

БИАТЛОН: ДЕТЕРМИНАНТЫ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ В СПОРТЕ ВЫСШИХ ДОСТИЖЕНИЙ (по материалам зарубежной печати)

А.С. КРЮЧКОВ, В.Д. КРЯЖЕВ, Л.Н. ОВЧАРЕНКО,
ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, г. Москва

Аннотация

Биатлон – олимпийский вид спорта, включающий бег на лыжах и стрельбу из малокалиберной винтовки. Спортивный результат может быть улучшен за счет повышения средней скорости бега на лыжах, а также снижения количества промахов в стрельбе и сокращения времени нахождения на огневом рубеже. Каждая составляющая спортивной результативности определяется рядом физиологических, биомеханических и психологических факторов. Цель работы – на основе анализа современных научных данных выявить структуру факторов, определяющих спортивную результативность биатлонистов высшей квалификации, участвующих в Кубках мира и других крупнейших соревнованиях. Выполнен анализ результатов научных исследований, представленных в поисковой информационной системе PubMed за последние 10 лет. В работе показано, как изучаемые факторы влияют на итоговый рейтинг, который определяется средней скоростью, развиваемой спортсменами на дистанции лыжной гонки, точностью стрельбы и временем нахождения на стрельбище. Выявлено, что более важными показателями, влияющими на рейтинг биатлонистов высшей квалификации, являются точность стрельбы, скорость бега на лыжах на последнем круге и скорость стрельбы в положении «стоя».

Ключевые слова: биатлон, спортсмены высшей квалификации, точность стрельбы, скорость в лыжных гонках, время стрельбы.

BIATHLON: DETERMINANTS OF PERFORMANCE IN ELITE SPORTS (based on the materials of the foreign press)

A.S. KRYUCHKOV, V.D. KRYAZHEV, L.N. OVCHARENKO,
VNIIFK, Moscow city

Abstract

Biathlon is an Olympic sport that includes skiing and shooting from a small-caliber rifle. The sports result can be improved by increasing the average speed of skiing, as well as by reducing the number of misses in shooting and reducing the time spent on the firing line. Each component of sports performance is determined by a number of physiological, biomechanical and psychological factors. The structure of factors that determine the sports performance of highly qualified biathletes participating in the World Cups and other major competitions. The research method is the analysis of the results of scientific research presented in the PubMed search information system over the past 10 years. The paper shows how the studied factors affect the final rating, which is ultimately determined by the average speed developed by athletes at the distance of cross-country skiing, shooting accuracy and time spent on the shooting range. It was revealed that the more important indicators affecting the rating of biathletes of the highest qualification are the accuracy of shooting, the speed of running on skis on the last lap and the speed of standing shooting.

Keywords: biathlon, highly qualified athletes, shooting accuracy, speed in cross-country skiing, shooting time.

Введение

Биатлон – олимпийский вид спорта, сочетающий лыжную гонку и стрельбу из винтовки. Длина соревновательной дистанции в биатлоне составляет 6–15 км для женщин и 7,5–20 км для мужчин, включая два или четыре стрелковых этапа, каждый из которых длится примерно 25–35 секунд и чередуется между положениями «лёжа» и «стоя». Поскольку биатлонист проходит три или пять лыжных этапов разной протяженности и длительности (5–8 мин), лыжная составляющая биатлона носит высокоинтенсивный прерывистый характер и делает этот вид спорта уникальным с физиологической точки зрения.

На результаты в биатлоне влияют несколько физиологических [1], биомеханических [2] и психофизиологических факторов [3]. Все они влияют на итоговый рейтинг, который определяется временем лыжной гонки, точностью стрельбы и временем на стрельбище. Биатлонисты соревнуются в четырех различных типах индивидуальных соревнований (спринт, индивидуальная гонка, гонка преследования и масс-старт), которые различаются по дистанции лыжных гонок, количеству стрельб, а также порядку стрельбы. Кроме того, стартовая процедура между этими типами соревнований различна. Спринт



и индивидуальные соревнования имеют индивидуальные старты с 30-секундным интервалом между биатлонистами, тогда как в гонке преследования и массовом старте спортсмены стартуют одновременно. Биатлонный спринт (лыжная дистанция 7,5 и 10 км для женщин и мужчин соответственно) состоит из трех лыжных кругов, перемежающихся двумя стрельбами – одной лёжа и одной стоя. В индивидуальных соревнованиях (лыжная дистанция 15 и 20 км для женщин и мужчин соответственно) биатлонист проходит пять кругов и имеет четыре стрельбы (лёжа, стоя, лёжа и стоя). В спринте каждый промах по мишени влечет за собой штрафной круг в 150 м (продолжительностью $\approx 22-25$ с), тогда как в индивидуальных соревнованиях каждый промах по мишени влечет за собой штраф в 1 мин, который добавляется к времени лыжной гонки и времени, затраченному на стрельбу.

Цель работы – на основе анализа современных научных данных выявить структуру факторов, определяющих спортивную результативность биатлонистов высшей

квалификации, участвующих в Кубках мира и других крупнейших соревнованиях.

Методы исследования: анализ результатов научных исследований, представленных в поисковой информационной системе PubMed за последние 10 лет.

Результаты исследования

Анализ особенностей соревновательной деятельности и результатов исследований, представленных в научной литературе, указывает на три основных фактора, определяющих спортивную результативность (итоговый рейтинг) в биатлоне. К ним относятся: 1) средняя скорость лыжной гонки; 2) точность стрельбы – количество промахов, которое определяет дополнительное время или количество штрафных кругов; 3) общее время нахождения на огневом рубеже (на стрельбище). Каждый из этих факторов включает несколько параметров. Структура элементов, детерминирующих спортивную результативность в биатлоне, представлена на рис. 1.



Рис. 1. Блок-схема факторов и элементов, определяющих спортивную результативность в биатлоне

Спортсмен может повысить скорость лыжной гонки и опередить своих соперников на одном из этапов, но из-за промахов сильно отстать в рейтинге. Поэтому всегда существует дилемма: на что больше обратить внимание – на лыжную или стрелковую подготовку? Для того чтобы ответить на этот вопрос, необходимо знать, какие резервы результативности имеются в рассматриваемых факторах. Оказывается, что объем этих резервов зависит от рейтинга спортсменов и характера гонки: спринт, масс-старт или гонка преследования.

По данным N. Dzhilkibaeva [4] и H. Luchsinger et al. [5], в спринтерской гонке по биатлону, включающей по одной стрельбе «лёжа» и «стоя», вклад средней скорости

в общий результат может составлять 50–60%, а точность стрельбы – в пределах 21–35% от общего результата. Что касается индивидуальных соревнований, в которые входят стрельба «лёжа», стрельба «стоя», лёжа и стоя, и в которых за каждый промах назначается штрафное время, средняя скорость в лыжной гонке объясняет 42–54%, а точность стрельбы: 44–53% общих результатов в биатлоне [5]. В гонке преследования, где время старта зависит от результатов соревнований по спринту, было обнаружено, что время старта ($\approx 50\%$) и точность стрельбы ($\approx 30\%$) в совокупности объясняют 78–80% общей результативности [6]. Кроме того, если рассматривать гонку преследования как отдельное соревнование, исключив



разницу во времени старта с победителем соревнований в спринте, то успех в гонке преследования в сумме на 90% объясняется двумя факторами: штрафным временем ($\approx 60\%$) и временем прохождения дистанции ($\approx 30\%$). Выявлено, что время, проведенное на огневом рубеже (время на стрельбище или время стрельбы), незначительно влияет на общие результаты в биатлоне, хотя важно отметить, что, поскольку разница между местами в итоговом рейтинге может быть минимальной, быстрая стрельба также может привести к более высокому месту [7].

Так, в масштабном исследовании [8] на основе обработки данных биатлонистов, занявших 1–20-е места и разделенных на три категории рейтинга (1–3-е место, 4–10-е место, 11–20-е место) во всех одиночных спринтерских и индивидуальных соревнованиях Кубка мира по биатлону в течение 17 сезонов – с 2002/2003 по 2018/2019, было оценено влияние результатов гонки

на лыжах, точности и скорости стрельбы на результативность выступления биатлонистов высшей квалификации.

Всего проанализировано 3623 выступления (в спринте – 3245 женщин и 3264 мужчины, в индивидуальной гонке – 1041 женщина и 1073 мужчины). На основе использования мультиномиальной регрессии были выявлены наиболее важные детерминанты, связанные с категорией ранга рейтинга группы для обоих полов отдельно.

Точность стрельбы стала единственной переменной, которая постоянно была связана с местом в 1-й категории рейтинга ($p < 0,001$) как для женщин, так и для мужчин. Место в тройке победителей определялось средней скоростью лыжной гонки на последнем круге в спринте ($p < 0,001$) и скоростью стрельбы стоя ($p < 0,05$) для обоих полов.

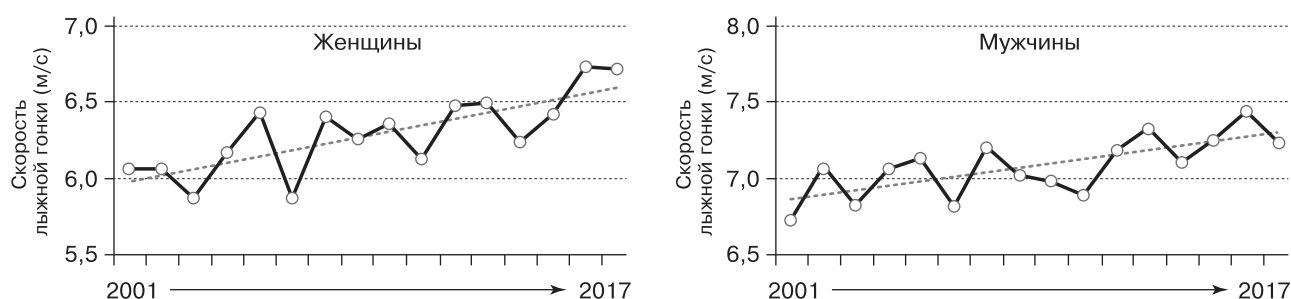


Рис. 2. Увеличение средней скорости лыжного хода в биатлоне у женщин и мужчин с сезона 2001/2002 по 2016/2017.

Каждая точка данных представляет собой среднюю скорость лыжного хода первых пяти финишировавших спортсменов в четырех ежегодных спринтерских гонках Кубка мира по биатлону (Эстерсунд, Швеция; Хохфильцен, Австрия; Оберхоф, Германия; Осло, Норвегия) по данным Laaksonen M.S. et al. [3].

Рассмотрим наиболее значимые детерминанты спортивной результативности в биатлоне, выделяя их в отдельности для более глубокого анализа.

Первой детерминантой выступает средняя скорость преодоления соревновательной дистанции. Как показано на рис. 2, средняя скорость лыжного хода в Кубках мира по биатлону (спринт) с 2001 по 2017 г. повысилась примерно на 7% как у мужчин, так и у женщин.

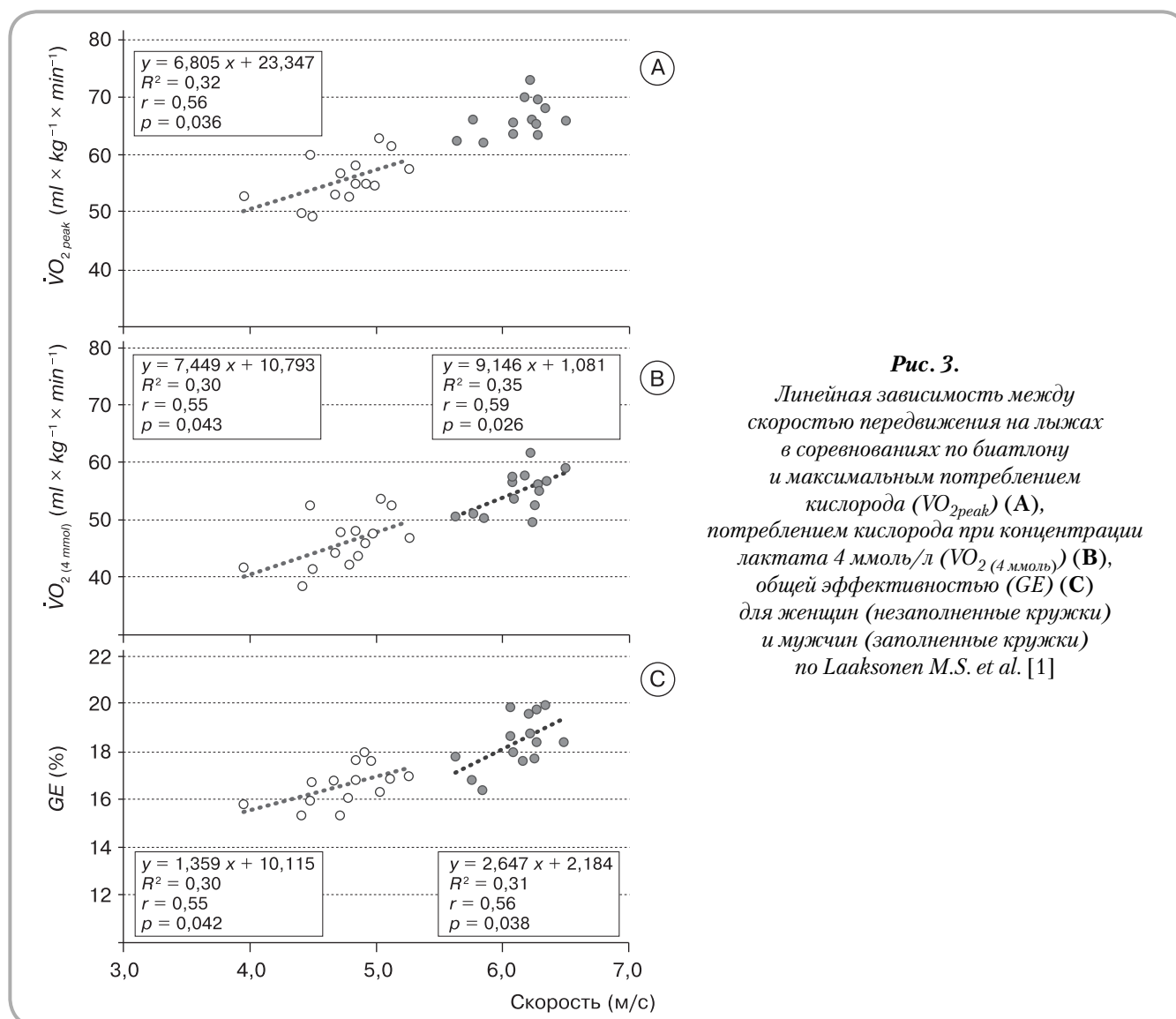
Следует отметить, что на среднюю скорость влияют погода во время соревнований и место их проведения. Известно, что время гонки увеличивается на 2% при повышении местности гонки над уровнем моря на каждые 1000 м, на 5% – при преодолении подъема с уклоном 1%, на 1–2% – при увеличении скорости встречного ветра на 1 м/с и на 2–4% – при переходе с укатанного снега на более мягкий [9]. Увеличение средней скорости лыжной гонки за рассматриваемый период может быть отчасти связано с изменениями в режиме тренировок (смещение акцентов на повышение силы и выносливости верхней части тела, быстроту и технику, как в случае с лыжниками-гонщиками). Кроме этого, важной составляющей повышения дистанционной скорости выступают улуч-

шение качества лыж и лыжных мазей, подготовка трассы и структура снега [3].

Так как соревнования по биатлону состоят из 3 или 5 интенсивных лыжных гонок (длительностью 5–8 мин в зависимости от типа соревнований), разделенных коротким перерывом (примерно 25–30 с) на подготовку и стрельбу, средняя скорость в лыжных гонках в большей степени определяется вкладом аэробного энергетического обеспечения. В более широком смысле эта скорость зависит как от аэробных, так и от анаэробных факторов, а также от экономичности передвижения или общей механической эффективности [3]. Влияние этих факторов представлено на рис. 3.

В лабораторном исследовании, в котором принимали участие шведские биатлонисты высшей квалификации (от победителей Кубка мира до спортсменов национального уровня), была выявлена регрессионная связь между средней скоростью передвижения на лыжах в соревнованиях по биатлону и максимальным потреблением кислорода (рис. 2А), причем эта связь более выражена для женщин, чем для мужчин. Это различие авторы объясняют отчасти высокой вариабельностью показа-





телей у разных спортсменов. VO_{2peak} объясняет $\approx 32\%$ различий в результатах биатлонистов в лыжных гонках среди женщин и только 21% среди мужчин. Тем не менее максимальная аэробная способность является одним из основных физиологических факторов, определяющих выносливость и результативность в лыжных гонках [3]. Так, показатель VO_{2max} у сильнейших норвежских биатлонистов и лыжников, призеров чемпионатов мира и Олимпийских игр составляет: 81 ± 3 ($n = 8$) и 84 ± 5 ($n = 17$) мл/кг/мин соответственно [3].

На основе использования двухмерного корреляционного анализа было выявлено, что значения потребления кислорода на уровне концентрации лактата в крови 4 ммоль/л ($VO_{2(4 \text{ ммоль})}$) и общей эффективности (GE) бега на лыжероллерах были существенно связаны с результатами лыжной гонки у биатлонистов обоих полов. Результаты множественного регрессионного анализа указывают на то, что $VO_{2(4 \text{ ммоль})}$ и GE объясняют более 30% различий в результатах лыжных гонок у женщин. Это подтверждают более ранние исследования, демон-

стрирующие важность $VO_{2(4 \text{ ммоль})}$ и GE для повышения выносливости [10]. Таким образом, развитие этих показателей, по-видимому, важно для улучшения результатов в лыжных гонках и биатлоне. Кроме того, в биатлоне, как и в лыжных гонках, на подъемах требуется мощность, превышающая VO_{2max} , что указывает на значимость анаэробной составляющей механизма энергообеспечения как фактора соревновательной результативности. Однако влияние этого фактора менее выражено. В исследовании [1] не выявлено достоверного влияния показателя анаэробной мощности, величины максимального лактата и величины накопленного кислородного долга, измеренных в лабораторном эксперименте, на среднюю скорость лыжной гонки в соревнованиях биатлонистов. В то же время анаэробная система, по-видимому, обеспечивает $\approx 25\%$ от общего количества энергии, необходимой в лыжном спринте [11].

Одним из факторов, определяющих результаты бега на лыжах, является экономичность лыжного хода, которая оценивается энергетической стоимостью метра пути



или величиной кислородного запроса. В исследованиях, посвященных лыжным гонкам, чаще используется другой показатель – общая эффективность (GE), который рассчитывается как отношение мощности механической работы против сил гравитации и трения к метаболической мощности. Лыжники мирового класса превосходят лыжников национального уровня именно по этому показателю [12]. Чем выше эффективность лыжного хода, тем меньше метаболические затраты, и такой ход более экономичен.

На экономичность лыжного хода влияют несколько переменных, таких как используемый стиль лыжного хода, трение лыж о снег, эффективность техники и другие [3].

В современном биатлоне коньковый ход является единственным стилем, используемым в лыжной гонке. Коньковый ход включает в себя несколько приемов (подтехник), с помощью которых биатлонист адаптируется к скорости передвижения и рельефу местности [3]. Правильно выбранная подтехника передвижения снижает метаболические затраты.

На участках лыжной трассы в биатлоне чаще всего используются подтехники, обозначенные как передачи 2 и 3 (в соответствии с норвежской квалификацией). Передача 1 используется только на очень крутых подъемах. Передача 2, используемая исключительно в горной местности, включает в себя несимметричное движение палками в сочетании с работой ног, тогда как передача 3 (симметричное движение палками с работой ног) обычно применяется на умеренных подъемах или даже на ровной местности. Утверждение, что время, затраченное на подъемы, является наиболее важным фактором, определяющим время финиша лыжника, подчеркивает важность 2-го и 3-го стилей лыжных ходов [11].

Энергозатраты снижаются, а экономичность повышается при использовании более равномерного распределения темпа в лыжной гонке. Об этом свидетельствует тот факт, что хорошо подготовленные биатлонисты с ярко выраженным быстрым стартом улучшают результаты на лыжах без каких-либо изменений в результатах стрельбы за счет использования более равномерного темпа [13].

Второй детерминантой соревновательной результативности биатлонистов выступает точность стрельбы. Показатели стрельбы у женщин и мужчин одинаковы. В нормальных погодных условиях точность стрельбы (процент попаданий) в индивидуальных соревнованиях на Олимпийских играх и чемпионатах мира среди всех медалистов составляет более 95% [3]. Результативность стрельбы в биатлоне зависит, прежде всего, от предшествующей интенсивности лыжной гонки, времени стрельбы, погодных и ряда специфических условий, например, поверхности стрельбища, стойки на лыжах, применяемой спортсменами в положении «стоя», и от стабильности стойки, которая является ключевым фактором успешного выступления [3]. В отличие от соревнующихся стрелков из винтовки, биатлонист имеет очень ограниченное время для поиска оптимальной позиции, что определяет актуальность взаимосвязи между позицией для стрельбы и ре-

зультативностью. В случае стрельбы, выполняемой после лыжной гонки в биатлоне, мышечная усталость увеличивает подвижность голеностопного сустава, что приводит к более выраженной дестабилизации системы «стрелок – оружие».

Известно, что стойка стрелка дестабилизируется при физических нагрузках и метаболической активации с увеличением частоты сердечных сокращений и дыхания при аэробной и анаэробной нагрузке [3]. Устойчивость винтовки – важный фактор, определяющий результаты высокого уровня в биатлонной стрельбе, тесно связана с результатами стрельбы из положения «стоя» [14]. Снижение вертикального раскачивания оружия в сочетании с четкостью срабатывания спускового крючка также являются важными факторами, определяющими эффективность стрельбы под нагрузкой [3]. Предшествующие стрельбе физические нагрузки часто в результате наступающего утомления приводят к снижению силы прижатия приклада к плечу при удержании винтовки, что ухудшает её устойчивость, особенно при стрельбе лёжа. Поведение при нажатии на спусковой крючок является основным фактором, влияющим на результаты стрельбы в биатлоне [3]. Под воздействием усталости нарушается рациональная последовательность движений пальцев, влияя на взаимодействие между нажатием на спусковой крючок и устойчивостью винтовки во время стрельбы лёжа [3].

Время, затрачиваемое на стрельбу, определяется различными стратегиями прицеливания. Первая условно называется «удержание» и выполняется с низким значением радиальной скорости подведения прицела к цели. Вторая тактика, применяемая биатлонистами, условно называется «время», при которой используется высокая радиальная скорость наведения оружия при стрельбе «стоя» в биатлоне [2].

Выводы

Анализ особенностей соревновательной деятельности и изучение научной литературы указывают на три основных фактора, определяющих спортивную результативность (итоговый рейтинг) в биатлоне. К этим факторам относятся: средняя скорость лыжной гонки, количество промахов, определяющее дополнительное время или количество штрафных кругов, а также общее время нахождения на огневом рубеже (на стрельбище).

Результаты итоговых исследований показывают, что точность стрельбы является основополагающим фактором, определяющим рейтинг спортсменов на высших строчках в спринте и индивидуальных соревнованиях. При этом средняя скорость в лыжных гонках становится более важной для последнего круга в спринте для обоих полов. Кроме того, скорость стрельбы в положении «стоя» для женщин в индивидуальной гонке и мужчин в спринте является важной для улучшения итогового рейтинга.

Имеющаяся литература по биатлону и смежным спортивным дисциплинам указывает на то, что для высоких результатов в лыжных гонках в соревнованиях по биатлону необходимы высокие значения потребления кислорода на уровне анаэробного порога и общая механическая



эффективность в сочетании с выраженной максимальной аэробной производительностью. В то же время общая результативность также зависит от скорости и точности стрельбы, которая, в свою очередь, определяется рядом других факторов, таких как раскачивание тела, устойчивость винтовки и точность дифференцировки мышечных усилий при нажатии на спусковой крючок. Предшествующая физическая нагрузка, несомненно, влияет на психофизиологические процессы, связанные со сложной задачей прицеливания, которая требует значительного возбуждения и активации. На это сильно влияют поза и устойчивость винтовки, а также высокая концентрация внимания, которые в итоге определяют точность и скорость стрельбы.

Данное исследование ограничено контингентом спортсменов высшей квалификации. В ходе подготовки спор-

тивного резерва, возможно, значимость рассмотренных факторов спортивной результативности в биатлоне должна быть оценена иначе.

Представленные в работе данные являются материалом для дальнейшего развития теории и методики спортивной подготовки спортсменов высокого класса в биатлоне.

Рассмотренная структура факторов спортивной результативности имеет практическое значение, так как точно выделяет конкретные элементы, на которые необходимо обращать внимание в процессе подготовки биатлонистов высокого уровня.

Перспективным направлением дальнейших исследований в этом направлении представляется оценка значимости детерминантов спортивной результативности на различных этапах многолетней подготовки биатлонистов.

*Работа выполнена на основании государственного задания
ФГБУ ФНЦ ВНИИФК № 777-00001-24
на 2025 год*

Литература/References

1. Laboratory-based factors predicting skiing performance in female and male biathletes / M.S. Laaksonen, E. Andersson, M. Jonsson Kårström, H. Lindblom, K. McGawley // *Front. Sports Act. Living*. – 2020. – Vol. 9. – Pp. 99–105.
2. Aiming strategy affects performance-related factors in biathlon standing shooting / M. Köykkä, S. Ihalainen, V. Linnamo, K. Ruotsalainen, K. Häkkinen, M.S. Laaksonen // *Scand. J. Med. Sci. Sports*. – 2021. – Vol. 31. – No. 3. – Pp. 573–585.
3. The influence of physiobiomechanical parameters, technical aspects of shooting, and psychophysiological factors on biathlon performance: a review / M.S. Laaksonen, T. Finkenzeller, H.C. Holmberg, G. Sattler // *J. Sport Health Sci*. – 2018. – Vol. 7. – Pp. 394–404.
4. Dzhilkibaeva N., Ahrens M., Laaksonen M.S. Can performance in biathlon world cup be predicted by performance analysis of biathlon IBU cup? // *International Journal of Performance Analysis in Sport*. – 2019. – Vol. 19. – No. 5. – Pp. 856–865.
5. The contribution from cross-country skiing and shooting variables on performance-level and sex differences in biathlon World Cup individual races / Luchsinger H., Kocbach J., Ettema G., Sandbakk Ø. // *Int. J. Sports Physiol. Perform.* – 2018. – Vol. 14. – Pp. 190–195.
6. Contribution from cross-country skiing, start time and shooting components to the overall and isolated biathlon pursuit race performance / H. Luchsinger, J. Kocbach, G. Ettema, Ø. Sandbakk // *PLoS One*. – 2020. – Vol. 14. – Pp. 15–24.
7. The balancing act between skiing and shooting – the determinants of success in biathlon pursuit and mass start events / G. Björklund, N. Dzhilkibaeva, C. Gallagher, M.S. Laaksonen // *Journal of Sports Sciences*. – 2021. – Vol. 40. – No. 1. – Pp. 96–103.
8. Björklund G., Laaksonen M.S. The determinants of performance in biathlon world cup sprint and individual competitions // *Front Sports Act Living*. – 2022. – Vol. 29. – P. 4.
9. Skattebo Ø., Losnegard T. Variability, predictability and race factors affecting performance in elite biathlon / *Int. J. Sports. Physiol. Perform.* – 2018. – Vol. 13. – Pp. 313–319.
10. Joyne M.J., Coyle E.F. Endurance: The physiology of champions // *J. Physiol.* – 2008. – Vol. 586. – Pp. 35–44.
11. Factors that influence the performance of elite sprint cross-country skiers / K. Hébert-Losier, C. Zinner, S. Platt, T. Stöggl, H.C. Holmberg // *Sports Med.* – 2017. – Vol. 47. – No. 2. – Pp. 319–342.
12. Metabolic rate and gross efficiency at high work rates in world class and national level sprint skiers / Ø. Sandbakk, H.C. Holmberg, S. Leirdal, G. Ettema // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2010. – Vol. 109. – No. 3. – Pp. 473–481.
13. Highly trained biathletes with a fast-start pacing pattern improve time-trial skiing performance by pacing more evenly / T. Losnegard, M. Lund-Hansen, E.V. Stubbe, E.D. Granrud, H. Luchsinger, Ø. Sandbakk, J. Kocbach // *Int. J. Sports. Physiol. Perform.* – 2023. – Vol. 18. – No. 12. – Pp. 1435–1441.
14. Biathletes present repeating patterns of postural control to maintain their balance while shooting / J. Michalska, R. Zajac, K. Szydło, D. Gerasimuk, K.J. Słomka, G. Juras // *PLoS One*. – 2022. – Vol. 17. – No. 5. – Pp. 1–12.

