

ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЙ ОТВЕТ НА ОРТОСТАТИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЭТАПАХ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

А.С. Бахарева, bakharevaas@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0518-7751>

Д.З. Шибкова, shibkova2006@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8583-6821>

В.В. Эрлих, erlih-vadim@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4416-1925>

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. **Цель:** выявить общие и специфические особенности гемодинамических ответов на ортостатическую пробу у лыжников-гонщиков с выраженной исходной ваготонией, дифференцированных по уровню работоспособности. **Материалы и методы.** Исследование проводилось на этапах подготовительного периода. Выборку исследования составили 20 квалифицированных лыжников-гонщиков ($n = 20$; возраст $M \pm \sigma$ $20,06 \pm 2,07$ года), которые по результатам развиваемой относительной скорости ($V_{отн}$) на пятой ступени эргометрического тестирования были поделены на две группы (лидеры и резерв). Оценивали показатели, отражающие состояние центральной и периферической гемодинамики на активный ортостаз. **Результаты.** Наиболее выраженный ответ на ортостаз в группе лидеров выявлен на 2-м этапе подготовки, что выразилось приростом значений ДАД ($19,7\%$, $p < 0,001$); в группе резерва наибольший прирост был установлен по МОК ($58,5\%$, $p < 0,001$) на 1-м этапе, на 3-м этапе подготовительного периода показатель САД был значимо ниже, чем в группе лидеров. **Заключение.** В целом описанные выше количественные изменения и их направленность на повышение либо снижение параметров центральной и периферической гемодинамики в группе лидеров в ответ на двухминутную ортостатическую пробу соответствуют классификации «нормальная ортостатическая устойчивость»; в группе резерва выявленные динамические изменения указывают на пониженную ортостатическую устойчивость.

Ключевые слова: уровень работоспособности, лыжники-гонщики, выраженная исходная ваготония, ортостатическая проба, гемодинамический ответ

Для цитирования: Бахарева А.С., Шибкова Д.З., Эрлих В.В. Гемодинамический ответ на ортостатическое воздействие на этапах подготовительного периода у лыжников-гонщиков с разным уровнем работоспособности // Человек. Спорт. Медицина. 2025. Т. 25, № 1. С. 59–67. DOI: 10.14529/hsm250108

Original article
DOI: 10.14529/hsm250108

HEMODYNAMIC RESPONSE TO ORTHOSTATIC STRESS DURING THE PREPARATORY PERIOD IN CROSS-COUNTRY SKIERS WITH DIFFERENT LEVELS OF PHYSICAL PERFORMANCE

A.S. Bakhareva, bakharevaas@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0518-7751>

D.Z. Shibkova, shibkova2006@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8583-6821>

V.V. Erlikh, erlih-vadim@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4416-1925>

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim: this study aimed to identify general and specific characteristics of hemodynamic responses to an orthostatic test in cross-country skiers with pronounced baseline vagotonia, stratified by their level of physical performance. **Materials and methods.** The study was conducted during the preparatory period. The sample included 20 skilled cross-country skiers ($n = 20$; age $M \pm \sigma$ 20.06 ± 2.07 years), who were divided into two groups (leaders and reserves) based on their relative speed (V_{rel}) achieved at the fifth

stage of the ergometer test. Parameters that reflect central and peripheral hemodynamics during active orthostasis were evaluated. **Results.** The most pronounced response to orthostasis among leaders was observed during the second phase of the preparatory period, characterized by a significant increase in diastolic blood pressure (19.7%, $p < 0.001$). Among reserves, the greatest increase was observed in cardiac output during the first phase of the preparatory period (58.5%, $p < 0.001$); systolic blood pressure was significantly lower during the third stage compared to leaders. **Conclusion.** The quantitative changes and their direction with respect to central and peripheral hemodynamics among leaders following a two-minute orthostatic test correspond with normal orthostatic tolerance. In contrast, among reserves, the results obtained indicate reduced orthostatic tolerance.

Keywords: physical performance, cross-country skiers, baseline vagotonia, orthostatic test, hemodynamic response

For citation: Bakhareva A.S., Shibkova D.Z., Erlikh V.V. Hemodynamic response to orthostatic stress during the preparatory period in cross-country skiers with different levels of physical performance. *Human. Sport. Medicine*. 2025;25(1):59–67. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm250108

Введение. Гемодинамическое обеспечение адаптации спортсменов к физическим нагрузкам в различных видах деятельности считается хорошо исследованным вопросом. Исследователи в области спортивной физиологии [4, 6, 8, 12] мышечную работу рассматривают как мощное вмешательство в естественный гомеостаз организма, в ответ на которое меняются функциональные взаимоотношения всех его систем, ответственных за энергообеспечение на предъявленную физическую нагрузку. При этом значимым в оперативной оценке функционального состояния спортсменов является определение реактивности центрального и периферического кровообращения. Данная информация является ценной для определения текущего функционального состояния организма спортсмена, его готовности к соревнованиям и выявления оптимальных периодов тренировочного процесса [5, 16]. Несмотря на имеющиеся результаты исследований физиологических, биохимических, психофизиологических, генетических и других факторов, обеспечивающих высокую работоспособность спортсменов [2, 9, 10, 13, 15], в ряду наиболее актуальных вопросов остается выявление резервных возможностей их организма. Эффекты адаптации при выполнении мышечной работы характеризуются определенными согласованными изменениями комплекса показателей центральной и периферической гемодинамики, сосудистой нагрузки сердца и его сократимости. Совместные изменения показателей гемодинамики определяются функциональным состоянием испытуемого, а также мощностью работы, выполняемой соответствующими группами мышц [11]. Объективным методом, позво-

ляющим выявлять скрытые изменения механизмов вегетативной регуляции системы кровообращения, является активный ортостаз [1]. Функциональная активная ортостатическая проба широко применяется в спорте с целью определения срочных адаптационных изменений сердечно-сосудистой системы на внешнее воздействие [3], в ответ на которое возникает функциональное напряжение системы кровообращения, что сопровождается транзиторными компенсаторными реакциями [17].

В исследовании Ф.А. Иорданской и Е.В. Бучиной (2017) оценка результатов ортостатической пробы высококвалифицированных спортсменов по показателям ЧСС и артериального давления проводилась по авторским критериям. Нормальная ортостатическая устойчивость характеризовалась увеличением ЧСС от 15 до 25 уд./мин при практически неизменном систолическом давлении и повышении диастолического на 10–15 % относительно исходных данных в горизонтальном положении. Удовлетворительная ортостатическая устойчивость характеризовалась увеличением ЧСС на 25–35 уд./мин, пониженная – на 36–45 уд./мин и низкая – более чем на 45 уд./мин [7]. Сниженные и низкие показатели ортостатической устойчивости свидетельствовали о наличии ранних признаков перенапряжения сердечно-сосудистой системы и требовали срочной коррекции тренировочных нагрузок.

Организация и методы исследования. Исследование проводилось в начале базового этапа (май), в конце базового этапа (август) и в конце специально-подготовительного этапа (ноябрь) на базе Института спорта, туризма и сервиса ЮУрГУ. На основе информирован-

ного согласия участников исследования было проведено эргометрическое тестирование, по результатам которого были отобраны лыжники-гонщики ($n = 20$) первого зрелого возраста ($M \pm \sigma$ 20,06 $\pm$ 2,07 года). По итогам расчёта уровня физической работоспособности выборку 1-й группы ($n = 10$ «лидеры») составили спортсмены с уровнем физической работоспособности в диапазоне $V_{отн}$ от 0,075 до 0,001, со спортивной квалификацией первого разряда ($n = 1$), кандидата ($n = 2$) и мастера спорта ($n = 7$). Выборку 2-й группы ($n = 10$ «резерв») составили спортсмены с уровнем физической работоспособности в диапазоне $V_{отн}$ от $-0,001$ до $-0,148$, со спортивной квалификацией первого разряда ($n = 7$), кандидата ($n = 2$) и мастера спорта ($n = 1$).

Оценивали показатели, отражающие состояние сердечно-сосудистой системы (ССС), параметры центральной и периферической гемодинамики: частоту сердечных сокращений (ЧСС), систолическое (САД) и диастолическое давление (ДАД), минутный объем кровообращения (МОК, л/мин), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, Па·мл⁻¹), ударный объем крови (УОК, мл). Для экспресс-оценки реактивности гемодинамических параметров нагрузочное воздействие (активный ортостаз) проводили в течение двух минут как в положении лежа, так и стоя. Измерение ЧСС, САД, ДАД проводили, используя медицинский тонометр Omron до и после функциональной пробы. Интегральные показатели МОК, УОК, ОПСС оценивали с применением физиологически обоснованных расчетных формул [14], повышающих точность определения.

Статистический анализ результатов исследования проводился с помощью пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics v. 23. Показатели гемодинамики были подвергнуты проверке на нормальность распределения с использованием критерия Шапиро – Уилка (W) и представлены в виде медианы и 25- и 75-й перцентилей (Me; 25–75 %). Для проверки статистической значимости полученных межгрупповых данных применялся непараметрический критерий Манна – Уитни (U).

Результаты исследования. Показатели гемодинамики у лыжников-гонщиков в состоянии покоя (положение лежа) на этапах подготовительного периода, представленные в табл. 1, указывают на статистически значимое межгрупповое различие показателей САД

на III этапе подготовительного периода и отсутствие значимых различий ДАД на всех этапах подготовки спортсменов. Вместе с тем следует отметить, что значения САД в группе лидеров были несколько выше, а ДАД ниже, чем в группе резерва на базовом этапе подготовки. Внутригрупповые значения ДАД к III этапу в положении лежа у лидеров имели тенденцию к увеличению на 8,2 %. В целом динамические колебания САД и ДАД от этапа к этапу в обеих группах были незначительными и находились в пределах физиологических значений.

Показатели УОК и МОК в положении лежа у спортсменов обеих групп в ходе подготовительного периода колебались в пределах физиологической нормы, определенной для квалифицированных спортсменов (под ред. Уйба, 2018). Межгрупповые различия были статистически значимыми для УОК на начальном базовом и специально подготовительном этапах с более высокими значениями данного параметра у лидеров. По показателям МОК различия достигали значимости только к концу подготовительного периода с большими значениями у представителей группы резерва.

На II и III этапах подготовки были выявлены различия по ОПСС с более высокими значениями показателя в группе лидеров.

В целом на основании полученных данных можно говорить о высоком адаптивном состоянии системы центральной гемодинамики у спортсменов обеих групп на протяжении всего подготовительного периода. Выявленные значимые различия значений гемодинамических параметров в положении лежа указывают на особенности вегетативного обеспечения организма спортсменов группы лидеров в сравнении с представителями группы резерва, несмотря на их общий высокий исходный ваготонический тип регуляции (ВИК в диапазонах от -40 до -60 у лидеров и от -30 до -40 у резерва).

Далее в табл. 2 представлены результаты реакции гемодинамических параметров у лыжников-гонщиков на активный ортостаз на каждом этапе подготовительного периода. Внутригрупповые различия по САД и ДАД в положении стоя на этапах подготовки имели ту же направленность, что и в положении лежа, колебания показателей не превышали 5 %, а межгрупповые различия в конце специально-подготовительного этапа по значениям САД и ДАД достигали статистической значи-

Таблица 1
Table 1

Показатели гемодинамики и ВИК у лыжников-гонщиков в положении лежа
на этапах подготовительного периода (Ме (25–75%))
Hemodynamic and KI parameters in cross-country skiers in a supine position
across stages of the preparatory period (Me (25–75%))

Группа / Group	I этап / Stage I	II этап / Stage II	III этап / Stage III
ЧСС лежа, уд./мин / HR, bpm			
Лидеры / Leaders (n = 10)	47,00 (45,25–50,25)	442,50 (41,50–46,25)	42,00 (39,00–46,00)
Резерв / Reserves (n = 10)	50,50 (50,00–51,75)	48,00 (46,50–48,25)	49,50 (46,75–52,25)
%	7,45	12,94	17,86
p	> 0,05	< 0,05	< 0,05
САД лежа, мм рт. ст. / SBP, mmHg			
Лидеры / Leaders (n = 10)	123,00 (118,25–126,75)	4124,50 (119,50–126,00)	123,00 (121,75–126,25)
Резерв / Reserves (n = 10)	118,00 (107,50–121,00)	120,00 (111,50–124,50)	117,00 (111,75–123,25)
%	4,07	3,61	4,88
p	> 0,05	> 0,05	< 0,05
ДАД лежа, мм рт. ст. / DBP, mmHg			
Лидеры / Leaders (n = 10)	61,00 (58,50–69,75)	61,00 (60,00–67,75)	66,00 (62,00–68,25)
Резерв / Reserves (n = 10)	67,00 (63,75–70,50)	66,50 (61,75–68,25)	67,00 (63,00–69,00)
%	9,84	9,02	1,52
p	> 0,05	> 0,05	> 0,05
УОК лежа, мл / SV, ml			
Лидеры / Leaders (n = 10)	104,00 (103,25–112,75)	107,00 (102,50–112,25)	108,50 (105,00–112,25)
Резерв / Reserves (n = 10)	99,50 (96,75–101,75)	103,50 (100,75–108,00)*	100,00 (98,75–103,50)**
%	4,33	3,27	7,83
p	< 0,01	> 0,05	< 0,01
МОК лежа, л/мин / CO, l/min			
Лидеры / Leaders (n = 10)	5,02 (4,67–5,19)	4,57 (4,46–4,74)	4,53 (4,40–4,80)
Резерв / Reserves (n = 10)	4,99 (4,85–5,11)	4,89 (4,64–5,23)	5,02 (4,78–5,20)
%	0,66	7,00	10,82
p	> 0,05	> 0,05	< 0,01
ОПСС лежа, Па·мл ⁻¹ / PVR, Pa·ml ⁻¹			
Лидеры / Leaders (n = 10)	157,60 (133,54–162,22)	164,57 (153,25–170,12)*	166,50 (162,47–168,72)
Резерв / Reserves (n = 10)	146,05 (139,59–153,15)	151,11 (139,29–158,31)	147,34 (135,29–158,24)
%	7,33	8,18	11,51
p	> 0,05	< 0,05	< 0,05
ВИК лежа, усл. ед. / KI, c. u.			
Лидеры / Leaders (n = 10)	–43,07 (–52,88–(–22,87))	–51,13 (–56,54–43,06)	–57,30 (–62,12–(–50,23))
Резерв / Reserves (n = 10)	–33,03 (–38–(–26,18))	–38,5 (–46,19–(–27,75))	–34,62 (–45,44–(–21,54))
%	23,31	24,62	39,58
p	> 0,05	< 0,05	< 0,01

Примечание: * достоверные различия между I и II этапом, $p < 0,05$; ** – достоверные различия между II и III этапом, $p < 0,05$.

Note: * differences are significant between Stages I and II, $p < 0.05$; ** – differences are significant between Stages II and III, $p < 0.05$.

мости ($p < 0,01$). Реакция на ортостаз не выявила межгрупповых различий по УОК, при этом показатели в группе резерва на II этапе были значимо выше относительно показателей в группе лидеров, полученных на II этапе. Реактивность системы гемодинамики на ортостаз по показателю МОК была более выражена в группе резерва преимущественно за счет увеличения ЧСС, но не УОК.

Межгрупповые медианные значения ОПСС на ортопробу имели статистическую значимость на каждом этапе подготовки и были выше в группе лидеров. Расчетный показатель ОПСС зависит от значений САД, ДАД и ЧСС, что определяет высокую обратную корреляционную взаимосвязь между ОПСС и МОК, которая была показана нами ранее у лыжников-гонщиков [2]. Для поддер-

Таблица 2
Table 2

Показатели гемодинамики и ВИК у лыжников-гонщиков в положении стоя
на этапах подготовительного периода (Ме (25–75%))
Hemodynamic and KI parameters in cross-country skiers in a standing position
across stages of the preparatory period (Ме (25–75%))

Группа / Group	I этап / Stage I	II этап / Stage II	III этап / Stage III
ЧСС стоя, уд./мин / HR, bpm			
Лидеры / Leaders (n = 10)	78,00 (60,75–80,25)	72,50 (60,50–80,75)	73,00 (59,00–81,00)
Резерв / Reserves (n = 10)	91,50 (85,75–95,00)	84,00 (78,00–90,00)	87,50 (87,00–90,25)
%	17,31	15,86	19,86
p	< 0,05	< 0,05	< 0,05
САД стоя, мм рт. ст. / SBP, mmHg			
Лидеры / Leaders (n = 10)	117,50 (113,75–127,00)	122,50 (118,50–124,00)	123,50 (116,75–125,00)
Резерв / Reserves (n = 10)	113,00 (108,75–115,75)	116,50 (109,50–125,25)	108,00 (103,75–116,25)
%	3,83	4,90	12,55
p	> 0,05	> 0,05	< 0,01
ДАД стоя, мм рт. ст. / DBP, mmHG			
Лидеры / Leaders (n = 10)	71,50 (68,50–77,00)	73,00 (69,75–76,50)	75,00 (72,00–77,25)
Резерв / Reserves (n = 10)	75,50 (70,00–78,25)	73,50 (60,00–76,00)	65,00 (60,00–75,00)
%	5,59	0,68	10,34
p	> 0,05	> 0,05	< 0,01
УОК стоя, мл / SV, ml			
Лидеры / Leaders (n = 10)	91,00 (89,50–94,00)	93,50 (91,75–94,00)	93,50 (90,75–96,25)
Резерв / Reserves (n = 10)	86,00 (84,75–88,75)	92,50(89,00–97,00)*	88,00 (87,75–91,25)
%	5,49	1,07	5,88
p	> 0,05	> 0,05	> 0,05
МОК стоя, л/мин / CO, l/min			
Лидеры / Leaders (n = 10)	6,91 (6,18–7,37)	6,71 (6,25–6,96)	6,85 (6,34–7,03)
Резерв / Reserves (n = 10)	7,91 (7,57–8,07)	7,60 (6,82–8,70)	7,74 (6,82–8,30)
%	14,47	13,26	12,99
p	< 0,01	< 0,01	< 0,01
ОПСС стоя, Па·мл ⁻¹ / PVR, Pa·ml ⁻¹			
Лидеры / Leaders (n = 10)	109,24 (102,72–127,86)	116,05 (111,82–122,94)	117,66 (110,24–129,03)
Резерв / Reserves (n = 10)	95,60 (90,18–98,79)	102,89 (77,47–113,20)	91,79 (80,69–108,41)
%	14,65	11,34	21,99
p	< 0,01	< 0,05	< 0,01

Примечание: * достоверные различия между I и II этапом, p < 0,05.

Note: * differences are significant between Stages I and II, p < 0.05.

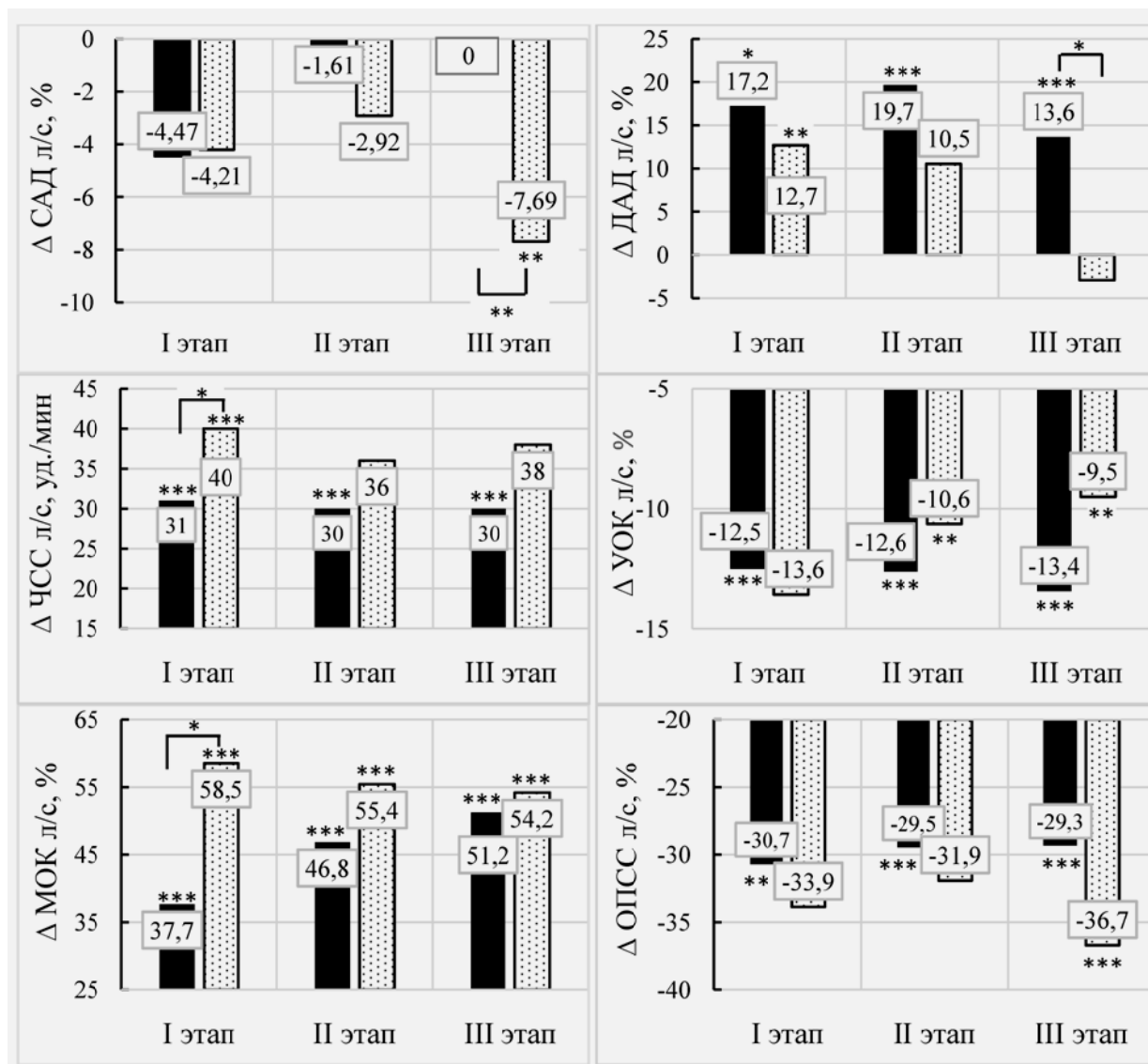
жания адекватного уровня кровообращения и, соответственно, максимального потребления кислорода на этапах тренировочного процесса у лыжников-гонщиков в 1-й группе доминирует инотропный, а во 2-й группе – сочетанный инотропный и хронотропный механизмы.

Графическое представление изменений показателей гемодинамики на ортостаз представлены на рисунке. Достоверные межгрупповые различия были установлены на I этапе по показателю ЧСС и МОК, а на III – между значениями САД и ДАД. Анализ динамики внутригрупповых приростов исследуемых параметров гемодинамики выявил, что в группе лидеров наиболее выраженный прирост наблюдался по показателям ДАД на II этапе

(19,7 %, p < 0,001), в группе резерва наибольший прирост был установлен по МОК (58,5 %, p < 0,001) на I этапе. Максимальное снижение значений САД и ОПСС в группе резерва проявилось на III этапе подготовительного периода.

Обсуждение результатов. Лыжники, развивающие выносливость, характеризуются повышенным периферическим сосудистым сопротивлением, повышенным тонусом венных сосудов бедра и голени, крупных артерий бедра, а также преобладанием тонуса мелких артерий над тонусом крупных артерий нижних конечностей [5].

Изменения в работе сердечно-сосудистой системы на уровне периферического звена



Динамика значений САД, ДАД, ЧСС, УОК, МОК и ОПСС у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода в ортостазе, % (лежа – стоя).

Достоверные различия на уровне $p < 0,05^*$; $p < 0,001^{**}$; $p < 0,0001^{***}$

Dynamics of systolic and diastolic blood pressure in cross-country skiers during the orthostatic test across stages of the preparatory period, % (supine to standing positions).

Differences are significant at $p < 0,05^*$; $p < 0,001^{**}$; $p < 0,0001^{***}$

при тренировке обусловлены перестройкой метаболических процессов и направлены на создание оптимальных условий для извлечения кислорода из крови в ткани и на достижение оптимального обеспечения организма энергией [10]. Снижение интенсивности кровотока в состоянии покоя у спортсменов, тренирующих преимущественно выносливость, связано, вероятно, с повышенной способностью мышц использовать кислород. Более интенсивный артериальный приток у спортсменов связан с высокой растяжимостью и

большим диаметром артерий и снижением тонуса сосудистой стенки [18–20].

Заключение. В целом описанные выше количественные изменения и их направленность на повышение либо снижение параметров центральной и периферической гемодинамики в группе лидеров в ответ на двухминутную ортостатическую пробу соответствуют классификации «нормальная ортостатическая устойчивость»; в группе резерва выявленные динамические изменения указывают на пониженную ортостатическую устойчивость.

Список литературы

1. Баевский, Р.М. Введение в донозологическую диагностику / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Слово, 2008. – 220 с.
2. Бахарева, А.С. Особенности функционального ответа организма лыжников-гонщиков с различными скоростными показателями в нагрузочном тесте / А.С. Бахарева, Д.З. Шибкова, В.В. Эрлих // *Современные вопросы биомедицины*. – 2022. – Т. 6, № 2(19).
3. Бойко, Е.Р. Физиолого-биохимические механизмы обеспечения спортивной деятельности зимних циклических видов спорта / Е.Р. Бойко. – Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография». – 2019. – 256 с.
4. Дембо, А.Г. Спортивная кардиология: рук. для врачей / А.Г. Дембо, Э.В. Земцовский. – Л.: Медицина, 1989. – 464 с.
5. Замчий, Т.П. Особенности региональной гемодинамики спортсменов, развивающих выносливость, силу и силовую выносливость / Т.П. Замчий, Ю.П. Салова, Ю.В. Корягина // *Лечеб. физкультура и спорт. медицина*. – 2012. – № 7 (103). – С. 23–27.
6. Земцовский, Э.В. Спортивная кардиология / Э.В. Земцовский. – СПб.: Гиппократ, 1995. – 448 с.
7. Иорданская, Ф.А. Ортостатическая устойчивость в вегетативном обеспечении работоспособности высококвалифицированных спортсменов / Ф.А. Иорданская, Е.В. Бучина // *Вестник спортивной науки*. – 2017. – № 4. – С. 26–34.
8. Карпман, В.Л. Сердечно-сосудистая система и транспорт кислорода при мышечной работе: актовая речь // *Клинико-физиол. характеристики сердечно-сосудистой системы у спортсменов: сб., посвящ. двадцатипятилетию каф. спорт. медицины им. проф. В.Л. Карпмана / РГАФК*. – М., 1994. – С. 12–39.
9. Корягина, Ю.В. Психологические аспекты спортивной работоспособности (анализ инновационных исследований зарубежных лабораторий за 2010–2016 гг.) / Ю.В. Корягина, В.Н. Смоленцева // *Соврем. проблемы науки и образования*. – 2016. – № 5. – С. 237.
10. Кудря, О.Н. Особенности периферической гемодинамики спортсменов при адаптации к нагрузкам различной направленности / О.Н. Кудря, М.А. Кирьянова, Л.В. Капилевич // *Бюл. сибир. медицины*. – 2012. – Т. 11, № 3. – С. 48–52.
11. Орел, В.Р. Сосудистая нагрузка сердца у спортсменов во время и после окончания мышечной работы / В.Р. Орел, А.В. Михайлова, А.Н. Гацунаев // *Вестник новых мед. технологий. Электрон. изд.* – 2016. – № 2. Публ. 2–16.
12. Особенности гемодинамики в нижних конечностях у спортсменов различной специализации / Ф.Н. Зусманович, В.А. Грязных, С.Н. Елизарова, О.В. Соломка // *Теория и практика физ. культуры*. – 2002. – № 7. – С. 10–12.
13. Оценка и интерпретация биохимических показателей высококвалифицированных спортсменов в ходе тренировочно-спортивной деятельности: метод. рек. / А.С. Самойлов, С.М. Разинкин, Е.В. Голобородько и др.; под ред. проф. В.В. Уйба. – М.: ФМБА России, 2018. – 40 с.
14. Пат. RU 2481785 С2 Российская Федерация. Способ определения минутного объема крови (МОК) и общего периферического сопротивления сосудов (ОПСС) / В.А. Пестряев, С.В. Кинжалова, Р.А. Макаров; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО УГМА Минздравсоцразвития России. – № 2011128217/14; заявл. 07.07.2011; опубл. 20.05.2013, Бюл. № 14.
15. Полиморфизм генов ренин-ангиотензиновой системы и гемостаза у подростков с различной спортивной специализацией / В.Б. Ярышева, Д.З. Шибкова, П.А. Байгузун, В.В. Эрлих // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2021. – Т. 21, № S1. – С. 19–23.
16. Пустовойт, В.И. Особенности изменений некоторых показателей гемодинамики спортсменов-парашютистов в экстремальных условиях / В.И. Пустовойт // *Соврем. вопросы биомедицины*. – 2021. – Т. 5, № 3 (16).
17. Consensus statement on the definition of orthostatic hypotension, neurally mediated syncope and the postural tachycardia syndrome / R. Freeman, W. Wieling, F.B. Axelrod et al. // *Clin Auton Res*. – 2011. – Vol. 21. – P. 69–72.
18. Size and blood flow of central and peripheral arteries in highly trained able-bodied and disabled athletes / M. Huonker, A. Schmid, A. Schmid-Trucksar et al. // *J. of Applied Physiology*. – 2003. – Vol. 95 (2). – P. 685–691.

19. Endothelial flow-mediated dilation and exercise capacity in highly trained endurance athletes / E. Kasikciogly, H. Oflaz, H.A. Kasikciogly et al. // *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*. – 2005. – Vol. 205 (1). – P. 45–51.

20. Vascular endothelium-derived factors and arterial stiffness in strength- and endurance-trained men / T. Otsuki, S. Maeda, M. Iemitsu et al. // *Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol.* – 2007. – Vol. 292. – H786.

References

1. Baevsky R.M., Berseneva A.P. *Vvedeniye v donozologicheskuyu diagnostiku* [Introduction to Pre-clinical Diagnostics]. Moscow, Slovo Publ., 2008. 220 p.

2. Bakhareva A.S., Shibkova D.Z., Erlich V.V. [Features of the Functional Response of the Body of Cross-country Skiers with Different Speed Indicators in the Load Test]. *Sovremennyye voprosy biomeditsiny* [Modern Issues of Biomedicine], 2022, vol. 6, no. 2 (19). DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_3

3. Boyko E.R. *Fiziologo-biokhimicheskiye mekhanizmy obespecheniya sportivnoy deyatel'nosti zimnikh tsiklicheskiykh vidov sporta* [Physiological and Biochemical Mechanisms for Ensuring Sports Activity in Winter Cyclic Sports]. Syktyvkar, Komi Republican Publ., 2019. 256 p.

4. Dembo A.G., Zemtsovsky E.V. *Sportivnaya kardiologiya: Rukovodstvo dlya vrachey* [Sports Cardiology. A Manual for Doctors]. Leningrad, Medicine Publ., 1989. 464 p.

5. Zamchiy T.P., Salova Yu.P., Koryagina Yu.V. [Features of Regional Hemodynamics of Athletes Developing Endurance, Strength and Power Endurance]. *Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina* [Therapeutic Physical Education and Sports Medicine], 2012, no. 7 (103), pp. 23–27. (in Russ.)

6. Zemtsovsky E.V. *Sportivnaya kardiologiya* [Sports Cardiology]. St. Petersburg, Gipppokrat Publ., 1995. 448 p.

7. Iordanskaya F.A., Buchina E.V. [Orthostatic Stability in Vegetative Support of Performance of Highly Qualified Athletes]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2017, no. 4, pp. 26–34. (in Russ.)

8. Karpman V.L. [Cardiovascular System and Oxygen Transport During Muscle Work. Act Speech]. *Kliniko-fiziol. kharakteristiki serdechno-sosudistoy sistemy u sportsmenov: sb., posvyashch. dvadtsatipyatiletuyu kaf. sport. meditsiny im. prof. V.L. Karpmana* [Clinical and Physiological Characteristics of the Cardiovascular System in Athletes. Collection Dedicated to the Twenty-fifth Anniversary of the Department of Sports Medicine Named After Professor V.L. Karpman], 1994, pp. 12–39. (in Russ.)

9. Koryagina Yu.V., Smolentseva V.N. [Psychological Aspects of Athletic Performance (Analysis of Innovative Studies by Foreign Laboratories in 2010–2016)]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2016, no. 5, p. 237. (in Russ.)

10. Kudrya O.N., Kiryanova M.A., Kapilevich L.V. [Features of Peripheral Hemodynamics of Athletes During Adaptation to Loads of Various Directions]. *Byulleten' sibirskoy meditsiny* [Bulletin of Siberian Medicine], 2012, vol. 11, no. 3, pp. 48–52. (in Russ.) DOI: 10.20538/1682-0363-2012-3-48-52

11. Orel V.R., Mikhailova A.V., Gatsunaev A.N. [Vascular Load of the Heart in Athletes During and After the end of Muscular Work]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoye izdaniye* [Bulletin of New Medical Technologies. Electronic Publication], 2016, no. 2, pp. 2–16. (in Russ.)

12. Zusmanovich F.N., Gryaznykh V.A., Elizarova S.N., Solomka O.V. [Features of Hemodynamics in the Lower Limbs of Athletes of Various Specializations]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2002, no. 7, pp. 10–12. (in Russ.)

13. Samoilov A.S., Razinkin S.M., Goloborodko E.V. et al. *Otsenka i interpretatsiya biokhimicheskikh pokazateley vysokokvalifitsirovannykh sportsmenov v khode trenirovochno-sportivnoy deyatel'nosti* [Evaluation and Interpretation of Biochemical Indicators of Highly Qualified Athletes During Training and Sports Activities]. Moscow, FMBA of Russia Publ., 2018. 40 p.

14. Pestryaev V.A., Kinzhalova S.V., Makarov R.A. *Sposob opredeleniya minutnogo ob'yema krovi (MOK) i obshchego perifericheskogo soprotivleniya sosudov (OPSS)* [Method for Determining the Minute Volume of Blood (MOB) and Total Peripheral Vascular Resistance (TPVR)]. Patent RF, no. 2481785, 2013.

15. Yarysheva V.B., Shibkova D.Z., Baiguzhin P.A., Erlich V.V. Polymorphism of the Renin-Angiotensin System and Hemostasis Genes in Adolescents with Different Sports Specializations. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. S1, pp. 19–23. (in Russ.)
16. Pustovoit V.I. [Features of Changes in Some Hemodynamic Indicators of Parachutist Athletes in Extreme Conditions]. *Sovremennyye voprosy biomeditsiny* [Modern Issues of Biomedicine], 2021, vol. 5, no. 3 (16). (in Russ.) DOI: 10.51871/2588-0500_2021_05_03_5
17. Freeman R., Wieling W., Axelrod F.B. et al. Consensus Statement on the Definition of Orthostatic Hypotension, Neurally Mediated Syncope and the Postural Tachycardia Syndrome. *Clin Auton Research*, 2011, vol. 21, pp. 69–72. DOI: 10.1007/s10286-011-0119-5
18. Huonker M., Schmid A., Schmid-Trucksar A. et al. Size and Blood Flow of Central and Peripheral Arteries in Highly Trained Able-bodied and Disabled Athletes. *Journal of Applied Physiology*, 2003, vol. 95 (2), pp. 685–691. DOI: 10.1152/jappphysiol.00710.2001
19. Kasikciogly E., Oflaz H., Kasikciogly H.A. et al. Endothelial Flow-mediated Dilation and Exercise Capacity in Highly Trained Endurance Athletes. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 2005, vol. 205 (1), pp. 45–51. DOI: 10.1620/tjem.205.45
20. Otsuki T., Maeda S., Iemitsu M. et al. Vascular Endothelium-derived Factors and Arterial Stiffness in Strength- and Endurance-trained Men. *American Journal Physiology Heart Circ. Physiology*, 2007, vol. 292, H786. DOI: 10.1152/ajpheart.00678.2006

Информация об авторах

Бахарева Анастасия Сергеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры спортивного совершенствования, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Шибкова Дария Зайтдиновна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник центра спортивной науки, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Эрлих Вадим Викторович, доктор биологических наук, профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Anastasia S. Bakhareva, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Athletic Performance Enhancement, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Darya Z. Shibkova, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Research Center for Sports Science, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Vadim V. Erlikh, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

All authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 21.11.2024

The article was submitted 21.11.2024