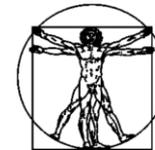


DOI: 10.15593/RZhBiomech/2019.2.01
УДК 612.885/795.922/796.928



**Российский
Журнал
Биомеханики**
www.biomech.ru

ВЛИЯНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ВЕЛОЭРГОМЕТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА КООРДИНАЦИОННЫЕ СПОСОБНОСТИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

**И.О. Гарнов, Н.Г. Варламова, Т.П. Логинова,
Н.Н. Потолицына, А.А. Черных, Е.Р. Бойко**

Отдел экологической и медицинской физиологии Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», Россия, 167001, Сыктывкар, ул. Первомайская, 50, e-mail: 566552@inbox.ru

Аннотация. Значимым моментом во многих видах спорта является сохранение стабильных координационных способностей на фоне наступающего физического утомления. Особенно это необходимо для комбинированных видов спорта, сочетающих значительные циклические нагрузки со специальной координационной деятельностью, как в биатлоне. В связи с этим целью данной работы явилось определение координации движений у лыжников-гонщиков и биатлонистов до и после велоэргометрического теста «до отказа» в специальный подготовительный период тренировочного процесса. В исследовании приняли участие 12 лыжников-гонщиков и 11 биатлонистов. Для определения координации движений использовали тест на координиметре в положении сидя, до и после проведения велоэргометрического тестирования «до отказа» измеряли время простой зрительно-моторной реакции. В контрольную группу вошли студенты высшего учебного заведения ($n = 12$), схожие со спортсменами по возрастным и антропометрическим параметрам, но не выполнявшие тест «до отказа». Выявлено, что время выполнения первой координационной пробы у спортсменов лучше ($p < 0,001$), чем в группе студентов. При повторном проведении теста в контрольной группе наблюдается уменьшение времени выполнения координационной пробы у 75% студентов ($p < 0,05$), что, по-видимому, происходит за счет появления навыка двигательного действия. Физическая нагрузка приводит к утомлению и уменьшает процент спортсменов, лучше выполнивших вторую координационную пробу по сравнению с первой. Биатлонисты завершили тест «до отказа» при более высоких значениях физиологических показателей и дольше восстанавливались, но выполнили вторую координационную пробу быстрее, чем лыжники-гонщики, что, вероятно, связано со спецификой вида спорта и тренировочного процесса. У спортсменов выявлена сильная положительная корреляционная зависимость между временем простой зрительно-моторной реакции и временем выполнения первой координационной пробы, спортсмены с более высоким потреблением кислорода в тесте «до отказа» быстрее выполняют координационную пробу.

Ключевые слова: координация движений, велоэргометрический тест «до отказа», координиметр, биатлон, лыжные гонки, простая зрительно-моторная реакция.

ВВЕДЕНИЕ

Подготовка спортсменов невозможна без привлечения средств объективизации информации об их функциональном состоянии с учетом физиологических закономерностей и механизмов управления двигательными действиями [3, 4]. Проявлением координационных способностей является анализ собственных движений, динамических, временных и пространственных характеристик локомоций в их сложном взаимодействии. Уровень координации определяется оперативным контролем характеристик выполняемых движений и обработкой его результатов. Мышечно-суставная рецепция формируется избирательно в строгом соответствии со спецификой вида спорта и технической подготовкой конкретного спортсмена [2, 13, 14].

Возможность сфокусироваться на сенсорной информации, поступающей от мышечных проприорецепторов, является залогом успеха во многих видах спорта [15], в том числе и в циклических. Стрельба на огневых рубежах в биатлоне – сложная задача, требующая координации между зрительным восприятием, постуральным балансом и временем нажатия на курок [15]. Большая часть времени (90%) тренировочного процесса в лыжных гонках направлена на развитие выносливости, что подразумевает длительные монотонные циклические нагрузки, и только 10% времени необходимо на развитие других физических качеств [13]. В биатлоне сочетаются два различных вида мышечной деятельности – лыжные гонки и стрельба на огневых рубежах, делая их связанными между собой и зависящими друг от друга, в то же время биатлон нельзя рассматривать как механическое соединение двух видов спорта. В тренировочном процессе биатлонистов отдельными учебно-тренировочными занятиями можно достичь высоких результатов в каждом из этих видов спорта, однако при совмещении их в единый соревновательный процесс показать высокий результат в подобных состязаниях спортсмены могут далеко не всегда [10].

Лыжные гонки и биатлон требуют от спортсменов сложных координационных возможностей [16], физические нагрузки, предъявляемые данными видами спорта, могут приводить к активизации или раскоординации сложных локомоций. Целью данной работы было определение координации движений у лыжников-гонщиков и биатлонистов до и после велоэргометрического теста «до отказа» в специальный подготовительный период тренировочного процесса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено в отделе экологической и медицинской физиологии Федерального института физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук в специальный подготовительный период тренировочного процесса (сентябрь 2017 года). В нем приняли участие 35 мужчин, которые были разделены на три группы. Из 23 спортсменов циклических видов спорта были созданы две группы: первая группа состояла из 12 лыжников-гонщиков (2 мастера спорта и 10 кандидатов в мастера спорта), вторая группа – из 11 кандидатов в мастера спорта по биатлону. Третью, контрольную, группу составили 12 студентов естественно-биологического факультета Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Александровича Сорокина. Характеристика групп представлена в табл. 1.

Процедура обследования

Все спортсмены и студенты заполнили добровольное согласие на исследование. Протокол был одобрен локальным комитетом Федерального института физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук по этике.

Таблица 1

Антропометрические показатели в исследуемых группах

Показатель	Лыжники-гонщики	Биатлонисты	Студенты
Возраст, лет	19 (19; 20)	19 (18; 21,5)	20 (20; 21)
Масса тела, кг	74 (70,5; 78)	71,1 (69,7; 74,7)	69 (63,5; 73)
Длина тела, см	179 (171,8; 182,5)	178,5 (174,6; 180,3)	176 (173; 178)
Масса жира, %	8,5 (5,5; 10,1)	9,9 (6,3; 10,9)	10 (7,2; 14,6)
Индекс массы тела, м ²	24 (22,9; 24,3) *	22,6 (21,9; 23,5) *	22 (21,4; 23,6)
Максимальное потребление кислорода, мл/мин/кг	60,8 (57,3; 63,2)	63,8 (59,5; 67,2)	–

Примечание: * $p < 0,01$ – достоверность различий между группами по U -критерию Манна – Уитни. Данные представлены в виде медианы и интерквартильного интервала: 25-го и 75-го перцентилей.

У спортсменов и студентов измеряли на медицинском весоростомере массу (кг) и длину тела (см); при помощи жирализатора *Omron BF 302* (Япония) – массу подкожно-жировой клетчатки в процентах, по формуле Кетле рассчитывали индекс массы тела. У спортсменов систолическое и диастолическое артериальное давление определяли методом Короткова на приборе *Microlife Model BP AG1-30*. Для оценки функционального состояния организма лыжников-гонщиков и биатлонистов проводили велоэргометрический тест «до отказа» на эргоспирометрической системе *Oxycon Pro* (*Erich Jaeger*, Германия) по следующему протоколу [1]. В течение всего теста «до отказа» в режиме «*breath by breath*» с усреднением показателей по 15-секундным отрезкам определяли минутный объем дыхания, частоту дыхания, потребление кислорода, максимальное потребление кислорода с дальнейшим расчетом показателя на кг массы тела, частоту сердечных сокращений, учитывали максимальную мощность нагрузки (Вт), рассчитывали коэффициент использования кислорода. Респираторный порог анаэробного обмена определяли по дыхательному коэффициенту при достижении им единицы, концентрацию лактата в капиллярной крови – микрометодом иммуноферментного анализа (*Sentinel*, Италия).

Время простой зрительно-моторной реакции у спортсменов регистрировали с помощью компьютерного комплекса для психофизиологического тестирования «НС-ПсихоТест» (фирма «НейроСофт», г. Иваново), в покое перед выполнением теста «до отказа».

Для определения координации движений у спортсменов использовали тест на координиметре (рис. 1, а, б) в положении сидя, до и после проведения велоэргометрического тестирования (соответственно первая и вторая пробы). С целью определения влияния физической нагрузки на координационные способности у спортсменов и появления навыка двигательного действия контрольная группа студентов также выполняла тест на координиметре два раза, но без теста «до отказа». Промежуток между первой и второй пробами у студентов составлял 14 мин, что соответствовало времени выполнения велоэргометрического теста у спортсменов.

Тест на координиметре (см. рис. 1, в) выполняется при взаимодействии подвижных верхней и нижней платформ, которые соединены между собой регулируемой по высоте штангой и управляются верхними и нижними конечностями испытуемого. Устройство позволяет измерить скорость выполнения теста на

координацию движений нижними и верхними конечностями как единой кинематической цепи. Особенностью координиметра является мультисенсорное воздействие на проприорецепцию, экстероцепцию и органы чувств человека во время изотонически-изометрического усилия в положении сидя при выполнении теста.

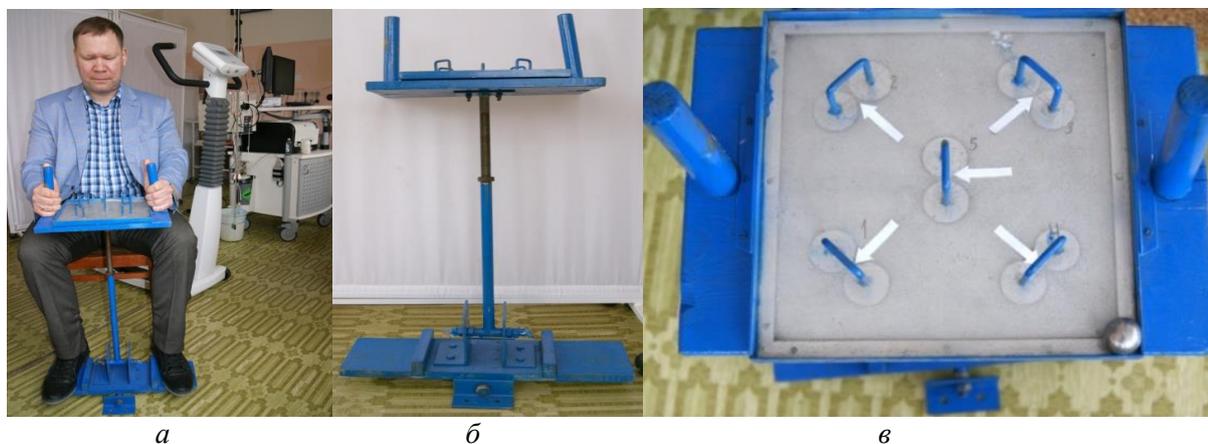


Рис. 1. Выполнение координационной пробы (а), общий вид (б) и вид верхней платформы координиметра (в)

По итогам выполнения координационных проб проведен дополнительный анализ причин увеличения или уменьшения времени выполнения проб.

Данное устройство является изобретением, находящимся в стадии патентования, точные размеры и чертеж сохраняются в виде ноу-хау в Федеральном институте физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук.

Статистическая обработка результатов

Для анализа полученных данных использовали программу *Statistica* 6.0. Проверку на нормальность распределения признаков проводили с помощью критерия Шапиро – Уилкса. Для оценки достоверности различий внутри групп использовался *W*-критерий Вилкоксона, для определения различий между группами – *U*-критерий Манна – Уитни. Взаимосвязь признаков оценивалась с помощью метода ранговой корреляции Спирмена. Данные представлены в виде медианы и интерквартильного интервала (25-го и 75-го перцентилей). Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в исследовании принимался при $p < 0,01$ и $0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Группа студентов по антропометрическим показателям статистически значимо не отличалась от групп спортсменов, которые различались между собой только по индексу массы тела ($p < 0,01$) (табл. 1). У биатлонистов индекс массы тела был ниже на 4,3%, чем у лыжников-гонщиков, и практически не отличался от спортсменов циклических видов спорта в аналогичный период тренировочного процесса [11]. Функциональные показатели в покое перед тестом в исследуемых группах спортсменов статистически значимо не различались (табл. 2), как и максимальное потребление кислорода (см. табл. 1). Это позволило нам заключить, что группы спортсменов были практически одинаковыми, параметры соответствовали ранее представленным данным [11], значения соответствовали референсным.

Полученные нами данные показали, что кардиореспираторная система и уровень лактата крови биатлонистов, в отличие от лыжников-гонщиков, отреагировали на велоэргометрический тест «до отказа» по-разному. В группе биатлонистов по

сравнению с лыжниками-гонщиками в момент завершения теста статистически значимо ($p < 0,001$) чаще (на 5,1%) частота сердечных сокращений и выше (на 15%) уровень лактата ($p < 0,05$), что, вероятно, связано с более длительно выполняемым тестом и с большей относительной мощностью выполненной нагрузки. Известно, что во время работы содержащийся в крови лактат утилизируется печенью, сердцем, неработающими мышцами и другими органами. При работе большой мощности количество лактата, вышедшего в кровь, значительно превышает его утилизацию неактивными мышцами и другими тканями [8].

Таблица 2

Сравнение физиологических показателей и уровня лактата крови в исследуемых группах

Показатель	Лыжники-гонщики	Биатлонисты
Покой сидя		
Лактат, ммоль/л	2,6 (1,9; 2,6)	2,9 (1,6; 3,7)
Частота сердечных сокращений, уд/мин	64 (61,7; 66,3)	57 (55,5; 63,5)
Потребление кислорода, мл/мин/кг	5,9 (4,1; 7,0)	4,5 (3,3; 6,1)
Коэффициент использования кислорода, мл/л	37,7 (31,1; 39,1)	34,8 (30,1; 38,4)
Частота дыхания, мин ⁻¹	11 (9; 14,5)	12 (11; 15)
Минутный объем дыхания, л/мин	12 (7,8; 13,3)	9 (7; 10,5)
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст.	110 (108; 121)	112 (104; 120)
Диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.	70 (65; 86)	78 (70; 82)
Завершение теста «до отказа»		
Лактат, ммоль/л	8,4 (7,7; 8,7)*	9,7 (9,3; 11,5)*
Частота сердечных сокращений, уд/мин	177 (172; 182)**	186 (182; 190)**
Потребление кислорода, мл/мин/кг	59,9 (52; 64,1)	62,8 (54,7; 65,5)
Коэффициент использования кислорода, мл/л	31,2 (29; 34,6)*	26,5 (22,8; 30,3)*
Частота дыхания, мин ⁻¹	44 (36,3; 50,7)	53,5 (42,5; 62,7)
Минутный объем дыхания, л/мин	136,5 (115,7; 156,7)	176 (138; 190)
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст.	200 (199; 215)	199 (191; 200)
Диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.	70 (62,5; 79,5)	80 (80; 82)
Мощность выполненной нагрузки, Вт/кг	4,5 (4,4; 5,1)	5,1 (4,8; 5,2)
Длительность теста «до отказа», с	712,5 (600; 780)	795 (747; 835)
Пятая минута восстановления		
Лактат, ммоль/л	8,9 (6,5; 9,1)**	11,1 (9,5; 11,5)**
Частота сердечных сокращений, уд/мин	96,5 (91,5; 102,7)	109 (97; 110,5)
Потребление кислорода, мл/мин/кг	10,9 (9,7; 13,3)	12,1 (11,4; 12,8)
Коэффициент использования кислорода, мл/л	26,9 (24,8; 32,9)**	23,6 (22,8; 25,8)**
Частота дыхания, мин ⁻¹	22,5 (21,0; 23,5)**	28 (24; 31,5)**
Минутный объем дыхания, л/мин	30 (22,7; 24)**	36 (33,5; 38,5)**
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст.	124 (116; 135)	130 (119; 131)
Диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.	70 (61,5; 73)	62 (59; 69)

Примечание: ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$ – достоверность различий между группами по U -критерию Манна – Уитни. Данные представлены в виде медианы и интерквартильного интервала: 25-го и 75-го перцентилей.

Уровень лактата в исследуемых группах практически не отличался от аналогичного уровня у лыжников-гонщиков экстракласса, полученного при тестировании «до отказа» [8]. Более низкий (на 15%) коэффициент использования кислорода ($p < 0,05$) в момент завершения теста в группе биатлонистов по сравнению с лыжниками-гонщиками, вероятно, связан с более высоким минутным объемом дыхания, что было вызвано большей абсолютной мощностью выполненной нагрузки в тесте. Следует отметить, что эти показатели практически соответствовали аналогичным в тестировании «до отказа» у спортсменов после подготовительного периода в горах [11].

На пятой минуте восстановления после теста «до отказа» в группе биатлонистов по сравнению с лыжниками-гонщиками были статистически значимо ($p < 0,01$) выше: лактат на 24,7%, частота дыхания на 24,4% и минутный объем дыхания на 20,0%, что, вероятно, вызвано более длительно выполняемым тестом и большей мощностью нагрузки в момент завершения теста. Показатели у лыжников-гонщиков на пятой минуте восстановления после велоэргометрического теста «до отказа» соответствовали данным литературы [1]. В группе биатлонистов был ниже коэффициент использования кислорода на 12,3% ($p < 0,01$), что, вероятно, отражает более выраженный процесс гипервентиляции, вызванный более длительным временем выполнения теста. Остальные показатели различались и находились в пределах референсных значений.

Время выполнения первой координационной пробы группой студентов и группами спортсменов статистически значимо различалось. Так, лыжники-гонщики и биатлонисты выполняли первую пробу быстрее, чем студенты, соответственно на 47 ($p < 0,001$) и 42% ($p < 0,001$). В группе студентов время второй координационной пробы статистически значимо ($p < 0,05$) уменьшилось на 52%, с 121 (87; 129) до 73 (59; 83,5) с. Вероятнее всего, уменьшение времени связано с появлением навыка выполнения двигательного действия в группе студентов. Время координационной пробы до и после теста на велоэргометре «до отказа» в исследуемых группах спортсменов статистически значимо не различалось (рис. 1, в).

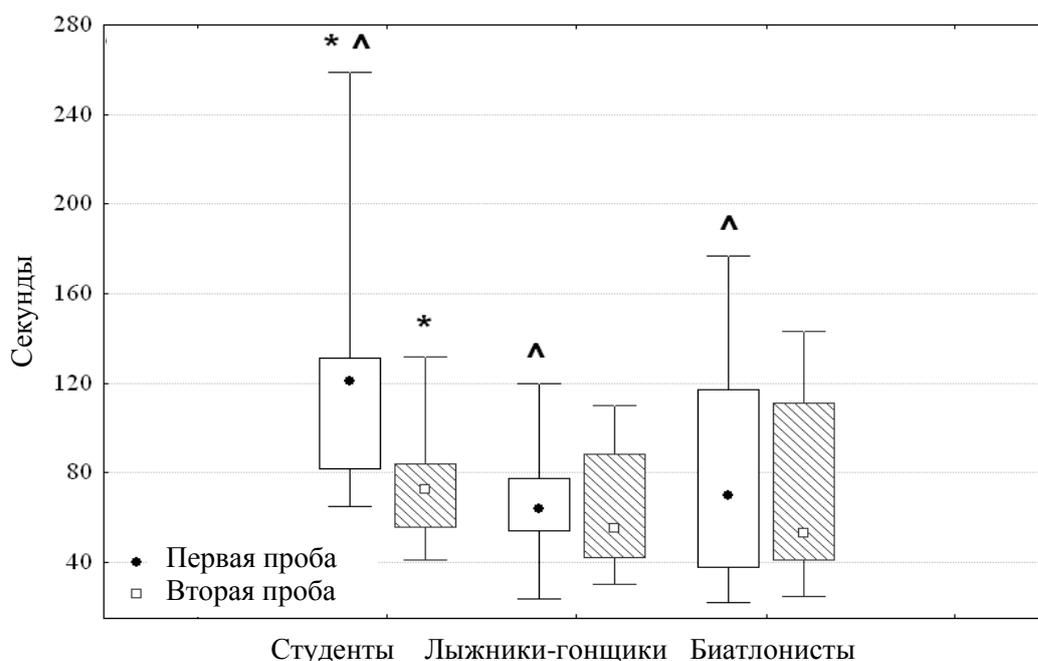


Рис. 2. Время выполнения координационной пробы в исследуемых группах, * – $p < 0,05$ – достоверность различий по W -критерию Вилкоксона; ^ – $p < 0,05$ – достоверность различий по U -критерию Манна – Уитни

Однако выявлены следующие тенденции: лыжники-гонщики по сравнению с биатлонистами выполняли первую координационную пробу (перед тестом «до отказа») быстрее, а вторую медленнее (соответственно на 8,5 и 3,6%). Продолжительность выполнения координационных проб в исследуемых группах после велоэргометрического теста уменьшилась: у лыжников-гонщиков на 14%, с 64,0 (54,5; 76,2) до 55 (42,5; 85,2) с, у биатлонистов – 24,2% (с 70 (45; 110,5) до 53 (42; 103 с). Известно [6], что мощность нагрузки в субмаксимальном тесте на велоэргометре у спортсменов коррелирует с координационной устойчивостью. Это косвенно указывает на значение мощности нагрузки в развитии утомления мышц и снижении их устойчивости, т.е. чем больше мощность нагрузки, тем больше мышечных волокон было рекрутировано в работу и, вероятно, в большем количестве мышечных волокон развивалось утомление. В нашем исследовании биатлонисты закончили велоэргометрический тест с большей мощностью нагрузки, чем лыжники-гонщики, несмотря на это у них отмечена тенденция к уменьшению времени выполнения второй координационной пробы. Уменьшение времени выполнения второй координационной пробы в группе биатлонистов, вероятнее всего, вызвано спецификой тренировочного и соревновательного процессов исследуемых спортсменов. В биатлоне спортсменам необходимо после интенсивной циклической нагрузки сохранять высокий уровень координации для точной стрельбы на огневом рубеже. Кроме того, известно, что у биатлонистов более высокой спортивной квалификации физическая нагрузка в меньшей степени влияет на результативность стрельбы [10], что говорит о возможности тренировки поддержания координационных способностей в условиях физического утомления. Для спортсменов данной специализации необходимо правильно распределить нагрузку во время гонки, для того чтобы подойти к огневым рубежам в таком утомлении, в котором будет осуществляться качественная стрельба [10].

С целью уточнения формирования двигательного навыка при повторном тестировании на координиметре группы участников были разделены на выполнивших вторую пробу с уменьшением времени или с его увеличением. У 25% студентов отмечено увеличение времени выполнения второй координационной пробы, аналогичная динамика отмечена у 50% лыжников-гонщиков и 45% биатлонистов, возможно, физическая нагрузка «до отказа» отрицательно влияет на формирование двигательного навыка у спортсменов. У 55% биатлонистов, у которых отмечено уменьшение времени выполнения координационной пробы, тест «до отказа» был закончен на более меньшей мощности нагрузки, в отличие от 45% спортсменов, у которых отмечено увеличение времени выполнения координационной пробы. В группе биатлонистов с уменьшением времени выполнения второй координационной пробы отмечена на респираторном пороге анаэробного обмена тенденция к более высокому потреблению кислорода (51,7 мл/мин/кг) и более низкому уровню лактата (5,6 мл) в отличие от 45% биатлонистов, у которых было увеличение времени выполнения второй координационной пробы (соответственно 49,7 мл/мин/кг и 6,5 мл).

Сравнение времени простой зрительно-моторной реакции у лыжников-гонщиков и биатлонистов показало отсутствие статистически значимых различий, но оно у биатлонистов имело тенденцию к меньшим значениям по сравнению с группой лыжников-гонщиков и составляло соответственно 203,6 и 209,1 мс, что вполне соответствует времени простой зрительно-моторной реакции для легкоатлетов ($203,1 \pm 6,8$ мс) [9].

Известно [5], что экономичность двигательной деятельности является весьма специфичным признаком, характеризующим координационные способности. Показатели экономичности зависят не только от эффективности техники двигательных действий, но и от психофизиологических характеристик спортсмена (время простой зрительно-моторной реакции, максимальное потребление кислорода, потребление

кислорода на респираторный порог анаэробного обмена). Нами был проведен корреляционный анализ между психофизиологическими показателями и временем выполнения координационной пробы. Результаты исследования представлены в табл. 3.

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между психофизиологическими показателями и временем выполнения теста на координиметре у спортсменов

Показатель	Лыжники-гонщики		Биатлонисты	
	<i>rs</i>	<i>p</i>	<i>rs</i>	<i>p</i>
Время простой зрительно-моторной реакции и время первой координационной пробы	0,723	0,01	0,755	0,02
Максимальное потребление кислорода и время первой координационной пробы	-0,556	0,01	–	Недостаточно
Потребление кислорода в момент завершения теста «до отказа» и время второй координационной пробы	–	Недостаточно	-0,514	0,02

Примечание: *rs* – коэффициент корреляции Спирмена, *p* – уровень значимости.

Корреляционный анализ (см. табл. 3) выявил сильную положительную связь у спортсменов обеих групп между временем простой зрительно-моторной реакции и временем выполнения первой координационной пробы. Время простой зрительно-моторной реакции является интегративным показателем, характеризующим подвижность нервной системы и скорость двигательных действий [11]. Тренировочный процесс повышает адаптивный эффект организма, который проявляется в улучшении регуляторной деятельности центральной нервной системы, что способствует кумуляции адаптивного резерва в состоянии покоя, необходимого для преодоления мышечных нагрузок [7]. Отсутствие высокой достоверной корреляционной связи между временем простой зрительно-моторной реакции и второй координационной пробой, по-видимому, указывает на то, что на скорость выполнения второй координационной пробы, возможно, повлияло утомление после теста «до отказа».

Средняя отрицательная корреляционная взаимосвязь отмечена в группе лыжников-гонщиков между максимальным потреблением кислорода и временем выполнения первой координационной пробы. У биатлонистов отрицательная корреляционная взаимосвязь выявлена между потреблением кислорода в момент завершения теста и выполнения второй координационной пробы, которая до нагрузки также была достаточно сильной (-0,713), но носила характер тенденции. По данным литературы [5], известно, что высокое значение максимального потребления кислорода может положительно влиять на экономичность движений при выполнении координационных проб.

Информация о влиянии физических нагрузок на координационные возможности спортсменов по данным литературы [5, 10, 16] противоречива. Известно, что влияние длительной физической нагрузки высокой интенсивности вызывает снижение точности стрельбы у биатлонистов [10]. Исследования с участием лыжников-гонщиков и биатлонистов с использованием электроэнцефалографии для мониторинга активности головного мозга при стрельбе показали, что физическая нагрузка не снижает точности выполнения сложных координационных действий [16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное нами исследование позволило сделать следующие выводы.

1. Время выполнения первой координационной пробы у спортсменов статистически значимо лучше ($p < 0,001$), чем в группе студентов.
2. При повторном проведении теста в контрольной группе наблюдается уменьшение времени выполнения координационной пробы у 75% студентов ($p < 0,05$), что, по-видимому, происходит за счет появления навыка двигательного действия.
3. Выполнение велоэргометрического теста «до отказа» приводит к утомлению и уменьшает процент спортсменов, лучше выполнивших вторую координационную пробу по сравнению с первой.
4. Биатлонисты завершили тест «до отказа» на более высоких значениях ($p < 0,05$) частоты сердечных сокращений, лактата и при низком коэффициенте использования кислорода, что привело к длительному восстановлению их функциональных систем, однако они выполнили вторую координационную пробу быстрее, чем лыжники-гонщики, что, вероятно, связано со спецификой вида спорта и тренировочного процесса.
5. У спортсменов выявлена сильная положительная корреляционная зависимость ($r = 0,723-0,725$, $p < 0,01-0,02$) между временем простой зрительно-моторной реакции и временем выполнения первой координационной пробы. Также выявлено, что спортсмены с более высоким максимальным потреблением кислорода и потреблением кислорода в момент завершения теста «до отказа» быстрее выполняют координационную пробу.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках научных тем: 1. «Метаболическое обеспечение физической работоспособности у человека в условиях Севера и разработка способов ее повышения» по программе ФНИ на 2017–2020 гг. (№ ГР ФФФФ-Ф17-117012310157-7). 2. «Разработка способа повышения физической работоспособности путем коррекции метаболизма жиров в организме человека» по программе президиума РАН на 2018–2020 гг. (№ ГР АААА-А18-118012290367-6).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарнов И.О., Логинова Т.П., Варламова Н.Г., Черных А.А., Ценке Д., Бойко Е.Р. Использование электромагнитного излучения крайне высокой частоты в коррекции функционального состояния организма лыжников-гонщиков // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. – 2016. – № 2. – С. 70–81.
2. Гетманцев С.В., Богущ В.Л., Яцунский А.С., Сокол О.В., Резниченко О.И. Исследование мышечно-суставной чувствительности и координации движений в различных видах спорта // Слободжанский научно-спортивный вестник. – 2010. – № 3. – С. 58–62.
3. Капилевич Л.В., Кошельская Е.В., Андреев В.И., Зюбанова И.А. Совершенствование техники выполнения волейболистами прямого нападающего удара методом компьютерной стабилографии // Теория и практика физической культуры. – 2011. – № 9. – С. 66–69.
4. Капилевич Л.В. Физиологические механизмы координации движений в безопорном положении у спортсменов // Теория и практика физической культуры. – 2012. – № 7. – С. 45–48.
5. Лях В.И. Координационные способности: диагностика и развитие. – М.: ТВТ Дивизион, 2006. – 290 с.
6. Мельников А.А., Савин А.А., Емельянова Л.В., Викулов А.Д. Устойчивость позы во время статического напряжения до и после субмаксимального аэробного велоэргометрического теста у спортсменов // Физиология человека. – 2012. – Т. 38, № 2. – С. 66–72.
7. Никифорова О.А. Сравнительная оценка функционального состояния организма представителей умственного труда и квалифицированных спортсменов: дис. ... канд. биол. наук. – Кемерово, 1995. – 130 с.

8. Петрова Т.Г. Влияние спортивных физических нагрузок на функциональное состояние нервной системы и аэробные возможности организма студентов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Майкоп, 2012. – 28 с.
9. Попов Д.В., Мисина С.С., Лемешева Ю.С., Любаева Е.В., Боровик А.С., Виноградова О.Л. Финальная концентрация лактата в крови в тесте с возрастающей нагрузкой и аэробная работоспособность // Физиология человека. – 2010. – Т. 34, № 3. – С. 102–109.
10. Солдатов О.А. Метод повышения результативности стрельбы у квалифицированных биатлонистов: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – М., 1989. – 25 с.
11. Солонин Ю.Г., Варламова Н.Г., Гарнов И.О., Логинова Т.П., Марков А.Л., Нутрихин А.В. Потолитсына Н.Н., Черных А.А., Бойко Е.Р. Влияние тренировки в горах на организм лыжников Республики Коми // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2017. – № 4. – С. 43–49.
12. Шаханова А.В., Коблев Я.К., Петрова Т.Г., Намитокова А.А. Особенности функционального состояния центральной нервной системы спортсменов-дзюдоистов // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2010. – № 3. – С. 49–56.
13. Astrand P.O. Endurance in sports. – Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1992. – P. 8–15.
14. Hirtz P. Koordinative Fähigkeiten. Trainingswissenschaft. – Berlin: Sportverlag, 1994. – P. 137–145.
15. Ihalainen S., Kuitunen S., Mononen K., Linnamo V. Determinants of elite-level air rifle shooting performance // Scandinavian Journal Medicine Science and Sports. – 2015. – Vol. 26, № 3. – P. 266–274.
16. Luchsinger H., Sandbakk O., Schubert M., Ettema G., Baumeister J.A. Comparison of frontal theta activity during shooting among biathletes and cross-country skiers before and after vigorous exercise // Plos. One. – 2016. – № 2. – P. 1–11.

EFFECTS OF THE MAXIMAL BICYCLE ERGOMETRIC LOAD TEST ON COORDINATION ABILITIES AND FUNCTIONAL STATE OF CROSS-COUNTRY SKIERS AND BIATHLETES

I.O. Garnov, N.G. Varlamova, T.P. Loginova, N.N. Potolitsyna,
A.A. Chernykh, E.R. Boyko (Syktyvkar, Russia)

The aim of this study was to assess the influence of the bicycle ergometer endurance exercise test on the coordination abilities of cross-country skiers and biathletes in the preparatory period of the training process. 12 cross-country skiers and 11 biathletes participated in the study. The coordination test was carried out in the sitting position before and after maximal bicycle ergometer test. Reaction time was registered before endurance exercise test. For the control group, a group of university students ($n = 12$) of the same age and with similar anthropometric parameters was recruited. This group did not carry out the maximal cycle ergometer test. We found that time of the first coordination test in athletes was better ($p < 0.001$) than in the group of students. The time of the repeated coordination test was reduced in 75% participants of the control group ($p < 0.05$), we believe due to the development of the motor action experience. Physical exercise leads to fatigue and reduced the number of athletes who carried out the second coordination test better than the first one. Biathletes completed the maximal bicycle ergometer test with higher physiological values and recovered longer, but carried out the second coordination test faster than cross-country skiers, which was probably due to the specifics of their sport and the training process. We found strong positive correlation between reaction time and time of the first coordination test in athletes. Athletes with higher oxygen consumption during the bicycle ergometer endurance exercise were faster in the coordination test.

Key words: coordination of movements, maximal bicycle ergometric test, coordometer, biathlon, cross-country skiing, simple visual-motor reaction.

Получено 27 февраля 2019