

8. Фомин, Н.А. Морфофункциональные предпосылки возрастных изменений кардио- и гемодинамики при занятиях спортом / Н.А. Фомин, Н.Н. Дятлова // Теория и практика физической культуры. – 2002. – № 2. – С. 21–26.
9. ABC of Sports Medicine: Sudden death in sport / W.S. Hillis [et al.] // BMJ. – 1994. – Vol. 309. – P. 657–660.
10. Fagard, R. Athlete's heart / R. Fagard // General cardiology. – 2003. – Vol. 89. – P. 1455–1461.
11. Giusti, G. Physiological hypertrophy (the athlete's heart) / G. Giusti; ed. by Desmond J. Sheridan. – London, 1998. – 208 p.
12. Lauschke, J. Athlete's heart or hypertrophic cardiomyopathy? / J. Lauschke, B. Maisch // Clin Res Cardiol. – 2009. – Vol. 98 (2). – P. 80–88.
13. The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes / A. Pelliccia [et al] // N. Engl. J. Med. – 1991. – Vol. 324, № 5. – P. 295–301.

Поступила 18.05.2010

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ СТАНДАРТНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

**И.В. Листопад, канд. пед. наук, доцент,
Заслуженный тренер Республики Беларусь,
Белорусский государственный университет физической культуры**

В статье представлены результаты изучения сравнительного анализа исследования механизмов энергообеспечения спортсменов в лыжных гонках с использованием различных видов тестирования. Приведены данные статистической обработки результатов велоэргометрического тестирования и тестирования с использованием специального лыжного эргометра MetaMax 3B. Выявлена достоверная корреляционная зависимость показателей МПК, ПАНО и максимальной частоты сердечных сокращений при проведении лабораторного тестирования на велоэргометре и на лыжном эргометре.

Comparative analysis of research data of athletes' energy supply mechanisms in ski races are presented in the article. Different testing methods were applied in the process of the scientific research. The data of the statistical processing of the testing results on bicycle-ergometer and specific ski-ergometer MetaMax 3B are cited. Reliable correlation dependence of VO_{2max} , anaerobic metabolism threshold, and maximal heart rate indices were revealed in the process of a laboratory testing on bicycle-ergometer and ski-ergometer.

Введение. В современных условиях спорта высших достижений проблема отбора и определения перспективности спортсменов приобретает все большую значимость. В общем процессе целенаправленной подготовки спортсменов вы-

сокой квалификации особое внимание уделяется выявлению наиболее одаренных, перспективных спортсменов, так как рекордные достижения характерны для спортсменов, обладающих наиболее высокими для данного вида спорта показателями. Для представителей циклических видов спорта одно из важных мест в прогнозе перспективности занимает определение потенциала различных систем энергообеспечения мышечной деятельности спортсменов [7]. Для оценки энергетических возможностей спортсменов существуют стандартные виды лабораторного тестирования, позволяющие оценить аэробные и анаэробные возможности спортсменов, анаэробную емкость, анаэробную гликолитическую мощность и емкость, алактатную анаэробную мощность и емкость и т. д. с учетом избранного конкретного вида спорта и специализации [1–5, 9].

В лыжных гонках наиболее приемлемым видом стандартного лабораторного тестирования является тестирование на лыжном эргометре (тредбане). Однако на сегодняшний день в Республике Беларусь отсутствует такое оборудование. Тестирование энергетических возможностей на лыжном тредбане дорогостоящее и для членов национальной команды осуществляется за границей. Вместе с тем существует реальная потребность в тестировании энергетических возможностей спортсменов резерва для выявления среди них наиболее перспективных. Одним из наиболее информативных и значимых показателей для видов спорта на выносливость является максимальное потребление кислорода (МПК, VO_2max) [8, 10]. Для определения аэробной подготовленности также используются показатели величины анаэробного порога как легко воспроизводимые и характеризующие соотношение развития аэробных и анаэробных возможностей. Это позволяет применять его в системе отбора в качестве интегрального критерия общей подготовленности спортсменов [6]. Под влиянием предельной ступенчато-возрастающей нагрузки до отказа происходит значительная мобилизация функциональных резервов организма, обусловленная как предрасположенностью к работе аэробного и анаэробного характера, так и эффективностью тренировочной подготовки.

Вместе с тем в литературе отсутствуют данные сравнения показателей различных видов тестирования и возможности использования велоэргометрического тестирования для оценки физической работоспособности лыжников-гонщиков.

Цель исследования состояла в сравнительном анализе результатов тестирования высококвалифицированных лыжников-гонщиков на лыжном эргометре и велоэргометре.

Организация и методы исследования. В исследовании приняли участие 4 высококвалифицированных спортсмена (МСМК), специализирующихся в лыжных гонках. Велоэргометрическое тестирование проводилось в НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь. В качестве тестирующей нагрузки применялся субмаксимальный велоэргометрический тест со ступенчато-возрастающей нагрузкой. Каждые две минуты мощность нагрузки увеличивалась на 150 кгм/мин без интервалов отдыха вплоть до отказа от работы из-за усталости. На каждой ступени задания регистрировали частоту сердечных со-

кращений (ЧСС). Забор крови для определения лактата осуществляли из пальца на ступенях задания. Определение концентрации лактата осуществлялось с использованием анализатора лактата “BIOSEN” (EKF, Германия). Максимальное потребление кислорода (МПК) определяли с использованием газоаналитической системы Siller AT-104 Ergo-Spiro (Швейцария).

Тестирование физической работоспособности и механизмов энергообеспечения с использованием специального лыжного эргометра MetaMax 3В проводилось в Internationales Trainingszentrum (Рамзау, Австрия). Спортсмены выполняли тест со ступенчато-возрастающей нагрузкой на лыжероллерах свободным стилем до «отказа». Скорость движения тредбана в течение теста была постоянной (3,0 м/с). Каждые 4 минуты (одна ступень) изменялся угол наклона тредбана, начальный угол составил 1 градус. Максимальное количество ступеней – 9. Время отдыха между ступенями составляло 40 с. На каждой ступени регистрировали потребление кислорода, частоту сердечных сокращений и содержание лактата в периферической крови. После окончания нагрузки содержание лактата определялось через 3, 5 и 7 минут.

По результатам исследования строились графики зависимости «мощность работы – лактат» и «мощность работы – ЧСС». При велоэргометрическом тестировании величины мощности выполненной работы выражались в кг м/мин, а при тестировании на лыжном эргометре – в величинах угла наклона дорожки эргометра (в градусах). Затем рассчитывалась мощность работы и частота сердечных сокращений в различных зонах энергообеспечения. В качестве показателей, характеризующих проявление физической работоспособности за счет различных источников энергии, использовались следующие показатели. Для оценки аэробной выносливости спортсменов использовались показатели мощности выполненной работы на уровне концентрации лактата 4 ммоль/л, так называемого анаэробного порога (АнП) или порога анаэробного обмена (ПАНО). Для оценки анаэробной производительности спортсменов использовались показатели мощности процессов анаэробного гликолиза по показателям работоспособности на пике уровня лактата (А макс.).

Результаты исследования и их обсуждение. Индивидуальные результаты тестирования спортсменов на лыжном эргометре и велоэргометре представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты тестирования лыжников-гонщиков на велоэргометре при проведении ступенчато-возрастающего нагрузочного теста

№ обследуемого	VO ₂ max, мл/мин/кг	А макс., кгм/мин	ПАНО, кгм/мин	Лактат макс., ммоль/л	ЧСС макс., уд/мин	ЧСС АП, уд/мин
1	60,1	2100	1548	5,83	175	162
2	61,6	2100	1473	10,3	180	145
3	57,4	2100	1487	7,74	186	166
4	62,0	2400	2018	5,58	162	160

Таблица 2 – Результаты тестирования лыжников-гонщиков на лыжном эргометре при проведении ступенчато-возрастающего нагрузочного теста

№ обследуемого	VO ₂ max, мл/мин/кг	A макс., град.	ПАНО, град.	Лактат макс., ммоль/л	ЧСС макс., уд/мин	ЧСС АП, уд/мин
1	66,0	7,98	4,69	15,58	195	177
2	70,0	7,56	4,76	15,95	193	174
3	60,0	6,96	4,27	11,02	204	187
4	69,0	7,20	6,11	8,84	180	168

Результаты сравнительного анализа показателей представленных видов тестирования с использованием t – критерия Стьюдента и корреляционного анализа отражены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Результаты изучения корреляционной зависимости данных тестирования на лыжном эргометре и велоэргометре у высококвалифицированных лыжников-гонщиков

	Коэффициент корреляции	p
VO ₂ max, мл/мин/кг	0,9855*	p=,014
Мощность работы макс.	-0,3374	p=,663
Мощность ПАНО	0,9622*	p=,038
Лактат макс., ммоль/л	0,4982	p=,502
ЧСС макс, уд/мин	0,9564*	p=,044
ЧСС ПАНО, уд/мин	0,4644	p=,536

Примечание – * – достоверная корреляция, p<0,05.

Таблица 4 – Сравнительный анализ результатов тестирования энергетических возможностей лыжников-гонщиков на лыжном эргометре и велоэргометре (n=4)

Вид тестирования	VO ₂ max, мл/мин/кг	A макс., кг м/мин	ПАНО, кг м/мин	Лактат макс., ммоль/л	ЧСС макс., уд/мин	ЧСС АП, уд/мин
Велоэргометр	60,3±1,04	2175±75	1631±130	7,36±1,09	176±5	158±5
Лыжный эргометр	66,3±2,25*	7,43±0,22	4,96±0,40	12,85±1,74*	193±5*	177±4*

Примечание – * – различия достоверны в сравнении с тестированием на велоэргометре, p<0,05.

Сравнивая валидность (по коэффициенту корреляции) показателей лабораторного тестирования на велоэргометре с результатами исследования на лыжном эргометре следует отметить достоверную прямую корреляционную зависимость показателей максимального потребления кислорода (r=0,9855, p=0,014), ПАНО (r=0,9622, p=0,038) и максимальной частоты сердечных сокращений (r=0,9564, p=0,044) при различных видах тестирования. Выявленная закономерность позволяет с высокой степенью достоверности использовать данные велоэргометрического тестирования для оценки вышеназванных показателей и выявления

из группы обследуемых спортсменов, обладающих высокими значениями МПК и ПАНО. При этом важно обращать внимание и вносить соответствующую поправку, обусловленную достоверным различием в значениях МПК при тестировании на вело- и лыжном эргометрах ($60,3 \pm 1,04$ мл/мин/кг и $66,3 \pm 2,25$ мл/мин/кг соответственно) ($p < 0,05$).

Важным является достоверная корреляция величины порога анаэробного обмена данных видов тестирования, поскольку ПАНО является одним из факторов, характеризующих общую выносливость и готовность спортсмена к выполнению больших нагрузок, что зависит от уровня окислительной способности организма [6, 7]. Чем выше показатели ПАНО, тем в меньшей степени фиксируется накопление лактата и тем большую работу по продолжительности и мощности способен выполнить спортсмен. В данном случае велоэргометрическое тестирование также как и тестирование на лыжном эргометре позволяет выявить спортсменов с высоким уровнем ПАНО и достоверным образом оценивать динамику этого важного показателя в тренировочном процессе.

Учет достоверной корреляции и наличия различий в значениях максимальной частоты сердечных сокращений (176 ± 50 уд/мин при тестировании на велоэргометре и 193 ± 5 уд/мин – на лыжном тредбане) ($p < 0,05$) с учетом соответствующей поправки позволяет выявить спортсменов с лучшей адаптацией сердечно-сосудистой системы к максимальной нагрузке.

Показатели максимальной мощности выполненной работы, максимального накопления лактата и частоты сердечных сокращений на уровне ПАНО не обнаруживают достоверных корреляционных связей. Проведение тестирования на велоэргометре предполагает завершение выполнения работы на определенной ступени в зависимости от физической работоспособности спортсмена. При тестировании на лыжном эргометре возможно прекращение тестирования в любой временной точке ступени задания, которое составляет 4 минуты, при отказе спортсмена от дальнейшего проведения тестирования из-за усталости.

Не наблюдалась корреляция между величинами максимального накопления лактата в проводимых тестах. Из данных сравнительного анализа этих величин (таблица 4) видно, что максимальное накопление лактата на лыжном эргометре достоверно выше по сравнению с тестированием на велоэргометре и составляет $12,85 \pm 1,74$ ммоль/л и $7,36 \pm 1,09$ ммоль/л соответственно ($p < 0,05$). Выявленная закономерность, возможно, обусловлена большей активацией гликолитического механизма энергообеспечения при выполнении физической нагрузки при динамической нагрузке на лыжероллерах, которая специфична для лыжников-гонщиков, по сравнению с работой статического характера на велоэргометре в связи с вовлечением большего числа мышц в обеспечении локомоций при выполнении теста на лыжном эргометре. Отсутствие корреляционных взаимосвязей и значительная разница в значениях ЧСС на уровне ПАНО позволяет применять данные определения этого показателя при проведении велоэргометрического тестирования и в дальнейшем использовать эти данные в тренировочном процессе для расчета режимов тренировки. С этой целью целесообразно

использовать аналоги тестирования со ступенчато-возрастающей нагрузкой в беговых тестах или тестов на лыжероллерах с проведением серий повторного бега с постепенно-возрастающей скоростью [5].

Выводы

1. Существует достоверная прямая корреляционная зависимость между показателями МПК, ПАНО и максимальной частоты сердечных сокращений при выполнении тестирования высококвалифицированных лыжников-гонщиков на вело- и лыжном эргометрах.

2. Учитывая достоверную корреляционную зависимость показателей МПК в тестах на вело- и лыжном эргометрах возможно использование велоэргометрического тестирования для выявления перспективных спортсменов с высокими значениями МПК.

3. Целесообразно использование тестирования на велоэргометре для поиска перспективных спортсменов с высоким уровнем ПАНО, а также оценки динамики уровня ПАНО и максимальной ЧСС на различных этапах подготовки для оценки эффективности тренировочного процесса.

4. Отсутствие корреляции и значительная разница в значениях ЧСС на уровне ПАНО позволяет полагать о нецелесообразности применения данных велоэргометрического тестирования для определения ЧСС ПАНО и использования этих данных в тренировочном процессе. С этой целью целесообразно использовать «полевые» эквиваленты тестирования беговых тестов или тестов на лыжероллерах.

5. Для оценки активации гликолического механизма энергообеспечения необходимо использовать тестирование на лыжном эргометре, поскольку выявленные различия максимального накопления лактата свидетельствуют о недостаточной активации механизма анаэробного гликолиза при выполнении велоэргометрического теста у высококвалифицированных лыжников-гонщиков.

1. Белоцерковский, З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности спортсменов / З.Б. Белоцерковский. – 2-е изд., доп. – М.: Советский спорт, 2009. – 348 с.

2. Волков, Н.И. Тесты и критерии для оценки выносливости спортсмена: учеб. пособие / Н.И. Волков. – М., 1989. – 44 с.

3. Годик, М.А. Система общеевропейских тестов для оценки физического состояния человека / М.А. Годик, В.К. Бальсевич, В.Н. Тимошкин // Теория и практика физической культуры. – 1994. – № 5–6. – С. 24–32.

4. Карпман, В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 206 с.

5. Макарова, Г.А. Медицинский справочник тренера / Г.А. Макарова, С.А. Локтев. – М.: Советский спорт, 2005. – 587 с.

6. Нехвядович, А.И. Анаэробный порог в развитии выносливости (на примере плавания): учеб.-метод. пособие / А.И. Нехвядович. – Минск, 1994. – С. 45–47.

7. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / В.Н. Платонов. – М.: Советский спорт, 2005. – 820 с.

8. Astrand, P.-O. Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise / P.-O. Astrand, K. Rodal. – New York – St. Louis: McGraw-Hill., 1986. – 682 p.

9. Physiological determinants of cross-country ski racing performance / N.V. Mahood [et al.] // Med. Sci. Sports Exerc. – 2001. – № 33(8). – P. 1379–1384.

10. Shephard, R.L. Maximal Oxygen Intake / R.L. Shephard // Endurance in Sports. – Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1992. – P. 192–200.

Поступила 20.05.2010

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕОГРАФА-ПОЛИАНАЛИЗАТОРА

*А.С. Медведев¹, д-р мед. наук, профессор,
Т.Д. Полякова², д-р пед. наук, профессор,
М.Д. Панкова², канд. пед. наук, доцент,
С.Б. Кохан¹, Хамед Мохамед С. Абдельмажид², И.И. Репецкая¹,
А.В. Киринович¹,*

¹Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси,

²Белорусский государственный университет физической культуры

В данной статье представлены результаты исследований по ранней до-нозологической диагностике начальных проявлений нарушений регуляторного характера и перспективы предотвращения развития нозологических форм заболеваний у студенческой молодежи.

The research results of early prenosological diagnostics of initial regulatory dysfunction and the prospects of nosological diseases prevention in students are presented in the article.

Сердечно-сосудистая система (ССС) одна из первых страдает от напряжения, стрессов, информационных перегрузок и экстремальных ситуаций, что приводит к развитию вегетативной дистонии, нарушению артериального давления и другим негативным проявлениям. Задачей наших исследований является ранняя донозологическая диагностика начальных проявлений нарушений регуляторного характера и предотвращение развития нозологических форм заболеваний [1].

Системность функционирования кровообращения предполагает сохранение циркуляторного гомеостаза организма за счет взаимосвязанных изменений частоты сердечных сокращений (ЧСС), уровня артериального давления (АД), показателей центральной гемодинамики и сосудистой нагрузки. Для проведения адекватной диагностики необходимо не только контролировать физиологические показатели, отражающие функционирование различных систем организма, но и понимать механизм нарушений, а также уметь выявить те звенья, на которые следует осуществлять корректирующее воздействие [3].