennikova NG. Adaptation to stressful situations and physical exertion. Moscow: *Medicine*; 1988. (in Russian).
7. Melnikov AA, Vikulov AD. Features of hemodynamics and rheological properties of blood in athletes with different directions of the training process. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*. 2003;1:23—26. (in Russian).
8. Sharykin AS, Ivanova JM, Pavlov VI, Badtieva VA, Subbotin PA. Variants of heart remodeling in children and adolescents in game sports (for example, football and hockey). *Pediatrics. Zhurnal imeni Georgiya Nestorovicha Speranskogo*. 2016;95(3):65—72. (in Russian).
9. Gavrilova EA. Sport. Stress. Variability. Moscow: *Sport*; 2015. (in Russian).
10. Gavrilova EA. Heart rate variability and sports. *Fiziologiya cheloveka*. 2016;42(5):121—129. (in Russian). doi: 10.7868/S0131164616050088
11. Gavrilova EA, Churganova OA. Prediction of aerobic abilities of highly qualified skiers according to variational heart rate monitoring. *Vestnik sportivnoy nauki*. 2012;4:3—5. (in Russian).
12. Dembo AG, Zemtsovsky EV, Frolov BA. Echocardiography and correlation rhythmography in the assessment of the functional state of athletes. Leningrad: *Institut im. P.F. Lesgafta*; 1979. (in Russian).
13. Shlyk NI. 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*. 2020;20(4):5—24. (in Russian). doi: 10.14529/hsm200401
14. Ivanova EN, Pyanzina NI, Ermolaev AH. Neurophysiological indicators of the body in those engaged in the wellness and rehabilitation simulator «Rule» // *Chelovek. Sport. Meditsina*. 2020;(4):40—47. (in Russian).
15. Vikulov AD, Nemirov AD, Larionova EL, Shevchenko AI. *Fiziologiya cheloveka*. 2005;31(6): 54—59. (in Russian).
16. Fleishman AN. Heart rate variability and slow fluctuations of hemodynamics: nonlinear phenomena in clinical practice. Novosibirsk: *Izdatel'stvo SO RAN*; 2009. (in Russian).
17. Montano N, Lombardi F, Gneccchi Ruscone T. Spectral analysis of sympathetic discharge, R-R interval and systolic arterial pressure in decerebrate cats. *J Auton Nerv Syst*. 1992;40(1):21—31. doi:10.1016/0165—1838 (92) 90222-3
18. Shlyk NI. 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: materials of the V All-Russian Symposium with international participation dedicated to the anniversary of the Honored Scientist of UR, Professor Natalia Ivanovna Shlyk; 2011 oct 26—28; Izhevsk. (in Russian).

Ответственный за переписку: Суботьялов Михаил Альбертович, доктор медицинских наук, доцент. Профессор кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет»; доцент кафедры фундаментальной медицины, ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», Россия, 630055, пос. Ложок, ул. Солнечная, 55, кв. 41. E-mail: subotyalov@yandex.ru

Рязанцев А.И. SPIN-код 5801-4238, ORCID 0000-0003-4441-4793

Гребенников Е.К. SPIN-код 5283-5396, ORCID 0009-0000-5495-7922

Гребенникова И.Н. SPIN-код 7369-2925, ORCID 0009-0002-7466-3651

Сорокин О.В. SPIN-код 2124-4186, ORCID 0000-0001-7227-4471

Суботьялов М.А. SPIN 9170-4604, ORCID 0000-0001-8633-1254

Corresponding author: Subotyalov Mikhail A. — MD, PhD, Associate Professor, Novosibirsk State Pedagogical University, Department of Anatomy, Physiology and Life safety, Professor. Novosibirsk State University, Fundamental Medicine Department. Russia, 630055, village Lozhok, Solnechnaya str., 55, sq. 41. E-mail: subotyalov@yandex.ru

Ryazancev A.I. ORCID 0000-0003-4441-4793

Grebennikov E.K. ORCID 0009-0000-5495-7922

Grebennikova I.N. ORCID 0009-0002-7466-3651

Sorokin O.V. ORCID 0000-0001-7227-4471

Subotyalov M.A. ORCID 0000-0001-8633-1254