

Казис Милашюс,
Юозас Скернявичус

Динамика аэробной мощности лыжников-гонщиков высокой квалификации в годичном цикле подготовки

Резюме. У статті вивчено динаміку показників дихальної системи та аеробної працездатності лижників — членів збірної команди Литви у різних зонах метаболізму протягом річного тренувального циклу. Найбільш інформативним показником було споживання кисню у процентах від VO_{2max} на порозі анаеробного обміну.

S u m m a r y. The article presents the dynamics of the indices of respiratory system and aerobic work capacity in ski-racers, members of the national team of Lithuania, at different zones of metabolism within annual training cycle. The most informative was the index of oxygen consumption in percent of VO_{2max} at anaerobic exchange threshold.

Введение. Исследование динамики функциональных способностей спортсменов Литвы в ходе годичного периода тренировок посвящены работы [8, 9, 15, 16 и др.]. Для спортивных физиологов и тренеров весьма важно знать, с какой интенсивностью выполняется спортивная тренировка, как образуется энергия в мышцах и как развивается аэробная мощность [1, 3, 7].

Аэробная мощность лыжников — один из важнейших функциональных показателей, определяющих их мастерство [4, 7]. Аэробная мощность каждого спортсмена изменяется волнообразно, однако существуют общие закономерности, согласно которым ход адаптации организма спортсменов зависит от их квалификации, периода подготовки, объема физической нагрузки, а также от того, в каких зонах интенсивности выполняется нагрузка [4, 13, 17]. При развитии выносливости взаимосвязь процессов производства аэробной и анаэробной энергии обуславливает структуру метаболического обеспечения. Именно поэтому выделяются зоны интенсивности физической нагрузки, пределы физиологических и метаболических изменений, возникающие при обеспечении работающих мышц энергией [6]. Установление метаболических порогов широко применяется и при подготовке лыжников [2, 10, 11].

Ученые выделяют несколько метаболических порогов. Первый порог — это момент перехода от производства энергии только аэробным путем к преобладанию ее производства анаэробно-гликолитическим путем. Концентрация лактата в крови в этот период повышается до 2 ммоль/л⁻¹. Вторым метаболическим порогом можно считать момент, когда концентрация лактата в крови достигает 4 ммоль/л⁻¹, частота сердечных сокращений — 80–90 % максимальной, а потребление кислорода составляет 60–80 % от VO_{2max} [11, 13, 19]. Этот порог называется анаэробным.

Косвенными критериями порога анаэробного обмена могут быть также коэффициент дыхания, процентное содержание CO_2 и O_2 в выдыхаемом воздухе, увеличение вентиляции легких и частоты дыхания. При дальнейшей интенсивной работе достигается уровень критической интенсивности. Наблюдается это тогда, когда достигается VO_{2max} и в крови накапливается 7–8 ммоль/л⁻¹ лактата [6, 8]. Важным показателем является также мощность работы, выполняемой на уровне критической интенсивности. Если тренировочный процесс налажен правильно, то на каждом последующем этапе подготовки с повышением адаптации организма на уровне критической интенсивности выполняется работа все увеличивающейся мощности, по окончании которой концентрация лактата в крови изменяется незначительно. Чем выше уровень подготовки лыжников, тем при более низкой концентрации лактата в крови достигается VO_{2max} [5, 7, 17].

Таблица 1

Объем запланированной физической нагрузки и выполненной членами олимпийской сборной команды Литвы по лыжным гонкам В.З. и С.С. на втором году тренировок олимпийского цикла

№ п.п.	Показатель	Объем физической нагрузки		
		запланированный	выполненный	
			В.З.	С.С.
1	Число тренировочных дней	248	269	261
2	Число тренировок	350	346	336
3	Время, отведенное на тренировки, ч	1000	912	907
4	Бег, км	2000	1616	1911
5	Имитация восхождения на гору, км	430	283	480
6	Катание на лыжероллерах классическим стилем, км	1290	806	597
7	Катание на лыжероллерах свободным стилем, км	930	1712	1928
8	Всего на лыжероллерах, км	2220	2518	2525
9	Ходьба на лыжах классическим стилем, км	1900	1751	587
10	Ходьба на лыжах свободным стилем, км	1450	1699	2156
11	Всего на лыжах, км	3350	3450	2743
12	Общая нагрузка циклических упражнений, км	8000	7867	7659
	В том числе, %:			
	в I зоне (ЧСС — 120–140 уд·мин ⁻¹)		34,0	38,8
	в II зоне (ЧСС — 141–160 уд·мин ⁻¹)		43,2	42,3
	в III зоне (ЧСС — 161–180 уд·мин ⁻¹)		13,8	12,0
	в IV зоне (ЧСС < 180 уд·мин ⁻¹)		8,4	6,3
13	Общая физическая подготовка, ч	80	85	110
14	Число стартов на соревнованиях	27	25	19

Ряд авторов придерживаются мнения, что порог анаэробного обмена у спортсменов высокого мастерства является достаточно чувствительным показателем для определения аэробной мощности, дающим больше информации, чем VO_{2max} [5, 12]. Поэтому при оценке аэробной работоспособности лыжников весьма важно устанавливать изменения уровня критической интенсивности и порога анаэробного обмена в годичном цикле подготовки, так как эти показатели наиболее объективно отражают функциональное состояние организма лыжников. Однако в литературе до сих пор недостаточно освещены вопросы динамики аэробной работоспособности лыжников на пороге анаэробного обмена и на уровне критической интенсивности в ходе годичного цикла подготовки.

Объект и методика исследований. Объектом исследования явились шесть лыжников — членов и кандидатов в олимпийскую сборную Литвы, которые готовились к очередному лыжному сезону. Спортсмены обследовались в лаборатории спортивных исследований Вильнюсского педагогического университета и в центре спортивной медицины. Исследования проводились в начале (в мае) и в середине подготовительного периода (в сентябре), а также в соревновательный

период (январь). В процессе исследований регистрировались показатели функционального состояния систем кровообращения и дыхания. Спортсмены выполняли постепенно увеличивающуюся физическую нагрузку на беговой дорожке до достижения VO_{2max} или до невозможности продолжать работу. Газовый обмен регистрировали с помощью эргометрических систем «ERGOOXYSCREEN».

По компьютернограмме анализа данных определяли порог анаэробного обмена (ПАНО) и уровень критической интенсивности (УКИ). В этих метаболических пределах изучалась динамика показателей дыхательной системы спортсменов и показатели их аэробной мощности: частота сердечных сокращений, вентиляция легких, частота дыхания, кислородный пульс, мощность выполняемой работы. Кроме того, было рассчитано потребление кислорода в процентах от максимального его потребления на пороге анаэробного обмена.

В период подготовки спортсменов постоянно регистрировались их физическое развитие и физическая работоспособность, выполнялся педагогический анализ их тренировочной нагрузки. Полученные результаты были обработаны с помощью метода математической статистики с

Таблица 2

Динамика показателей респираторной системы членов олимпийской сборной Литвы по лыжным гонкам в годичном подготовительном периоде ($\bar{x} \pm S_x$)

Этапы обследования	Жизненная емкость легких, л	Вентиляция легких, л·мин ⁻¹		Частота дыхания, раз·мин ⁻¹		Объем дыхания, л·с ⁻¹	
		ПАНО	УКИ	ПАНО	УКИ	ПАНО	УКИ
Начало подготовительного периода (май)	5,62±0,14	50,32±3,06	136,18±5,16	25,80±2,42	43,28±3,43	2,12±0,13	3,64±0,16
Середина подготовительного периода (сентябрь)	5,70±0,21	48,12±4,38	148,60±5,14	25,42±2,24	36,94±2,52	2,13±0,24	4,78±0,44
Соревновательный период (январь)	5,92±0,30	54,32±2,96	154,24±4,23	27,20±1,42	36,14±2,60	2,28±0,16	5,12±0,42

Примечание. Во время статистического тестирования в качестве уровня доверительного интервала был принят критерий 95 %, а в качестве уровня достоверности — $p < 0,05$.

оценкой числовых характеристик и проверкой гипотезы нормальности совокупностей по тесту Колмогорова — Смирнова.

Результаты и их обсуждение. После XVIII зимних Олимпийских игр в Нагано, где выступления литовских лыжников оценены удовлетворительно [6], была подготовлена новая программа подготовки к следующим зимним Олимпийским играм. В число кандидатов в олимпийскую сборную Литвы были включены шесть лыжников, которые начали готовиться по этой программе. В спортивных сезонах 1998–1999 и 1999–2000 гг. они принимали участие в мировых чемпионатах для взрослых и юниоров. В плане подготовки в каждом сезоне была предусмотрена физическая нагрузка циклических упражнений продолжительностью 1000 ч на общий объем до 8000 км. В подготовительный период лыжники тренировались по 10–12 раз в неделю по 3–5 часов в день. Основная тренировочная нагрузка была выполнена на тренировочных сборах в Игналине (Литва), Отепя (Эстония), Сколе (Украина), Леви, Вуокати (Финляндия), Штрбске-Плесо (Словакия), Нове Место (Чехия), Висле (Польша), Тауплице и Заефельдене (Австрия).

За спортивный сезон 1999–2000 г. члены сборной лыжной Литвы выполнили физическую нагрузку объемом 6800–7800 км (табл. 1). Запланированный объем физической нагрузки не был выполнен из-за недостаточного числа тренировочных сборов, а также других недостатков в организации подготовки.

Результаты лабораторных исследований показали, что регулярные тренировки оказали положительное влияние на процесс адаптации организма лыжников к физическим нагрузкам. Об этом весьма убедительно свидетельствуют изме-

нения функциональной способности респираторной системы спортсменов (табл. 2). Жизненная емкость легких от начала подготовительного периода до начала соревновательного периода проявляла тенденцию к увеличению. Так, если на пороге анаэробного обмена вентиляция легких изменялась волнообразно, то на уровне критической интенсивности этот показатель заметно увеличивался. Если частота дыхания на пороге анаэробного обмена изменялась незначительно, то на уровне критической интенсивности этот показатель уменьшился уже к середине подготовительного периода. Объем дыхания лыжников в ходе всего подготовительного периода увеличивался и к началу соревновательного периода достиг максимума.

Самые важные показатели аэробной мощности — VO_{2max} и кислородный пульс — в ходе всего подготовительного периода повышались (табл. 3). Такое изменение указанных показателей наглядно свидетельствует о положительной динамике адаптационных процессов организма лыжников. Однако уровень этих показателей недостаточен для достижения высших спортивных результатов.

Установлено, что в начале соревновательного периода, когда мощность работы, выполнявшейся на уровне критической интенсивности, составляла $336,5 \pm 18,27$ W, вентиляция легких достигала $156,00 \pm 3,25$ л·мин⁻¹, а частота пульса — $189,00 \pm 3,58$ уд·мин⁻¹, кислородный пульс — $27,40 \pm 1,08$ мл·уд⁻¹, а VO_{2max} — $74,12 \pm 2,72$ мл·х·мин⁻¹·кг⁻¹. При выполнении на пороге анаэробного обмена работы мощностью в среднем $216,5 \pm 10,00$ частота пульса составляла $156,00 \pm 3,25$ уд·мин⁻¹, а потребление кислорода — $51,36 \pm 2,27$ мл·мин⁻¹·кг⁻¹, или 75,10 % максимального его потребления.

Таблица 3

Динамика показателей аэробной мощности членов олимпийской сборной Литвы по лыжным гонкам в годичном подготовительном периоде ($\bar{x} \pm S_x$)

Этапы обследования	Частота пульса, уд·мин ⁻¹		VO ₂ max, л·мин ⁻¹		VO ₂ max, мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹		Кислородный пульс, мл·уд ⁻¹		Потребление O ₂ , % от VO ₂ max	Мощность выполняемой работы, Вт	
	ПАНО	УКИ	ПАНО	УКИ	ПАНО	УКИ	ПАНО	УКИ		ПАНО	УКИ
Начало подготовительного периода (май)	149,50± ±4,3	183,70± ±2,6	2,44± ±0,18	4,26± ±0,14	36,20± ±2,81	64,78± ±2,13	18,48± ±0,43	24,26± ±0,74	57,27	204,4± ±16,8	316,4± ±12,3
Середина подготовительного периода (сентябрь)	154,60± ±3,6	183,90± 3,28	2,98± ±0,12	4,64± ±0,31	44,88± ±2,23	72,15± ±3,02	19,30± ±1,56	26,00± ±1,70	63,65	210,0± ±12,0	315,0± ±12,5
Начало соревновательного периода (декабрь)	156,00± ±3,25	189,00± ±3,98	3,74± ±0,13	4,98± ±0,23	51,36± ±2,27	74,12± ±2,72	20,82± ±1,06	27,40± ±1,08	75,10	216,5± ±10,0	336,56± ±18,20

Примечание. Во время статистического тестирования в качестве стандартного уровня доверительного интервала был принят критерий 95 %, а в качестве уровня достоверности — $p < 0,05$.

По мнению ряда авторов [5, 12, 13, 19], потребление кислорода спортсменами высокой квалификации, развивающими выносливость на пороге анаэробного обмена, может приблизиться к потреблению кислорода на уровне критической интенсивности и достигнуть 80–95 %, что свидетельствует о средней аэробной мощности обследуемых спортсменов.

В.С. Мищенко, Р.Я. Левин и А.М. Ноур [5] для определения порога анаэробного обмена предлагают три норматива оценки потребления кислорода: низкое (43–50 мл·мин⁻¹·кг⁻¹), среднее (51–58 мл·мин⁻¹·кг⁻¹) и высокое (59–68 мл·мин⁻¹·кг⁻¹). Согласно этим нормативам, потребление кислорода обследуемыми лыжниками на пороге анаэробного обмена было низким и лишь в отдельных случаях — средним. Это подтвердили и средние результаты, достигнутые спортсменами в соревновательном периоде данного спортивного сезона.

Исследования показали, что регулярные тренировки нового олимпийского цикла повышают функциональные способности спортсменов, хотя не все функциональные показатели, отражающие адаптацию организма, в достаточной мере увеличились при выполнении большой физической нагрузки. Отрицательную роль в данном случае сыграли также недостаточно благоприятные условия для выполнения запланированной физической нагрузки, недостаточное число тренировочных лагерей в высокогорьях, организационные неувязки в ходе тренировок. Установлено также, что в конце подготовительного и в начале соревновательного периода порог анаэробного

обмена приближался к уровню критической интенсивности. Наиболее информативным показателем такого сдвига является потребление кислорода в процентах от VO₂max на пороге анаэробного обмена. Потребление кислорода обследуемыми лыжниками в соревновательный период на пороге анаэробного обмена в среднем составляло 75,10 % от VO₂max. Физическая нагрузка, выполненная членами олимпийской лыжной сборной команды Литвы на пороге анаэробного обмена (до 150 уд·мин⁻¹), составила 56,2 %.

1. Астранд П.О. Факторы, обуславливающие выносливость спортсмена //Наука в олимпийском спорте. — 1994. — № 1. — С. 43–47.
2. Борилькевич В.Е., Зорин А.И. Некоторые методические и практические аспекты определения анаэробного порога //Теория и практика физ. культ. — 1998. — № 3. — С. 51–53.
3. Волков Н.И. Биоэнергетика напряженной мышечной деятельности человека и способы повышения работоспособности спортсменов: Дис. ... д-ра биол. наук. — М., 1999. — 102 с.
4. Мартынов В.С., Головачев А.И. Динамика основных систем энергообеспечения лыжников-гонщиков в олимпийском цикле 1984–1988 гг.: Методические рекомендации. — М., 1989. — 44 с.
5. Мищенко В.С., Левин Р.Я., Ноур А.М. Лактатный порог и его использование для управления тренировочным процессом: Методические рекомендации. — 1997. — Вып. 4. — 61 с.
6. Chicharro J.L., Perez M., Vaquero A.F. Lactic threshold, ventilatory threshold during a ramp test on a cycle ergometer //J. Sports Med. and Phys. Fitness. — 1997. — Vol. 37. — P. 117–121.
7. Bergh K., Forsberg A. Cross-country skiracing. Endurance in sport (eds) R.J. Shephard, P.O. Astrand. — New York, 1992. — P. 570–581.
8. Cepulenas A., Kandratavicius C. Lietuvos slidinejimo lenktinio rinktinis nario ir kandidato treniruots proceso valdymas //Sporto mokslas. — 1996. — № 3(5). — P. 30–34.

9. *Cepulenas A.* Olimpinės cempionės Vidos Vencienės pasirengimo olimpinėms žaidynėms pedagoginį charakteristiką //Sporto mokslas. — 1997. — № 3. — P. 26–32.
10. *Davis J.A.* Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research //Med. Sci. Sports Exerc. — 1996. — Vol. 16. — P. 6–18.
11. *Green H.J., Hugson R.L., Orr G.W., Rennie D.A.* Anaerobic threshold, blood lactate and muscle metabolites in progressive exercise //J. Appl. Phys. — 1983. — Vol. 54. — P. 1032–1038.
12. *Ingjer F.* Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women and men elite cross-country skiers //Skand. J. Med. Sci. Sports. — 1991. — Vol. 1. — P. 25–30.
13. *Mader A., Heck H.* A theory of the metabolic — original of «anaerobic threshold» //Int. J. Sports Med. — 1986. — № 7. — P. 45–65.
14. *Matsin T., Miagi T., Alaver M., Viru A.* Possibility of monitoring training and recovery in different of endurance exercise //Coach. Sport. Sci. J. — 1997. — Vol. 2, N 2. — P. 18–23.
15. *Milasius K., Raslanas A., Skernevicius J.* Lietuvos slidininkų pasirengimo Nagano olimpinėms žiemos žaidynėms analize //Sporto mokslas. — 1998. — № 2(11). — P. 25–32.
16. *Milasius K. ir kt.* Lietuvos slidininkų XVIII Nagano olimpinėms žaidynėms dalivių organizmo adaptacijos prie fizinių krūvių per keturmetį pasirengimo ciklą analize //Sporto mokslas. — 1998. — № 5(14). — P. 57–60.
17. *Rusko H.* Development of aerobic power in relation to age and training in cross-country skiers //Med. Sci. Sports Exerc. — 1992. — Vol. 24, N. 9. — P. 1040–1047.
18. *Skinner J., McLellan T.* The transition from aerobic to anaerobic metabolism //Res. Quart. — 1980. — Vol. 51. — P. 151–159.
19. *Wasserman K.* The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance //Amer. Rev. Resp. Diseases. — 1984. — Vol. 129. — P. 5–40.

Лаборатория спортивной деятельности
Вильнюсского педагогического университета, Вильнюс, Литва

Поступила 20.01.2001