

Анализ биомеханических предпосылок деформаций стоп у юных хоккеистов

Нененко Наталья Дмитриевна, кандидат биологических наук, доцент

Сысоева Яна Владимировна

Ефимова Полина Дмитриевна

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

Аннотация

Цель исследования – изучение влияния стажа занятий хоккеем на распространенность деформаций стоп у юных хоккеистов, а также выявление морфобиомеханических предпосылок нарушений структурно-функционального состояния стопы.

Методы и организация исследования. Применяли следующие методы исследования: анализ и обобщение литературных источников, тестирование, математико-статистическая обработка данных. В исследовании приняли участие спортсмены 2015-2016 годов рождения, находящиеся на начальном этапе спортивной подготовки и различающиеся продолжительностью занятий хоккеем. В группах сравнения была проведена комплексная диагностика мобильного плоскостопия, а также оценка некоторых биомеханических предпосылок развития деформаций стоп.

Результаты исследования и выводы. Выявлено, что по мере увеличения продолжительности занятий спортом растет количество юных спортсменов, имеющих различные структурно-функциональные нарушения стоп. Кроме того, среди юных спортсменов, имеющих больший стаж занятий спортом, чаще встречаются лица с избыточной массой тела, О-образной формой ног и нарушениями осанки. Подобные комплексные исследования особенно значимы в периоды интенсивного роста и формирования свода стопы, то есть на этапе начальной спортивной подготовки.

Ключевые слова: хоккей с шайбой, начальная спортивная подготовка, мобильное плоскостопие, деформации стоп

Для цитирования: Нененко Н. Д., Сысоева Я. В., Ефимова П. Д. Анализ биомеханических предпосылок деформаций стоп у юных хоккеистов. DOI 10.5930/1994-4683-2026-6-85-91 // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2026. № 6 (256). С. 85–91.

Analysis of biomechanical prerequisites for foot deformations in young hockey players

Nenenko Natalya Dmitrevna, candidate of biological sciences, associate professor

Sysoeva Yana Vladimirovna

Efimova Polina Dmitrevna

Yugra State University, Khanty-Mansiysk

Abstract

The purpose of the study is to investigate the influence of hockey training experience on the prevalence of foot deformities in young hockey players, as well as to identify morphobiomechanical prerequisites for disorders of the structural and functional state of the foot.

Research methods and organization. The following research methods were applied: analysis and synthesis of literary sources, testing, and mathematical-statistical data processing. The study involved athletes born in 2015–2016 who were at the initial stage of sports training and differed in their duration of hockey practice. In the comparison groups, comprehensive diagnostics of flexible flatfoot were performed, as well as an assessment of certain biomechanical prerequisites for the development of foot deformities.

Research results and conclusions. It was revealed that as the duration of sports training increases, the number of young athletes with various structural and functional foot disorders grows. Furthermore, among young athletes with greater sports training experience, individuals with excess body weight, bow legs, and postural disorders are more common. Such comprehensive studies are particularly important during periods of intensive growth and foot arch formation, that is, at the stage of initial sports training.

Keywords: ice hockey, initial sports training, flexible flatfoot, foot deformities

For citation: Nenenko N. D., Sysoeva Y. V., Efimova P. D. (2026), "Analysis of biomechanical prerequisites for foot deformations in young hockey players", *Scientific notes of P.F. Lesgaft university*, No 6 (256), pp. 85–91, DOI 10.5930/1994-4683-2026-6-85-91.

Введение. Плоскостопие становится значимой спортивно-педагогической проблемой. При занятиях спортом плоскостопие зачастую начинается как адаптивное уплощение свода стопы, не имеющее клинических проявлений, и впоследствии переходит в стойкую спортассоциированную патологию [1, 2, 3]. При плоскостопии ухудшаются основные функции стопы, нарушается кровоснабжение, снижается рессорная и толчковая сила стопы, что в конечном итоге приводит к перегрузке суставов нижних конечностей, нарушению биомеханики, качества и энергетической стоимости движений всего тела, а также к развитию болевых синдромов, что существенно влияет на физическую работоспособность и спортивную результативность атлета (Самушия, Салова, Затравкин).

Хоккей с шайбой – это быстрый и физически требовательный вид спорта, занимающий одну из лидирующих позиций по популярности среди мужчин [4]. Данные медицинской статистики уверенно свидетельствуют, что хоккей с шайбой входит в первую тройку лидеров по частоте спортивных травм [5]. Одним из элементов сохранения здоровья на протяжении всей спортивной карьеры и профилактики травматизма является поддержание функциональной целостности опорно-двигательного аппарата, где особая роль принадлежит стопе.

Стойкие предпосылки формирования деформаций стоп при занятиях хоккеем с шайбой создает специфика нагрузок на коньках, а также воздействие факторов внешней среды: температуры, противодействия со стороны соперника, ударов клюшкой и шайбой и др. [6]. Кроме того, начало занятий хоккеем совпадает с фазой активного формирования продольного свода стопы [2]. Таким образом, формируется комплексная проблема: как обеспечить безопасность и техническую эффективность юного спортсмена, не нарушая естественного морфофункционального развития его стопы. Для ее решения необходима систематическая диагностика состояния свода, а также оценка факторов риска, создающих физиолого-биомеханические предпосылки к острой и хронической травматизации нижних конечностей у хоккеистов.

Целью данной работы явилось изучение влияния стажа занятий хоккеем на распространенность деформаций стоп юных хоккеистов, а также выявление некоторых морфобиомеханических предпосылок нарушений структурно-функционального состояния стопы.

Методика и организация исследования. Исследование было проведено на базе лаборатории спортивных и оздоровительных технологий ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет» г. Ханты-Мансийска. В исследовании приняли участие 37 спортсменов 2015-2016 годов рождения, занимающихся хоккеем в Ассоциации «Академия хоккея «Югры», г. Ханты-Мансийск. В зависимости от стажа занятий спортом испытуемые были поделены на две группы: 1 группа – стаж занятий 3,75±0,85 года (n=20); 2 группа – 4,88±0,93 года (n=17). Обе группы находились на этапе начальной подготовки.

В работах последних лет активно обсуждается высокая степень вариативности данных о распространенности плоскостопия как в детском возрасте, так и среди спортсменов [1, 7]. Некоторые исследователи связывают такие разногласия с несовершенством отдельных методов диагностики [7, 8]. Изолированное использование любого диагностического инструментария может привести к гипердиагностике или пропуску патологии. В связи с этим, в данной работе было выполнено комплексное обследование юных хоккеистов, включающее внешний осмотр (оценка угла отклонения положения пяточной кости), подометрию (оценка подометрического индекса) и платографию (оценка индекса Штриттера). Исследование

опорной функции стоп проводилось на аппарате светооптической компьютерной плантографии «ПлантоВизор Синди» (Россия). Для диагностики обратимости выявленных деформаций стоп юных спортсменов использованы тесты визуальной мобильности, а именно тест Штриттера («тест вставания на цыпочки») и рычажный тест первого пальца (тест Jack). Данные тесты выполняются для оценки функционального состояния мышечно-связочного аппарата стопы и голени; отрицательные результаты проб доказывают вправимость деформаций и мобильный характер плоскостопия [1].

Для оценки биомеханических предпосылок развития деформаций стоп были проанализированы индекс массы тела (ИМТ), форма ног и осанка испытуемых (измерение глубины лордоза поясничного отдела и оценка ромба Машкова).

Полученные данные представлены в таблицах в виде средней арифметической и стандартного отклонения. Достоверность различий показателей между группами оценивали с помощью параметрического t-критерия Стьюдента.

Результаты исследования. Адаптация костно-мышечной системы к увеличению физических нагрузок – продолжительный процесс, который во многом определяется особенностями построения тренировочного процесса [3, 5]. Форсирование мышечных нагрузок без учета возрастных особенностей создает предпосылки для хронического перенапряжения и приводит к росту количества спортсменов, имеющих эндогенные факторы риска в виде наличия малых аномалий развития опорно-двигательного аппарата, в том числе и таких, как изменения продольного и поперечного сводов стопы [2, 3].

Результаты сравнительного анализа структурно-функционального состояния стопы юных хоккеистов с различным стажем занятий хоккеем представлены в таблице 1. Биомеханический анализ продемонстрировал отрицательное влияние занятий хоккеем на частоту встречаемости плоскостопия. С увеличением спортивного стажа отмечалась негативная динамика по следующим показателям: повышение угла отклонения пяточной кости (на 107,6% на правой конечности и 121% на левой ($p < 0,05$)), снижение подометрического индекса (на 13,7% на правой стопе и на 12,3% на левой ($p < 0,05$)), а также повышение индекса Штриттера (на 47% на правой стопе ($p < 0,05$)).

Таблица 1 – Результаты сравнительного анализа структурно-функционального состояния стопы юных хоккеистов с различным стажем занятий хоккеем ($m \pm n$)

№	Показатель	1 группа (n=20)		2 группа (n=17)	
		Правая стопа	Левая стопа	Правая стопа	Левая стопа
1	Угол отклонения	3,28±1,21*	3,28±1,68*	6,81±2,20*	7,25±1,57*
2	Подометрический индекс	28,75±2,41*	28,51±2,36*	24,80±1,49*	24,98±1,43*
3	Индекс Штриттера	0,19±0,18*	0,19±0,18*	0,28±0,16*	0,20±0,18

Примечание: * – различия достоверны между соответствующими показателями при уровне значимости $p < 0,05$

Данные распространенности различных форм деформаций стопы юных хоккеистов с различным стажем занятий спортом отображены на рисунках 1, 2, 3. Обращает на себя внимание тот факт, что по мере роста длительности занятий хоккеем снизилось относительное количество атлетов с нормальным положением пяточной кости во фронтальной плоскости (на 62,35%), отсутствием продольного плоскостопия, диагностированного по подометрическому индексу (на 24,12%) и анализу плантограммы по Штриттеру (на 8,83%) при значительном увеличении процента юных спортсменов с различной выраженностью деформаций.

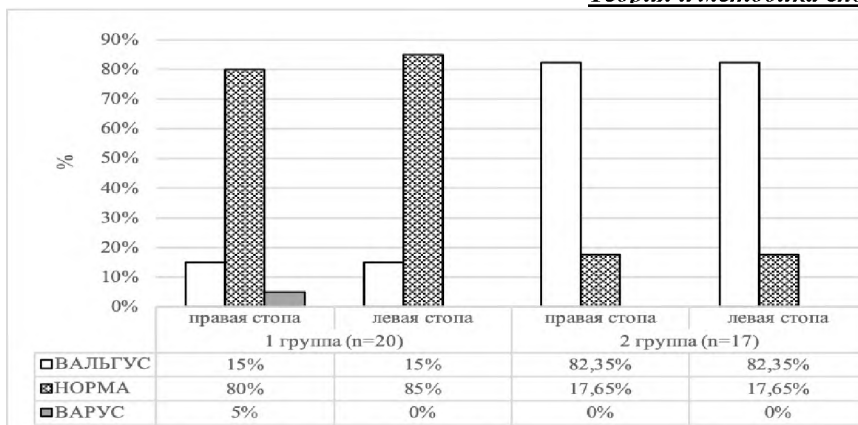


Рисунок 1 – Оценка угла отклонения по визуальному осмотру в группах юных хоккеистов с различным стажем занятий хоккеем

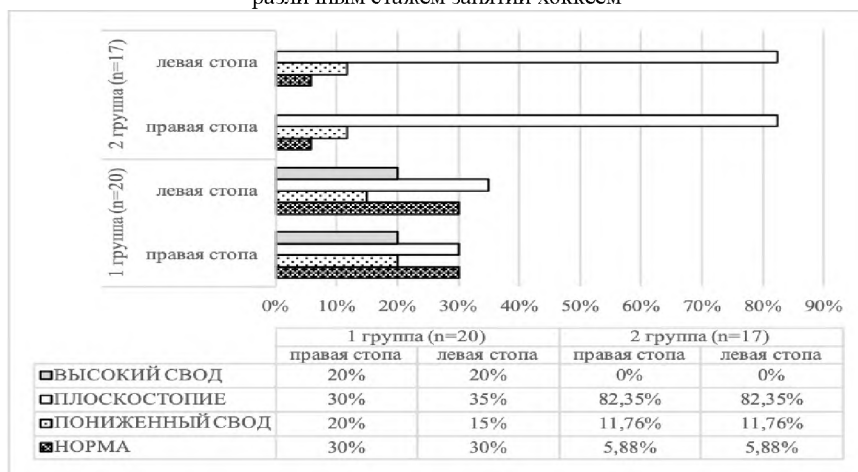


Рисунок 2 – Оценка распространенности деформаций стоп по результатам оценки подометрического индекса в группах юных хоккеистов с различным стажем занятий хоккеем

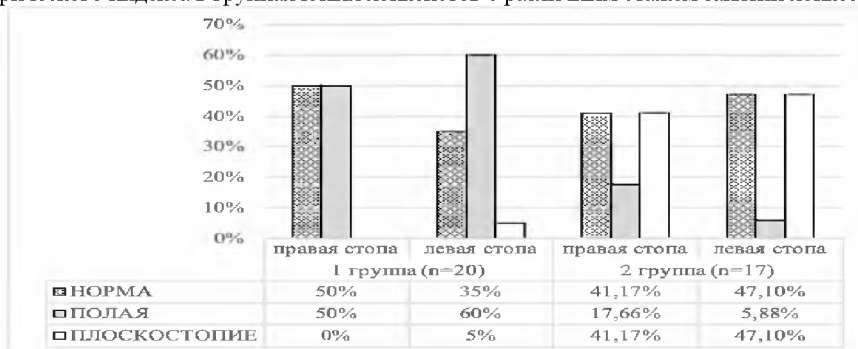


Рисунок 3 – Оценка распространенности деформаций стоп по результатам платографии (по индексу Шриттера) в группах юных хоккеистов с различным стажем занятий хоккеем

С целью оценки мышечно-связочного аппарата стопы и голени были проведены тесты Шриттера и рычажный тест первого пальца (тест Jack). У 100% юных

спортсменов обеих групп отмечены отрицательные результаты функциональных тестов, что свидетельствует о сохранении компенсаторных возможностей опорно-двигательного аппарата и потенциальной обратимости выявленных нарушений. Данные результаты определяют необходимость внедрения профилактических мероприятий для предотвращения прогрессирования деформаций стоп на начальном этапе спортивной подготовки.

Распределение нагрузки на стопу весом собственного тела также влияет на высоту свода стопы, а избыточная масса не только усиливает нагрузку, но и перераспределяет ее локализацию с пятки на переднюю, латеральную и плюсневую части стопы [9]. В ходе проведенного исследования с использованием центильного метода была проведена оценка физического развития юных спортсменов по величине индекса ИМТ: по мере роста стажа занятий спортом отмечалось некоторое увеличение относительного количества детей, имевших превышение массы тела (рис. 4).

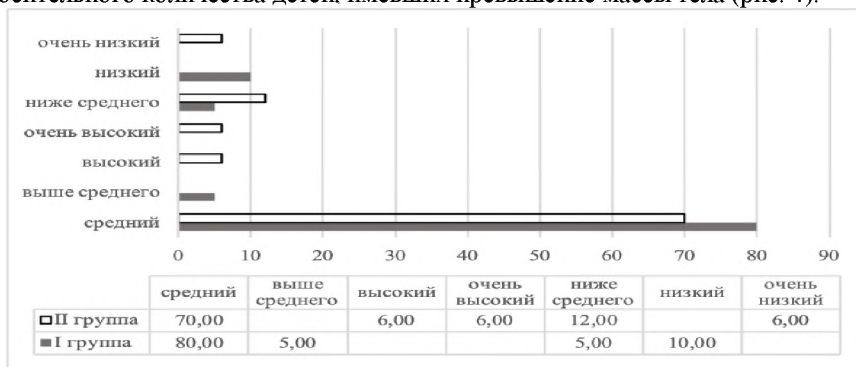


Рисунок 4 – Оценка ИМТ в группах юных хоккеистов с различным стажем занятий хоккеем

Стопа и позвоночник представляют собой единую биомеханическую систему: при функциональной недостаточности стоп и плоскостопии смещается общий центр тяжести тела человека, что компенсаторно приводит к асимметрии плеч, лопаток, треугольников талии и в дальнейшем – к стойким деформациям позвоночника не только во фронтальной, но и в сагиттальной плоскостях [7]. В ходе исследования выявлено, что с увеличением стажа занятий хоккеем отмечался прирост относительного количества юных спортсменов, имеющих как гиперлордоз в поясничном отделе позвоночника, так и боковые искривления осанки, диагностированные по ромбу Машкова (рис. 5).

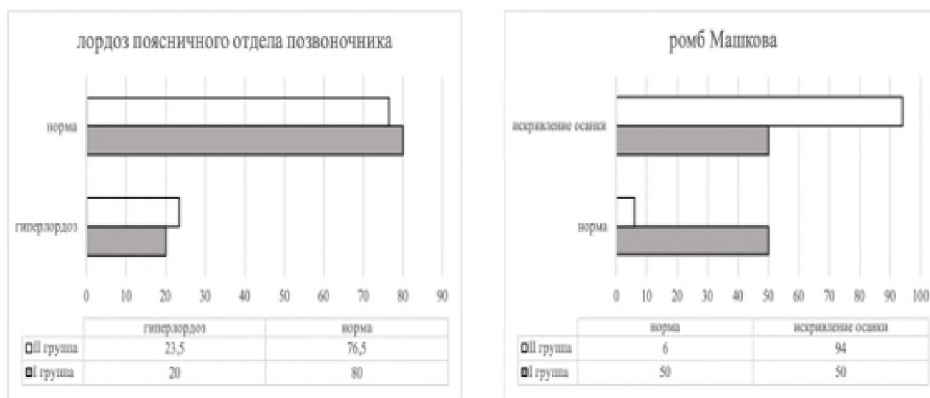


Рисунок 5 – Оценка распространенности нарушений осанки в группах юных хоккеистов с различным стажем занятий хоккеем

По данным литературы, Х- и О-образные искривления ног могут выступать как отягощающими факторами развития плоскостопия, так и создавать этиологические условия для компенсаторного уплощения стопы [1, 7]. По результатам проведенного исследования отмечено выраженное увеличение относительного количества хоккеистов с О-образной формой ног по мере роста длительности занятий спортом: у юных спортсменов с меньшим стажем занятий хоккеем этот показатель соответствовал 20%, в то время как у хоккеистов, занимающихся спортом на протяжении 5 лет, О-образная форма ног отмечена у 82% (рис. 6).

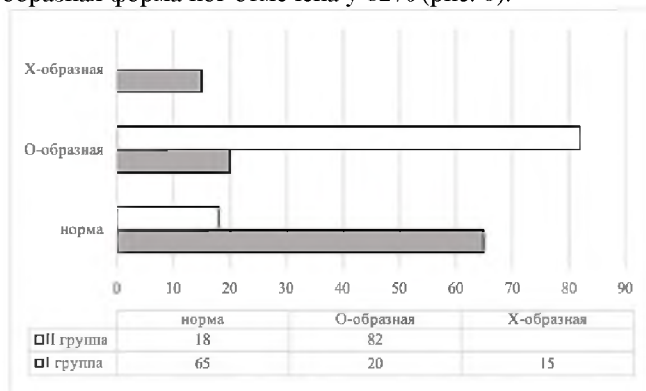


Рисунок 6 – Оценка формы ног в группах юных хоккеистов с различным стажем занятий хоккеем

Выводы. Таким образом, в ходе исследования выявлена отрицательная динамика распространенности мобильного плоскостопия юных хоккеистов по мере увеличения продолжительности занятий спортом. Наличие избыточной массы тела, О-образная форма ног и нарушения осанки приводят к нарушениям биомеханики движений всего тела с очагами вторичной перегрузки свода стопы. Для решения установленной проблемы мы рекомендуем не только систематически проводить комплексную диагностику состояния стопы, но и осуществлять анализ биомеханических предпосылок ее деформации. Такие всесторонние исследования особенно значимы в периоды интенсивного роста и формирования свода стопы, то есть на начальном этапе спортивной подготовки в хоккее с шайбой. У большинства детей в этом возрасте плоскостопие относится к мобильной форме, поэтому задачей грамотно организованного медико-биологического сопровождения тренировочного процесса является недопущение перехода деформации в фиксированную форму. Результаты подобных обследований позволят своевременно вносить корректировки в тренировочный процесс с учетом индивидуальных особенностей каждого спортсмена, целенаправленно внедрять методики по укреплению мышечного корсета кора, голени и стопы, а также использовать результаты для научно обоснованного подбора и модификации спортивной обуви (включая использование специализированных стелек). Предполагаем, что системный и комплексный подход к оценке состояния стоп у юных хоккеистов не только снизит риск развития патологий, но и повысит общую спортивную результативность, продлит профессиональную карьеру спортсменов, а также обеспечит сохранение их здоровья в долгосрочной перспективе.

Список источников

- 1 Проблемы мобильного плоскостопия в спорте (обзор литературы) / Самушия К. А., Загородный Г. М., Петрова О. В., Попова Г. В. // Прикладная спортивная наука. 2021. № 2 (14). С. 106–118. EDN: DMZZUJ.

References

- 1 Samushiya K. A., Zagorodnyj G. M., Petrova O. V. [et al.] (2021), "Problems of flexible flat-foot in sports (literature review)", *Applied Sports Science*, No. 2 (14), pp. 106–118.

- 2 Салова Ю. П., Ефимова Т. П. Оценка функционального состояния и методика профилактики деформации стоп у юных хоккеистов // Вестник Сибирского государственного университета физической культуры и спорта. 2021. № 1 (10). С. 134–145. EDN: CDYZBK.
- 3 Murphy D. F., Connolly D. A. J., Beynnon B. D. Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. DOI 10.1136/bjism.37.1.13 // British Journal of Sports Medicine. 2003. Vol. 37, No. 1. P. 13–29.
- 4 Бобровский Е. А., Тельных Д. А. Гендерные предпочтения при выборе вида спорта среди российского населения. DOI 10.26140/knz4-2019-0801-0011 // Карельский научный журнал. 2019. Т. 8, № 1 (26). С. 42–46. EDN: ZAGBXV.
- 5 Условия возникновения травм в хоккее / Морозов А. М., Сергеев А. Н., Кадьков В. А. [и др.]. DOI 10.47529/2223-2524.2020.4.9 // Спортивная медицина: наука и практика. 2020. Т. 10, № 4. С. 44–53. EDN: WUFSHS.
- 6 Ярова Д. С., Гранковская Л. В., Важенникова А. А. Гигиенические аспекты формирования здоровья юных хоккеистов (обзор литературы). DOI 10.18821/0016-9900-2019-98-4-443-448 // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 4. С. 443–448. EDN: TCHYUO.
- 7 Затравкина Т. Ю., Рубашкин С. А., Дохов М. М. Плоскостопие у детей: этиопатогенез и диагностика (обзор) // Саратовский научно-медицинский журнал. 2018. № 14 (3). С. 389–395. EDN: YZNJCP.
- 8 Плоская стопа (pes planovalgus/flatfeet) детского возраста: современное состояние проблемы / Тимаев М. Х., Сертасова А. В., Куркин А. С., Рубашкин С. А. DOI 10.18821/0869-2106-2017-23-3-165-168 // Российский медицинский журнал. 2017. № 23 (3). С. 165–168. EDN: YQRGUV.
- 9 Графическая плантография с учетом антропометрических параметров человека / Орлов С. А., Зубик Н. В., Губик Г. В. [и др.] // Университетская медицина Урала. 2025. Т. 11, № 1 (39). С. 37–40. EDN: LFEDEZ.
- 2 Salova Yu. P., Efimova T. P. (2021), “Assessment of functional status and methods for preventing foot deformities in young hockey players”, *Bulletin of the Siberian State University of Physical Culture and Sports*, No. 1 (10), pp. 134–145.
- 3 Murphy D. F., Connolly D. A. J., Beynnon B. D. (2003), “Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature”, *British Journal of Sports Medicine*, Vol. 37, No. 1, pp. 13–29, DOI 10.1136/bjism.37.1.13.
- 4 Bobrovskij E. A., Tel'nyh D. A. (2019), “Gender preferences in choosing a sport among the Russian population”, *Karelian Scientific Journal*, Vol. 8, No. 1 (26), pp. 42–46, DOI 10.26140/knz4-2019-0801-0011.
- 5 Morozov A. M., Sergeev A. N., Kadykov V. A. [et al.] (2020), “Conditions for the occurrence of injuries in hockey”, *Sports Medicine: Science and Practice*, Vol. 10, No. 4, pp. 44–53, DOI 10.47529/2223-2524.2020.4.9.
- 6 Yarova D. S., Trankovskaya L. V., Vazhenina A. A. (2019), “Hygienic aspects of health formation in young hockey players (literature review)”, *Hygiene and Sanitation*, Vol. 98, No. 4, pp. 443–448, DOI 10.18821/0016-9900-2019-98-4-443-448.
- 7 Zatravkina T. YU., Rubashkin S. A., Dohov M. M. (2018), “Flat feet in children: etiology, pathogenesis and diagnostics (review)”, *Saratov Scientific Medical Journal*, No. 14 (3), pp. 389–395.
- 8 Timaev M. H., Sertakova A. V., Kurkin A. S. [et al.] (2017), “Flat feet (pes planovalgus/flatfeet) in children: current state of the problem”, *Russian Medical Journal*, No. 23 (3), pp. 165–168, DOI 10.18821/0869-2106-2017-23-3-165-168.
- 9 Orlov S. A., Zubik N. V., Gubik G. V. [et al.] (2025), “Graphic plantography considering anthropometric parameters of a person”, *University Medicine of the Urals*, Vol. 11, No. 1 (39), pp. 37–40.

Информация об авторах:

Нененко Н.Д., доцент высшей школы физической культуры и спорта, ORCID: 0000-0003-4535-3435, SPIN-код 3325-4596.

Сысоева Я.В., ORCID: 0009-0005-0412-972X, SPIN-код 1908-1438.

Ефимова П.Д., ORCID: 0009-0001-1443-0912, SPIN-код 6713-9967.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 23.04.2026.

Принята к публикации 13.05.2026.