

*Кошкина К. С., Быков Е. В., Сидоркина Е. Г., Сверчков В. В.,
Чипышев А. В., Рубцова М. Г.*
Уральский государственный университет физической культуры
Россия, Челябинск
caseychica@mail.ru

**ДИНАМИКА НЕЙРОВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ РИТМА СЕРДЦА
ПРИ АКТИВНОЙ ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ПРОБЕ
У СПОРТСМЕНОВ АЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА
С ДЕПРИВАЦИЕЙ СЛУХА С РАЗЛИЧНЫМ ИСХОДНЫМ
ВЕГЕТАТИВНЫМ ТОНУСОМ**

Аннотация. В статье рассматриваются особенности нейровегетативного обеспечения сердечного ритма в процессе проведения активной ортостатической пробы в зависимости от преобладания типа волн в общей мощности спектра у спортсменов-инвалидов по слуху, специализирующихся в ациклических видах спорта. Было обследовано 26 спортсменов мужского и женского пола, возраст 18-30 лет, имеющих инвалидность по слуху, занимающихся ациклическими видами адаптивного спорта (баскетбол, керлинг). Все обследованные спортсмены были ранжированы на подгруппы с учетом преобладания типа волн в общей мощности спектра (высоко-, низко- и очень низкочастотных колебаний). В качестве метода исследования применялась запись ритмокардиографии с применением аппаратно-программного комплекса «Поли-Спектр», фирмы ООО «Нейрософт» (Россия) в два этапа, по 5 минут каждый: первый этап – лежа в состоянии относительного покоя; второй этап – в положении активной ортостатической пробы. Результаты исследования. Установлено, что у спортсменов-инвалидов по слуху с различным типом преобладания волн в общей мощности спектра в состоянии покоя отмечается различная степень вегетативной реактивности на проведение активной ортостатической пробы. Чем выше исходное напряжение регуляторных механизмов, тем меньшая реактивность наблюдается в ответ на изменение положения тела в пространстве. Меньшее напряжение адаптационных механизмов сопряжено у спортсменов-инвалидов по слуху, как и у здоровых лиц, с влиянием сегментарного контура регуляции с преобладанием парасимпатических влияний вегетативной нервной системы. В то же время, существенный процент спортсменов-инвалидов по слуху (38,5%) с преобладанием очень низкочастотных колебаний в общей мощности спектра позволяет предположить, что депривация слуха (нейросенсорная тугоухость) приводит к напряжению регуляторных механизмов как в покое, так и в ответ на изменение положения тела в пространстве.

Ключевые слова: *вариабельность сердечного ритма, спортсмены, депривация слуха, активная ортостатическая проба, типы волн, общая мощность спектра.*

**DYNAMICS OF NEUROVEGETATIVE REGULATION OF HEART RHYTHM
DURING AN ACTIVE ORTHOSTATIC TEST ATHLETES
IN ACYCLIC SPORTS WITH HEARING DEPRIVATION
AND DIFFERENT INITIAL VEGETATIVE TONE**

Annotation. The article discusses the features of neurovegetative heart rate support during an active orthostatic test, depending on the predominance of the type of waves in the total power spectrum of athletes with hearing disabilities specializing in acyclic sports. 26 male and female athletes, aged 18-30 years, with hearing disabilities, engaged in acyclic types of adaptive sports (basketball, curling), were examined. All the athletes surveyed were ranked into subgroups, taking into account the predominance of the type of waves in the total power spectrum. As a research method, rhythmocardiography recording was used using the Poly-Spectrum hardware and software complex from Neurosoft LLC (Russia) in two stages, 5 minutes each: the first stage was lying in a state of relative rest; the second stage was in the position of an active orthostatic sample. The results of the study. It has been established that athletes with hearing disabilities with different types of wave predominance in the total spectrum power at rest have varying degrees of vegetative reactivity to an active orthostatic test. The higher the initial voltage of the regulatory mechanisms, the less reactivity is observed in response to a change in body position in space. A lower strain of adaptive mechanisms is associated in athletes with hearing disabilities, as in healthy individuals, with the influence of a segmental regulatory circuit with a predominance of parasympathetic influences of the autonomic nervous system. At the same time, a significant number of athletes with hearing disabilities (38.5% of the total number of athletes surveyed) with a predominance of very low-frequency waves in the total power spectrum suggests that hearing deprivation (sensorineural hearing loss) leads to stress regulatory mechanisms both at rest and in response to changes in body position in space.

Keywords: *heart rate variability, athletes, hearing deprivation, active orthostatic test, wave types, total power of the spectrum.*

Актуальность. Анализ вариативности сердечного ритма (ВСР) является одним из наиболее распространенных методов оценки состояния механизмов регуляции физиологических функций в организме человека, в частности, общей активности регуляторных механизмов, нейрогуморальной регуляции сердца, соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы [2, 7]. Широкое распространение

применения метода ВСР в спортивной практике позволяет использовать его для диагностики состояния здоровья спортсмена, оценки переносимости физических нагрузок с целью повышения эффективности спортивной подготовки [4, с. 96-97]. D. Donelli et al. (2023) показали, что тишина оказывает влияние на вегетативную нервную систему: состояние, близкое к медитации, и глубокое расслабление (так называемая «внутренняя тишина»)

приводят к усиленной активности вентрального ядра блуждающего нерва, что снижает активность симпатического отдела ВНС, а в случае отсутствия возможности восприятия звуков окружающей среды (так называемая, «внешняя тишина») – приводит к снятию вагусного торможения и активирует симпатический отдел ВНС [8]. S. Schulz et al. (2013) и E. S. Saba et al. (2023) отмечают, что развитию нейро-сенсорной тугоухости способствуют нарушения сосудистого тонуса капилляров, питающих внутреннее ухо, тонус которых, в свою очередь, регулируется вегетативной нервной системой [10; 11]. S. Park et al. (2021) выявили, что нарушение звуковосприятия связано с нарушением сосудистого тонуса и нарушениями в деятельности вегетативной нервной системе [9].

Более существенную информацию об особенностях ВСР дают различные функциональные пробы, в частности, ортостатическая [3].

Отсутствие публикаций об особенностях нейровегетативного обеспечения сердечного ритма в процессе проведения активной ортостатической пробы у спортсменов-инвалидов по слуху, специализирующихся в ациклических видах спорта, в зависимости от преобладания у них исходного типа волн в общей мощности спектра (в состоянии покоя) [1, 5, 6] обусловило актуальность исследования.

Цель исследования – изучить особенности нейровегетативной регуляции сердечного ритма при активной ортостатической пробе в зависимости от преобладания типа волн в общей мощности спектра у спортсменов с депривацией слуха, специализирующихся в ациклических видах спорта.

Организация и методы исследования. Исследование проводилось в

течение 2023-2025 гг. на базе НИИ Олимпийского спорта УралГУФК (г. Челябинск). Было обследовано 26 спортсменов, мужского и женского пола, возраст 18-30 лет, имеющих инвалидность по слуху, занимающихся ациклическими видами адаптивного спорта (баскетбол, керлинг). Все обследованные спортсмены были ранжированы на подгруппы с учетом преобладания типа волн в общей мощности спектра (ОМС).

Сформировано три группы: первая группа включала спортсменов с преобладанием HF-волн в ОМС (n=8); вторая группа – с преобладанием LF-волн в ОМС (n=8); третья группа – с преобладанием VLF-волн в ОМС (n=10).

Критериями включения в исследование являлись наличие инвалидности по слуху, занятие адаптивным видом спорта (ациклическими видами спорта), отсутствие обострения хронических заболеваний, отсутствие беременности на момент проведения обследования для спортсменок. Все спортсмены дали информированное добровольное согласие на проведение обследования.

В качестве метода исследования применялась запись ритмокардиографии с применением аппаратно-программного комплекса «Поли-Спектр», фирмы ООО «Нейрософт» (Россия). Запись ритмокардиографии (РКГ) проводилась в два этапа, по 5 минут каждый: первый этап – лежа в состоянии относительного покоя; второй этап – в положении активной ортостатической пробы (АОП).

Обработка результатов исследования проводилась с применением ПО Microsoft Excel-2017 для Windows и IBM SPSS Statistica V.10 (IBM, США). Проверка на нормальность распреде-

ления проводилась по критерию Шапиро-Уилка. Для сравнения внутригрупповых результатов применялся критерий Вилкоксона, для сравнения результатов между группами – критерий Манна-Уитни. Достоверность различий определялась при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение.

Нами установлено, что у 30,7% спортсменов (8 человек) преобладает активность HF-волн в ОМС, у 30,7 (8 человек) – активность LF-волн в ОМС и у 38,5% (10 человек) – активность VLF-волн в ОМС.

В первой группе спортсменов с преобладанием активности HF-волн в ОМС повышение ЧСС составляло от 24 до 28 уд/мин; у двух человек (25 %) отмечалось увеличение ЧСС более, чем на 30 уд/мин. При индивидуальном рассмотрении параметров ВСР в состоянии относительного покоя (в положении лежа) у этих спортсменов также отмечалось преобладание высокочастотных волн в ОМС (HF-волн), а при проведении АОП отмечался сдвиг процессов нейровегетативного обеспечения сердечного ритма (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели абсолютной волновой структуры (мощности колебаний) спектра вариабельности сердечного ритма у глухих спортсменов и реакция на активную ортостатическую пробу в зависимости от доминирующего преобладания типа волн в общей мощности спектра (Me, 25 %, 75 %)

Показатели	Преобладание волн ВСР						Z; p 1 груп- па	Z, p 2 груп- па	Z, p 3 груп- па
	в положении лежа			в положении АОП					
	HF 1 груп- па	LF 2 груп- па	VLF 3 груп- па	HF 1 груп- па	LF 2 груп- па	VLF 3 груп- па			
ЧСС уд/мин	62,20 (56,20; 63,30)	70,20 (65,40; 75,80)	70,40 (64,30; 78,70)	90,70 (81,40; 97,60)	90,20 (82,60; 97,60)	94,20 (90,50; 96,70)	2,520; 0,011	2,380; 0,017	2,803; 0,005
p1-2 p1-3 p2-3	*p>0,05 **p>0,05 ***p>0,05			*p>0,05 **p>0,05 ***p>0,05					
TP, мс ²	2917,00 (1951,00 ; 4796,00)	2864,00 (2362,00 ; 3039,00)	2731,00 (2141,00 ; 3189,00)	3421,00 (2340,0; 3671,0)	3005,00 (1771,0; 3421,0)	2518,00 (1409,0; 6483,0)	0,280; 0,779	0,140; 0,888	0,662; 0,507
p1-2 p1-3 p2-3	*p>0,05 **p>0,05 ***p>0,05			*p>0,05 **p>0,05 ***p>0,05					
HF, мс ²	1805,00 (1214,0; 2619,00)	797,00 (591,00; 1113,00)	623,00 (523,00; 842,00)	268,00 (172,00; 319,00)	319,00 (110,00; 392,00)	193,00 (94,00; 510,00)	2,520; 0,011	2,380; 0,017	1,579; 0,114
p1-2 p1-3 p2-3	*p<0,05 **p<0,05 ***p>0,05			*p>0,05 **p>0,05 ***p>0,05					
LF, мс ²	596,00 (332,00; 1163,00)	1132,00 (1036,00 ; 1227,00)	663,00 (572,00; 1016,00)	1579,00 (1007,00 ; 2373,00)	1218,00 (1120,00 ; 2373,00)	1216,00 (670,00; 2511,00)	1,400; 0,161	0,560; 0,575	1,987; 0,046
p1-2 p1-3 p2-3	*p>0,05 **p>0,05 ***p<0,05			*p>0,05 **p>0,05 ***p>0,05					

VLF, мс ²	977,00 (515,00; 1014,00)	931,00 (729,00; 935,00)	1244,00 (1077,00 ; 1523,00)	1126,00 (881,00; 1220,0)	729,00 (553,00; 1566,0)	1386,00 (509,00; 3174,0)	0,980; 0,326	0,507; 0,612	0,356; 0,721
p ₁₋₂ p ₁₋₃ p ₂₋₃	*p>0,05 **p>0,05 ***p<0,05			*p>0,05 **p>0,05 ***p<0,05					
LF/HF, y.e.	0,44 (0,32; 0,62)	1,42 (1,12; 1,75)	1,23 (0,92; 1,40)	7,62 (4,87; 8,40)	7,15 (5,39; 7,44)	6,30 (5,49; 6,65)	2,520; 0,011	2,380; 0,017	2,803; 0,005
p ₁₋₂ p ₁₋₃ p ₂₋₃	*p<0,05 **p<0,05 ***p>0,05			*p>0,05 **p>0,05 ***p>0,05					
ИИ, y.e.	27,20 (17,90; 73,90)	53,80 (43,50; 58,50)	47,30 (36,40; 60,50)	122,60 (73,60; 127,10)	136,20 (67,50; 137,50)	106,60 (55,90; 142,0)	2,380; 0,017	2,520; 0,011	2,089; 0,036
p ₁₋₂ p ₁₋₃ p ₂₋₃	*p>0,05 **p>0,05 ***p>0,05			*p>0,05 **p>0,05 ***p>0,05					

Примечание: * p₁₋₂ < 0,05 между спортсменами с преобладанием HF-волн и LF-волнами; ** p₁₋₃ < 0,05 между спортсменами с преобладанием HF-волн и VLF-волнами; *** p₂₋₃ < 0,05 между спортсменами с преобладанием LF-волн и VLF-волнами.

У одного спортсмена из первой группы отмечался сдвиг нейровегетативного обеспечения сердечного ритма при проведении АОП в сторону преобладания сегментарного контура регуляции с преобладанием симпатических влияний на синусовый узел миокарда (LF-волн), что обеспечивало прирост ЧСС на 56,91 % от исходного уровня (с 62,2 уд/мин до 97,6 уд/мин). У второго спортсмена из первой группы отмечался сдвиг нейровегетативного обеспечения сердечного ритма при проведении АОП в сторону преобладания надсегментарного контура регуляции с преобладающим влиянием вазомоторных волн (VLF-волн) на синусовый узел миокарда, что объясняет наибольший прирост ЧСС при проведении АОП (на 84,55 % от исходного, с 55,8 уд/мин до 103,2 уд/мин).

Во второй группе спортсменов с преобладанием активности LF-волн в ОМС у одного человека (12,50 %) выявлено увеличение ЧСС более, чем на 30 уд/мин. Увеличение ЧСС на 56,55 %

при проведении АОП от исходного с 70,20 уд/мин до 109,90 уд/мин было обусловлено увеличением на 128,61 % медленно волновых колебаний волн первого порядка (LF-волн) и большим влиянием сегментарного контура регуляции и симпатического отдела ВНС на синусовый узел.

В третьей группе спортсменов с преобладанием активности VLF-волн в ОМС у одного человека (10,00 %) выявлено увеличение ЧСС более, чем на 30 уд/мин, что сопровождалось сдвигом процессов нейровегетативного обеспечения сердечного ритма и характеризовалось преобладанием сегментарного контура регуляции с преобладанием симпатических влияний на синусовый узел миокарда (LF-волн) что обеспечивало прирост ЧСС на 38,67 % от исходного уровня (с 83,00 уд/мин до 115,10 уд/мин).

В состоянии относительного покоя (в положении лежа) в первой группе спортсменов с преобладанием HF-волн в ОМС выявлено наибольшее

значение TP (мс^2) в сравнении с другими группами. Наибольшее значение в параметре TP (мс^2) в первой группе обусловлено преобладанием высокочастотных колебаний (HF-волн). Увеличение высокочастотных колебаний в ОМС в сравнении со второй группой спортсменов составила 126,47 % ($p < 0,05$) и 189,43 % ($p < 0,05$) в сравнении с третьей группой. Выявлены наименьшие показатели ЧСС (уд./мин.), LF/HF (у.е.) и ИН (у.е.).

При сопоставлении по параметру ЧСС (уд/мин) между первой и второй группой спортсменов выявлено снижение на 11,40 % в пользу первой группы ($p < 0,05$). При сопоставлении по параметру ЧСС (уд/мин) между первой и третьей группой спортсменов выявлено снижение на 11,65 % в пользу первой группы ($p < 0,05$).

При сопоставлении по параметру LF/HF (у.е.) между первой и второй группой спортсменов выявлено снижение на 69,01 % в пользу первой группы ($p < 0,05$). При сопоставлении по параметру LF/HF (у.е.) между первой и третьей группой выявлено снижение на 64,23 % в пользу первой группы ($p < 0,05$). При сопоставлении по параметру ИН (у.е.) между первой и второй группой спортсменов выявлено снижение на 49,44 % у лиц первой группы. При сопоставлении по параметру ИН (у.е.) между первой и третьей группой спортсменов выявлено снижение на 42,49 % у лиц первой группы.

Во второй группе спортсменов с преобладанием LF-волн в ОМС в состоянии относительного покоя (в положении лежа) не выявлено снижения в параметре TP (мс^2) на 1,82 % в сравнении с первой группой спортсменов ($p > 0,05$). Во второй группе спортсменов отмечено преобладание низкочастотных флюктуаций в ОМС (LF-

волн), что было выше на 89,93 % в сравнении с показателями первой группы и выше на 70,74 % в сравнении с третьей подгруппой ($p < 0,05$).

В третьей группе спортсменов с преобладанием VLF-волн в ОМС в состоянии относительного покоя (в положении лежа) выявлены наименьшие значения TP (мс^2) в сравнении с другими группами, однако отмечалось преобладание высокочастотных колебаний волн второго порядка в ОМС (VLF-волн), что было выше на 27,33 % в сравнении с первой группой и выше на 33,62% в сравнении с третьей группой.

При переходе в активную ортостатическую пробу (АОП) в первой группе спортсменов с преобладанием HF-волн в ОМС выявлено увеличение TP (мс^2) на 17,28 % (с 2917,00 до 3421,00 мс^2 ($p = 0,779$)), что сопровождалось увеличением флюктуаций медленно волновых колебаний волн первого порядка (LF-волн) в ОМС, прирост которого от исходного составил 164,93 % ($p = 0,161$). Также отмечено увеличение следующих параметров ВСР при переходе в АОП: ЧСС на 45,82 % ($p = 0,011$), VLF-волн – на 15,25 % ($p = 0,326$), LF/HF – на 1631,82 % ($p = 0,011$), ИН – на 350,74 % ($p = 0,017$), относительных значений LF-волн – на 137,19 % ($p = 0,017$), относительных значений VLF-волн – на 74,89 % ($p = 0,011$).

В таблице 2 представлены показатели относительной мощности колебаний в структуре общей мощности спектра variability сердечного ритма у глухих спортсменов и реакция на активную ортостатическую пробу в зависимости от доминирующего преобладания типа волн в общей мощности спектра.

В первой подгруппе спортсменов при проведении АОП отмечалось снижение следующих параметров ВСР: HF-волн с 1805,00 мс² до 268,00 мс² (p=0,011), относительных значений HF-волн – на 520,45 % (с 54,60 % до 8,80 %, p=0,011). При переходе в активную ортостатическую пробу (АОП) во второй группе спортсменов с преобладанием LF-волн в ОМС выявлена тенденция к увеличению флюктуаций медленно волновых колебаний волн первого порядка (LF-волн) в ОМС на 7,60% от исходного (с 1132,00 мс² до 1218,00 мс² (p=0,575)). Также отмечено увеличение следующих параметров

ВСР при переходе в АОП: ЧСС на 28,49 % (p=0,017), LF/HF – на 403,52 % (p=0,011), ИН – на 153,16 % (p=0,011), относительных значений LF-волн – на 41,73 % (p=0,025). Во второй подгруппе спортсменов при проведении АОП отмечалось снижение следующих параметров ВСР: HF-волн – на 149,84 % (с 797,00 мс² до 319,00 мс² (p=0,017)), и только на уровне тенденции – VLF-волн – на 27,71 % (с 931,00 мс² до 729,00 мс² (p=0,612)), %HF-волн – на 249,46 % (с 32,50 % до 9,30 % (p=0,123)) и % VLF-волн – на 0,93 % (с 32,70 % до 32,40 % (p=0,888)).

Таблица 2 – Показатели относительной мощности колебаний в структуре общей мощности спектра variability сердечного ритма у глухих спортсменов и реакция на активную ортостатическую пробу в зависимости от доминирующего преобладания типа волн в общей мощности спектра (Me, 25 %, 75 %)

Показатели	Преобладание волн ВСР						Z; p 1 группа	Z, p 2 группа	Z, p 3 группа
	в положении лежа			в положении АОП					
	HF 1 груп- па	LF 2 груп- па	VLF 3 груп- па	HF 1 груп- па	LF 2 груп- па	VLF 3 груп- па			
%HF	54,60 (48,30; 54,70)	32,50 (23,10; 32,90)	29,30 (16,50; 31,40)	8,80 (7,30; 9,00)	9,30 (7,00; 10,60)	8,00 (4,50; 8,70)	2,520; 0,011	1,540; 0,123	2,701; 0,006
p1-2 p1-3 p2-3	*p<0,05 **p<0,05 ***p>0,05			*p>0,05 **p>0,05 ***p>0,05					
%LF	24,20 (17,60; 31,6)	40,50 (38,80; 41,80)	30,90 (24,10; 31,90)	57,40 (43,00; 69,00)	57,40 (45,40; 64,00)	47,50 (33,40; 54,80)	2,380; 0,017	2,240; 0,025	2,803; 0,005
p1-2 p1-3 p2-3	*p<0,05 **p>0,05 ***p<0,05			*p>0,05 **p>0,05 ***p>0,05					
%VLF	22,30 (18,10; 27,70)	32,70 (29,20; 36,40)	49,70 (38,60; 58,10)	39,00 (23,60; 48,1)	32,40 (30,20; 34,60)	49,00 (39,60; 60,60)	2,520; 0,011	0,140; 0,888	0,356; 0,721
p1-2 p1-3 p2-3	*p>0,05 **p<0,05 ***p<0,05			*p>0,05 **p>0,05 ***p<0,05					

Примечание: * p₁₋₂ < 0,05 между спортсменами с преобладанием HF-волн и LF-волнами; ** p₁₋₃ < 0,05 между спортсменами с преобладанием HF-волн и VLF-волнами; *** p₂₋₃ < 0,05 между спортсменами с преобладанием LF-волн и VLF-волнами.

При переходе в активную ортостатическую пробу (АОП) в третьей группе спортсменов с преобладанием VLF-волн в ОМС выявлено увеличение следующих параметров ВСР при переходе в АОП: ЧСС – на 33,81 % ($p=0,005$), LF-волн – на 83,41 % ($p=0,046$), LF/HF – на 412,20 % ($p=0,005$), ИН – на 125,37 % ($p=0,036$), % LF-волн – на 53,72 % ($p=0,005$). В третьей подгруппе спортсменов при проведении АОП отмечалось снижение следующих параметров ВСР: HF-волн – на 222,80 % ($p=0,014$), относительной мощности HF-колебаний – на 266,25 % ($p=0,006$).

При сопоставлении обследованных подгрупп между собой выявлено, что в положении лежа отмечаются достоверные различия между показателями 1-й и 2-й подгруппы, а также между 1-й и 3-й подгруппой по параметрам абсолютных значений высокочастотных волн (HF) (1805,00 мс² против 797,00 мс², $p<0,05$; 1805,00 мс² против 623,00 мс², $p<0,05$ соответственно), индекса вагосимпатического взаимодействия (LF/HF) (0,44 усл.ед. против 1,42 усл.ед., $p<0,05$ соответственно; 0,44 усл.ед. против 1,23 усл.ед., $p<0,05$ соответственно) и относительных значений высокочастотных волн (HF) (54,60 % против 32,50 %, $p<0,05$ соответственно; 54,60 % против 29,30 %, $p<0,05$ соответственно).

Сопоставляя исходные параметры ВСР между второй подгруппой и третьей подгруппой, мы выявили достоверные различия ($p<0,05$) LF и VLF – 1132,00 мс² против 663,00 мс², $p<0,05$ и 931,00 мс² против 1244,00 мс², $p<0,05$, соответственно.

При сопоставлении обследованных подгрупп между собой при проведении АОП выявлены достоверные различия между 2-й и 3-й подгруппами по параметрам медленных волн второго порядка – 729,00 мс² против 1386,00 мс², $p<0,05$ и 32,40 % против 49,00 %, $p<0,05$ (таблицы 1 и 2 и на рисунках 1-5).

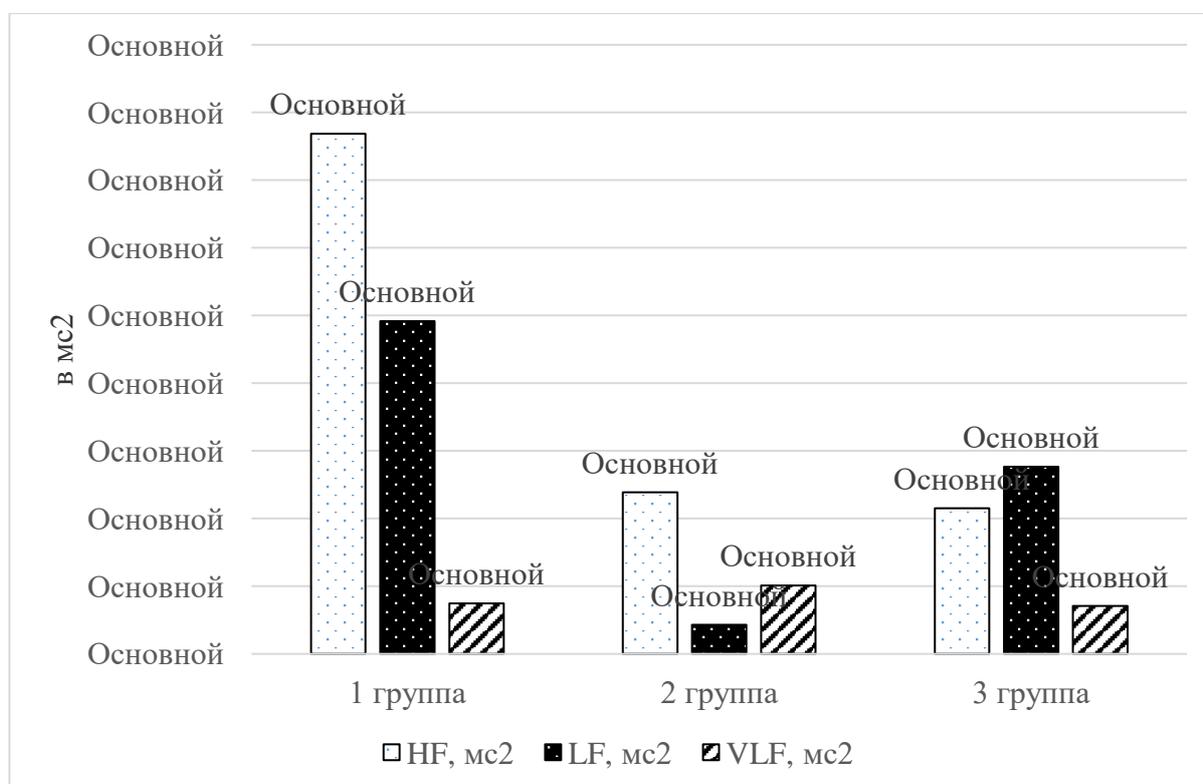


Рисунок 1 – Динамика абсолютной мощности колебаний в различных диапазонах спектра у глухих спортсменов при проведении активной ортопробы в зависимости от исходного преобладания типа волн в общей мощности спектра

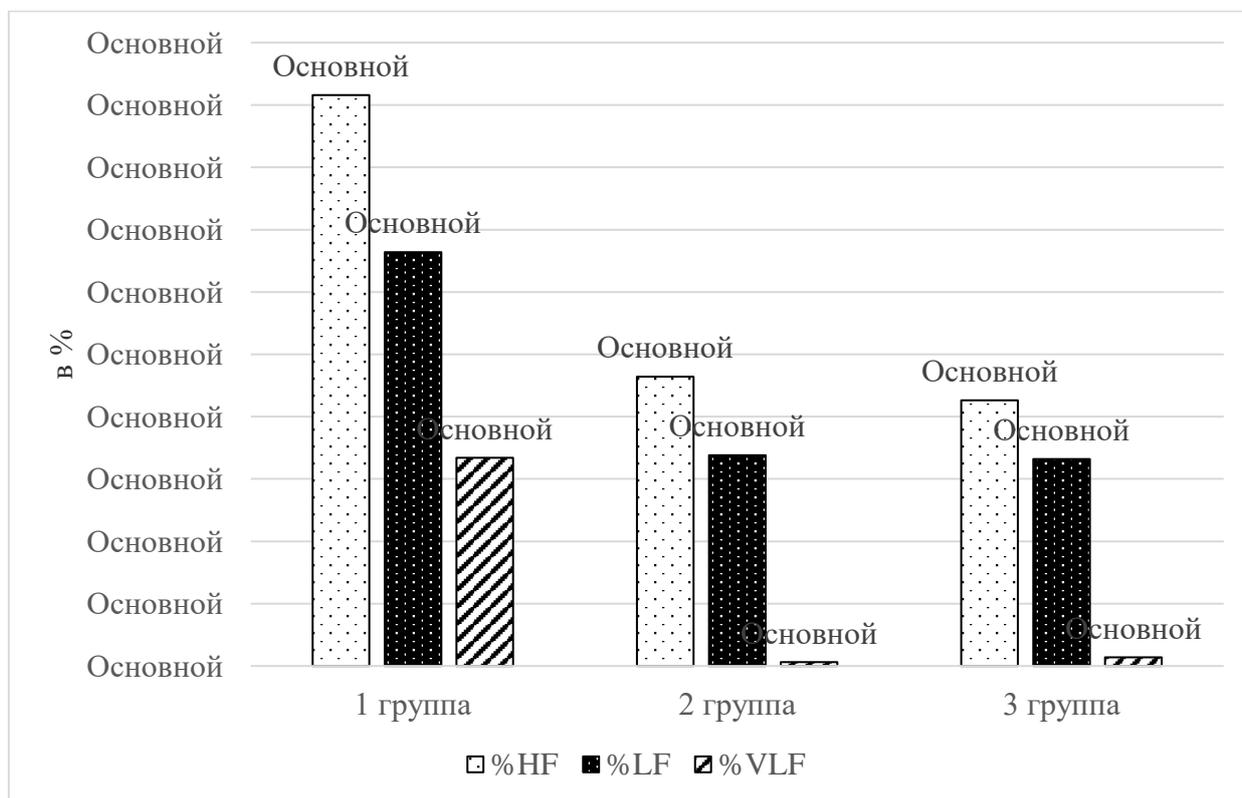


Рисунок 2 – Динамика относительной мощности колебаний в различных диапазонах спектра у глухих спортсменов при проведении активной ортопробы в зависимости от исходного преобладания типа волн в общей мощности спектра

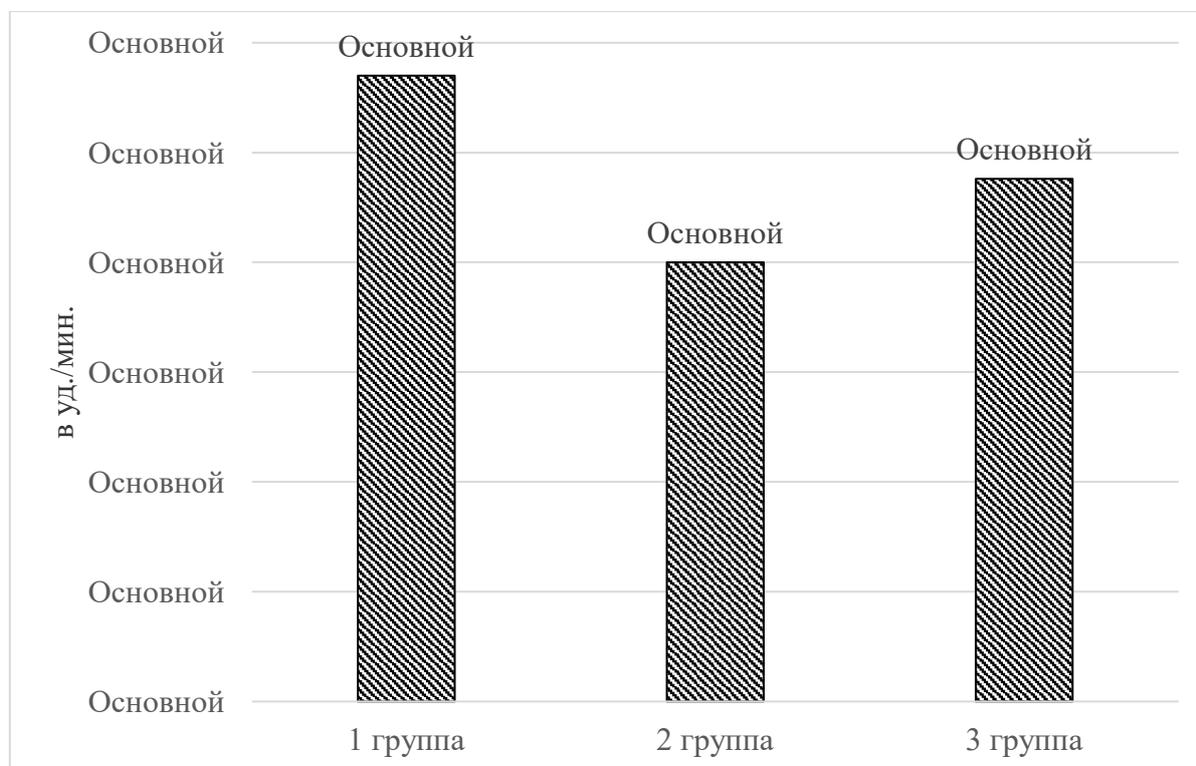


Рисунок 3 – Динамика показателей частоты сердечных сокращений у глухих спортсменов при проведении активной ортопробы в зависимости от исходного преобладания типа волн в общей мощности спектра

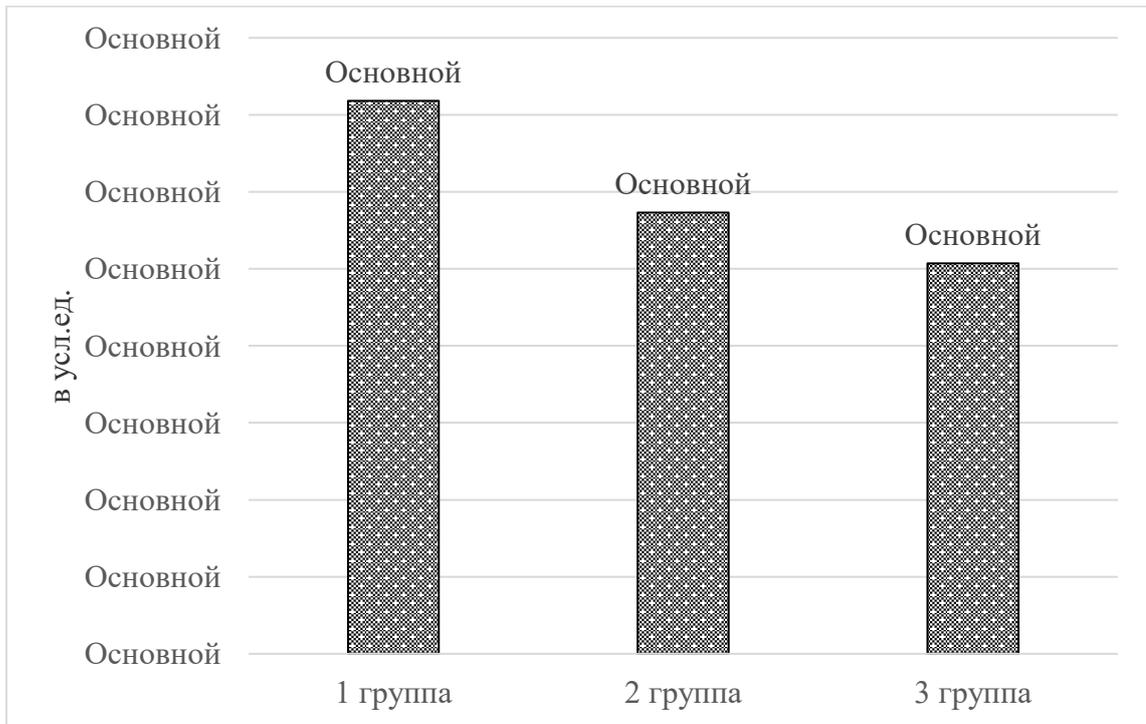


Рисунок 4 – Динамика показателей индекса вагосимпатического взаимодействия у глухих спортсменов при проведении активной ортопробы в зависимости от исходного преобладания типа волн в общей мощности спектра

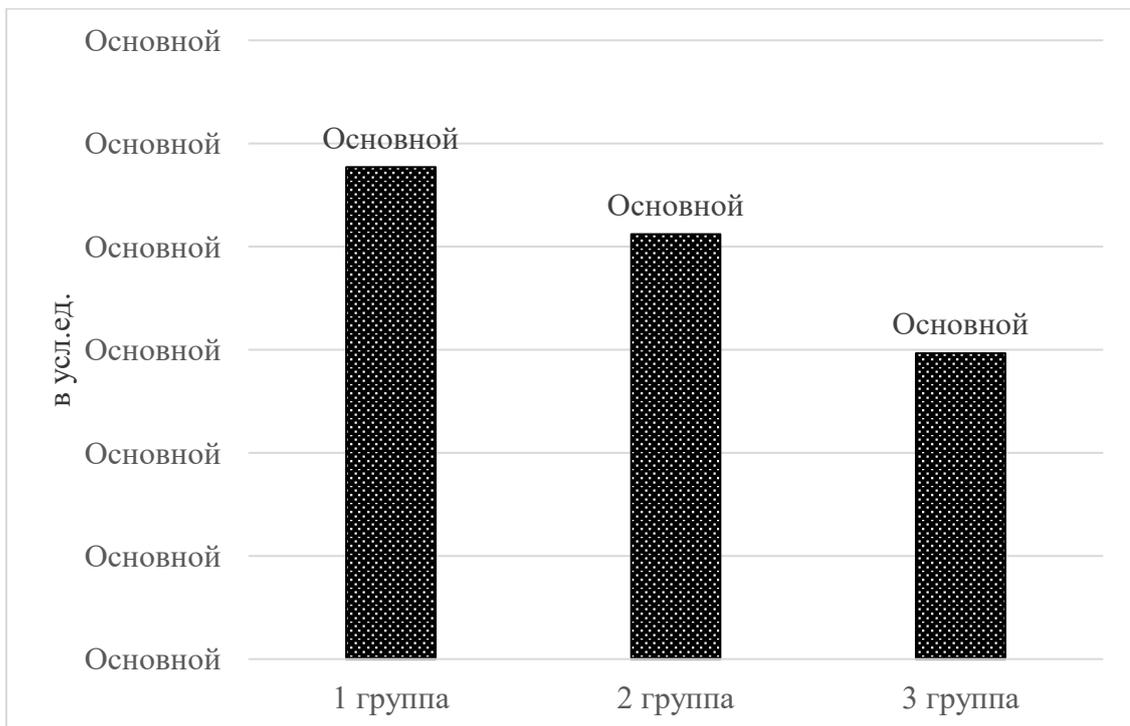


Рисунок 5 – Динамика показателей индекса напряжения у глухих спортсменов при проведении активной ортопробы в зависимости от исходного преобладания типа волн в общей мощности спектра

Обсуждение. Проведенное нами исследование показало, что спортсмены, отнесенные к первой группе, в со-

стоянии покоя имели наименьшие показатели ЧСС, вагосимпатического индекса и индекса напряжения, обуслов-

ленные преобладающим влиянием парасимпатического отдела ВНС на синусовый узел миокарда. При переходе в АОП отмечалось снижение его влияния с активацией симпатического звена ВНС и деятельности вазомоторного центра, что привело к повышению ЧСС, вагосимпатического индекса и индекса напряжения. Обращает на себя внимание тот факт, что при переходе в АОП в 1-й группе спортсменов отмечаются наибольшие показатели абсолютных низкочастотных колебаний (вазомоторных LF-волн) в сравнении с другими группами глухих спортсменов. Данная особенность может быть сопряжена с процессами перераспределения объема циркулирующего кровотока (ОЦК) и активацией влияния вазомоторного центра на стенки сосудов в ответ на изменение тела в пространстве. Эта особенность соответствует физиологической норме реакции в ответ на изменение тела в пространстве (АОП).

Во 2-й группе спортсменов с преобладанием LF-волн в ответ на АОП отмечалось увеличение ЧСС, абсолютных колебаний волн 1-го порядка (низкочастотные колебания), вагосимпатического индекса и индекса напряжения. Выявлено снижение высокочастотных колебаний и VLF-волн. При переходе в АОП не было существенных сдвигов в абсолютных значениях медленно волновых колебаний 1-го порядка, хотя отмечались достоверные изменения в их относительных значениях, что связано с деятельностью вазомоторного центра и его влияния на сосудистую стенку и на рецепторы синокаротидной зоны миокарда, приводящее к увеличению показателей ЧСС, вагосимпатического индекса и индекса напряжения в ответ на изменение тела в пространстве (АОП). Отмечено, что

уровень показателей ЧСС в покое во второй группе спортсменов в сравнении с первой группой обусловлен исходной повышенной активностью симпатического отдела ВНС.

В третьей группе спортсменов с преобладанием медленных волн 2-го порядка в ОМС (VLF-волн) в исходном состоянии отмечается напряженный вегетативный баланс, а в ответ на АОП отмечалось наибольшее увеличение ЧСС в сравнении с другими группами спортсменов. Исходное высокое значение ЧСС, так и его повышенное значение в ответ на АОП обусловлено наименьшими показателями парасимпатических влияний на синусовый узел миокарда. Как показано Д. А. Катаевым с соавт. (2023) «преобладающие значения VLF-волн в общей мощности спектра указывают на модулирующую роль метаболитов, в т. ч. миокарда, которая реализуется с участием симпатического и парасимпатического отдела ВНС» [4, с. 97]. Обращает на себя внимание тот факт, что у спортсменов-инвалидов по слуху, отнесенных к третьей группе, наблюдается снижение вегетативной реактивности при проведении АОП, что согласуется с ранее описанным А. М. Вейном (2000) «законом исходного уровня», «согласно которому, чем выше исходный уровень, тем в более деятельном и напряженном состоянии находится орган или система, тем меньший ответ возможен при действии возмущающих стимулов» [2, с. 68], в нашем случае, при проведении АОП.

При сопоставлении исходных (в положении лежа) значений ВСР между первой и второй, первой и третьей группами нами выявлены достоверные различия в параметрах абсолютных и относительных значений мощности высокочастотной составляющей спек-

тра (HF-волны), вагосимпатического индекса, а при выполнении АОП не было зафиксировано достоверных различий по этим парам показателей.

Наличие в исходном состоянии достоверных различий в параметре HF-волн позволяет применять его в качестве маркера степени напряжения адаптационных процессов у спортсменов-инвалидов по слуху, специализирующихся в ациклических видах спорта, а также эти показатели могут выступать в качестве модельных характеристик ВСР у этой группы спортсменов.

При сопоставлении исходных (в положении лежа) значений ВСР между второй и третьей группами нами установлены достоверные различия в параметрах абсолютных значений медленноволновых колебаний 1-го и 2-го порядка (LF- и VLF-волн), а при переходе в АОП – лишь в VLF-волнах. Выявленные особенности позволяют предположить, что поскольку регуляция ритма сердца во второй группе спортсменов-инвалидов по слуху в исходном состоянии реализуется за счет сегментарного контура регуляции, то это снижает выраженность реакции вегетативной нервной системы на АОП (что также характеризуется отсутствием достоверных различий внутри второй группы по параметру LF-волн в ответ на изменение перемещения тела в пространстве при проведении АОП). Преобладание как абсолютных, так и относительных значений LF-колебаний в состоянии относительного покоя во второй группе спортсменов позволяет сделать вывод о напряжении механизмов нейровегетативной регуляции, и оно проявляется в меньшей степени выраженности изменений в ответ на возмущающий стимул (также можно

трактовать как проявление «закона исходного уровня» [2, с. 68]).

Заключение. Таким образом, проведенное нами исследование показало, что у спортсменов-инвалидов по слуху в зависимости от преобладания волн в общей мощности спектра в состоянии покоя отмечаются различные проявления вегетативной реактивности на проведение активной ортостатической пробы: чем выше исходное напряжение регуляторных механизмов, тем меньшая реактивность наблюдается в ответ на изменение положения тела в пространстве. Меньшее напряжение адаптационных механизмов в покое сопряжено у спортсменов-инвалидов по слуху, как и у здоровых лиц, с влиянием сегментарного контура регуляции с преобладанием парасимпатических влияний вегетативной нервной системы. В то же время, существенная численность спортсменов-инвалидов по слуху (38,5 % от общего числа обследованных спортсменов) с преобладанием очень низкочастотных волн в общей мощности спектра позволяет предположить, что депривация слуха (нейросенсорная тугоухость) приводит к напряжению регуляторных механизмов как в покое, так и в ответ на изменение положения тела в пространстве.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания на НИР «Особенности адаптации к физическим нагрузкам спортсменов-инвалидов в зависимости от нозологической формы инвалидности» № 1022060700006-6-3.3.11.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Адаптация спортсменов с депривацией слуха к физическим нагрузкам в ациклических видах спорта : монография / Е. В. Быков, К. С. Кошкина, О. В. Балберова, А. В. Чипышев; под редакцией Е. В. Быкова. – Челябинск : УралГУФК, 2025. – 156 с. ISBN 978-5-93216-651-2

2. Баевский, Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (часть 1) / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов, А. П. Гаврилушкин // Вестник аритмологии. – 2002. – № 24. – С. 65-86.

3. Вейн, А. М. вегетативные расстройства : клиника, диагностика, лечение / под ред. А. М. Вейна. – М. : ООО Медицинское информационное агентство. – 2003. – 752 с.

4. Катаев, Д. А. Природа общей мощности спектра и очень низкочастотных волн кардиоинтервалограммы с позиций адаптации организма человека к двигательной активности (обзор) / Д. А. Катаев, В. И. Циркин, В. В. Кишкина, С. И. Трухина [и др.] // Журнал медико-биологических исследований. – 2023. – Т. 11, № 1. – С. 95-107.

5. Кошкина, К. С. Нейровегетативное обеспечение сердечного ритма у спортсменов с депривацией слуха / К. С. Кошкина, Е. В. Быков, А. В. Чипышев // Современные тенденции, проблемы и пути развития физической культуры, спорта, туризма и гостеприимства : Сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции, Москва, 21-22 ноября 2023 года. – Москва : Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования города Москвы «Московский государственный университет спорта и туризма»,

ООО «НКЦ Образование», 2023. – С. 340-346.

6. Кошкина, К. С. Показатели постуральной устойчивости и вегетативной нервной системы у спортсменов с депривацией слуха (на примере ациклических видов спорта) / К. С. Кошкина, Е. В. Быков, А. В. Чипышев // Современные технологии и оборудование для медицинской реабилитации, санаторно-курортного лечения и спортивной медицины : сборник трудов VI Международного научно-практического конгресса Vital Rehab Week, Екатеринбург, 10-11 октября 2023 года. – Екатеринбург: Уральский государственный университет физической культуры, 2023. – С. 77-83.

7. Флейшман, А. Н. Вариабельность ритма сердца и медленноволновые колебания гемодинамики: нелинейные феномены в клинической практике / А. Н. Флейшман. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2009. – 194 с.

8. Donelli D., Lazzeroni D., Rizzato M., Antonelli M. Silence and its effects on the autonomic nervous system: A systematic review. *Prog Brain Res.* 2023;280:103-144. doi: 10.1016/bs.pbr.2023.08.001. Epub 2023 Sep 1. PMID: 37714570.

9. Park S., Kim M.H., Choi I. Autonomic Nervous Function in Patients with Sudden Sensorineural Hearing Loss and Its Association with Prognosis and Disease Severity. *Audiol Neurootol.* 2021;26(5):303-309. doi: 10.1159/000512462. Epub 2021 May 5. PMID: 33951629.

10. Saba E.S., Swisher A.R., Ansari G.N., Rivero A. Cardiovascular Risk Factors in Patients With Sudden Sensorineural Hearing Loss: A Systematic Review and Meta-analysis. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2023 May;168(5):907-921.

doi: 10.1002/ohn.163. Epub 2023 Mar 5. PMID: 36871179.

11. Schulz S., Ritter J., Oertel K., Witt K., Bär K.J., Guntinas-Lichius O., Voss A. Quantification of autonomic regulation in patients with sudden sensorineural hearing loss. *Auton Neurosci.* 2013 Nov;178(1-2):9-14. doi: 10.1016/j.autneu.2013.02.009. Epub 2013 Mar 13. PMID: 23491325.

References

1. Adaptaciya sportsmenov s deprivaciej sluha k fizicheskim nagruzkam v aciklicheskih vidah sporta : monografiya / E. V. Bykov, K. S. Koshkina, O. V. Balberova, A. V. Chipyshev; pod redakciej E. V. Bykova. – Chelyabinsk : Ural-GUFK, 2025. – 156 s. ISBN 978-5-93216-651-2

2. Baevskij, R. M. analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnyh elektrokardiograficheskikh sistem (chast' 1) / R. M. Baevskij, G. G. Ivanov, A. P. Gavrilushkin // *Vestnik aritmologii.* – 2002. – № 24. – S. 65-86.

3. Vejn, A. M. vegetativnye rasstrojstva : klinika, diagnostika, lechenie / pod red. A. M. Vejna. – M. : OOO Medicinskoe informacionnoe agentstvo. – 2003. – 752 s.

4. Kataev, D. A. Priroda obshchej moshchnosti spektra i ochen' nizkочastotnyh voln kardiointervalogrammy s pozicij adaptacii organizma cheloveka k dvigatel'noj aktivnosti (obzor) / D. A. Kataev, V. I. Cirkin, V. V. Kishkina, S. I. Truhina [i dr.] // *Zhurnal medikobioologicheskikh issledovanij.* – 2023. – T. 11, № 1. – S. 95-107.

5. Koshkina, K. S. Nejrovegetativnoe obespechenie serdechnogo ritma u sportsmenov s deprivaciej sluha / K. S. Koshkina, E. V. Bykov, A. V. Chipyshev // *Sovremennye tendencii, problemy i puti*

razvitiya fizicheskoy kul'tury, sporta, turizma i gostepriimstva : Sbornik materialov XVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Moskva, 21–22 noyabrya 2023 goda. – Moskva : Gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya goroda Moskvy «Moskovskij gosudarstvennyj universitet sporta i turizma», OOO «NKC Obrazovanie», 2023. – S. 340-346.

6. Koshkina, K. S. Pokazateli postural'noj ustojchivosti i vegetativnoj nervnoj sistemy u sportsmenov s deprivaciej sluha (na primere aciklicheskih vidov sporta) / K. S. Koshkina, E. V. Bykov, A. V. Chipyshev // *Sovremennye tekhnologii i oborudovanie dlya medicinskoj rehabilitacii, sanatorno-kurortnogo lecheniya i sportivnoj mediciny : sbornik trudov VI Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo kongressa Vital Rehab Week, Ekaterinburg, 10-11 oktyabrya 2023 goda.* – Ekaterinburg: Ural'skij gosudarstvennyj universitet fizicheskoy kul'tury, 2023. – S. 77-83.

7. Flejshman, A. N. Variabel'nost' ritma serdca i medlennovolnovye kolebaniya gemodinamiki: nelinejnye fenomeny v klinicheskoy praktike / A. N. Flejshman. – Novosibirsk : Izd-vo So RAN, 2009. – 194 s.

8. Donelli D., Lazzeroni D., Rizzato M., Antonelli M. Silence and its effects on the autonomic nervous system: A systematic review. *Prog Brain Res.* 2023;280:103-144. doi: 10.1016/bs.pbr.2023.08.001. Epub 2023 Sep 1. PMID: 37714570.

9. Park S., Kim M.H., Choi I. Autonomic Nervous Function in Patients with Sudden Sensorineural Hearing Loss and Its Association with Prognosis and Disease Severity. *Audiol Neurootol.* 2021;26(5):303-309. doi: 10.1159/000512462. Epub 2021 May 5. PMID: 33951629.

10. Saba E.S., Swisher A.R., Ansari G.N., Rivero A. Cardiovascular Risk Factors in Patients With Sudden Sensorineural Hearing Loss: A Systematic Review and Meta-analysis. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2023 May;168(5):907-921. doi: 10.1002/ohn.163. Epub 2023 Mar 5. PMID: 36871179.

11. Schulz S., Ritter J., Oertel K., Witt K., Bär K.J., Guntinas-Lichius O., Voss A. Quantification of autonomic regulation in patients with sudden sensorineural hearing loss. *Auton Neurosci.* 2013 Nov;178(1-2):9-14. doi: 10.1016/j.autneu.2013.02.009. Epub 2013 Mar 13. PMID: 23491325.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ксения Сергеевна Кошкина – научный сотрудник НИИ олимпийского спорта, аспирант, Уральский государственный университет физической культуры. Челябинск, Россия. E-mail: caseychica@mail.ru.

Евгений Витальевич Быков - доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры спортивной медицины и физической реабилитации; директор НИИ олимпийского спорта. Уральский государственный университет физической культуры. Челябинск, Россия. E-mail: bev58@yandex.ru

Мария Георгиевна Рубцова - преподаватель кафедры спортивной медицины и физической реабилитации, Уральский государственный университет физической культуры. Челябинск, Россия.

Вадим Владимирович Сверчков – младший научный сотрудник НИИ олимпийского спорта, преподаватель кафедры спортивной медицины и физической реабилитации, Уральский государственный университет физической культуры. Челябинск, Россия. E-mail: Vadim.sverchkov@yandex.ru

Елена Геннадьевна Сидоркина – научный сотрудник НИИ олимпийского спорта, Уральский государственный университет физической культуры. Челябинск, Россия. E-mail: rezenchik@bk.ru

Антон Викторович Чипышев – кандидат биологических наук, доцент кафедры спортивной медицины и физической реабилитации Уральского государственного университета физической культуры. Челябинск, Россия.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ksenia S. Koshkina – a researcher at the Research Institute of Olympic Sports, postgraduate student, Ural State University of Physical Culture. Chelyabinsk, Russia.

Evgenii V. Bykov - Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Sports Medicine and Physical Rehabilitation. Director of the Olympic Sports Research Institute. Ural State University of Physical Culture. Chelyabinsk, Russia. E-mail: bev58@yandex.ru

Anton V. Chipyshev – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Department of Sports Medicine and Physical Rehabilitation of the Ural State University of Physical Education, Sport and Health. Chelyabinsk, Russia.

Maria G. Rubtsova – a lecturer at the Department of Sports Medicine and Physical Rehabilitation at the Ural State University of Physical Education.

Elena G. Sidorkina - Researcher, Research Institute of Olympic Sports, Ural State University of Physical Culture. Chelyabinsk, Russia. E-mail: rezenchik@bk.ru

Vadim V. Sverchkov – a Junior Researcher at the Research Institute of Olympic Sports, Lecturer at the Department of Sports Medicine and Physical Rehabilitation, Ural State University of Physical Education, Sport and Health. Chelyabinsk, Russia. E-mail: Vadim.sverchkov@yandex.ru