

## АНАЛИЗ ДВИГАТЕЛЬНОГО ОТКЛИКА НА ПОЯВЛЕНИЕ ШАЙБЫ У ХОККЕИСТОВ В УСЛОВИЯХ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Г.С. Бугрий<sup>1</sup>, [gregbugr@yandex.ru](mailto:gregbugr@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-6971-4189>  
А.П. Кручинина<sup>1</sup>, [a.kruch@moids.ru](mailto:a.kruch@moids.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9720-8163>  
П.Ю. Сухочев<sup>1</sup>, [ps@moids.ru](mailto:ps@moids.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8004-6011>  
И.С. Поликанова<sup>1,2</sup>, [irinapolikanova@mail.ru](mailto:irinapolikanova@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-5323-3487>  
С.В. Леонов<sup>1</sup>, [svleonov@gmail.com](mailto:svleonov@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-8883-9649>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

**Аннотация.** Цель: сравнение двигательного отклика в условиях виртуальной реальности у профессиональных хоккеистов в сравнении с новичками, не имеющими опыта игры в хоккей, при предъявлении шайб разного уровня сложности. **Материалы и методы.** В рамках исследования разработана имитационная виртуальная среда, моделирующая хоккейную площадку и задающая 3 уровня сложности предъявления шайб (сложность определяется расстоянием и скоростью полета шайбы). В исследовании приняли участие 12 испытуемых мужского пола (средний возраст – 21 год), из которых 7 хоккеистов, средний стаж которых составил 14,25 года (разряды от 3-го юношеского до 1-го взрослого). Анализ движений проводился с использованием системы SteamVR Tracking 2.0. Оценка двигательного отклика осуществлялась по комплексу параметров, в том числе по сохранению основной стойки испытуемого, двигательной реакции на шайбу, движениям клюшки, реакции на предупреждающие сигналы. Анализ двигательной активности испытуемых измерялся как среднеквадратичное отклонение изменения углов в каждом из суставов (левое и правое колено, левое и правое бедро, голова). **Результаты** исследования показали, что профессиональные игроки и новички значительно различаются по среднеквадратичным отклонениям изменения углов в каждом из суставов, а также по характеристикам двигательной реакции на шайбу. **Заключение.** Результаты сравнения профессиональных хоккеистов и новичков позволяют сделать несколько выводов на основе качественного анализа параметров движения. Во-первых, профессиональные игроки при сохранении стойки имеют большие амплитуды вертикальных колебаний. Во-вторых, при переходе к задаче отражения шайб профессиональные спортсмены сохраняют стойку без изменений. Новички, напротив, начинают совершать большее количество движений, зачастую лишних (т. е. не влияющих на эффективность выполнения задачи). Фактически профессиональные игроки отличаются значимо меньшим количеством двигательной активности, в особенности отсутствием лишних движений, не влияющих на успешность отражения шайбы. Таким образом, мы делаем заключение, что чем выше уровень мастерства хоккеиста, тем более оптимизированным будет двигательный отклик на появление шайбы.

**Ключевые слова:** отслеживание движений, анализ позы, хоккей, реакция на стимул

**Благодарности.** Исследование проводится при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 19-78-10134.

**Для цитирования:** Анализ двигательного отклика на появление шайбы у хоккеистов в условиях виртуальной реальности / Г.С. Бугрий, А.П. Кручинина, П.Ю. Сухочев и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 170–178. DOI: 10.14529/hsm220420

## ANALYSIS OF MOTOR RESPONSE TO A HOCKEY PUCK IN VIRTUAL REALITY

G.S. Bugriy<sup>1</sup>, gregbugr@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6971-4189>

A.P. Kruchinina<sup>1</sup>, a.kruch@moids.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9720-8163>

P.Yu. Sukhochev<sup>1</sup>, ps@moids.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8004-6011>

I.S. Polikanova<sup>1,2</sup>, irinapolikanova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5323-3487>

S.V. Leonov<sup>1</sup>, svleonov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8883-9649>

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>2</sup>National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

**Abstract. Aim:** the purpose of this paper was to compare motor responses to different hockey pucks in virtual reality in highly- and low-skilled ice hockey players. **Materials and methods.** A virtual environment was developed that simulates an ice hockey rink and 3 shots of different complexity (depending on the distance and speed of the puck). The study involved 12 male athletes (mean age = 21 years), including 7 ice hockey players, whose mean athletic experience was 14.25 years (ranks from 3rd junior to 1st adult). Motion analysis was performed with the SteamVR Tracking 2.0 system. Motor response was evaluated by a set of parameters, including maintaining the main stance, the motor response to the puck, the movements of the stick, and the response to warning signals. Motor activity was evaluated as the standard deviation of the change in angles in each of the joints (left and right knee, left and right hip, head). **Results.** The study showed that highly- and low-skilled ice hockey players differed significantly in the standard deviations of the change in angles in each of the joints and in the characteristics of the motor response to the puck. **Conclusion.** The results of the qualitative analysis allow us to conclude the following: highly-skilled ice hockey players, while maintaining a stance, have large amplitudes of vertical oscillations; highly-skilled ice hockey players maintain their stance while turning the shots aside; low-skilled athletes make more movements, often unnecessary. In fact, professional players are distinguished by significantly less physical activity and the absence of unnecessary movements that do not affect striking performance. Therefore, the higher the skill level of a hockey player, the more optimized will be the motor response to the puck.

**Keywords:** motion tracking, posture analysis, hockey, response to a stimulus

**Acknowledgements.** The study was financed by the Russian Science Foundation, project No. 19-78-10134.

**For citation:** Bugriy G.S., Kruchinina A.P., Sukhochev P.Yu., Polikanova I.S., Leonov S.V. Analysis of motor response to a hockey puck in virtual reality. *Human. Sport. Medicine.* 2022;22(4):170–178. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220420

**Введение.** Техника хоккея – это совокупность способов выполнения специальных приемов, необходимых для ведения игры. Хоккеист не может достичь высоких спортивных результатов, если не владеет всем многообразием технических приемов игры в совершенстве. Техника хоккеиста высокого класса должна быть разносторонней, целесообразной, рациональной, эффективной, надежной и вариативной.

Не менее значимые требования в спортивной деятельности хоккеистов предъявляются к когнитивным ресурсам. Это обусловлено тем, что в хоккее игрокам все время необходимо удерживать целый комплекс факторов – положение шайбы, положение игроков, стратегии игры, счет, предвидение действий как членов по команде, так и сопер-

ников. Такие виды спорта отличаются крайне высокой степенью неопределенности, большим количеством сложных комбинаторных ситуаций с высокой степенью неопределенности событий [2, 4, 9, 10, 15].

Высокая степень подготовки и владения техникой катания на коньках позволяет хоккеисту выполнить эту нагрузку с наименьшими энергозатратами и вместе с тем не ограничить его технический арсенал. Плохую конькобежную подготовку сложнее восполнить, чем любой другой компонент мастерства хоккеиста [1–3, 7, 8, 13].

В настоящее время накоплено достаточное количество результатов исследований вертикальной позы человека, включая комплекс разработанных показателей и статистических данных, которые позволяют судить

о работе механизмов нервной системы [3, 6, 8, 10–12, 14]. При игре в хоккей человек также поддерживает специфическую вертикальную позу – так называемую посадку хоккеиста, или основную стойку хоккеиста. Профессиональные игроки поддерживают эту стойку на протяжении практически всей игры. Отработка любых навыков или движений в хоккее также начинается с основной стойки. Хотя данный тип позы отличается сохранением специфической конфигурации тела, мы предлагаем применить к нему способы исследования, аналогичные применяемым для вертикальной позы. Аналогично рассматриваются изменения углов в суставах, взаиморасположения частей тела.

Посадка, или основная стойка, хоккеиста должна быть удобной, устойчивой и обеспечивать возможность свободного проявления рабочих усилий в отталкивающих движениях ногами для развития определенной скорости.

Посадка во многом зависит от анатомо-морфологических особенностей хоккеиста (роста, длины отдельных звеньев тела). Вместе с тем при обучении целесообразно придерживаться следующего усредненного, биомеханически обоснованного варианта. Туловище наклонено вперед на 15–25° от вертикали и согнуто в тазобедренном суставе под углом 100–120°, так что проекция плеч опережает колени. Ноги согнуты в коленном и голеностопном суставах соответственно под углами 90–110° и 70–80° так, чтобы проекция колена опережала стопу. Плечи развернуты, живот подтянут, голова поднята. Такая посадка обеспечивает нормальную работу мышц ног, не стесняет работу органов дыхательной и сердечно-сосудистой систем, позволяет хоккеисту хорошо видеть и ориентироваться в окружающей обстановке [3].

**Цель исследования.** Настоящее исследование посвящено сравнению двигательного отклика в ответ на предъявление шайбы у профессиональных хоккеистов и новичков в нескольких пробах, отличающихся уровнем сложности. Оценка двигательного отклика осуществлялась по комплексу параметров, в том числе по сохранению основной стойки испытуемого, двигательной реакции на шайбу, движениям клюшки, реакции на предупреждающие сигналы (подсветка сектора, звук щелчка вылетающей шайбы).

**Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 12 испытуемых мужского

пола (средний возраст – 21 год), в том числе 7 хоккеистов и 5 испытуемых, не занимающихся хоккеем. Профессиональный уровень оценивался по количеству лет стажа и по наличию разрядов. Средний стаж составил 14,25 года. Разряды варьировали от 3-го юношеского до 1-го взрослого.

#### **Схема эксперимента**

*Характеристики виртуальной среды и предъявления шайб.* Виртуальная среда отображает окружение с позиции хоккеиста, находящегося на линии ворот. Испытуемый от первого лица видит тело своего виртуального аватара, держа в руках клюшку (клюшка в виртуальной среде совпадает с клюшкой в реальности). Экипировка соответствует полемому игроку, других игроков на площадке нет. Перед игроком ставится задача: отбить клюшкой все шайбы, летящие в ворота. Шайбы предъявляются в случайном порядке, с разного расстояния и направления и с разной начальной скоростью. Вылет каждой шайбы сопровождается характерным щелчком. Непосредственно перед предъявлением шайбы подсвечивался желтым цветом сектор поля, откуда предъявлялась шайба. Шайбы, отбитые не клюшкой, не засчитывались.

Параметры движений шайб задавались начальными условиями: по скорости – 60, 80, 100, 130, 170 км/ч; расстоянию до ворот – 18, 12 и 6 м; начальной высотой, на уровне льда или 0,5 м над его уровнем; локализацией – право, лево, центр. Таким образом, выбранные величины перекрывают диапазон скоростей полета шайбы в профессиональном хоккее: средняя – 110–120 км/ч, максимальная – 170–190 км/ч.

Имитация бросков шайб включает три блока сложности. Сложность блоков определяется в зависимости от скорости шайб и их расстояния до испытуемого. Чем ближе расстояние и выше скорость шайбы – тем сложнее блок:

1-й блок – самый простой блок с низкими скоростями шайбы (60–80 км/ч) и дальними расстояниями до шайбы (18 м), отбить могут даже новички, не играющие в хоккей;

2-й блок – более сложный режим, скорости выше (60–80 км/ч, а также 100 км/ч), добавляются средние расстояния до шайб (12 и 18 м). Ориентирован на средний уровень мастерства;

3-й блок – сложный режим с высокими скоростями (до 170 км/ч) и всеми расстояниями, включая близкие (6, 12, 18 м).

### *Анализируемые параметры*

Перемещения частей тела испытуемого и клюшки регистрировались с использованием системы SteamVR Tracking 2.0. Отслеживающие трекеры закрепляются на хоккейной форме: щитках на голени, на бедре, груди, перчатках и клюшке. Для анализа были выбраны изменения углов в коленных и тазобедренных суставах [1, 3–5]. В силу большой жесткости конька исследования изменения угла в голеностопном суставе оказываются не информативными. Для более полного описания стойки и оценки ошибок рассматриваются взаиморасположение трекеров правого и левого бедра и положение головы (отслеживаемое шлемом виртуальной реальности) относительно ног.

Виртуальная сцена разработана и воспроизводилась в среде Unity. Данная система позволяет отображать виртуальную сцену и регистрировать движения игрока. Запись проводилась с использованием XR. Стоит заметить, что при такой записи регистрируются позиции и повороты отслеживаемых трекеров. Получаемые данные схожи с результатами, полученными нами на начальном этапе с помощью DTack2. Для задач исследования вертикальной позы человека разработаны частотные методы, которые можно было бы применить к инерциальным данным от трекеров, получение которых потенциально возможно, но не реализовано при выбранном дизайне эксперимента. Использование перспективных частотных методов, как и на профессиональных системах отслеживания движений, на данных с системы SteamVR Tracking 2.0 затруднено неравномерностью шага времени. Исходя из этого, мы сосредоточились на применении менее чувствительных к шагу времени и не требующих применения дифференцирования методах анализа, применяемых для анализа вертикальной позы [1, 3]. В связи с этим в нашем исследовании мы ограничились рассмотрением вероятностных характеристик выбранных переменных.

Для анализа двигательной реакции были выбраны параметры:

- 1) изменения угла в коленном суставе (правого и левого колена),
- 2) изменения угла в тазобедренном суставе (правой и левой стороны);
- 3) перемещение клюшки (средняя скорость за такт измерений);
- 4) скорость реагирования на предъявление шайб.

Для данных величин были проведены расчеты со следующими параметрами: ширина временного окна – 0,1 с, моменты двигательной реакции выбирались как пики, имеющие высоту больше, чем утроенное значение среднеквадратичного отклонения соответствующей величины при спокойном стоянии (30 с до начала предъявления стимулов).

**Результаты.** Наиболее информативно оказалось рассмотрение среднеквадратичного отклонения изменения углов в каждом из суставов. Данные величины зависят от степени подготовки игрока, профессиональные игроки отличаются большей амплитудой колебаний, постоянной на всем интервале наблюдений. Начинающие же игроки характеризуются меньшими амплитудами колебаний при сохранении стойки и значительно большими – при выходе и разрушении заданной стойки.

Профессиональные игроки характеризуются четкими и стабильными двигательными паттернами в ответ на предъявление шайбы, что проявляется как синхронными и симметричными изменениями углов в коленных суставах, так и в тазобедренных (рис. 1). У новичков такая стабильность и симметричность отсутствуют (рис. 2).

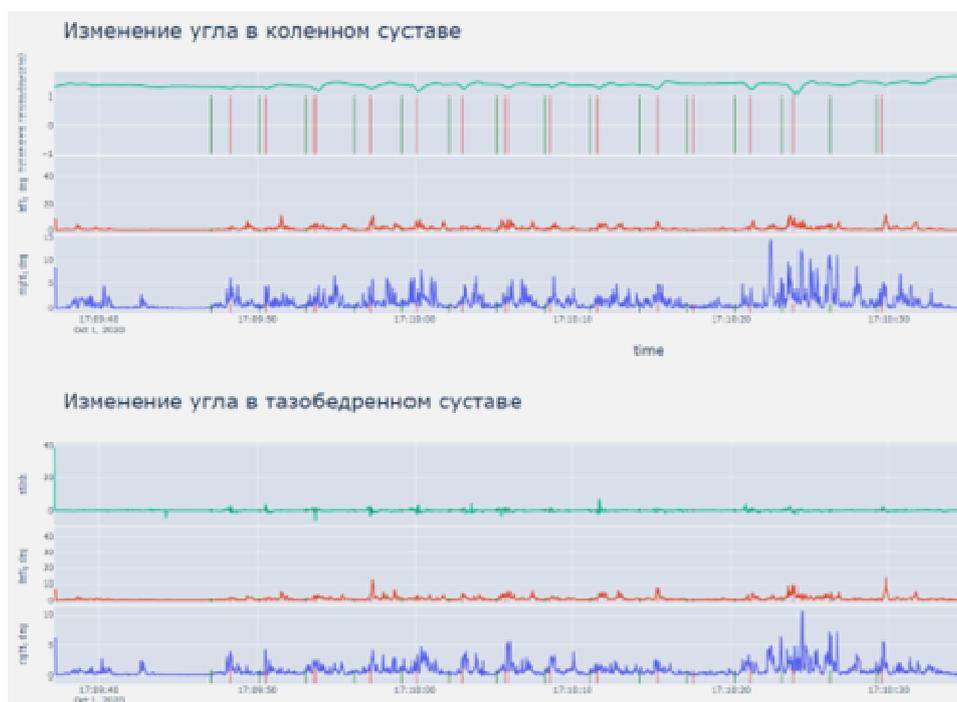
Анализ двигательного отклика показывает, что испытуемые (как хоккеисты, так и новички) начинают двигательную реакцию уже при предъявлении предупреждающего стимула (подсветки сектора).

Скорость реагирования на шайбу вычислялась от момента предъявления шайбы до удара клюшкой отдельно для успешных проб и промахов. Также подсчитывались отбитые шайбы и пропущенные. Результаты представлены в таблице. Статистический анализ (t-тест для независимых выборок) показал значимые различия в скорости реагирования у хоккеистов и новичков только в блоке 3 (в случае успешных проб). Вероятно, такие результаты могут свидетельствовать о лучшей сформированности пространственных, временных, технико-тактических способностей, которые в свою очередь позволяют хоккеистам лучше «чувствовать» и контролировать игровую ситуацию. В данном случае блок 3 характеризуется наивысшей сложностью – шайбы летят с более высокой скоростью и с более близкого расстояния, что не позволяет обычному испытуемому (не хоккеисту) осознанно контролировать такую игровую ситуацию в полной мере. Однако в случае профессионального



**Рис. 1. Изменение углов в коленных и тазобедренных суставах у профессионального хоккеиста в ответ на предъявление шайб.** Зеленый график (вверху) – движения клюшки, красный график (средний) – левая нога (колени/бедро), синий график (нижний) – правая нога (колени/бедро). Зеленая метка – начало полета шайбы (звуковой сигнал предъявлялся всегда за 0,5 с до зеленой метки), красная метка – конец полета шайбы

**Fig. 1. Changes in the angles in the knee and hip joints in a highly-skilled ice hockey player in response to the puck.** The green (top) graph is stick movement, the red (middle) graph is the left leg (knee/thigh), and the blue (bottom) graph is the right leg (knee/thigh). The green mark is the beginning of the puck's flight (the sound signal was always 0.5 s before the green mark), and the red mark is the end of the puck's flight



**Рис. 2. Изменение углов в коленных и тазобедренных суставах у новичка в ответ на предъявление шайб.** Зеленый график (вверху) – движения клюшки, красный график (средний) – левая нога (колени/бедро), синий график (нижний) – правая нога (колени/бедро). Зеленая метка – начало полета шайбы (звуковой сигнал предъявлялся всегда за 0,5 с до зеленой метки), красная метка – конец полета шайбы

**Fig. 2. Changes in the angles in the knee and hip joints in a low-skilled ice hockey player in response to the puck.** The green (top) graph is stick movement, the red (middle) graph is the left leg (knee/thigh), and the blue (bottom) graph is the right leg (knee/thigh). The green mark is the beginning of the puck's flight (the sound signal was always 0.5 s before the green mark), and the red mark is the end of the puck's flight

Средние показатели результативности хоккеистов и новичков  
Mean performance in highly- and low-skilled hockey players

№ блока Block №	Ср. число пропущ. шайб Mean number of missed pucks	Ст. откл. Standard deviation	Ср. число отбитых шайб Mean number of reflected pucks	Ст. откл. Standard deviation	Ср. время реакции при отбивании Mean response time (reflected)	Ст. откл. Standard deviation	Ср. время реакции при промахе Mean response time (missed)	Ст. откл. Standard deviation
Хоккеисты Highly-skilled Hockey Players								
1	5,71	1,98	7,86	1,35	0,58	0,39	0,87	0,64
2	8,40	1,34	5,60	1,34	0,40	0,19	0,67	0,32
3	8,60	2,07	5,40	2,07	<b>0,52*</b>	0,18	0,94	1,00
Новички Low-skilled Hockey Players								
1	7,25	3,30	6,25	3,59	0,83	0,75	0,77	0,63
2	8,60	2,19	5,40	2,19	0,67	0,19	0,83	0,68
3	10,00	1,87	3,60	2,07	<b>1,19</b>	0,11	0,75	0,82

\*статистические различия  $p \leq 0,05$ .

\*statistical differences  $p \leq 0,05$ .

хоккеиста такие навыки реализуются, как правило, на уровне автоматизмов. В дальнейшем результаты будут уточнены после проведения большего количества экспериментальных серий.

**Заключение.** В рамках проведенного исследования нами было показано, что хоккеисты и начинающие игроки характеризуются существенными различиями двигательного отклика на появление шайбы в условиях виртуальной реальности. Во-первых, хоккеисты характеризуются большей скоростью реагирования на шайбы и более высокой результативностью – количеством отбитых шайб. Кроме того, профессиональные игроки отличаются

большей амплитудой колебаний, постоянной на всем интервале наблюдений. Новички характеризуются меньшими амплитудами колебаний при сохранении стойки и значительно большими – при выходе и разрушении заданной стойки. Профессиональные игроки характеризуются четкими и стабильными двигательными паттернами в ответ на предъявление шайбы, что может свидетельствовать об оптимизации затрат ресурсов. Кроме того, профессиональные хоккеисты характеризуются лучшей сформированностью пространственных, временных, технико-тактических способностей, которые в свою очередь позволяют им контролировать игровую ситуацию.

#### Список литературы

1. Адаптация системы поддержания вертикальной позы к дестабилизации зрительного окружения при многократном повторении проб / Ю.С. Левик, Б.Н. Сметанин, Г.В. Кожина, А.К. Попов // Новые подходы к изучению классических проблем: материалы IX Всероссийской с международным участием конференции с элементами научной школы по физиологии мышц и мышечной деятельности, посвященной памяти Е.Е. Никольского / под общ. ред. И.Б. Козловской, О.Л. Виноградовой, Б.С. Шенкмана. – 2019. – С. 26–26.

2. Мельников, И.В. Техническая подготовка хоккеиста / И.В. Мельников. – 2013. – № 3. – <https://iknigi.net/avtor-ilya-melnikov/94201-tehnicheskaya-podgotovka-hokkeista-ilya-melnikov/read/page-1.html> (дата обращения: 27.05.2015).

3. Основные характеристики пострального баланса стойки профессиональных хоккеистов и новичков / С.В. Леонов, А.П. Кручинина, Г.С. Бугрий и др. // Нац. психол. журнал. – 2022. – № 2 (46). – С. 65–79. DOI: 10.11621/npj.2022.0207

4. Разработка технологии виртуальной реальности VR-PACE для диагностики и тренировки уровня мастерства хоккеистов / И.С. Поликанова, С.В. Леонов, А.А. Якушина и др. // Вестник Моск. ун-та. Серия 14. Психология. – 2022. – № 1. – С. 269–297. DOI: 10.11621/vsp.2022.01.12

5. Статические характеристики основной стойки у профессиональных хоккеистов и новичков / И.С. Поликанова, С.В. Леонов, А.П. Кручинина и др. // Первый Национальный конгресс по когнитивным исследованиям, искусственному интеллекту и нейроинформатике. Девятая международная конференция по когнитивной науке. – 2021. – С. 184–187.
6. Чертополохов, В.А. Создание виртуальной среды для возможности оценки и тренировки зрительно-моторной реакции спортсменов на примере хоккея / В.А. Чертополохов, М.Д. Белоусова, Н.И. Булаева // I Национальный Конгресс по когнитивным исследованиям, искусственному интеллекту и нейроинформатике (на базе Российской академии наук), Москва, Россия, 10–16 окт. 2020.
7. Bishop, D. Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players / D. Bishop, S. Lawrence, M. Spencer // *Journal of Science and Medicine in Sport*. – 2003. – Vol. 6 (2). – P. 199–209. DOI: 10.1016/S1440-2440(03)80255-4
8. Dependence of the skating and running performance from the explosive strength of lower limbs and dynamic balance of ice hockey players / M. Blanár, J. Broďáni, M. Czaková, N. Kováčová // *Sport Sci*. – 2020. – Vol. 1. – P. 89–95.
9. Increasing Task Complexity and ICE Hockey Skills of Youth Athletes. Perceptual and Motor Skills / P.E. Fait, B.J. McFadyen, N. Reed et al. // *Perceptual and Motor Skills*. – 2011. – Vol. 112 (1). – P. 29–43. DOI: 10.2466/05.10.23.25.PMS.112.1.29-43
10. Individual differences in performance and learning of visual anticipation in expert field hockey goalkeepers / K. Morris-Binelli, S. Müller, F.E.C.A. van Rens et al. // *Psychology of Sport and Exercise* – 2021. – Vol. 52. – P. 101829. DOI: 10.1016/j.psychsport.2020.101829
11. Lafontaine D. Three-dimensional kinematics of the knee and ankle joints for three consecutive push-offs during ice hockey skating starts / D. Lafontaine // *Sports Biomechanics*. – 2007. – Vol. 6 (3). – P. 391–406. DOI: 10.1080/14763140701491427
12. Skating start propulsion: Three-dimensional kinematic analysis of elite male and female ice hockey players / J.R. Shell, S.M.K. Robbins, P.C. Dixon et al. // *Sports Biomechanics*. – 2017. – Vol. 16 (3). – P. 313–324. DOI: 10.1080/14763141.2017.1306095
13. The Development and Reliability of a Repeated Anaerobic Cycling Test in Female Ice Hockey Players / K. Wilson, G. Snyder, A. Game et al. // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2010. – Vol. 24 (2). – P. 580–584. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181ccb1a1
14. Training history constrains postural sway dynamics: A study of balance in collegiate ice hockey players / M. Walsh, E. Slattery, A. McMath et al. // *Gait & Posture*. – 2018. – Vol. 66. – P. 278–282. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2018.09.009
15. What Differences Exist in Professional Ice Hockey Performance Using Virtual Reality (VR) Technology between Professional Hockey Players and Freestyle Wrestlers?(a Pilot Study) / I. Polikanova, A. Yakushina, S. Leonov et al. // *Sports*. – 2022. – Vol. 10, № 8. – P. 116. DOI: 10.3390/sports10080116

### References

1. Levik Yu.S., Smetanin B.N., Kozhina G.V., Popov A.K. [Adaptation of the System of Upright Posture Maintenance to Destabilization of the Visual Environment During Multiple Repetition of Trials]. *Novye podkhody k izucheniyu klassicheskikh problem: Materialy IX Vserossiiskoi s mezhdunarodnym uchastiem konferentsii s elementami nauchnoi shkoly po fiziologii myshts i myshechnoi deyatel'nosti, posvyashchennoi pamyati E.E. Nikol'skogo* [New Approaches to the Study of Classical Problems. Materials of IX All-Russian Conference with International Participation with Elements of Scientific School on Muscle Physiology and Muscular Activity, Devoted to Memory of E.E. Nikolsky], 2019, pp. 26–26. (in Russ.)
2. Melnikov I.V. *Tekhnicheskaya podgotovka khokkeista* [Technical Training of a Hockey Player], 2013, no. 3. Available at: <https://iknigi.net/avtor-ilya-melnikov/94201-tehnicheskaya-podgotovka-hokkeista-ilya-melnikov/read/page-1.html> (accessed 27.05.2015).
3. Leonov S.V., Kruchinina A.P., Bugrii G.S. et al. [Basic Characteristics of Postural Balance of Professional Hockey Players and Novices]. *Natsional'nyy psikhologicheskii zhurnal* [National Psychological Journal], 2022, no. 2 (46), pp. 65–79. (in Russ.) DOI: 10.11621/npj.2022.0207

4. Polikanova I.S., Leonov S.V., Yakushina A.A. et al. [Development of VR-PACE Virtual Reality Technology for Diagnosing and Training the Skill Level of Hockey Players]. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 14. Psikhologiya* [Moscow University Psychology Bulletin], 2022, no. 1, pp. 269–297. (in Russ.)

5. Polikanova I.S., Leonov S.V., Kruchinina A.P. et al. [Static Characteristics of the Basic Stance in Professional Hockey Players and Novices]. *Pervyi Natsional'nyi kongress po kognitivnym issledovaniyam, iskusstvennomu intellektu i neiroinformatike. Devyataya mezhdunarodnaya konferentsiya po kognitivnoi nauke* [First National Congress on Cognitive Research, Artificial Intelligence and Neuroinformatics. Ninth International Conference on Cognitive Science], 2021, pp. 184–187. (in Russ.)

6. Chertopolokhov V.A., Belousova M.D., Bulaeva N.I. [Creation of Virtual Environment to Assess and Train the Visual-Motor Reaction of Athletes on the Example of Hockey]. *I Natsional'nyi Kongress po kognitivnym issledovaniyam, iskusstvennomu intellektu i neiroinformatike* [I National Congress on Cognitive Research, Artificial Intelligence and Neuroinformatics], 2020. (in Russ.)

7. Bishop D., Lawrence S., Spencer M. Predictors of Repeated-Sprint Ability in Elite Female Hockey Players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2003, vol. 6 (2), pp. 199–209. DOI: 10.1016/S1440-2440(03)80255-4

8. Blanár M., Broďáni J., Czaková M., Kováčová N. Dependence of the Skating and Running Performance from the Explosive Strength of Lower Limbs and Dynamic Balance of Ice Hockey Players. *Sport Science*, 2020, vol. 1, pp. 89–95.

9. Fait P.E., McFadyen B.J., Reed N. et al. Increasing Task Complexity and ICE Hockey Skills of Youth Athletes. *Perceptual and Motor Skills*, 2011, vol. 112 (1), pp. 29–43. DOI: 10.2466/05.10.23.25.PMS.112.1.29-43

10. Morris-Binelli K., Müller S., van Rens F.E.C.A. et al. Individual Differences in Performance and Learning of Visual Anticipation in Expert Field Hockey Goalkeepers. *Psychology of Sport and Exercise*, 2021, vol. 52, 101829. DOI: 10.1016/j.psychsport.2020.101829

11. Lafontaine D. Three-Dimensional Kinematics of the Knee and Ankle Joints for Three Consecutive Push-Offs During Ice Hockey Skating Starts. *Sports Biomechanics*, 2007, vol. 6 (3), pp. 391–406. DOI: 10.1080/14763140701491427

12. Shell J.R., Robbins S.M.K., Dixon P.C. et al. Skating Start Propulsion: Three-Dimensional Kinematic Analysis of Elite Male and Female Ice Hockey Players. *Sports Biomechanics*, 2017, vol. 16 (3), pp. 313–324. DOI: 10.1080/14763141.2017.1306095

13. Wilson K., Snyder G., Game A. et al. The Development and Reliability of a Repeated Anaerobic Cycling Test in Female Ice Hockey Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2010, vol. 24 (2), pp. 580–584. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181ccb1a1

14. Walsh M., Slattery E., McMath A. et al. Training History Constrains Postural Sway Dynamics: A Study of Balance in Collegiate Ice Hockey Players. *Gait & Posture*, 2018, vol. 66, pp. 278–282. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2018.09.009

15. Polikanova I., Yakushina A., Leonov S. et al. What Differences Exist in Professional Ice Hockey Performance Using Virtual Reality (VR) Technology between Professional Hockey Players and Freestyle Wrestlers? (a Pilot Study). *Sports*, 2022, vol. 10, no. 8, p. 116. DOI: 10.3390/sports10080116

#### **Информация об авторах**

**Бугрий Григорий Степанович**, младший научный сотрудник лаборатории математического обеспечения имитационных динамических систем механико-математического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

**Кручинина Анна Павловна**, кандидат физико-математических наук, ассистент кафедры прикладной механики и управления механико-математического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

**Сухоцев Павел Юрьевич**, научный сотрудник лаборатории математического обеспечения имитационных динамических систем механико-математического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

**Поликанова Ирина Сергеевна**, кандидат психологических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Психология профессий и конфликта» факультета психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; научный сотрудник лаборатории исследований молекулярных механизмов долголетия факультета биологии и биотехнологии, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия.

**Леонов Сергей Владимирович**, кандидат психологических наук, доцент кафедры методологии факультета психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

***Information about the authors***

**Grigory S. Bugriy**, Junior Researcher, Laboratory of Mathematical Support of Simulation Dynamic Systems, Faculty of Mechanics and Mathematics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

**Anna P. Kruchinina**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Assistant Professor, Department of Applied Mechanics and Control, Faculty of Mechanics and Mathematics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

**Pavel Yu. Sukhochev**, Researcher, Laboratory of Mathematical Support of Simulation Dynamic Systems, Faculty of Mechanics and Mathematics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

**Irina S. Polikanova**, Candidate of Psychological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of the Psychology of Professions and Conflict, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; Research Fellow in Laboratory for Research on Molecular Mechanisms of Longevity, Faculty of Biology and Biotechnology, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia.

**Sergey V. Leonov**, Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor, Department of Methodology, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

***Статья поступила в редакцию 10.09.2022***

***The article was submitted 10.09.2022***