

Исследовательская статья

УДК 796:075.8

DOI: 10.24412/2076-9091-2025-460-212-221

Виктор Викторович Косс¹,
Ирина Александровна Винер²,
Яна Олеговна Тихонова³,
Владимир Геннадьевич Медведев⁴,
Александр Эдуардович Стадзе⁵

¹ Научно-медицинский центр «Софиатрия»,
Москва, Россия

^{2, 3} Центр олимпийской подготовки по художественной гимнастике,
Москва, Россия

⁴ Российский университет спорта «ГЦОЛИФК»,
Москва, Россия

⁵ Московский городской педагогический университет,
Москва, Российская Федерация

НЕСЛУЧАЙНЫЕ ТРАВМЫ В СПОРТЕ: НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Аннотация. Современный спорт предъявляет к телу и психике спортсмена все более жесткие требования, что приводит не только к росту спортивных достижений, но и к качественному изменению характера травматизма. В статье рассматривается концепция неслучайных травм, обусловленных нарушениями формирования двигательных стереотипов в раннем возрасте и снижением нейропластичности. Представлены результаты комплексных наблюдений, включающих методы биомеханических исследований электроэнцефалографии, допплерографии мозгового кровотока, оценку функции шейного отдела позвоночника и транскраниальной нейромиографии. Обоснована необходимость ранней диагностики патологических условных рефлексов и их коррекции как основного средства профилактики повторного травматизма.

Ключевые слова: неслучайные травмы, нейропластичность, двигательные стереотипы, спортивный травматизм, биомеханика, профилактика травматизма

Финансирование: исследование не имело финансовой поддержки.

Research article

UDC 796:075.8

DOI: 10.24412/2076-9091-2025-460-212-221

Viktor Viktorovich Koss¹,
Irina Aleksandrovna Viner²,
Yana Olegovna Tikhonova³,
Vladimir Gennadievich Medvedev⁴,
Alexander Eduardovich Stradze⁵

¹ Sofiatria Scientific and Medical Center,
Moscow, Russia

^{2, 3} Olympic Training Center for Rhythmic Gymnastics,
Moscow, Russia

⁴ Russian University of Sports «SCOLIFK»,
Moscow, Russia

⁵ Moscow City University,
Moscow, Russia

NON-ACCIDENTAL INJURIES IN SPORTS: NEUROPHYSIOLOGICAL AND BIOMECHANICAL ASPECTS

Abstract. Modern sports place increasingly stringent demands on the athlete's body and psyche, leading not only to increased athletic achievement but also to a qualitative change in the nature of injuries. This article examines the concept of "non-accidental" injuries caused by impaired motor stereotype formation at an early age and decreased neuroplasticity. The results of comprehensive observations are presented, including biomechanical research methods such as electroencephalography, cerebral blood flow Doppler ultrasound, cervical spine function assessment, and transcranial neuromyography. The need for early diagnosis of pathological conditioned reflexes and their correction as the primary means of preventing recurrent injuries is substantiated.

Keywords: non-accidental injuries, neuroplasticity, motor stereotypes, sports trauma, biomechanics, injury prevention

Funding Statement: no funding was received for writing this manuscript.

Введение

В условиях современной спортивной подготовки, как в любительском, так и в профессиональном спорте, наблюдается неуклонный рост интенсивности нагрузок [1]. Спортивные рекорды обновляются ежегодно, однако за достижениями, как правило, следует рост травматизма [4]. Эти травмы становятся все более «хитроумными» — коварными, труднодиагностируемыми и плохо поддающимися лечению [5]. Мы предлагаем рассматривать многие из них как неслучайные, поскольку их происхождение связано не с внешним острым воздействием, а с внутренне сформированной

патологической программой двигательной активности, начинающейся с раннего детства.

Теоретическое обоснование: от рефлекса к травме. Условный рефлекс — это физиологический механизм, закрепляющий определенную двигательную реакцию на стимул. В процессе спортивной тренировки с раннего возраста формируются двигательные стереотипы, которые могут носить как адаптивный, так и патологический характер [2]. При наличии нарушений в становлении двигательной программы (например, при функциональных блоках шейного отдела, нарушении кровотока в вертебробазилярной системе или асимметричной нагрузке на стопу и др.) развивается патогенетический условный рефлекс, ведущий к повторяющимся травмам.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе Центра олимпийской подготовки по художественной гимнастике под руководством заслуженного тренера И. А. Винер в течение 5 лет (2020–2025 гг.). Диагностические процедуры и коррекционные вмешательства реализовывались совместно с клинической лабораторией научно-медицинского центра «Софиятрия» (Москва).

В исследование были включены юные спортсменки, занимающиеся художественной гимнастикой, в возрасте от 8 до 17 лет, в количестве 1 500 человек. Критерии включения: регулярные тренировки не менее 3 лет, отсутствие острых травм в момент обследования, согласие на участие. Исключались гимнастки с подтвержденными органическими патологиями ЦНС и опорно-двигательного аппарата.

Применялась многоуровневая система функциональной оценки, включающая следующие направления диагностики.

1. Биомеханический анализ:

- трехмерный кинематический анализ движений (Qualisys Motion Capture System) [3];
 - регистрация сил и моментов сил реакции опоры при выполнении целостных многосуставных упражнений на стабилодинамометрической платформе: прыжковые тесты, стабилометрия [3];
 - динамометрия односуставных движений на изокинетическом динамометре¹.

2. Нейрофизиологическая диагностика:

- электроэнцефалография (ЭЭГ) в состоянии покоя и при выполнении двигательных задач: анализ спектральных характеристик, индекс α -ритма;

¹ Биомеханические и электромиографические характеристики технических элементов в художественной гимнастике / А. Hokelmann [и др.] // Фитнес-2010: материалы Международ. науч.-практ. интернет-конф. / Рос. гос. ун-т физ. культуры, спорта и туризма. Москва, 2010. С. 69–70.

- транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС): оценка порога возбуждения моторной коры, латентных периодов и функциональной асимметрии;

- транскраниальная электромиография (ТрЭМГ): регистрация биоэлектрической активности мышц при произвольном сокращении и в покое².

3. Нейроваскулярная визуализация:

- транскраниальная допплерография сосудов головного мозга: оценка линейной скорости кровотока и асимметрии в бассейне задней мозговой артерии.

4. Мануально-функциональная оценка:

- тестирование шейного отдела позвоночника (С0–С2): пальпация, ротационные и сгибательно-разгибательные тесты;

- оценка состояния стоп: распределение нагрузки, анализ функциональной дуги свода [7].

5. Интегративные методы:

- метод термографии (по В. В. Косс³): инфракрасная регистрация зон локальной гиперемии и гипотермии для верификации признаков застойных и воспалительных процессов;

- клинический осмотр и анамнез травм: стандартный протокол врачебного наблюдения с фиксацией анамнеза повторных повреждений, частоты рецидивов и субъективных жалоб. Данные сопоставлялись с результатами магнитно-резонансной томографии.

6. Математико-статистические методы:

Статистическая обработка и анализ проводился с применением описательной и корреляционной статистики. Рассчитывались средние значения и стандартные отклонения ($M \pm SD$), частотные характеристики (%), коэффициенты корреляции (r) и уровень статистической значимости (p). Обработка данных производилась в среде Statistica и MS Excel.

Результаты исследования

Динамометрия и статокинезиография выявили нарушения баланса и неравномерное распределение давления в фазе опоры. У 86 % обследованных отмечалась стойкая патологическая двигательная программа, выраженная

² Биомеханические и электромиографические характеристики технических элементов в художественной гимнастике. С. 69–70.

³ Complex method of neuro-biomechanical diagnostics for functional orthopedic and neurological disorders in athletes / V. V. Koss, V. G. Medvedev, S. M. Zafiratou // ResearchGate. 2020. URL: <https://www.researchgate.net/publication/346361010> (дата обращения: 30.07.2025); Комплексная методика нейробиомеханической диагностики функциональных ортопедо-неврологических нарушений спортсменов как средство профилактики травматизма / В. В. Косс, В. Г. Медведев, И. В. Горелов // Тренер. № 3 (11). Март 2021. С. 18–25. URL: https://ya-trener.ru/viktor_koss/ (дата обращения: 30.07.2025).

в нестабильности корпуса, перегрузке одной ноги и нарушениях в кинематике таза и лопаточного пояса.

По данным трехмерного биомеханического анализа (система Qualisys) и анализа техники взаимодействия с опорой (стабилодинамометрическая платформа), у 72 % обследованных гимнасток выявлены травмоопасные элементы спортивной техники при оценке ускорений рабочих звеньев системы, значения которых не связаны с непосредственным вкладом инерционных сил в результат действия. Определенная таким образом некомпенсируемая чрезмерная нагрузка, являющаяся следствием патогенетической двигательной программы статистически значимо ($p < 0,05$) коррелировала с частотой повторяющихся травм в области голеностопного и коленного суставов.

В 58 % случаев зарегистрирована гипоперфузия в бассейне задней мозговой артерии с явлениями асимметрии до 30–45 % между левой и правой сторонами. У всех этих спортсменок наблюдались блоки в сегментах С0–С2 шейного отдела по результатам осмотра и мануального тестирования.

Электроэнцефалография (ЭЭГ) выявила у 58 % спортсменок снижение индекса α -ритма (в среднем $21,3 \pm 3,5$ %), что отражает функциональную не-гибкость ЦНС. Подавление α -ритма свидетельствует о блокировке сенсорного потока, необходимой для обработки информации, обусловливает тревожные расстройства (стресс или депрессия). Уровень α -активности обратно коррелировал с количеством повторных травм ($r = -0,62, p < 0,01$).

По данным транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС), у 65 % обследованных отмечалось повышенное латентное возбуждение в моторной коре. Увеличение продолжительности латентного периода может наблюдаться в следующих случаях:

- как признак активной когнитивной обработки и нейропластичности в контексте освоения новых двигательных навыков;
- как признак утомления и перетренированности, указывающий на снижение возбудимости корковых нейронов, повышения активности тормозных систем, нарушения проведения в синапсах;
- как симптом эмоциональных нарушений, обусловленных страхом, тревогой и повышенным психологическим давлением, характерных для состояния «предстартовой лихорадки». Повышение общего уровня коркового возбуждения может парадоксальным образом приводить к усилиению тормозного контроля над моторными зонами, чтобы предотвратить преждевременные или неточные движения.

У 64 % спортсменок после прохождения индивидуального курса биомеханической коррекции и нейротренинга отмечено полное исчезновение болевого синдрома (оценка по визуально-аналоговой шкале боли снизилась с $6,1 \pm 1,2$ до $1,3 \pm 0,9$ балла, $p < 0,001$). У 70 % из них снизились пики вертикальной составляющей силы реакции опоры в периоде приземления при выполнении прыжковых упражнений, что свидетельствует об улучшении техники

приземления, связанной с повышением контроля над эксцентрической фазой работы мышц, укреплении мышц-стабилизаторов. Нормализация уровня α -ритма у большинства гимнасток (70 %) указывает на психоэмоциональное благополучие, повышение нейропластичности мозга и когнитивных процессов.

Концепция неслучайных травм в спорте требует пересмотра диагностических и реабилитационных подходов [6]. Повторные повреждения не являются результатом внешнего стечения обстоятельств, а происходят из-за воспроизведенной ошибки в двигательной программе, часто формирующейся еще в детском возрасте. Ключевым фактором здесь выступает нейропластичность ЦНС, которая в условиях стресса, перетренированности и недостаточной коррекции осанки становится сниженной. Это делает невозможным формирование новых двигательных стратегий и приводит к зацикленности патологического паттерна.

Выводы

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. Обоснованность включения в стандартные протоколы спортивного обследования нейрофизиологического и биомеханического разделов. Биомеханический блок обследования спортсменок содержит функциональные двигательные тесты для выявления дисбалансов, асимметрий и риска травм у гимнасток. Использование ЭЭГ и ТМС в рамках нейрофизиологического блока позволяет оценить уровень нейропластичности и латентных зон риска, связанных с повышенным возбуждением в моторной коре. Применение метода клинической визуализации «Способ Косса» в комплексной программе обследования гимнасток обеспечивает термографическую верификацию воспалительных и застойных зон, что важно учитывать для определения функционального состояния и выбора реабилитационных мероприятий.

2. Ранняя коррекция двигательных стереотипов с помощью методов лечебной физической культуры, биологической обратной связи, нейротерапии обеспечивает полную ликвидацию болевого синдрома, снижение пика вертикальной составляющей силы реакции опоры в периоде приземления при выполнении прыжковых упражнений и нормализацию уровня α -ритма.

3. Мониторинг показателей в рамках комплексной программы обследования гимнасток позволяет своевременно направить тренировочный процесс на развитие безопасного и эффективного двигательного паттерна, что в совокупности с реабилитационными мероприятиями обеспечивает профилактику спортивного травматизма.

4. Командный подход к наблюдению спортсменов предполагает слаженную работу тренера, врача-невролога, кинезиотерапевта, спортивного физиолога, владеющего навыками управления биомеханическими параметрами движений.

Заключение

Неслучайные травмы — это не фатальное стечеие обстоятельств, а следствие патологических, закрепленных во времени условных рефлексов и двигательных программ. Комплексный нейробиомеханический подход позволяет выявлять и устранять эти причины до возникновения травмы. Включение таких протоколов в практику спортивной медицины — ключ к устойчивому развитию спорта без травм.

Список источников

1. Медведев В. Г. Алгоритм педагогических исследований техники спортивных двигательных действий / В. Г. Медведев // Спортивно-педагогическое образование. 2018. № 1-2. С. 145–152. EDN: YAVKDJ.
2. Медведев В. Г. Антропоморфная мехатроника для спорта и медицины / В. Г. Медведев // Российский журнал биомеханики. 2020. Т. 24, № 2. С. 232–242. <https://doi.org/10.15593/RZhBiomeh/2020.2.10>. EDN: LLFZDN.
3. Медведев В. Г. Биомеханизмы отталкивания от опоры в прыжковых упражнениях / В. Г. Медведев // Теория и практика физической культуры. 2013. № 5. С. 82. EDN: QCBMWV.
4. Медведев В. Г. Диагностика неслучайных травм спортсменов // Интеграция социогуманитарного и естественно-научного знания в контексте онтокинезиологической методологии спортивной науки: материалы науч. симпозиума, посвящ. памяти В. К. Бальсевича, Москва, 28 мая 2021 г. М.: РГУФКСМиТ, 2021. С. 162–166. EDN: VIDEYQ.
5. Медведев, В. Г. Травматизм в BMX-Race / В. Г. Медведев, А. С. Дышаков // Экстремальная деятельность человека. 2015. № 2 (35). С. 75–78. EDN: ULQTXF.
6. Модель научно-методического обеспечения подготовки высококвалифицированных спортсменов / С. П. Левушкин, М. В. Жийяр, О. Ф. Жуков, В. Г. Медведев // Спортивно-педагогическое образование. 2023. № 2. С. 19–25. https://doi.org/10.52563/2618-7604_2023_2_19. EDN: PCQDRD.
7. Постуральная устойчивость юных спортсменов с признаками недифференцированной дисплазии соединительной ткани, занимающихся сложнокоординационными видами спорта / О. Н. Иващенко, А. Н. Налобина, Н. М. Курч [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. 2017. Т. 7. № 1. С. 29–37. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2017.1.29>. EDN: YODLVV.

References

1. Medvedev V. G. Algorithm of pedagogical studies of the technique of sports motor actions. Sports and pedagogical education. 2018;(1-2):145–152. EDN: YAVKDJ. (In Russ.).
2. Medvedev V. G. Anthropomorphic mechatronics for sports and medicine. Russian Journal of Biomechanics. 2020;24(2):232–242. <https://doi.org/10.15593/RZhBiomeh/2020.2.10>. EDN: LLFZDN. (In Russ.).
3. Medvedev V. G. Biomechanisms of push-off and support in jumping exercises. Theory and Practice of Physical Education. 2013;(5):82. EDN: QCBMWV. (In Russ.).

4. Medvedev V. G. Diagnosis of Non-Random Injuries in Athletes. In: XXII Scientific and Practical Symposium “Integration of Sociogumanitarian and Natural Science Knowledge in the Context of Ontokinetic Methodology of Sports Science” dedicated to the memory of V. K. Bal’sevich: Collection of Articles. 2021:162–166. EDN: VIDYEYQ. (In Russ.).
5. Medvedev V. G., Dyshakov A. S. Injuries in BMX Race. Extreme Human Activity. 2015;(2):75–78. EDN: ULQTXF. (In Russ.).
6. Levushkin S. P., Zhiyar M. V., Zhukov O. F., Medvedev V. G. Model of Scientific and Methodological Support for the Training of Highly Qualified Athletes. Sports and Pedagogical Education. 2023;(2):19–25. https://doi.org/10.52563/2618-7604_2023_2_19. EDN: PCQDRD. (In Russ.).
7. Ivaschenko O. N., Nalobina A. N., Kurch N. M. [et al.] Postural stability of young athletes with signs of undifferentiated connective tissue dysplasia involved in complex coordination sports. In: Sports medicine: science and practice. 2017;7(1):29–37. EDN: YODLVV. (In Russ.).

Информация об авторах / Information about the authors:

Косс Виктор Викторович — кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией спортивной неврологии Института спортивной неврологии и реабилитации, Научно-медицинский центр «София», Москва, Россия.

Viktor Viktorovich Koss — Candidate of Medical Sciences, Head of the Sports Neurology Laboratory, Institute of Sports Neurology and Rehabilitation, Sofiatria Medical Research Center, Moscow, Russia.

koss.victor@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5758-3487>

Винер Ирина Александровна — доктор педагогических наук, профессор, президент Всероссийской федерации художественной гимнастики, главный тренер сборной России, Центр олимпийской подготовки по художественной гимнастике, Москва, Россия.

Irina Aleksandrovna Viner — Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, President of the All-Russian Rhythmic Gymnastics Federation, Head Coach of the Russian National Team, Olympic Training Center for Rhythmic Gymnastics, Moscow, Russia.

medinfo@vinercenter.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9042-555>

Яна Олеговна Тихонова — руководитель лаборатории нейроинтерфейсов Института спортивной неврологии и реабилитации, научное IT-агентство «Сай-Непс», Москва, Россия.

Yana Olegovna Tikhonova — Head of the Neurointerfaces Laboratory at the Institute of Sports Neurology and Rehabilitation, Scientific IT Agency «Sci-Nepse», Moscow, Russia.

y.tikhonova@scinapse.ru, <https://orcid.org/0009-0008-7255-1959>

Медведев Владимир Геннадьевич — кандидат педагогических наук, старший научный сотрудник лаборатории спортивных и физкультурно-оздоровительных технологий, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Россия.

Medvedev Vladimir Gennadievich — Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Sports and Physical Culture and Health Technologies, Russian University of Sport «SCOLIFK», Moscow, Russia.

biomechanics@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1774-6605>

Страдзе Александр Эдуардович — доктор социологических наук, профессор, директор Института естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

Stradze Alexander Eduardovich — Doctor of Sociological Sciences, Professor, Director of the Institute of Natural Science and Sports Technologies, Moscow City University, Moscow, Russia.

stradzeae@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7264-8453>

Вклад авторов:

Виктор Викторович Косс — концептуализация исследования, разработка методологии, создание и апробация методики термографической диагностики, проведение нейрофизиологической диагностики (ЭЭГ, ТМС), анализ и интерпретация данных ЭЭГ и ТМС, руководство проектом, написание и редактирование рукописи.

Ирина Александровна Винер — организация и курирование проведения исследования на базе Центра олимпийской подготовки, предоставление ресурсов, отбор испытуемых, согласование текста статьи.

Яна Олеговна Тихонова — организация сбора данных, проведение части диагностических процедур, редактирование рукописи.

Владимир Геннадьевич Медведев — концептуализация и разработка биомеханической части исследования, проведение биомеханического анализа (стабилодинамометрия, кинематический анализ), статистическая обработка данных, написание и редактирование рукописи.

Александр Эдуардович Стадзе — координация работы между клинической и спортивной базами, редактирование рукописи.

Authors' contributions:

Viktor Viktorovich Koss — conceptualized the study, developed the methodology, developed and tested the thermographic diagnostic method, performed neurophysiological diagnostics (EEG, TMS), analyzed and interpreted EEG and TMS data, managed the project, and wrote and edited the manuscript.

Irina Aleksandrovna Viner — organized and supervised the study at the Olympic Training Center, provided resources, selected subjects, and approved the manuscript.

Yana Olegovna Tikhonova — organized data collection, performed some of the diagnostic procedures, and edited the manuscript.

Vladimir Gennadievich Medvedev — conceptualized and developed the biomechanical portion of the study, conducted biomechanical analysis (stabilodynamometry, kinematic analysis), statistically processed the data, and wrote and edited the manuscript.

Alexander Eduardovich Stradze — coordinated work between the clinical and sports facilities and edited the manuscript.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию: 19.09.2025;
одобрена после доработки: 23.09.2025;
принята к публикации: 30.09.2025.

The article was submitted: 19.09.2025;
approved after reviewing: 23.09.2025;
accepted for publication: 30.09.2025.