УДК 796 .015.8

Динамика показателей гемодинамики при ортостатической пробе у лыжников-гонщиков разной квалификации в годичном цикле подготовки

Петров Р.Е.*
Елабужский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета
Елабуга, Россия
*ORCID: 0000-0001-9352-971X, Romanpetrovrdr@mail.ru**

Аннотация. В в системе подготовки лыжников-гонщиков контроль функционального состояния сердечно-сосудистой системы является приоритетным направлением, поскольку именно она лимитирует транспорт кислорода и определяет переносимость высоких нагрузок. Своевременная диагностика адаптационных сдвигов позволяет предотвратить перетренированность и срыв адаптации. ***Материалы.*** В лонгитюдном исследовании приняли участие лыжники-гонщики (I разряд — мастера спорта) в возрасте 16–24 лет. Тестирование проводилось 8 раз в течение годичного цикла подготовки (с мая 2024 по март 2025 г.). ***Методы исследования***. Использовалась активная ортостатическая проба с регистрацией показателей после 5 минут в положении лежа и после 5 минут в положении стоя на аппарате МАРГ 10-01 «Микролюкс». Анализировались 36 параметров гемодинамики, включая центральную (ЧСС, УО, МОК, АД), периферическую гемодинамику и показатели вегетативной регуляции (HRV). ***Результаты.*** Установлено, что реакция на ортостаз изменяется в зависимости от этапа подготовки. В начале подготовительного периода выявлено резкое падение ударного объема (УО -65 мл) и конечно-диастолического объема (КДО -85 мл), что указывает на гиповолемию после перенесенного заболевания. В середине цикла зафиксирован вегетативный дисбаланс: спазм капилляров (Афпг -80 у.е.), рост периферического венозного индекса (PVI +21,2 у.е.) и парадоксальные ваготонические реакции. В соревновательном периоде отмечены признаки срыва адаптации: критическое снижение венозного возврата (КДО -69 мл), чрезмерная тахикардия (ЧСС +38 уд/мин) и турбулентность кровотока (VVI +38,3 у.е.). ***Заключение.*** Ортостатическая проба является информативным методом оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы лыжников-гонщиков, позволяя диагностировать гиповолемию, вегетативный дисбаланс и предвестники срыва адаптации. ***Научная новизна***. На основе лонгитюдного анализа с использованием широкого спектра реографических показателей детализированы механизмы долговременной адаптации сердечно-сосудистой системы у высококвалифицированных лыжников-гонщиков. ***Практическая значимость.*** Результаты исследования позволяют своевременно корректировать тренировочный процесс, предотвращая состояние перетренированности, и могут быть использованы в практике спортивной медицины и физиологии спорта.

Ключевые слова: лыжники-гонщики, гемодинамика, сердечно-сосудистая система, ортостатическая проба.

Для цитирования: Петров Р.Е.* Динамика показателей гемодинамики при ортостатической пробе у лыжников-гонщиков разной квалификации в годичном цикле подготовки. Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2026; 21(1): 423-427.

Dynamics of hemodynamic parameters during orthostatic testing in cross-country skiers of different qualifications in the annual training cycle

Roman E. Petrov*
Elabuga Institute (branch) of Kazan (Volga Region) Federal University
Elabuga, Russia
*ORCID: 0000-0001-9352-971X, Romanpetrovrdr@mail.ru**

Abstract. In the training of cross-country skiers, monitoring the functional state of the cardiovascular system is in priority, since it limits oxygen transport and determines the tolerance of high loads. Timely diagnosis of adaptive shifts helps to prevent overtraining and adaptation failure. ***Materials.*** Cross-country skiers (1st category - Master of Sports) aged 16-24 years participated in a longitudinal

study. Testing was conducted 8 times during the annual training cycle (from May 2024 to March 2025). ***Research methods***. An active orthostatic test was used with recording of indicators after 5 minutes in a supine position and after 5 minutes in a standing position using the MARG 10-01 Microlux device. 36 hemodynamic parameters were analyzed, including central (HR, SV, IOC, BP), peripheral hemodynamics and autonomic regulation indicators (HRV). ***Results.*** It was established that the response to orthostasis varies depending on the stage of preparation. At the beginning of the preparatory period, a sharp drop in stroke volume (SV - 65 ml) and end-diastolic volume (EDV - 85 ml) was observed, indicating hypovolemia after the illness. In the middle of the cycle, a vegetative imbalance was recorded: capillary spasm (AFPG - 80 c.u.), an increase in the peripheral venous index (PVI + 21.2 c.u.), and paradoxical vagotonic reactions. During the competitive period, signs of adaptation failure were noted: a critical decrease in venous return (EDV - 69 ml), excessive tachycardia (HR + 38 bpm), and blood flow turbulence (VVI + 38.3 c.u.). ***Conclusion.*** The orthostatic test is an informative method for assessing the functional state of the cardiovascular system of cross-country skiers, allowing for the diagnosis of hypovolemia, autonomic imbalance, and precursors of adaptation failure. ***Scientific novelty.*** The mechanisms of long-term cardiovascular adaptation in highly skilled cross-country skiers have been detailed using a longitudinal analysis and a wide range of rheographic parameters. ***Practical significance***. The study results enable timely adjustments to the training process, preventing overtraining, and can be used in sports medicine and exercise physiology.

For citation: Roman E. Petrov*. Dynamics of hemodynamic parameters during the orthostatic test in cross-country skiers of different skills during the annual training cycle. Russian Journal of Physical Education and Sport. 2026; 21(1): 423-427.

Введение

В лыжных гонках основным фактором, определяющим спортивный результат, являются функциональные возможности сердечно-сосудистой системы. Данная система обеспечивает транспорт кислорода к работающим мышцам и выведение метаболических продуктов из них. Эффективность выполнения этих функций напрямую зависит от функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Реакция сердечно-сосудистой системы на изменения внутренней среды организма, а также скорость ее адаптации к физическим нагрузкам отражают уровень общей готовности организма спортсмена. В связи с этим актуальной представляется проблема адаптации сердечно-сосудистой системы у спортсменов в процессе многолетней подготовки [1,2,3].

Цель исследования: выявить особенности реакции показателей гемодинамики при проведении ортостатической пробы у лыжников-гонщиков в годичном цикле подготовки.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие лыжники-гонщики в возрасте от 16 до 24 лет, имеющие квалификацию от I разряда до мастера спорта. Тестирование проводилось с периодичностью один раз в 6-8 недель, в восстановительном микроцикле, с использованием активной ортостатической пробы. Регистрация показателей осуществлялась дважды: после пятиминутного пребывания в положении лежа и после пятиминутного пребывания в положении стоя. На основании полученных данных проводился анализ показателей гемодинамики, позволяющий оценить степень реакции сердечно-сосудистой системы на ортостатическую пробу.

Исследование проводилось с помощью аппарата МАРГ 10-01 «Микролюкс» К.5+, где определяли следующие показатели гемодинамики: SpO2 – Сатурация; Афпг – амплитуды пульсации микрососудов; PVI – периферический венозный индекс; S – индекс напряжения; АД – артериальное давление; АДср – среднее артериальное давление; АДпв – артериальное пульсовое давление; ЧДрео – частота дыхания; ЧСС – частота сердечных сокращений; HRV – вариабельность сердечного ритма; УО – ударный Объем; VVI – индекс скорости и объема кровотока; Арео – амплитуда реоволны аорты; ФВ – фракция выброса; ИУС – индекс ускорения; ИСК – индекс скорости (индекс сократимости); МОК – минутный объем крови; УИ – ударный индекс; СИ – сердечный индекс; КДО – конечный диастолический объем; КДИ – конечный диастолический индекс; ИРЛЖ – индекс работы левого желудочка; уИРЛЖ – ударный индекс работы левого желудочка; ОПС – общее периферическое сопротивление; ИОПС – индекс общего периферического сопротивления; уИОПС – ударный индекс общего периферического сопротивления; волемия; инотропия; тонус сосудов; хронотропия.

Результаты и обсуждение

Для анализа показателей гемодинамики в

годичном цикле подготовки было проведено лонгитюдное исследование лыжников-гонщиков, но для анализа результатов исследования мы взяли для примера одного испытуемого. Тестирование проводилось каждые 6-8 недель с целью оценки функциональной готовности сердечно-сосудистой системы и последующей коррекции тренировочного процесса. На момент начала исследования спортсмен имел квалификацию «Мастер спорта» по лыжным гонкам. Анализ строился на индивидуальной оценке изменений гемодинамических параметров в ответ на ортостатическую пробу.

Первое исследование (06.05.24) проведено в начале подготовительного периода. При проведении ортостатической пробы выявлена следующая динамика: зафиксировано резкое снижение ударного объема (УО) на -65 мл. и конечно-диастолического объема (КДО) на -85 мл., что свидетельствуют о недостаточном венозном возврате и наполнении полостей сердца. Сократительная способность миокарда тоже резко снизилось, индекс ускорения (ИУС) (-95 у. е.), указывая на неспособность сердца быстро компенсировать дефицит объема крови. Отмечается компенсаторная тахикардия частоты сердечных сокращений ЧСС на +21 уд/мин, за счет которого пытается сердце компенсировать снижение УО. Совокупность данных изменений позволяет диагностировать выраженную ортостатическую гиповолемию, при которой сердечный выброс осуществлялся в условиях минимального венозного возврата. Вероятной причиной является недостаточная адаптация сосудистого русла к нагрузкам в начале подготовительного периода, а также возможное снижение плазмы крови. Кроме того, следует учитывать, что окончание предыдущего соревновательного периода (середина марта - начало апреля) осложнилось перенесенным вирусным заболеванием, что могло повлиять на функциональное состояние спортсмена.

Рекомендации: увеличение объема потребляемой жидкости; включение в тренировочный процесс упражнений, направленных на улучшение венозного возврата; исключение длительных статических нагрузок.

Второе исследование (16.06.24). Анализ ортостатической пробы выявил следующие изменения: снижение амплитуды пульсации микрососудов (Афпг) на -80 у.е., что свидетельствует о спазме капилляров. Показатель индекс напряжения (S) снизился на -40 у.е., указывая на парадоксальную ваготоническую реакцию, где произошла активация парасимпатического отдела вегетативной нервной системы в ответ на ортостаз. ЧСС повысилась на +26 уд/мин отражая рост активности симпатической системы. Отмечено повышение тонуса сосудов при ортопробе на +64 у.е., что говорит о вазоконстрикции. Рост диастолического артериального давления (АДдист) увеличился на +29 мм.рт.ст. свидетельствует об избыточной гипертензивной реакции аорты. Выявленная картина указывает на дизрегуляцию вегетативной нервной системы, проявляющуюся сочетанием парадоксальной реакции и тахикардии, а также на спазм микрососудистого русла. Данное состояние может быть следствием не довосстановления спортсмена на данном этапе.

Рекомендации: снижение объема тренировочных нагрузок на 30-50% в течение недели; исключение высокоинтенсивных тренировок; удержание пульса в аэробной зоне до 140 уд/мин; применение восстановительных средств и методов; контроль показателей ЭКГ.

Третье исследование (05.08.24). Показатели гемодинамики при ортостатической пробе находятся в пределах нормы. Ранее выявленные отклонения нивелировались. Реакция сердечно-сосудистой системы на ортостаз оценивается как адекватная, что свидетельствует о полном восстановлении спортсмена и его хорошей функциональной готовности.

Рекомендации: разрешено увеличение объемов и интенсивности тренировочных нагрузок.

Четвертое исследование (23.09.24). В результатах пробы отмечается выраженный рост периферического венозного индекса (PVI) на +21,2 у.е. и тонуса сосудов на +45 у.е., что свидетельствует о нарастании гиповолемии и избыточном спазме сосудов. Увеличение вариабельности сердечного ритма (HRV) на +14,7 у.е. при ортостазе указывает на снижение симпатической активации. Чрезмерное увеличение индекса скорости и объема кровотока (VVI) на +22,7 у.е. может свидетельствовать о турбулентности кровотока. Выявленные изменения характеризуются как вегетативный дисбаланс с явлениями гиповолемии, при котором дефицит объема крови в положении стоя компенсируется выраженной вазоконстрикцией.

Рекомендации: снижение интенсивности физических нагрузок с возможным увеличением объема работы низкой интенсивности.

Пятое исследование (12.11.24). Зафиксировано увеличение падения УО (-41 мл.) и КДО (-58 мл.), что подтверждает снижение венозного возврата. Продолжающийся рост HRV (+10,8 у.е.) свидетельствует о сохраняющимся вегетативном дисбалансе. Показатель PVI (+15,3 у.е.) находятся у верхней границы нормы. Данная картина расценивается как работа организма на пределе компенсаторных возможностей. Усугубление

состояния может связано с высокообъемными нагрузками на снегу, характерным для данного этапа подготовки.

Рекомендации: введение дополнительных дней отдыха для оптимизации восстановления.

Шестое исследование (24.12.24). Выявлено критическое снижение КДО (-69 мл.), значительный рост ЧСС (+38 уд/мин), отражающий высокую активность симпатической системы, чрезмерный рост VVI (+38,3 у.е.) указывающий на турбулентность и перегрузку. PVI (+18,5 у.е.) подтверждает наличие выраженной гиповолемии. Снижение общего периферического сопротивления (ОПС) на -69 у.е. свидетельствует о вазодепрессорной реакции. Совокупность признаков указывает на высокую вероятность срыва адаптации. Отягчающим фактором могло стать вирусное заболевание, перенесенное в начале декабря.

Рекомендации: полный отдых в течение 2 дней с последующим снижением объема и интенсивности нагрузок на одну неделю.

Седьмое исследование (04.02.25). Отмечается нормализация большинства показателей, что свидетельствует о восстановлении спортсмена после периода перенапряжения. Фиксируется незначительное снижение индекса сократимости миокарда (ИСК) на -40 у.е. и инотропного индекса на -25 у.е., что может указывать на некоторое снижение сократимости миокарда.

Рекомендации: постепенное повышение интенсивности физических нагрузок под контролем функционального состояния и процессов восстановления.

Восьмое исследование (18.03.25). Выявлено снижение минутного объема крови (МОК) на - 2,8 л/мин, обусловленное падением УО (-52 мл) при незначительном компенсаторном росте ЧСС (+10 уд/мин). Отмечается снижение ИУС (-92 у.е.) и ИСК (-44 у.е.) на фоне парадоксального роста инотропии (+14 у.е.), что может рассматриваться как компенсаторный механизм в

Таблица 1

Динамика реакций на ортостаз (Δ стоя-лежа) показателей гемодинамики у лыжника-гонщика за годичный цикл подготовки

Показатели гемодинамики	06.05.24	16.06.24	05.08.24	23.09.24	12.11.24	24.12.24	04.02.25	18.03.25
SpO2	0	0	0	0	+ 1	+ 1	+1	+1
Афит	- 4	- 80	+ 17	- 9	- 16	- 24	- 6	+ 23
PVI	- 2,8	+ 10,8	+15,6	+ 21,2	+ 15,3	+ 18,5	+10,9	- 9,6
S	+ 1	- 40	+ 9	- 34	- 11	+3	- 13	- 3
АД	- 1/+3	+20/+29	+11/+8	+19/+13	+15/+7	0/+13	+17/+24	+10/+8
АДдр	+ 1	+26	+5	+15	+9	+8	+22	+ 8
АДдиа	+ 1	+26	+5	+15	+9	+8	+22	+ 8
ЧДрео	- 4	+4	+4	- 2	+5	- 1	- 13	- 2
ЧСС	+ 21	+26	+11	+18	+ 15	+ 38	+10	+ 10
HRV	- 6	+8,8	+10,2	+14,7	+10,8	+ 2	+ 6,2	+ 1
УО	- 65	- 50	- 5	- 41	- 41	- 46	- 36	- 52
VVI	+ 4,1	+6,7	+14,5	+22,7	+ 20,7	+ 38,3	+ 4,4	+ 6,8
Арео	- 63	- 79	+6	- 45	0	- 25	- 30	- 43
ФВ	- 8	- 4	-2	- 5	- 3	- 2	- 4	- 6
ИУС	- 95	- 29	+6	- 42	+ 14	- 27	- 80	- 92
ИСК	- 44	- 25	-1	- 28	- 6	- 17	- 40	- 44
МОК	- 1,1	+0,2	+2,1	+ 0,2	- 0,4	+ 1,6	- 1,1	- 2,8
УИ	- 33	- 28	-2	- 24	- 26	- 20	- 19	- 28
СИ	- 0,6	+0,1	+1,1	+ 0,1	- 0,2	+0,8	- 0,5	- 1,5
КДО	- 85	- 68	+3	- 49	- 58	- 69	- 44	- 71
КДИ	- 44	- 35	+1	- 26	- 30	- 36	- 23	- 37
ИРЛЖ	- 0,6	+ 1,8	+1,2	+ 0,9	0	+ 1,7	+ 1	- 1
уИРЛЖ	- 38	- 3	+2	- 9	- 16	- 18	0	- 24
ОПС	+ 138	- 7	-59	+ 11	+ 34	- 69	+ 274	+ 258
ИОПС	+ 254	+ 436	-18	+ 276	+ 272	- 54	+ 471	+ 466
уИОПС	+ 52	+67	+7	+ 44	+ 39	112	+ 48	+ 48
Волемия	- 5	+ 16	+ 28	+ 20	- 5	+ 3	+ 30	+ 6
Инотропия	- 28	- 19	- 22	- 32	- 17	- 15	- 25	+14
Тонус сосудов	+46	+ 64	+ 15	+ 45	+ 37	+ 30	+ 40	0
Хронотропия	+16	+ 17	+ 11	+ 28	+ 2	+31	+ 17	+ 29

Заключение

На основании проведенного лонгитюдного анализа установлено, что ортостатическая проба является информативным методом оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы лыжников-гонщиков. Выявленные изменения гемодинамики отражают динамику адаптационных процессов в годичном цикле, позволяя диагностировать гиповолемию, вегетативный дисбаланс и признаки срыва адаптации. Индивидуальный подход к интерпретации результатов тестирования способствует своевременной коррекции тренировочных нагрузок, что имеет важное практическое значение для

оптимизации подготовки спортсменов.

Благодарности

«О выполнении работ по гранту государственного научного бюджетного учреждения «Академия наук Республики Татарстан» на поддержку плана развития кадрового потенциала образовательной организации высшего образования, научной организации, иной организации, повышения престижности и привлекательности научно-педагогических профессий, привлечения в научно-образовательный кластер высококвалифицированных и эффективных специалистов, поддержки и удержания научно-педагогических кадров (девиз темы «Постдок-25»)».

Список литературы

1. Петров Р.Е., Мутаева И.Ш., Халиков Г.З. Исследование амплитуды сокращения четырехглавой мышцы бедра лыжников-гонщиков в подготовительном периоде подготовки. *Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт*. 2024; 6: 88-95. DOI 10.24412/2305-8404-2024-6-88-95. EDN JGDXVW.

2. Фирсова В.В., Ванюшин Ю.С. Анализ динамики показателей сердечно-сосудистой системы лыжников-гонщиков 12-13 лет в соревновательном периоде. *Актуальные проблемы и современные тенденции развития спортивной подготовки в циклических видах спорта: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти профессора Г.В. Цыганова, прошедшей в рамках Десятилетия науки и технологий, Казань, 23 мая 2025 года. Казань: Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма*. 2025: 282-287. EDN FHDXYA.

3. Шерстюк С.А., Капилевич Л.В., Шерстюк А.А. Гемодинамические характеристики работоспособности спортсменов с учетом вегетативной регуляции. *Теория и практика физической культуры*. 2021; 4: 55-57.

References

1. Petrov R.E., Mutaeva I.Sh., Khalikov G.Z. Study of the amplitude of cross-country skiers' quadriceps femoris muscle contraction during the preparatory period of training. *Vestnik Tul'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Fizicheskaya kul'tura. Spor*t. 2024; 6: 88-95. DOI 10.24412/2305-8404-2024-6-88-95. - EDN JGDXVW [In Russ.].

2. Firsova V.V., Yu. S. Vanyushin. Analysis of the dynamics of 12-13-year-old cross-country skiers' cardiovascular system indicators during the competitive period. *Aktual'nye problemy I sovremennye tendentsii razvitiya sportivnoy podgotovki v tsiklicheskih vidah sporta: Materialy IVVserossijskojnauchno-prakticheskyjkonferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyaschennoy pamyati professora G.V. Tsyganova, proshedshey v ramkah Desyatiletiya nauki I tehnologiy, Kazan, 23 maya 2025 goda* [Actual problems and modern trends in the development of sports training in cyclic sports: Proceedings of the IV All-Russian scientific and practical conference with international participation, dedicated to the memory of Professor G.V. Tsyganov, held as part of the Decade of Science and Technology, Kazan, May 23, 2025]. Kazan: Volga Region State University of Physical Education, Sports and Tourism. 2025: 282-287. EDN FHDXYA [In Russ.].

3. Sherstyuk S.A., Kapilevich L.V., Sherstyuk A.A. Hemodynamic characteristics of athletes' performance taking into account vegetative regulation. *Teoriya I praktika fizicheskoy kul'tury = Theory and practice of physical culture*. 2021; 4: 55-57 [In Russ., In Engl.].

Статья поступила в редакцию: 20.02.2026

Петров Роман Евгеньевич *– кандидат педагогических наук, доцент, Елабужский институт (филиал) Казанский (Приволжский) федеральный университет, 423600, Россия, г. Елабуга, ул. Казанская, дом 89, e-mail: Romanpetrovrdr@mail.ru*