

УДК 796.922:612

Определение достаточных значений максимального потребления кислорода в оценке функциональной подготовленности лыжников-гонщиков

Ардашев Александр Евгеньевич¹, кандидат медицинских наук, доцент

Сергеев Валерий Георгиевич^{1,2}, доктор биологических наук, доцент

Чучков Виктор Михайлович^{1,2}, доктор медицинских наук, профессор

¹ *Чайковская государственная академия физической культуры и спорта, Чайковский*

² *Удмуртский государственный университет, Ижевск*

Аннотация. Важнейшим показателем функциональной подготовленности лыжников-гонщиков является максимальное потребление кислорода. Однако в настоящее время в литературе встречаются противоречивые сведения о модельных значениях этого показателя. В статье рассмотрены основные факторы, влияющие на показатели аэробного энергообеспечения спортсменов циклических зимних видов спорта. Установлены характерные величины максимального потребления кислорода для лыжников-гонщиков.

Ключевые слова: лыжные гонки, функциональная подготовленность, факторы аэробного энергообеспечения, максимальное потребление кислорода, модельные значения.

Determination of sufficient values of maximum oxygen consumption in assessing the functional preparedness of cross-country skiers

Ardashev Alexander Evgenievich¹, candidate of medical sciences, associate professor

Sergeev Valery Georgievich^{1,2}, doctor of biological sciences, associate professor

Chuchkov Victor Mikhailovich^{1,2}, doctor of medical sciences, professor

¹ *Tchaikovsky State Physical Education and Sport Academy, Tchaikovsky*

² *Udmurt State University, Izhevsk*

Abstract. The most important indicator of the functional preparedness of cross-country skiers is the maximum oxygen consumption. However, currently in the literature there are contradictory information about the model values of this indicator. The article considers the main factors affecting the indicators of aerobic energy supply to athletes of cyclical winter sports. Typical values of maximum oxygen consumption for cross-country skiers have been established.

Keywords: cross-country skiing, functional preparedness, aerobic energy supply factors, maximum oxygen consumption, model values.

ВВЕДЕНИЕ. Общеизвестным является тот факт, что максимальное потребление кислорода (МПК) является важнейшим показателем функциональной подготовленности спортсменов циклических видов спорта, в том числе лыжных гонок и, с биохимической точки зрения, характеризует мощность аэробного энергообеспечения. Однако в настоящее время в литературе встречаются противоречивые сведения о модельных значениях показателей, характеризующих аэробное энергообеспечение спортсменов циклических зимних видов спорта. Так, например, в некоторых источниках модельным значением МПК для лыжников-гонщиков принимается значение 82,8 мл/мин/кг [1], а в других 68,4 мл/мин/кг [2].

Возникает противоречие между необходимостью получения объективной информации о критериях, характеризующих энергообеспечение спортсмена и расходованием данных, представленных в доступной литературе. В связи с этим, поиск актуальных на сегодняшний день показателей, характеризующих аэробное энергообеспечение спортсменов некоторых циклических зимних видов спорта, является актуальной проблемой исследования.

МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ. Целью исследования стало выявление основных факторов, влияющих на максимальное потребление кислорода и установление характерных величин относительного МПК для лыжни-

ков-гонщиков. Для достижения поставленной цели были использованы следующие методы исследования: сравнительный анализ учебно-методической и научной литературы за период с 1967 г. по 2021 г. и методы математической статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. В ходе анализа литературных источников было выявлено, что основными показателями аэробного энергообеспечения спортсменов являются максимальное потребление кислорода (л/мин) и относительное максимальное потребление кислорода (мл/мин/кг), которые имеют некоторые закономерности проявления. Так, в исследованиях F. Ingjer (1992) [1], Т. Ф. Абрамова с соавторами (2012) [2] и A. Magi, S. Kõks, E. Unt (2015) [3] отмечается возрастная детерминация показателей аэробной производительности.

Причем Т. Ф. Абрамовой с соавторами установлено, что при регулярных занятиях в период с 11-22 лет у лыжников в большей мере нарастает абсолютное МПК (л/мин), несколько меньше – относительное МПК (мл/мин/кг), а также увеличивается работоспособность спортсменов [2]. По данным A. Magi, S. Kõks, E. Unt в лыжных гонках значительный прирост абсолютных и относительных значений МПК у девушек наблюдается в возрасте 17 лет, а у юношей в 15-19 лет. Ежегодный прирост относительного МПК в возрасте 15-19 лет составляет 1-3 мл/мин/кг/год, а с 23 до 28 лет варьирует около достигнутого уровня [3].

На основании корреляционного анализа данных F. Ingjer [1] нами выявлено, что абсолютное и относительное МПК имеют высокую корреляцию Пирсона с возрастной динамикой изменения массы тела спортсменов ($r=0,99$ и $r=0,93$ соответственно), а также между собой ($r=0,94$). Учитывая это наблюдение, для оценки функциональной подготовленности у лиц с различными значениями абсолютной МПК удобно использовать её относительные величины, т.к. относительная МПК позволяет сравнивать спортсменов, имеющих различную массу тела (физиологически выгодно иметь более высокое абсолютное МПК и меньшую массу тела при прочих равных условиях).

Исследования M. Polat [4] и группы ученых под руководством А.И. Головачева (2021) [5] показывают, что МПК варьирует как в годичном, так и в олимпийском макроцикле спортивной подготовки лыжников-гонщиков. Кроме того, величина МПК зависит и от направленности тренирующего воздействия мышечных нагрузок [6] и техники лыжного хода [7].

Стоит отметить, что на результатах эргоспирометрического исследования МПК сказывается и выбранный исследователем способ дозирования физической нагрузки. Так, например, по исследованиям А. И. Головачева наибольшие значения абсолютного и относительного МПК достигаются в ступенчатом тесте «до отказа» и при беге предельной длительности на скорости 100% от критической. Причём, во втором испытании значения МПК, как правило, выше, чем в первом [8].

Важно также обратить внимание, что по данным имеющихся научных публикаций должные показатели относительного МПК у лыжников-гонщиков варьируют довольно в широком диапазоне (таблица 1).

На основании детального анализа соответствующих разделов публикаций авторами настоящего исследования было выявлено, что широкое варьирование показателей относительного МПК может быть связано с уровнем квалификации спортсменов (рисунок 1).

Таблица 1 – Варьирование относительного МПК у лыжников-гонщиков

Показатели описательной статистики	Пол		Разница (Δ) показателей между спортсменами и спортсменками	
	муж. (мл/мин/кг)	жен. (мл/мин/кг)		
Макс	85,1	72,9	12,2	14,34
Мин	67,9	57,1	10,8	15,91
Среднее	75,60	66,52	9,08	12,01
Медиана	74,64	68,4	6,24	8,36

Условно можно выделить следующие категории спортсменов: «Топ» (медалисты и чемпионы мира, Олимпийских игр), «Высокий уровень» (медалисты чемпионатов мира, члены национальных сборных), «Квалифицированные спортсмены» (начиная с I разряда и выше).

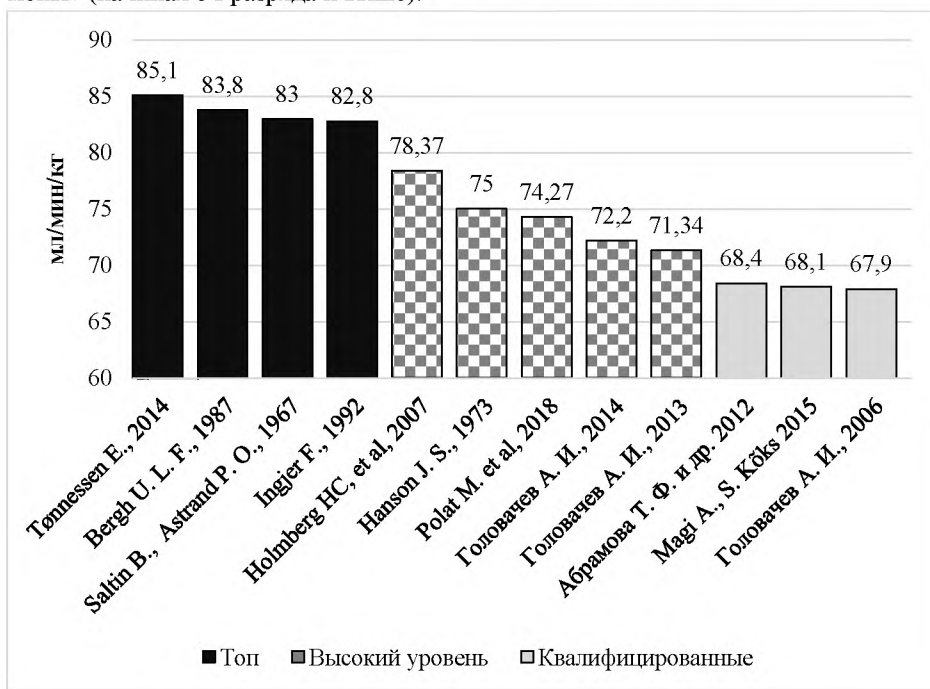


Рисунок 1 – Средние значения относительного МПК, полученные с учётом особенностей организации исследования

По данным Naugen T. et al. (2018) физиологическим пределом относительного МПК для мужчин является 90 мл/мин/кг, а для женщин 80 мл/мин/кг. Физиологически детерминированной разницей по относительному МПК между лыжниками и лыжницами следует считать 15-20 % [9]. Относительные значения МПК свыше 80 мл/мин/кг у лыжников и 70 мл/мин/кг у лыжниц, это удел лучших из лучших, т.е. это частный случай, который не может быть распространён на массовый лыжный спорт.

В этой связи особый интерес представляет обобщение многолетнего опыта комплексных исследований лыжников-гонщиков ФГБУ ФНЦ ВНИИФК [2, 10].

Коллективом ученых было предложено определять уровни функциональной готовности лыжников на основе закона нормального распределения показателей энергообеспечения, где 68,2% значений будут находиться в интервале $\bar{x} \pm SD$ (т.н. средний уровень) [5]. Используя данный принцип, рассчитаем достаточные уровни относительного МПК для лыжников-гонщиков 15-22 лет по данным Т. Ф. Абрамовой с соавторами [2] (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты расчётов достаточных уровней относительного МПК для лыжников-гонщиков 15-22 лет

Уровень ($\bar{x} \pm SD$)	Возраст					
	15-16 лет		17-18 лет		19-22 года	
	от	до	от	до	от	до
Модельный ($\bar{x} + 3SD \leq$)	78,71	$\leq$	80,75	$\leq$	83	$\leq$
Высокий ($\bar{x} + 3 SD$)	73,54	78,71	76	80,75	78,1	83
Выше среднего ($\bar{x} + 2 SD$)	68,37	73,54	71,25	76	73,2	78,1
Средний ($\bar{x} \pm SD$)	58,03	68,37	61,75	71,25	63,4	73,2
Ниже среднего ($\bar{x} - 2 SD$)	52,86	58,03	57	61,75	58,5	63,4
Низкий ($\bar{x} - 3 SD$)	$\leq$	52,86	$\leq$	57	$\leq$	58,5
$\bar{x}$	63,2	66,5	68,3	$\bar{x}$	63,2	66,5
SD (стандартное отклонение)	5,17	4,75	4,9	σ	5,17	4,75

Не трудно рассчитать, что для достижения модельного значения относительного МПК 83 мл/мин/кг к 19 годам, при ежегодном приросте данного показателя 3 мл/мин/кг, в 15 лет максимальное потребление кислорода у перспективного спортсмена должно составлять 71 мл/мин/кг, что соответствует уровню «выше среднего» (таблица 2).

Данный подход оценки относительного МПК позволяет оценить не только текущий уровень данного показателя, но и спрогнозировать его возможное изменение к определенному возрасту.

ВЫВОДЫ. Как показывают проведенные исследования, наиболее существенными факторами, влияющими на МПК, являются: возраст, пол, масса тела, направленность тренирующего воздействия, период годичного цикла, год подготовки олимпийского цикла, способ дозирования физической нагрузки при нагрузочном тестировании.

Анализ содержания научных публикаций дает основание предполагать, что для определения характерных величин МПК для лыжников-гонщиков оптимальным можно считать подход Т. Ф. Абрамовой с соавторами, базирующийся на закономерностях нормального распределения показателей энергообеспечения. Данные возрастной динамики МПК с указанием средних значений и стандартного отклонения позволяют рассчитать достаточные уровни МПК для различных возрастных групп лыжников-гонщиков и сделать прогноз.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ingjer F. Development of maximal oxygen uptake in young elite male cross-country skiers: A longitudinal study // Journal of Sports Sciences, 1992. № 10 (1). P. 49–63.
2. Абрамова Т. Ф., Головачев А. И., Никитина Т. М., Кочеткова Н. И., Гилярова О. А. Динамика особенностей телосложения, показателей работоспособности и энергообеспечения у лыжников на этапах "спортивного" онтогенеза с учетом биологической зрелости // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология. 2012. № 3. С. 38–55.

3. Magi A., Kõks S., Unt E. Maximal Oxygen Uptake in Estonian Young Cross-Country Skiers: A Longitudinal Study // *Sănătate Publică, Economie și Management în Medicină*. 2015. Vol. 64 (7). P. 22–25.
4. Polat M., Korkmaz Eryılmaz S., Aydoğan S. Seasonal variations in body composition, maximal oxygen uptake, and gas exchange threshold in cross-country skiers. DOI 10.2147/OAJSM.S154630 // *Open access journal of sports medicine*. 2018. Vol. 9. P. 91–97.
5. Головачев А. И., Колыхматов В. И., Широкова С. В., Горбунова Е. А., Сигов Е. А. Индивидуально-типологические особенности становления компонентов физической подготовленности спортсменов высокой квалификации на этапах олимпийского цикла подготовки // Современная система спортивной подготовки в биатлоне : материалы IX Всероссийской научно-практической конференции, Омск, 21 апреля 2021 года. Омск : Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, 2021. С. 6–27.
6. Головачев А. И., Колыхматов В. И. Влияние тренировочного процесса, основанного на применении регламентированных мышечных нагрузок, на динамику показателей специальной выносливости лыжников-гонщиков, специализирующихся в спринте // *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта*. 2014. № 9 (115). С. 24–32.
7. Holmberg H. C., Rosdahl H., Svedenhag J. Lung function, arterial saturation and oxygen uptake in elite cross-country skiers: influence of exercise mode // *Scand J Med Sci Sports*. 2007. № 17 (4). P. 437–444.
8. Головачев А. И., Кузнецов В. К., Чулков С. А., Широкова С. В. Исследование особенностей функционирования систем энергообеспечения юных лыжников-гонщиков в условиях выполнения предельных мышечных нагрузок различной длительности // *Вестник спортивной науки*. 2006. № 4. С. 24–27.
9. Haugen T. [et al.]. New Records in Human Power. DOI 10.1123/ijspp.2017-0441 // *Int J Sports Physiol Perform*. 2018 Jul 1. № 13 (6). P. 678–686.
10. Головачев А. И., Бутулов Э. Л., Горбунова Е. А., Широкова С. В., Кондратов Н. Н. Научно-методическое обеспечение российских лыжников-гонщиков и биатлонистов при подготовке к XXII Олимпийским зимним играм 2014 года в Сочи (Россия) // *Вестник спортивной науки*. 2013. № 5. С. 16–21.

REFERENCES

1. Ingjer F. (1992), “Development of maximal oxygen uptake in young elite male cross-country skiers: A longitudinal study”, *Journal of Sports Sciences*, No. 10 (1), 49–63.
2. Abramova T. F., Golovachev A. I., Nikitina T. M. [et al.] (2012), “Dynamics of physique features, performance indicators and energy supply among skiers at the stages of sports ontogenesis, taking into account biological maturity”, *Bulletin of Moscow University, Series 23, Anthropology*, No. 3, pp. 38–55.
3. Magi A., Kõks S., Unt E. (2015), “Maximal Oxygen Uptake in Estonian Young Cross-Country Skiers: A Longitudinal Study”, *Sănătate Publică, Economie și Management în Medicină*, Vol. 64(7), pp. 22–25.
4. Polat M., Korkmaz Eryılmaz S., Aydoğan S. (2018), “Seasonal variations in body composition, maximal oxygen uptake, and gas exchange threshold in cross-country skiers”, *Open access journal of sports medicine*, Vol. 9, pp. 91–97.
5. Golovachev A. I., Kolykhmatov V. I., Shirokova S. V. [et al.] (2021), “Individual and typological features of the formation of components of physical fitness of highly qualified athletes at the stages of the Olympic training cycle”, *Modern system of sports training in biathlon, Materials of the IX All-Russian Scientific and Practical Conference (Omsk, April 21, 2021)*, Omsk, Siberian State University of Physical Culture and Sports, pp. 6–27.
6. Golovachev A. I., Kolykhmatov V. I. (2014), “The influence of the training process based on the use of regulated muscle loads on the dynamics of special endurance indicators of skiers-racers specializing in sprint”, *Scientific notes of the University named after P.F. Lesgaft*, No. 9 (115), pp. 24–32.
7. Holmberg H. C., Rosdahl H., Svedenhag J. (2007), “Lung function, arterial saturation and oxygen uptake in elite cross-country skiers: influence of exercise mode”, *Scand J Med Sci Sports*, № 17 (4), pp. 437–444.
8. Golovachev A. I., Kuznetsov V. K., Chulkov S. A., Shirokova S. V. (2006), “Study of the peculiarities of the functioning of power supply systems for young skiers-racers in conditions of performing extreme muscle loads of different duration”, *Bulletin of Sports Science*, № 4, pp. 24–27.
9. Haugen T, Paulsen G, Seiler S, Sandbakk Ø. (2018), “New Records in Human Power”, *Int J Sports Physiol Perform*, No. 13 (6), pp. 678–686.
10. Golovachev A. I., Butulov E. L., Gorbunova E. A. [et al.] (2013), “Scientific and methodological support of Russian skiers-racers and biathletes in preparation for the XXII Olympic Winter Games 2014 in Sochi (Russia)”, *Bulletin of Sports Science*, № 5, pp. 16–21.

Информация об авторах: Ардашев А.Е., доцент кафедры Адаптивной физической культуры и медико-биологических дисциплин, alear74@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-3446-5893>; Сергеев В. Г., доцент кафедры Теории и методики физической культуры, спорта и безопасности жизнедеятельности, cellbio@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5211-1832>; Чучков В.М., профессор кафедры Адаптивной физической культуры и медико-биологических дисциплин, vmchuchkov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9959-689X>.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 05.02.2024.

Принята к публикации 06.03.2024.