



Особенности взаимосвязи реакции на движущийся объект с концентрациями биогенных аминов и кинематико-динамическими параметрами сложно-координационного движения у горнолыжников высокого класса

А.С. Крючков¹, А.М. Федосеев¹, С.С. Мисина², Г.А. Дудко^{2,*}, Е.Б. Мякинченко²

¹ФГБУ «Центр спортивной подготовки сборных команд России», Москва, Россия

²ФГБУ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: выявление взаимосвязей реакции на движущийся объект с функциональным состоянием центральной нервной системы и кинематико-динамическими параметрами сложно-координационного движения у горнолыжников.

Материалы и методы: в исследовании приняли участие 9 элитных горнолыжников. Оценка показателей зрительно-моторной координации осуществляли с помощью компьютерного комплекса для психофизиологического тестирования «НС-Психотест» (Нейрософт, Россия). Регистрацию кинематико-динамических параметров сложно-координационного движения выполняли на тензометрической платформе MuscleLab Force Plate (Ergotest Innovation A. S., Норвегия) при прыжке вверх с места. Количественный анализ гормонов — адреналина, норадреналина и нейромедиаторов — дофамина, серотонина в образцах крови испытуемых выполняли на сверхбыстром жидкостном хромато-масс-спектрометре с тройным квадруплом LCMS-8060 (Shimadzu, Япония).

Результаты: зафиксирована достоверная отрицательная взаимосвязь между максимальной мощностью двигательных усилий в прыжке вверх с места, средним временем реакции и количеством отрицательных реакций, зафиксированных в тесте по оценке времени реакции на движущийся объект. Установлена достоверная положительная взаимосвязь между процессами возбуждения, мощностью и временем прыжка. Повышение концентраций норадреналина и серотонина положительно связаны с числом точных реакций, а уровень дофамина имеет положительную корреляцию с амплитудой прыжка.

Заключение: преобладание в центральной нервной системе процессов возбуждения над торможением положительно влияет на сокращение времени, затрачиваемого горнолыжниками на производство прыжка вверх с места и повышение максимальной мощности движения. У спортсменов зафиксирована следующая зависимость: чем выше скорости восприятия сигнала и активации мышц при решении зрительно-моторной задачи, тем выше мощность рабочих усилий, короче время эксцентрической фазы и общее время, затрачиваемое на выполнение прыжка вверх с места.

Ключевые слова: реакция на движущийся объект, биогенные амины, центральная нервная система, горные лыжи, сложно-координационные движения

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУ «ФНЦ ВНИИФК» № 777-00026-22-00 (№ 001-22/3, № 001-22/5).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Крючков А.С., Федосеев А.М., Мисина С.С., Дудко Г.А., Мякинченко Е.Б. Особенности взаимосвязи реакции на движущийся объект с концентрациями биогенных аминов и кинематико-динамическими параметрами сложно-координационного движения у горнолыжников высокого класса. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(3):37–42. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.3>

Поступила в редакцию: 07.04.2022

Принята к публикации: 13.10.2022

Online first: 30.11.2022

Опубликована: 30.12.2022

* Автор, ответственный за переписку

The relationship between reaction to a moving object with concentrations of biogenic amines and kynematic-dynamic parameters of complex coordination movement in elite alpine skiers

Andrei S. Kryuchkov¹, Aleksandr M. Fedoseev¹, Svetlana S. Missina², Grigorii A. Dudko^{2*},
Evgenii B. Myakinchenko²

¹Center for Sports Training of Russian National Teams, Moscow, Russia

²Federal Science Center of Physical Culture and Sport, Moscow, Russia

ABSTRACT

Aim of the study: to identify mutual interaction between the reaction to a moving object with functional state of the central nervous system and kinematic-dynamic parameters of complex coordination movement.

Materials and methods: 9 elite alpine skiers were participated in this study. Visual-motor coordination variables were assessed by computer complex for psychophysiological testing NS-Psychotest (Neurosoft, Russia). Dynamic parameters of complex coordination movement during counter movement jump were registered on the MuscleLab Force Plate (Ergotest Innovation A.S., Norway). Quantitation of hormones — adrenaline and noradrenaline as well as neurotransmitters — dopamine and serotonin in blood samples was performed using ultra-high performance liquid chromatograph combined with triple quadrupole mass analyzer LCMS-8060 (Shimadzu, Japan).

Results: a significant negative relationship between the maximum output of motor efforts during counter movement jump, mean reaction time and the number of negative reactions recorded within visual-motor coordination testing was documented. A reliable positive relationship between excitation processes, jump power and jump time was established. Increases in noradrenaline and serotonin concentrations are positively associated with the number of accurate reactions, whereas dopamine level was positively correlated with jump altitude.

Conclusion: the predominance of excitation over inhibition processes in the central nervous system had a positive effect on reducing the time spent on counter moving and increasing the maximum power of movement. As applied to alpine skiers we registered the following relationship: the higher the speeds of signal perception and muscle activation when solving a visual-motor task, the higher the power of working efforts, the shorter the time of the eccentric phase and total time spent on performing counter movement jump.

Keywords: visual-motor coordination, biogenic amines, central nervous system, alpine skiing, complex coordination movements

Acknowledgments: the study was carried out within the framework of the state task of the Federal science center of physical culture and sport No. 777-00026-22-00 (No. 001-22/3, No. 001-22/5).

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Kryuchkov A.S., Fedoseev A.M., Missina S.S., Dudko G.A., Myakinchenko E.B. The relationship between reaction to a moving object with concentrations of biogenic amines and kynematic-dynamic parameters of complex coordination movement in elite alpine skiers. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(3):37–42. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.3>

Received: 7 April 2022

Accepted: 13 October 2022

Online first: 30 November 2022

Published: 30 December 2022

* Corresponding author

1. Введение

Горные лыжи относятся к скоростным, сложнокоординационным видам спорта, в которых результативность выполнения соревновательного упражнения в значительной степени определяется точностью и быстротой восприятия и переработки ориентирующей сенсорной информации в постоянно меняющихся внешних условиях. Зрительная система программирует и координирует наши движения на основе визуальных восприятий, вестибулярная — ответственна за поддержание равновесия, а результатом взаимосвязи между этими двумя системами является стабилизация взгляда во время движения. Благодаря рецепторной информации от двигательного анализатора обеспечивается восприятие положения и движения суставов. Проприоцептивная информация о взаиморасположении суставов, а также амплитуде и траектории перемещения костных рычагов позволяет

нервной системе согласовывать и интерпретировать данные от зрительной и вестибулярной систем, интегрируя их в единый механизм управления движением. В результате достигается должный уровень кинестетической осознанности движения, обеспечивающий устойчивость рабочей позы и снимающий нервные ограничения с иннервации скелетных мышц в ситуациях, когда требуется проявить высокую мощность. Лимит времени на переработку сенсорной информации в центральной нервной системе (ЦНС) требует соответствующей скорости реагирования нервно-мышечного аппарата спортсменов на моторные команды, посылаемые мозгом [1, 2]. В связи с этим применение теста по оценке времени реакции на движущийся объект (РДО), отражающего функциональное состояние ЦНС и координацию возбuditельно-тормозных процессов в двигательной системе мозга, может являться информативным инструментом для оценки текущей готовности

горнолыжников к выполнению сложнокоординационных упражнений с требуемыми параметрами динамики и кинематики. Кроме того, концентрации биогенных аминов в крови спортсменов, косвенно указывающих на соотношение процессов возбуждения и торможения в ЦНС, могут быть связаны с пространственно-временными и динамическими параметрами скоростного движения — прыжка вверх с места.

2. Материалы и методы

Исследование было одобрено этическим комитетом ФГБУ «ФНЦ ВНИИФК». В обследовании, проводимом на базе ФГБУ «ФНЦ ВНИИФК», г. Москва, в период с 2021 по 2022 г., приняли участие 9 горнолыжников (5 женщин и 4 мужчин), подписавших информированное согласие на участие в обследовании. Всего за сезон 2021–2022 гг. было зафиксировано 19 индивидуальных результатов тестирования.

Для оценки зрительно-моторной координации применялся тест РДО, входивший в комплект методик компьютерного комплекса для проведения психофизиологических и психологических тестов с регистрацией вегетативных и эмоциональных реакций «НС-Психотест» («Нейрософт», Россия). Тестирование спортсменов проводилось в отдельном кабинете в отсутствие отвлекающих факторов. Специалист, проводивший тестирование, объяснял испытуемому методику предлагаемого теста, которая заключалась в следующем. На экране монитора, расположенного перед спортсменом, был изображен круг, в котором отмечены два радиуса — красного и зеленого цветов, меняющие положение от предъявления к предъявлению. От радиуса красного цвета по направлению к зеленому с постоянной скоростью сектор круга окрашивался заливкой темно-зеленого цвета, направление движения заливки по часовой или против часовой стрелки изменялось от предъявления к предъявлению. Испытуемому предлагалось нажать на кнопку зрительно-моторного анализатора в тот момент, когда заливка достигнет радиуса зеленого цвета. При этом значение имела не столько быстрота реагирования, сколько своевременность ответа на зрительный сигнал. Количество предъявлений движущегося объекта составляло 50.

Диагностика пространственно-временных и динамических параметров сложно-координационного движения осуществлялась на основе результатов выполнения прыжка вверх с места с применением тензометрической платформы MuscleLab Force Plate Model 2 (Ergotest Innovation A. S., Норвегия). До начала контрольных прыжков тестируемый выполнял несколько пробных попыток без платформы, самостоятельно регулируя глубину предварительного подседа и угол в коленном суставе, который должен был составлять не менее 90°. Испытуемый располагался по центру платформы, принимая исходное положение тела: ноги на ширине плеч, голова прямо, руки за спиной или на поясе. Спортсмену предлагалось выполнить 5 прыжков.

Текущее функциональное состояние ЦНС испытуемых оценивалось по результатам количественного определения биогенных аминов: нейромедиаторов (дофамин, серотонин) и гормонов (норадреналин, адреналин) в крови на сверхбыстром жидкостном хромато-масс-спектрометре с тройным квадруполом и внешним источником электрораспылительной ионизации с нагреваемым потоком при атмосферном давлении LCMS-8060 (Shimadzu, Япония).

Статистическую обработку результатов выполняли с использованием пакета IBM Statistica для Windows, версия 10.0 (StatSoft, Inc, США). Статистическая значимость принята на уровне $p < 0,05$.

3. Результаты и обсуждение

Для участия в исследовании выбраны горнолыжники высокого класса, движения которых отличаются повышенной координационной сложностью в работе мышц нижних конечностей. У спортсменов (см. табл. 1) выявлена достоверная отрицательная взаимосвязь между максимальной мощностью двигательных усилий в прыжке вверх с места, средним временем реакции и количеством отрицательных реакций. Среднее время РДО зависит от подвижности (смена возбуждения/торможения) и лабильности (скорость проведения возбуждения) нервных процессов и отражает скорость восприятия и переработки поступающей информации. Соответственно чем выше у горнолыжника скорости восприятия сигнала и активации мышц при решении зрительно-моторной задачи, тем выше мощность рабочих усилий, короче время фазы подседа и общее время, затрачиваемое на производство прыжка вверх с места.

Установлена положительная корреляция между максимальной мощностью, временем фазы подседа и временем выполнения прыжкового движения с количеством отрицательных двигательных реакций, отражающим преобладание возбуждающих процессов в ЦНС и указывающим на значимость процесса возбуждения в отношении временных и мощностных параметров многосуставного движения, выполняемого горнолыжниками. У них выявлена положительная взаимосвязь между глубиной подседа в прыжке и числом точных РДО, отражающая процент успешных преобразований визуальной и пространственно-временной информации в двигательную программу реализации зрительно-моторных задач (см. табл. 1). Учитывая, что глубина подседа в прыжковом тесте регулируется спортсменом произвольно, а сложность управления увеличивается с ростом амплитуды движения, то горнолыжник, обладающий на основе пространственно-временного предвидения более надежным программированием, может позволить себе задать движение с большей амплитудой.

Рассматривая взаимосвязь гормонов с параметрами РДО, следует отметить, что среди определяемых в крови спортсменов биогенных аминов только норадреналин имел корреляционные зависимости с двигательными

реакциями (см. табл. 1). Установлено, что чем выше концентрация норадреналина, тем ниже вероятность возникновения ошибок в пространственно-временном предсказании движения (энтропия) и выше качество программирования и реализации движений, требующих точности восприятия и переработки пространственной и временной информации из внешней среды (число точных реакций). Кроме этого, норадреналин положительно связан с двигательными реакциями, отражающими преобладание процессов возбуждения над торможением в ЦНС (процент отрицательных реакций).

Примечательно, что наиболее выраженная положительная корреляционная связь обнаружена между норадреналином и средним временем РДО (см. табл. 2). Если учесть, что норадреналин обеспечивает более синхронное выделение квантов ацетилхолина в область синаптического контакта мышечной клетки, усиливая мощность мышечного сокращения [3, с. 14], то время моторного ответа в тестовом задании должно было сокращаться. Полученные нами данные этого не подтверждают, что требует дополнительных исследований выявленных фактов.

Таблица 1

Взаимосвязь параметров прыжка вверх с места, зрительно-моторной координации с концентрациями маркеров активации ЦНС у горнолыжников

Table 1

Correlation between the counter movement jump, visuomotor coordination and concentrations of CNS activation markers in alpine skiers

Коррелируемые параметры		Параметры зрительно-моторной координации				
		Среднее время реакции (мс)	Энтропия	Количество точных реакций (%)	Количество отрицательных реакций (%)	Количество положительных реакций (%)
Кинематико-динамические параметры	Максимальная мощность (Вт)	-0,47*	-0,09	-0,03	0,47	-0,47*
	Время прыжка (с)	-0,43*	0,02	0,08	0,51	-0,5*
	Время подседа (с)	-0,52*	0,11	-0,04	0,58	-0,56*
	Время отталкивания (с)	0,01	-0,25	0,40	0,11	-0,10
	Ускорение в фазе подседа (м/с)	0,20	-0,19	0,07	-0,16	0,15
	Коэффициент реактивности (y.e)	-0,31	0,12	-0,42	0,22	-0,23
	Глубина подседа (см)	0,03	-0,16	0,44*	0,06	-0,05
	Высота прыжка (см)	-0,34	-0,16	0,10	0,32	-0,32
	Относительная мощность (Вт/кг)	-0,35	-0,27	-0,09	0,37	-0,37
Концентрации нейромедиаторов и гормонов	Дофамин (пг/мл)	0,08	-0,30	0,27	0,14	-0,16
	Серотонин (нг/мл)	0,22	-0,53	0,47*	0,12	-0,13
	Адреналин (пг/мл)	0,36	-0,13	0,17	-0,36	0,32
	Норадреналин (пг/мл)	0,70	-0,49*	0,58*	-0,55*	0,52*
	Дофамин (пг/мл)	0,08	-0,30	0,27	0,14	-0,16

Примечание: * — достоверные корреляционные связи между параметрами (при 5 % ошибке, где k -0,43; n = 19).

Note: * — significant correlations between parameters (relative error 5 %, where k -0,43; n = 19).

Таблица 2

Взаимосвязь концентраций биогенных аминов с параметрами выполнения горнолыжниками прыжка вверх с места

Table 2

Correlation of biogenic amines concentrations with the parameters of the counter movement jump in alpine skiers

Коррелируемые параметры	Максимальная мощность (Вт)	Время прыжка (с)	Время подседа (с)	Время отталкивания (с)	Ускорение в фазе подседа (м/с)	Коэффициент реактивности (y.e)	Глубина подседа (см)	Высота прыжка (см)	Относительная мощность (Вт/кг)
Адреналин (пг/мл)	0,03	-0,45*	-0,54*	0,03	0,28	-0,11	-0,03	-0,04	0,05
Норадреналин (пг/мл)	-0,35	-0,24	-0,42	0,41	0,28	-0,51*	0,45*	-0,03	-0,29
Дофамин (пг/мл)	0,31	0,01	-0,08	0,27	0,30	-0,14	0,5*	0,6*	0,42
Серотонин (нг/мл)	0,01	0,06	-0,13	0,56*	0,05	-0,36	0,56*	0,28	0,01

Примечание: * — достоверные корреляционные связи между параметрами (при 5 % ошибке, где k -0,43; n = 19).

Note: * — significant correlations between parameters (relative error 5 %, where k -0,43; n = 19).

Установлено, что уровень серотонина положительно связан с числом точных двигательных реакций. Вероятно, это связано с тем, что он снижает порог возбудимости мотонейронов спинного мозга и повышает точность моторного ответа в РДО [4]. Уровень адреналина в крови горнолыжников тесно связан отрицательной связью со временем подседа и общим временем прыжка (см. табл. 2). Адреналин активирует работу натрий-калиевых транспортеров в мембране мышечных клеток, обеспечивая восстановление возбудимости клеточных мембран и регулируя таким образом силу и скорость мышечного сокращения, а соответственно и время, затрачиваемое на производство двигательного усилия [5, 6].

Выявленная взаимосвязь между уровнем норадреналина, коэффициентом реактивности — способностью спортсмена с высокой скоростью наращивать усилие и глубиной подседа — требует дальнейшего изучения. Норадреналин является гормоном, усиливающим генерацию потенциала действия и сокращение мышечных волокон, особенно в состоянии утомления. Из данных, приведенных в таблице 2, следует, что чем выше концентрация норадреналина, тем более низкое положение общего центра массы тела занимают горнолыжники в подготовительной фазе прыжка. Увеличение амплитуды подседа приводит к увеличению величины внешнего крутящего момента, что может требовать больше времени для производства усилия и проявляться в отрицательной связи с коэффициентом реактивности. С повышением уровня норадреналина горнолыжники меняют технику прыжка в направлении увеличения амплитуды подготовительной фазы движения, что отрицательно влияет на скорость достижения пика усилия в результирующей фазе, но создает условия для проявления большей силы.

Установлено, что уровень дофамина в крови горнолыжников положительно связан с амплитудой подготовительной фазы прыжка и высотой выпрыгивания (см. табл. 2). Действуя через базальные ядра, дофамин усиливает инициацию желаемых движений и ингибирует альтернативные действия и менее подходящие моторные программы, а также через мозжечок формирует правильную последовательность мышечных сокращений. Учитывая, что прыжок вверх с места представляет собой многосуставное движение с высокими требованиями к нервно-мышечной координации, вполне закономерно, что дофамин проявляет взаимосвязь как с повышенной амплитудой (техникой), так

и с высотой выпрыгивания, то есть с эффективностью выполнения данного движения.

Серотонин как нейромедиатор двигательной системы ствола мозга в малых количествах обеспечивает повышение возбудимости α -мотонейронов, а через влияние на клетки Пуркинье мозжечка повышает координацию скелетных мышц. В то же время повышенное высвобождение серотонина из ствола мозга ингибирует активность α -мотонейронов, а также вызывает торможение высших отделов ЦНС [7, с. 14]. Исходя из этого можно предположить, что увеличение амплитуды подседа означает повышение требований к координации и уровню мышечных усилий и моноамин, по всей видимости, может быть тесно связан с этими требованиями. При этом серотонин оказывает воздействие на систему управления движением не изолированно, а в определенных соотношениях с дофамином, что требует дальнейшего изучения влияния серотонина на двигательные функции горнолыжников высокого класса.

4. Выводы

У горнолыжников зафиксирована следующая зависимость: чем выше скорости восприятия сигнала и активации мышц при решении зрительно-моторной задачи, тем выше мощность рабочих усилий, короче время эксцентрической фазы и общее время, затрачиваемое на выполнение прыжка вверх с места. Преобладание в ЦНС процессов возбуждения над торможением у горнолыжников положительно влияет на сокращение времени, затрачиваемого на производство прыжка вверх с места и повышение максимальной мощности движения.

Повышенные концентрации норадреналина в крови спортсменов имеют отрицательную связь с вероятностью возникновения ошибок в пространственно-временном предсказании движения и положительно связаны с качеством программирования и реализации движений, требующих точности восприятия и переработки пространственно-временной информации из внешней среды.

Концентрация серотонина в крови испытуемых положительно связана с числом точных РДО, что отражает умение спортсменов своевременно принимать правильные решения и точно реализовывать моторную программу. Концентрация дофамина у горнолыжников положительно связана с амплитудой движения и высотой прыжка вверх с места, что, вероятно, отражает влияние данного нейромедиатора на межзвенную координацию и эффективность выполнения многосуставного движения.

Вклад авторов:

Крючков Андрей Сергеевич — концепция и дизайн исследования, написание текста.

Федосеев Александр Михайлович — сбор и обработка данных.

Мисина Светлана Сергеевна — статистический анализ результатов.

Дудко Григорий Алексеевич — редактирование текста.

Мякинченко Евгений Борисович — утверждение окончательного варианта статьи.

Author's contribution:

Andrei S. Kryuchkov — study concept and design, writing.

Aleksandr M. Fedoseev — data collection and processing.

Svetlana S. Missina — statistical processing of the results.

Grigori A. Dudko — text editing.

Evgenii B. Myakinchenko — approve the final version of article.

Список литературы

References

1. Muller E., Schwameder H. Biomechanical aspects of new techniques in alpine skiing and ski-jumping. *J. Sports Sci.* 2003;21(9):679–692. <https://doi.org/10.1080/0264041031000140284>
2. Alhammoud M., Hansen C., Meyer F., Hautier C., Morel B. On-field ski kinematic according to leg and discipline in elite alpine skiers. *Front. Sports Act. Living.* 2020;2:56. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.00056>
3. Bukcharaeva E.A., Kim K.C., Moravec J., Nikolsky E.E., Vyskocil F. Noradrenaline synchronizes evoked quantal release at frog neuromuscular junctions. *J. Physiol.* 1999;517(3):879–888. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.1999.0879s.x>
4. Wei K., Glaser J.I., Deng L., Thompson C.K., Stevenson I.H., Wang Q., et al. Serotonin affects movement gain control in the spinal cord. *J. Neurosci.* 2014;34(38):12690–12700. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1855-14.2014>
5. French D.N., Kraemer W.J., Volek J.S., Spiering B.A., Judelson D.A., Hoffman J.R., Maresh C.M. Anticipatory responses of catecholamines on muscle force production. *J. Appl. Physiol.* 2007;102(1):94–102. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00586.2006>
6. Tank A.W., Wong D.L. Peripheral and central effects of circulating catecholamines. *Compr. Physiol.* 2015;5(1):1115. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140007>
7. Kavanagh J.J., McFarland A.J., Taylor J.L. Enhanced availability of serotonin increases activation of unfatigued muscle but exacerbates central fatigue during prolonged sustained contractions. *J. Physiol.* 2019;597(1):319–332. <https://doi.org/10.1113/JP277148>

Информация об авторах:

Крючков Андрей Сергеевич, к.п.н., заместитель начальника аналитического управления, ФГБУ «Центр спортивной подготовки сборных команд России», Россия, 105064, г. Москва, ул. Казакова, 18/8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9423-8092> (kruchkova_an@mail.ru)

Федосеев Александр Михайлович, к.п.н., начальник отдела аналитического управления, ФГБУ «Центр спортивной подготовки сборных команд России», Россия, 105064, г. Москва, ул. Казакова, 18/8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2006-8550> (fed.csp@ya.ru)

Мисина Светлана Сергеевна, младший научный сотрудник лаборатории проблем спортивной подготовки, ФГБУ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта», Россия, 105005, г. Москва, Елизаветинский пер., 10/1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1226-5914> (missina.s.s@vniifk.ru)

Дудко Григорий Алексеевич*, старший научный сотрудник лаборатории проблем спортивной подготовки, ФГБУ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта», Россия, 105005, г. Москва, Елизаветинский пер., 10/1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1064-3283> (dudko.g.a@vniifk.ru)

Мякинченко Евгений Борисович, д.п.н., ведущий научный сотрудник лаборатории проблем спортивной подготовки, ФГБУ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта», Россия, 105005, г. Москва, Елизаветинский пер., 10/1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1184-9694> (miakinchenko.e.b@vniifk.ru)

Information about the authors:

Andrei S. Kryuchkov, Ph.D. (Pedagogy), Deputy Head of the Analytical Office, Center for Sports Training of Russian National Teams, 18/8, Kazakova str., Moscow, 105064, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9423-8092> (kruchkova_an@mail.ru)

Aleksandr M. Fedoseev, Ph.D. (Pedagogy), Head of the Analytical Management Department, Center for Sports Training of Russian National Teams, 18/8, Kazakova str., Moscow, 105064, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2006-8550> (fed.csp@ya.ru)

Svetlana S. Missina, Junior Researcher Laboratory of Sports Performance, Federal Science Center of Physical Culture and Sport, 10/1, Elizavetinsky lane, Moscow, 105005, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1226-5914> (missina.s.s@vniifk.ru)

Grigori A. Dudko*, Senior Researcher Laboratory of Sports Performance, Federal Science Center of Physical Culture and Sport, 10/1, Elizavetinsky lane, Moscow, 105005, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1064-3283> (dudko.g.a@vniifk.ru)

Evgenii B. Myakinchenko, Dr.Sc. (Pedagogy), Leading Researcher Laboratory of Sports Performance, Federal Science Center of Physical Culture and Sport, 10/1, Elizavetinsky lane, Moscow, 105005, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1184-9694> (miakinchenko.e.b@vniifk.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author