



Министерство спорта и туризма Республики Беларусь

Белорусский государственный университет физической культуры  
Центр координации научно-методической и инновационной деятельности  
Информационно-аналитический отдел

**Цикл научно-практических мероприятий**  
**«СОВРЕМЕННЫЕ СПОРТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**  
**В ПОДГОТОВКЕ ОЛИМПИЙСКОГО РЕЗЕРВА**  
**И СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ»**

# **ИННОВАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КОНТАКТНЫХ ВИДАХ ЕДИНОБОРСТВ**



Научно-практический семинар  
декабрь 2021 г.  
Минск

<i><b>Передовые практики функциональной оценки движений.....</b></i>	<i><b>3</b></i>
Агафонова М.Е., Дарануца К.С.	
<i><b>Марковские процессы как методологическая основа анализа и моделирования эффективных тактико-технических действий в тазквондо .....</b></i>	<i><b>8</b></i>
Разуванов В.М.	
<i><b>Перспективы использования инерциальных измерительных модулей в анализе результативности в спортивных единоборствах.....</b></i>	<i><b>18</b></i>
Быков Д.Ю.	
<i><b>Анализ травматизма у спортсменов-тазквондистов .....</b></i>	<i><b>22</b></i>
Анализ зарубежной публикации	

**Агафонова М.Е.**, начальник информационно-аналитического отдела БГУФК, доцент кафедры спортивной медицины БГУФК, кандидат биологических наук

**Дарануца К.С.**, ведущий специалист Центра координации научно-методической и инновационной деятельности

Известно, что во время, либо после тренировки спортсмены чувствуют боль в теле из-за неправильного вхождения в двигательную активность или неверно подобранной биомеханики движений, к которым тело в данный момент не готово. В дальнейшем такие тренировки могут привести к возникновению травм.

Для снижения риска травматизма и экономизации движений следует оценить возможности тела человека: уровень развития физических качеств и наличие асимметрии движения. Эти параметры можно определить с помощью функциональной оценки движения.

Система функциональной оценки движения разработана американскими физиотерапевтами Греем Куком (Gray Cook) и Ли Бартоном (Lee Burton) в 2010 году [1]. Система функциональной оценки движения (скрининг) – это серия стандартизированных тестов, используемых для оценки функциональных и основных моделей движений занимающегося. Цель скрининга – проведение анализа движений, выявление риска травм, а также разработка индивидуальной программы тренировки.

Один из основателей этого метода оценки движения Грей Кук сказал: «Скрининг движения – это не просто измерение показателей и сбор данных о паттернах движений, он позволяет разделить людей на категории “риска”, а может быть и на категории “возможностей”» [2].

Метод функциональной оценки движений используется во всем мире, особенно широко его применяют реабилитологи и тренеры США и стран Европейского союза. Специалист изучает тело занимающегося при помощи профильных упражнений, которые позволяют визуализировать любые функциональные и морфологические нарушения опорно-двигательного аппарата. Диагностика дает возможность определить причины возникновения «неправильных» движений, закрепленные на уровне нервной системы, и разработать индивидуальный план тренировки, для коррекции выявленных нарушений. В большей степени скрининг актуален для профессиональных спортсменов.

Общеизвестно, что структурные нарушения (искривления позвоночника, травмы, асимметрии) усиливают адаптационные способности опорно-двигательного аппарата, вызывая нарушения биомеханики движений, как правило, за счет асимметричного распределения нагрузки на суставы.

Для проведения функциональной оценки движения используется комплекс оборудования FMS (Functional Movement Screen) (рисунок 1) [3]:

1. Измерительная доска 150×10×3 см (для оценки отклонений корпуса от вертикального положения).

2. Бодибар – гимнастическая стальная прорезиненная палка для фитнеса (для оценки вертикального положения позвоночного столба человека).

3. Измерительная линейка (для оценки подвижности плечевого пояса и гибкости мышц бедра).

4. Барьер с меняющейся высотой (для оценки равновесия человека при перешагивании барьера).

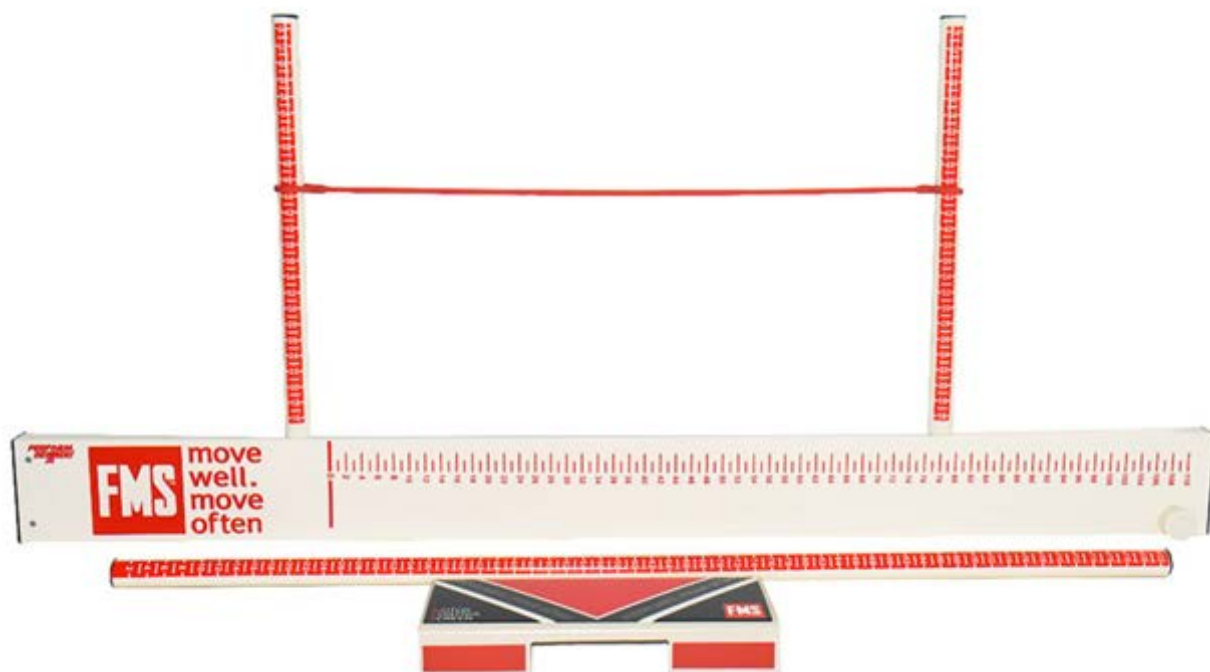


Рисунок 1 – Комплекс оборудования для FMS

Оценка базовых навыков двигательной активности осуществляется через специальную систему тестов. В процессе функционального скрининга выявляют ограниченность амплитуды движений, асимметрию и точки дисбаланса при распределении нагрузки. Преимуществами функционального тестирования являются: точность и скорость получения результатов, проведение обследований для лиц любого возраста и разного уровня физической подготовки [3].

Благодаря методу функционального скрининга можно оценить уровень развития силы, координации, гибкости и динамическую стабильность, при этом спортсмен выполняет поочередно следующие упражнения (рисунок 2):

1. Приседание (Squatting).
2. Перешагивание через барьер (Stepping) – на обе ноги.
3. Выпад (Lunging).
4. Подвижность плечевого пояса (Reaching) – на обе руки.
5. Подъем прямой ноги (Leg Raising) – на обе ноги.
6. Отжимание (Push-Up).
7. Ротационная стабильность (Rotary Stability) – на обе стороны.



Рисунок 2 – Основные тестирующие упражнения функционального скрининга

Все упражнения выполняются три раза, далее записывается лучшая попытка и оценивается от 0 до 3 баллов, при этом сумма баллов составляет от 0 до 21 балла. Оценивая паттерны движения тела, можно выявить «неправильные» модели движения, приобретенные в процессе адаптации организма человека ко внешним (окружающая среда) и внутренним (нарушение осанки, боли и т. д.) факторам. После завершения тестирования функциональной оценки движений формируется программа индивидуальных корректирующих упражнений, с помощью которых можно устранить биомеханические нарушения движений [4].

Согласно исследованиям П.А. Григорьева и Г.И. Семенова, выявлено, что проведение тренировок с индивидуальными корректирующими упражнениями в течение 3,5 месяцев, вызвало улучшение координации, гибкости и динамической стабильности при выполнении движений, а также уменьшился риск травматизма в 1,4 раза [1].

Следует отметить, что существует огромное количество подобных методик, оценивающих физические качества человека. Так, английские специалисты из компании KC International Ltd разработали и внедрили систему для предупреждения травм. Эта методика получила название «Базовая матрица функциональных движений» (The Foundation Matrix for Functional Movements) [5]. Используя всего 10 функциональных тестов с дозированной нагрузкой, врач или тренер могут оценить риск возникновения травм у спортсменов при неправильном выполнении движений во время тренировочного процесса.

С помощью методики «Базовая матрица функциональных движений» можно определить следующее:

1. Выявить неконтролируемые движения (слабые звенья);
2. Классифицировать движения по уровню риска травматизма (высокий, потенциальный).

3. Определить минимально возможную и максимально допустимую интенсивность выполняемых физических упражнений.

4. Выявить приоритеты в тренировочном процессе и создать индивидуальную программу упражнений.

Преимуществами метода «Базовая матрица функциональных движений» являются: точность определения максимальной нагрузки на звенья человека, а также выявление части тела, где находится неконтролируемое движение, его вектор и амплитуду [5].

Не менее актуальным является стабилметрический комплекс «Биокинект», который предназначен для диагностики нарушения баланса, объективной оценки эффективности проводимого лечения, а также восстановления функции равновесия с помощью метода биологической обратной связи (рисунок 3) [6].

С 2011 года производителем комплекса «Биокинект» является известный российский завод ОАО «Туликовский приборостроительный завод «ТВЕС».



Рисунок 3 – Стабилметрический комплекс «Биокинект»

Стабилметрический комплекс «Биокинект» одновременно реализует метод классической стабилметрии с использованием стабилотренировки и пространственную стабилметрию с регистрацией колебаний сегментов тела.

Использование биомеханических сенсоров совместно со стабилметрической платформой может регистрировать как колебания общего центра давления (ОЦД) в сагиттальной и фронтальной плоскости, так и движения любых



сегментов тела в трех направлениях (вперед-назад, вправо-влево, вверх-вниз), оценивать вращения сегментов, тремор и электрическую активность мышц [6].

Учитывая проведенный обзор методов оценки движений и возможностей тела человека, установлено, что для снижения рисков травматизма при выполнении упражнений целесообразно использовать современные методики, позволяющие не только выявить функциональные и морфологические нарушения опорно-двигательного аппарата, но и разработать индивидуальную корректирующую программу тренировки.

## Источники

1. Григорьев, П. А. Функциональная оценка движения как средство снижения травматизма в фитнесе / П. А. Григорьев, Г. И. Семенова. – Екатеринбург : Екатеринбург. фед. ун-т, 2020. – С. 114–115.
2. Cook, G. Movement / G. Cook. – Santa Cruz, California. 2010. – 408 p.
3. FMS (Functional movement screen) функциональная оценка движений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doctordlin.ru/method/funkcionalnaya-ocenka-dvizheniy/>. – Дата доступа: 08.06.2021.
4. Functional movement screen (FMS) [Electronic resource]: Bodycare workplace solutions. – Mode of access: <https://www.bodycare.com.au/functional-movement-screen>. – Date of access: 22.06.2021.
5. Система оценки функциональных движений // Вестник спортивных инноваций. – М., 2015. – Вып. 24. – 15 с.
6. Каталог медицинского оборудования / Центр реабилитационных систем REASYS; науч. ред. А. Ю. Комолов. – М.: Тренажеры для реабилитации, 2020. – 20 с.

## Марковские процессы как методологическая основа анализа и моделирования эффективных тактико-технических действий в таэквондо

**Разуванов В.М.**, ведущий специалист информационно-аналитического отдела, старший преподаватель кафедры менеджмента туризма и гостеприимства БГУФК

В спорте высших достижений спортивный результат обуславливается сочетанием множества факторов, среди которых тактическая подготовленность спортсмена играет далеко не последнюю роль, что особенно характерно для спортивных единоборств.

Тактические *решения*, принимаемые спортсменами непосредственно во время соревнований (боя, схватки), к сожалению, наблюдать невозможно – на используемую тактику указывают лишь тактические *действия*, выполняемые спортсменами. Чтобы принимать эффективные тактические решения во время соревнований, спортсмены должны иметь в своем арсенале различные варианты тактических действий, при этом важно иметь информацию о вероятности успешности тех или иных тактических действий в тот или иной момент схватки (боя).

Обычно тактическая схема ведения боя направлена на то, чтобы застать противника врасплох, используя определенные последовательности действий. Тактика обеспечивает контекст, который обуславливает применяемые технические действия (приемы), при этом эффективные действия требуют не только сформированного на необходимом уровне двигательного навыка, но и правильного выбора того или иного паттерна действий в соответствующих условиях. Последовательности действий в определенной степени уникальны для каждого боя.

Тактические действия в таэквондо обычно подразделяются на наступательные (атаки и контратаки) и защитные, избираемые в соответствии с целью набора очков или избегания набора очков соперником [4]. При всей уникальности каждого поединка тактические действия, применяемые спортсменом во время соревнований, не могут носить случайный характер, во всяком случае, если речь идет о достижении максимальной эффективности – они должны быть основаны на объективных данных. Объективность данных может быть обеспечена применением стохастических моделей – математическим представлением системы, определяющей вероятностное возникновение ряда или набора состояний (событий), которые могут оказаться полезными аналитическими инструментами при исследовании спортивной тактики, поскольку поддаются оценке и могут предсказывать будущие события на основе прошлых данных.

В качестве перспективного метода формирования стохастических моделей могут рассматриваться так называемые «Марковские цепи» («Марковские процессы», «Марковские события», «Марковы цепи»).



Марковские случайные процессы названы по имени выдающегося русского математика А.А. Маркова (1856–1922), впервые начавшего изучение вероятностной связи случайных величин и создавшего теорию, которую можно назвать «динамикой вероятностей» [10].

Марковские цепи представляют собой аналитический инструмент, который описывает последовательность возможных событий, в которой вероятность каждого события зависит *только* от состояния, достигнутого в предыдущем событии, иными словами, стохастический процесс проявляет Марковские свойства, если текущее состояние содержит достаточно исторической информации, на основе которой можно предсказать следующее событие [10]. Следует обратить внимание на то, что Марковский процесс не предполагает *отсутствия* какой-либо исторической причинной зависимости между событиями или состояниями, иначе его невозможно было бы применять для анализа спортивной тактики, в которой причинная зависимость носит фундаментальные свойства (одно тактическое действие всегда вытекает из предыдущего и является предпосылкой последующего) – он говорит лишь о том, что данная причинная зависимость *уже учтена* в вероятностях переходов.

Марковский процесс удобно задавать *графом* переходов из состояния в состояние. На рисунке 1 изображен Марковский процесс с четырьмя состояниями (вершинами), при этом стрелками изображены возможные переходы (связи), а значения демонстрируют вероятности тех или иных переходов. Так, мы видим, что из состояния 3 с вероятностью 0,5 возможен переход к состоянию 2, и с той же вероятностью возможна «петля» возврата к текущему состоянию и его повтор. В качестве «состояния» может рассматриваться, в числе прочего, спортивное тактическое действие, например, атака, блок и т. п.

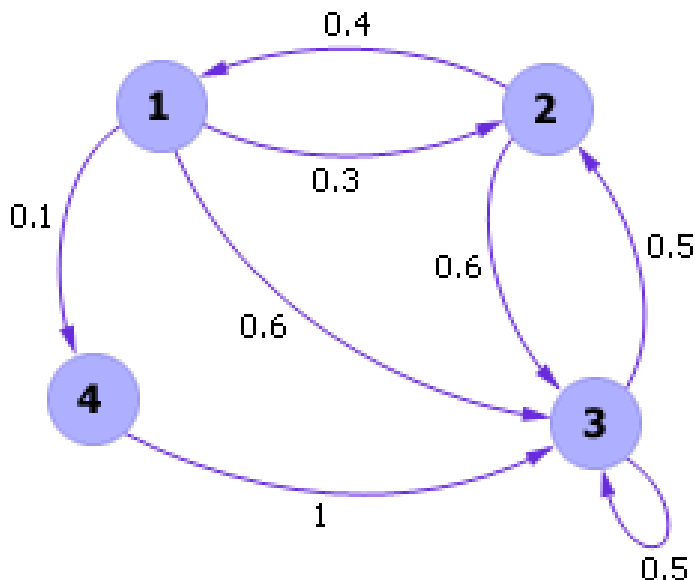


Рисунок 1 – Схематичное изображение Марковского процесса (графа переходов)

В этом отношении цепи Маркова могут помочь тренерам и исследователям понять, каким образом спортсмены ведут себя на соревнованиях, какова взаимосвязь между различными тактическими действиями. Они демонстрируют, повышает или снижает выбор того или иного действия вероятность того,

что в дальнейшем будет предпринято конкретное действие, при том, что последующее действие не носит полностью случайный характер. Цепь Маркова как метод анализа взаимосвязей между двумя ключевыми вариантами поведения (фокусным и условным) может дать информацию, необходимую для принятия решения о выборе поведения, выборе профиля действия-реакции спортсмена. Эта информация может быть использована для улучшения тактического обучения спортсмена процессу принятия решений, что весьма актуально, поскольку хорошо известно, что время реакции выбора увеличивается с ростом количества вариантов стимула-ответа. В единоборствах, включая таэквондо, действия спортсмена зависят от действий его противника, при этом техника анализа на основе Марковских цепей может помочь в принятии тренерских решений, основанных на утверждениях «если..., то...».

Анализ цепей Маркова уже применялся в сфере спорта для описания и прогнозирования игровых профилей (паттернов) с целью определения значимости различных тактических схем для конечной эффективности, в том числе для изучения взаимодействия между игроками в сквош, прогнозирования применения различных тактических моделей в футбольном матче и анализе вероятностей исходов [1, 2, 9].

В спортивных единоборствах этот метод анализа является достаточно новым и применяется в рамках возросшего интереса к изучению взаимосвязей между действиями, выполняемыми спортсменами [1, 2, 4, 5]. Так, в фехтовании было показано, что с высокой вероятностью, вслед за шаблоном прессинга следовали подготовительные и атакующие действия, в то время как противником выполнялись действия контратаки. В дзюдо наблюдаемые модели отражали четыре ситуации (атака вперед, вправо, назад и влево), при этом последовательности заканчивались подготовкой приема, моментом паузы либо концом схватки [2].

Также как в фехтовании и дзюдо, в таэквондо важно знать предыдущее действие соперника и вероятности последующих технико-тактических действий (паттернов), поскольку это дает ценную информацию о том, как на него реагировать, а также в какой момент боя наиболее эффективно начинать ту или иную последовательность действий с целью набора очков.

Гонсалес-Прадо и другие проанализировали финалы шести чемпионатов мира по таэквондо [4]. Они обнаружили взаимосвязь между наступательными и защитными действиями, которые следуют друг за другом во время схватки. Менескарди и Эстеван также доказали полезность анализа паттернов действий с задержкой для определения последовательности атак и контратак во время схваток. Они обнаружили значительную взаимосвязь между атаками (прямыми и косвенными) и одновременной контратакой, выявили существенную связь косвенных атак с обманными действиями, кроме того было установлено, что упреждающие, одновременные и пост-контратаки имели значительную связь с прямыми и косвенными атаками и уклонениями [5].

Одно из последних исследований на основе анализа Марковских процессов, направленных на выявление тактических моделей поведения таэквонди-

стов – участников Олимпийских игр на выборке мужчин и женщин было проведено испанскими специалистами [4]. Данное исследование будет рассмотрено более подробно, поскольку оно, на наш взгляд, может выступать в качестве модельного при проведении дальнейших научно-практических изысканий в этой области.

Центральной задачей исследования стала проверка гипотезы о том, могут ли технико-тактические модели, основанные на цепи Маркова, с большей вероятностью возникновения, чем случайность, объяснить поведение спортсмена на олимпийских соревнованиях. В работе описываются тактические действия, которые происходили непосредственно перед или после соответствующего тактического действия (атаки, контратаки, защиты и т. д.) с помощью анализа Марковского процесса. Это позволяет отрабатывать как наступательные, так и защитные стратегии для каждого тактического действия и их последствий, в зависимости от того, какие паттерны чаще всего реализуются в условиях реальных соревнований.

В качестве основного метода исследования выступало наблюдение в естественном контексте, при этом дизайн исследования был диахроническим, номотетическим и многомерным. Естественный контекст позволил авторам проанализировать последовательность, схему и ковариационную связь между поведением спортсменов. Диахронический план позволил выявить порядок, в котором происходили действия с точки зрения перспективного (от одного действия к следующему) анализа. Номотетический дизайн подразумевал анализ поведения некоторых участников, в то время как многомерный дизайн предполагал, что конкретное множество изучаемых критериев существуют объективно.

Всего была проанализирована 151 схватка, проведенная на Олимпийских играх в Лондоне в 2012 году с участием как мужчин ( $n = 75$ ), так и женщин ( $n = 76$ ).

Для кодификации тактических действий в таэквондо был использован инструмент наблюдения TKDOT [0]. Все кодирование выполнялось с использованием программного обеспечения HOISAN 1.5.6 [5].

Данные были кодифицированы как множественные события для выполнения апостериорного Марковского последовательного анализа. Для анализа надежности данных шесть наблюдателей были разделены на две группы (группы А и В). Чтобы оценить надежность (экспертность) участников, каждый наблюдатель проанализировал шесть схваток. С целью оценки надежности оценок отдельного наблюдателя (внутренняя надежность), один из наблюдателей дважды подряд анализировал те же схватки. Для оценки надежности оценок внутри и между наблюдателями использовался коэффициент Каппа – Коэна – статистика, которая возвращает межрегиональное согласие для качественных (категориальных) переменных. При этом значения между 0 и 0,20 демонстрируют слабое соответствие, значения между 0,21 и 0,40 показывают отдаленное соответствие, значения между 0,41 и 0,60 показывают умеренное соответствие, значения между 0,61 и 0,80 свидетельствуют о сильном соответствии, а значения между 0,81 и 1 говорят о практически полном соответствии.

В данном исследовании значения Каппа – Коэна были  $>0,85$ , что свидетельствует о почти полном соответствии.

На основе полученных оценок был проведен Марковский последовательный анализ одного лага. Нулевое отставание было установлено как фокусное поведение, а последующее отставание (отставание 1) соответствовало первому действию (условному поведению), которое следовало за фокусным поведением. Эти основные формы поведения включали атаки, контратаки и защитные действия в соответствии с тактической схемой, разработанной для таэквондо (рисунок 2).

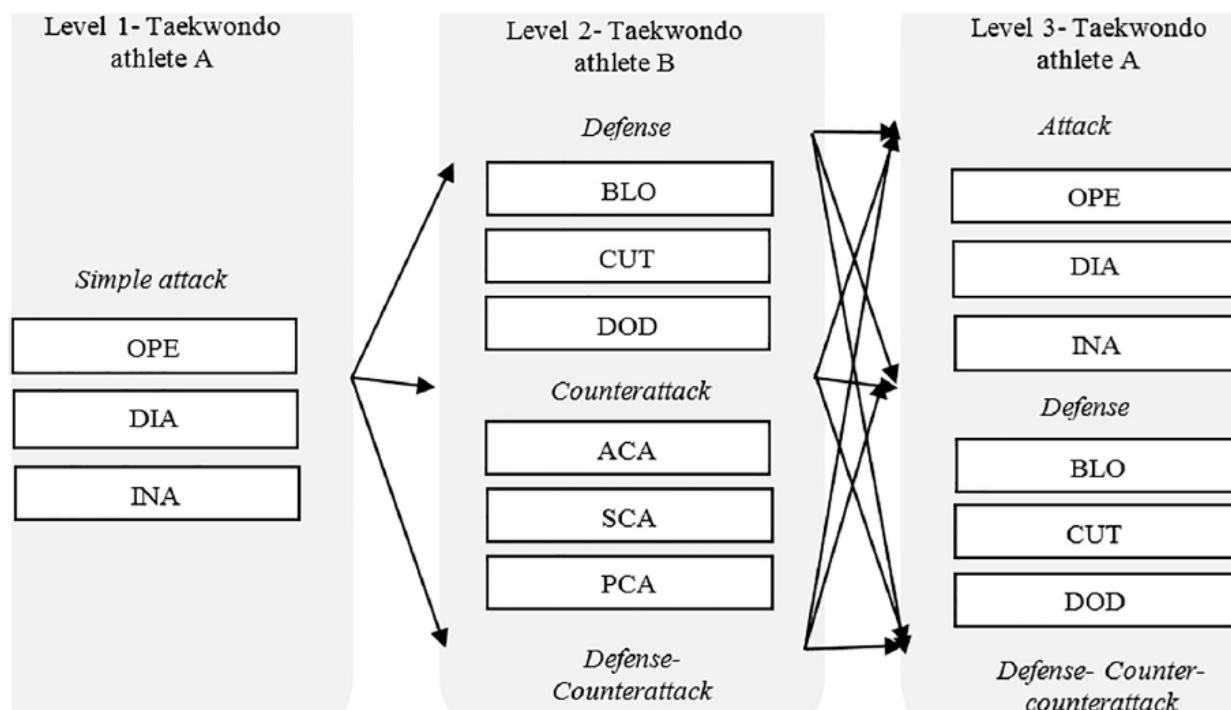


Рисунок 2 – Схема анализа тактико-технических действий в таэквондо [4]

Каждое тактическое действие считалось условным поведением. Модель Маркова и вероятности переходов были исследованы с использованием статистики хи-квадрат Пирсона и G-теста для сравнения наблюдаемых и ожидаемых частот переходов. Для каждой возможной пары событий (фокального и условного поведения) были вычислены Z-значения, с тем, чтобы выявить переходные вероятности, которые были значительно выше и ниже ожидаемой вероятности. Затем для определения значимых взаимосвязей между поведением рассматривался коэффициент  $Z > 1,96$  при уровне альфа 0,05. Статистический анализ проводился с помощью программного пакета SDIS-GSEQ v.5.1. (преимуществом данного программного продукта является возможность оценить частоты использования элементов тактики, решая одну из проблем Марковских моделей).

Спортсмены-мужчины выполнили в общей сложности 11 474 действия, которые были разделены на 1460 открытий, 2281 прямых атак, 1711 не прямых атак, 269 упреждающих контратак, 1647 одновременных контратак, 935 пост-контратак, 537 блоков, 723 ударов и 1911 уклонений.

Женщины выполнили 12 980 действий: 1704 открытия, 2752 прямых атак, 1316 не прямых атак, 182 упреждающих контратак, 2422 одновременных контратак, 649 пост-контратак, 834 блоков, 692 ударов и 2429 уклонений. Для каждого из действий были вычислены Z-значения.

В общей сложности были выявлены 32 модели для участников-мужчин, которые объясняют 9 405 последовательностей действий, и 30 шаблонов для спортсменок-женщин, которые объясняли 10 520 последовательностей. Тактические модели для мужчин и женщин-спортсменов, основанные на Марковских процессах, представлены на рисунках 3–5 в отношении атакующих (как атак, так и контратак) и защитных действий соответственно.

Приведем расшифровку принятой в таэквондо международной классификации технико-тактических действий: OPE – открытие (движение для контроля дистанции); DOD – уклон; DIA – прямая атака; INA – не прямая атака; BLO – блок; CUT – защитное движение вперед (удар); SCA – одновременная контратака; ACA – упреждающая контратака; PCA – пост-контратака.

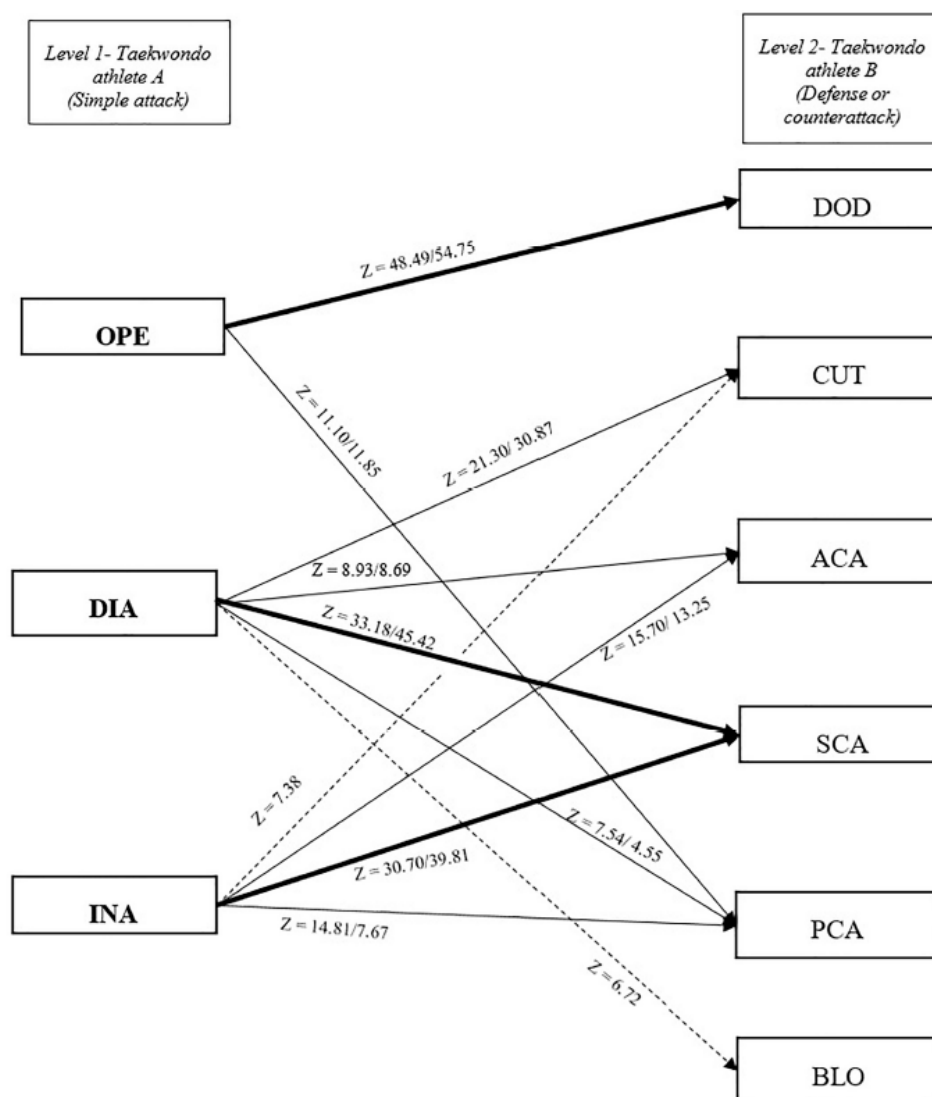


Рисунок 3 – Тактическая модель таэквондо (уровень 1–2 – простая атака) со статистически значимыми показателями Z для каждой пары тактических действий (z-значения (скорректированные остатки) указывают на мужское / женское значение, выделенная стрелка указывает на значительную взаимосвязь между тактическими действиями обоих полов)

Как видно на рисунке 3, за OPE, как правило, следовали PCA и DOD для обоих полов. За DIA следовали ACA, SCA, PCA и CUT у обоих полов и BLO у мужчин. За INA следовали ACA, SCA и PCA у обоих полов и CUT у мужчин.

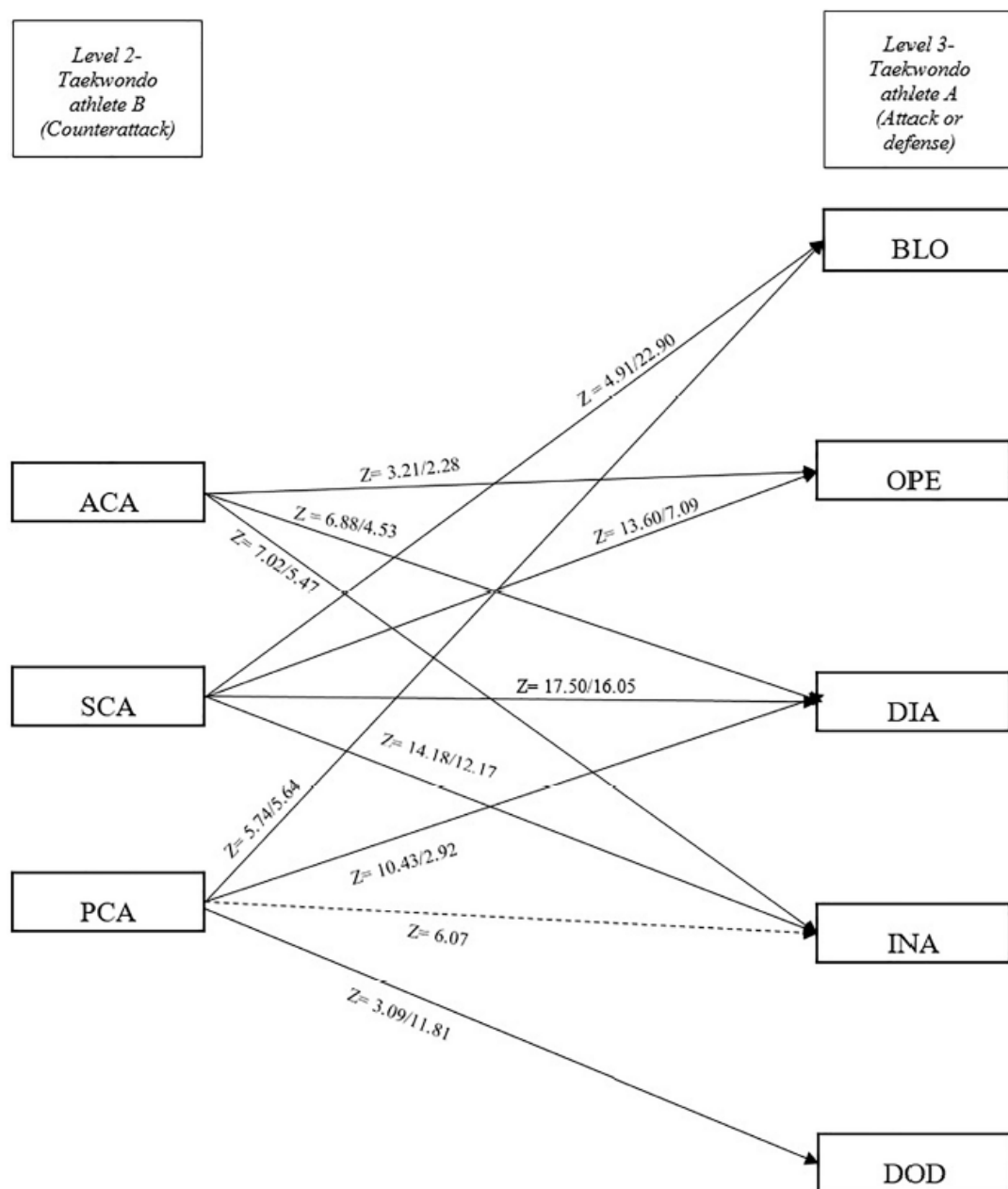


Рисунок 4 – Тактическая модель таэквондо (уровень 2–3 – контратака) со статистически значимыми показателями Z для каждой пары тактических действий

Что касается уровня 2 тактической модели (спортсмен-таэквондист В), за ACA следовали OPE, DIA и INA для обоих полов и BLO для женщин (уровень 3, действия, выполняемые спортсменом-таэквондистом А). За SCA следовали OPE, DIA, INA и BLO у обоих полов. За PCA следовали DIA, BLO и DOD у обоих полов и INA у мужчин (рисунок 4).

За BLO, DOD и CUT следовали OPE, DIA и INA у обоих полов, за BLO также следовали PCA у мужчин, в то время как CUT также сопровождался PCA у женщин (рисунок 5).



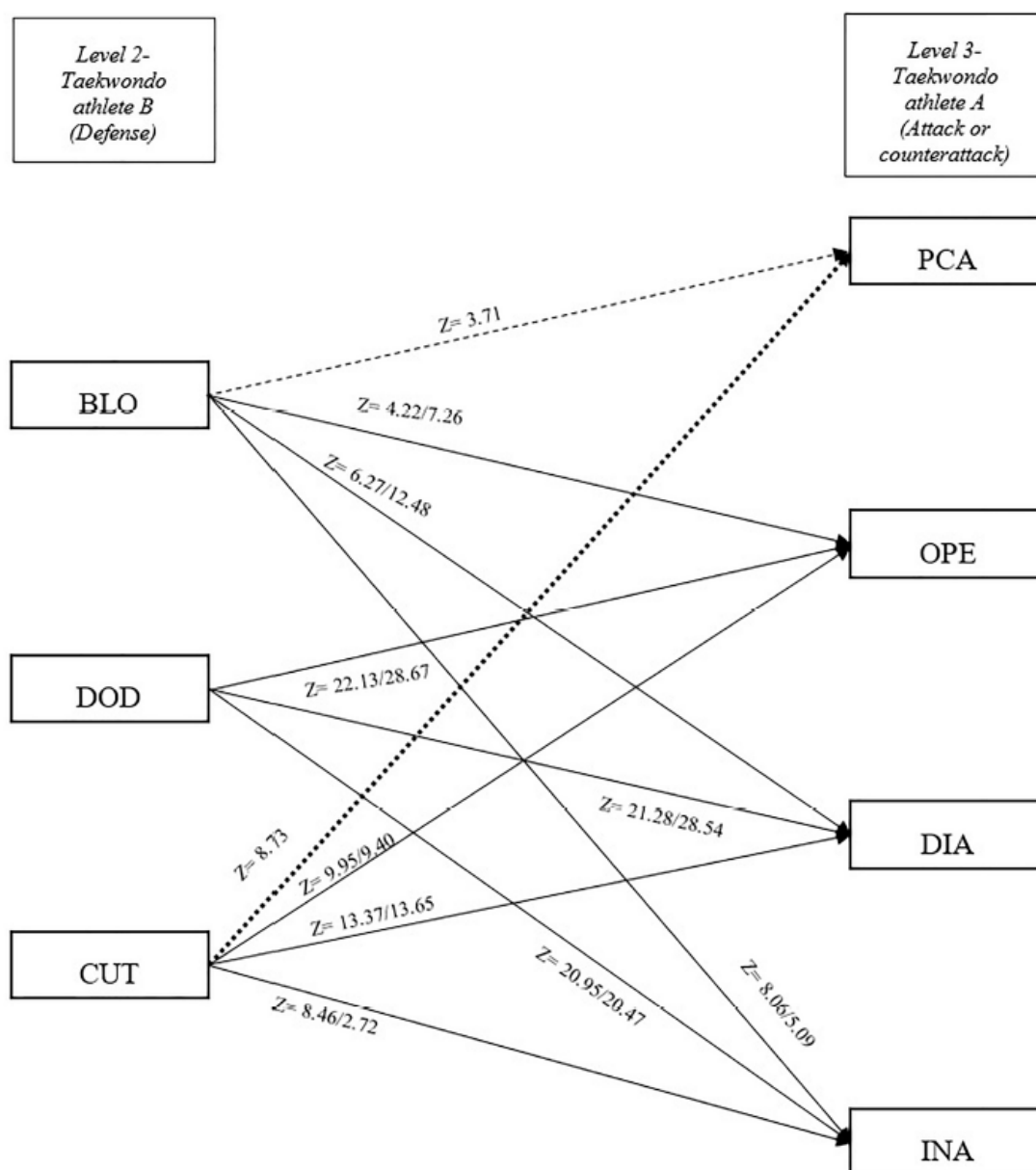


Рисунок 5. – Тактическая модель таэквондо (уровень 2–3 – защита) со статистически значимыми показателями Z для каждой пары тактических действий

На сегодняшний день это первое исследование, в котором анализировались тактические модели поведения спортсменов-таэквондистов на основе анализа Марковских процессов для оценки тактико-технических паттернов, используемых спортсменами на соревнованиях высшего международного уровня.

Результаты обработки данных выявили 32 тактических паттерна для спортсменов-мужчин (которые объясняют 9 405 последовательностей действий) и 30 шаблонов для спортсменов-женщин (которые объясняют 10 520 последовательностей). Спортсмены-мужчины продемонстрировали 11 последовательностей, инициированных атакой, 11 – контратакой и 10 – защитой. Спортсменки продемонстрировали 9 последовательностей, инициированных атакой, 11 – контратакой и 10 – защитой.

В общем, наблюдались два наиболее часто реализуемых паттерна (основанные на Z-значениях и частоте наблюдения): открытие, за которым следовало уклонение, а также прямая атака, за которой следовала атака и одновременная контратака.

Таэквондо – вид спорта, который за годы претерпел множество нормативных изменений, и, как следствие этого динамизма, в том числе включения электронных средств защиты груди, открывающее действие (ОРЕ), стало одним из самых популярных тактических действий.

Результаты также показали большое разнообразие моделей, но в то же время очень специфический и хорошо структурированный способ ведения соревновательного боя. Пять наиболее часто используемых паттернов были аналогичными как для мужчин, так и для женщин, за исключением того, что частоты первого и второго паттернов менялись в зависимости от пола.

Пятью наиболее популярными последовательностями у мужчин были следующие: (а) открытие с уклонением, (б) прямая атака и одновременная контратака, (в) уклонение с прямой атакой, (г) непрямая атака с одновременной контратакой и (е) одновременная контратака с прямой атакой.

Пять наиболее популярных последовательностей у женщин: (а) прямая атака и одновременная контратака, (б) открытие и уклонение, (в) уклонение и прямая атака, (г) непрямая атака и одновременная контратака, и (д) одновременная контратака и прямая атака.

Из выявленных закономерностей можно сделать множество выводов, в том числе методического характера. Так, при планировании тренировочного процесса следует принимать во внимание как модели, сходные для обоих полов, так и различающиеся по данному признаку. Иными словами, тренировочные занятия должны преследовать двойную цель: тренировать общие шаблоны, а также тренировать спортсменов-мужчин и женщин отдельно, в соответствии с различными паттернами, характерными для каждого из полов и в соответствии с целями (атака, контратака или защитные действия). Кроме того, тренеры должны сосредоточиться на обеспечении непрерывности последовательностей действий, контратакуя и блокируя действия нападающего, в дополнение к сосредоточению внимания на способах нарушения ритма боя (например, посредством встречного удара или блокирования). Более подробную информацию о выявленных технико-тактических паттернах в таэквондо можно получить непосредственно из материалов исследования Менескарди с соавторами [0].

Таким образом, Марковские процессы, предоставляя тренерам и исследователям актуальную информацию не только о частоте выполнения определенных действий, как в большинстве традиционных исследований по спортивным единоборствам, но также информацию о порядке, в котором эти действия (паттерны действий) выполнялись во время реальных соревнований, представляют собой перспективный аналитический инструмент, применение которого может существенно расширить не только возможности по совершенствованию тактико-технической подготовки спортсменов, но также открыть новые горизонты для исследователей в данной области.

## Источники

1. Analysis of diachronic relationships in successful and unsuccessful behaviors by world fencing champions using three complementary techniques / R. Tarragó [et al.] // *Anal. Psicol.* – 2017. – Vol. 33. – P. 471–485.
2. Barnett, T. Revising new Australian rules football scoring systems / T. Barnett, G. H. Pollard // *J. Quant. Anal. Sports.* – 2011. – № 7. – P. 23–29.
3. Development and validation of a time-motion judo combat model based on the markovian processes / B. Miarka [et al.] // *Int. J. Perform. Anal. Sport.* – 2015. – Vol. 15. – P. 315 – 331.
4. Development of a Taekwondo Combat Model Based on Markov Analysis / C. Menescardi [et al.] // *Frontiers in psychology.* – 2019. – Vol. 10. – P. 1–12.
5. Generalizability theory applied to olympic taekwondo combats / C. Menescardi [et al.] // *Euro. J. Hum. Mov.* – 2017. – № 39. – P. 65–81.
6. Goldner, K. A. Markov model of football: using stochastic processes to model a football drive / K. A. Goldner // *J. Quant. Anal. Sports.* – 2012. – № 8. – P. 1–18.
7. González-Prado, C. Detección de regularidades en taekwondo de alto nivel [Regularities detection in high level of taekwondo] / C. González-Prado, X. Iglesias, M. T. Anguera // *Cuad. Psico. Dep.* – 2015. – № 15. – P. 99–110.
8. HOISAN 1.2: programa informático para uso en metodología observacional [IT program for use in methodology observacional] / A. Hernández-Mendo [et al.] // *Cuad. Psicol. Dep.* – 2012. – № 12. – P. 55–78.
9. McGarry, T. A competition squash match-play / T. McGarry, I. M. Franks // *J. Sports Sci.* – 1994. – № 12. – P. 573–584.
10. Цепи Маркова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://statistica.ru/theory/tsepi-markova/>. – Дата доступа: 03.12.2021.

|| **Быков Д.Ю.**, ведущий специалист информационно-аналитического отдела БГУФК

Отслеживать удары руками или ногами в контактных видах спортивных единоборств возможно с помощью носимых инерциальных измерительных модулей (далее – НИИМ). Кроме того, можно с уверенностью говорить о том, что в данной области с помощью коммерчески доступных продуктов уже проведено достаточно большое количество исследований, в том числе прикладного характера. В данной работе мы очень кратко их рассмотрим, а также подчеркнем одно из весьма интересных направлений исследовательской деятельности, которое требует дальнейшего как можно более детального изучения.

Неуклонное развитие технологической составляющей привело к тесной и повсеместной интеграции НИИМ в спортивную среду. В частности, они могут использоваться для оценки спортивной результативности и предоставления обратной связи в режиме реального времени, что делает данные устройства идеальными с точки зрения анализа эффективности деятельности спортсменов как на тренировках, так и на соревнованиях. Здесь к настоящему моменту было проведено более 350 исследований и их количество постоянно увеличивается, о чем свидетельствует работа М.Т.О. Worsey (2019) [1]. Это может быть связано с тем, что сейчас НИИМ недороги и значительно более доступны для тренеров и спортсменов [2].

География исследований с помощью НИИМ весьма разнообразна. Так, научная работа ведется в Австралии, Англии, Италии, США, Германии, Канаде и др. Тем не менее большая часть опубликованных исследований была проведена в Австралии и США [1].

Основной фокус исследователей был направлен на изучение качества ударных действий (около 44 % статей). Это связано, в первую очередь, с тем, что наиболее изученный вид спортивных единоборств – бокс, относительно прост с точки зрения многообразия и сложности технических действий. В свою очередь, очень интересно обладать инструментами, которые способны не только осуществлять количественную оценку, но и отслеживать качество ударных действий на протяжении всей тренировки в процессе наступающего утомления. Исследователи используют различные методы количественной оценки эффективности ударов. В 100 % статей она оценивалась с помощью следующих параметров: ускорение, скорость и сила. В то же время в 25 % из них также оценивалась и точность. Так, в любительском боксе было установлено, что она крайне важна и победители в раунде не обязательно наносят большее количество ударов. Вместо этого они демонстрируют их большую точность. Еще в ряде работ исследовалась продолжительность ударного воздействия, которое можно описать с помощью уравнения импульса силы [1]. Поскольку сила и время обратно пропорциональны, то способность спортсмена увеличивать продолжительность ударного воздействия крайне важна.

Поскольку обеспечение безопасности спортсменов на соревнованиях имеет первостепенное значение, в 28 % исследований с помощью НИИМ оценивалось воздействие ударных нагрузок на голову. В ряде работ изучалась эффективность использования инструментов для защиты головы (шлемы) и рта (каппы). Предполагалось, что крайне важно обеспечить обратную связь в режиме реального времени для официальных лиц и медицинского персонала, что потенциально позволит им принимать более обоснованные решения, касающиеся здоровья атлетов. Отмечалось также, что удары в голову с левой или правой стороны демонстрировали значительное большее пиковое ускорение головы по сравнению с ударами в переднюю часть. Кроме того, с точки зрения оценки влияния средств индивидуальной защиты на удары в голову исследователями установлено, что ношение защитных перчаток не приводит к значительному снижению пиковых ускорений головы, а защитная обувь и вовсе увеличивает их. Тем не менее отмечается, что существует разница в стиле ударов ногами с защитной обувью и без нее [1].

В последнее время весьма актуальна тема, связанная с автоматическим выставлением оценок, особенно в боксе. Спортсмены набирают баллы с помощью нанесения успешных ударов в заданные зоны. Примечательно, что такой подход может еще больше повысить их безопасность. Кроме того, автоматизированную систему подсчета очков следует крайне серьезно рассматривать в качестве решения существующих связанных с этим проблем на соревнованиях любительского уровня. Исходя из количества исследований, посвященных изучению механических реакций головы человека на ударные воздействия в спортивных единоборствах, очевидно, что безопасность атлетов действительно крайне важна. Внедрение подобных инструментов с огромной долей вероятности позволит снизить риск получения спортсменами травм. Используя их в сочетании с системой, которая определит степень тяжести ударов в голову, поединки можно будет завершать задолго до получения серьезных травм [1]. Для спортивных единоборств, которые состоят также из схваток, алгоритмы инерционного обнаружения падений также могут использоваться для установления успешных бросков и соответствующего присуждения очков.

Автоматизация подсчета очков в сочетании с такого же рода классификацией нанесенных ударов в еще большей степени оправдала бы переход от традиционного ручного подхода к автоматическому. В таком случае исследователи прибегают к использованию методов машинного обучения. При этом они также используют системы «захвата» движений, как правило, состоящие из большого количества НИИМ, для создания шаблонов различных технических приемов. Спортсмен выполняет какое-либо действие, которое «захватывается» и сравнивается с заранее созданными шаблонами, а затем автоматически классифицируется. Так, например, в каратэ данный метод наиболее эффективно работал с действиями, ограниченными временным диапазоном их исполнения в пределах 2–4 с. Уровень распознавания составлял 94,2 %, что является очень хорошим результатом для этого вида спорта, поскольку его технические приемы действительно очень сложны [1].

В ряде исследований также изучалась физическая форма спортсменов-единоборцев. При этом оценивалась выносливость, мощность движений и ловкость. Выносливость количественно определялась с помощью метаболических эквивалентов, интенсивностей переносимых нагрузок, а также уровня снижения работоспособности, вызванного утомлением. При этом использовались акселерометры, позволяющие зафиксировать различия в интенсивности тренировок в различных видах спортивных единоборств. Примечательно, что в этом направлении существенных различий установлено не было [1].

Довольно распространенный случай использования НИИМ – определение уровня утомления во время интенсивных тренировок. Так, например, в одном из исследований профессиональным боксерам предлагалось как можно быстрее наносить удары по груше на протяжении одиннадцати подходов (5 с – работа, 5 с – отдых). Модули были прикреплены к запястьям атлетов. Авторы обнаружили, что среднее ускорение удара уменьшалось с каждым подходом. В свою очередь, время между ударами увеличивалось, тем самым свидетельствуя об утомлении. Тем не менее примечательно, что точность ударов оставалась на одном уровне [1].

Широкое применение НИИМ находят и в оценке мощности движений как нижних, так и верхних конечностей. Во многих исследовательских работах в качестве тестового упражнения используется вертикальный прыжок с контрдвижением – общепринят в качестве меры взрывной силы нижних конечностей. Так, например, в таэквондо установлена значимая положительная корреляционная зависимость между ударами с разворота и результатами выполнения упражнения, представленного выше [1]. Тем не менее использование лишь данного теста не позволяет судить об эффективности этого действия.

Одним из довольно перспективных и наименее изученных к настоящему времени направлений в спортивных единоборствах является мониторинг физических нагрузок с целью предотвращения получения спортсменами травм. Мы упоминали, что в ряде статей отслеживалось воздействие ударных нагрузок, в частности, в голову. Это, безусловно, важно. С другой стороны, зачастую травмы возникают из-за перетренированности. Мы убеждены, что отслеживание утомления можно использовать в качестве одного из факторов, предупреждающих и спортсменов, и тренеров о необходимости внесения изменений в тренировочный план до того, как начнутся проблемы и придется полностью прекратить занятия.

Таким образом, НИИМ могут использоваться в качестве полноценного инструмента оценки спортивной результативности в спортивных единоборствах. Они весьма успешно находят применение в рамках регистрации показателей эффективности, связанных с качеством и классификацией ударных действий, автоматическим подсчётом очков, выносливостью, мощностью движений и др. Тем не менее в подавляющем большинстве случаев работа проводится в контролируемых лабораторных и тренировочных условиях. В связи с этим в будущем целесообразно смещать фокус в сторону исследований, в которых моделируются как можно более реальные соревновательные ситуации.



## Источники

1. Inertial sensors for performance analysis in combat sports: A systematic review / M. T. O. Worsey [et al.] // Sports. – 2019. – Т. 7. – №. 1. – С. 28.
2. Trends supporting the in-field use of wearable inertial sensors for sport performance evaluation: A systematic review / V. Camomilla [et al.] // Sensors. – 2018. – Т. 18. – №. 3. – С. 873.

MinJoon, J. Analysis of injuries in taekwondo athletes / J. MinJoon // Journal of Physical Therapy Science. – 2018. – № 28. – P. 231–234.

Перевод: **Л.И. Кипчакбаева**, ведущий специалист информационно-аналитического отдела.

Научная редакция: **М. Е Агафонова**, начальник информационно-аналитического отдела БГУФК, доцент кафедры спортивной медицины БГУФК, кандидат биологических наук.

### Резюме

Настоящее исследование направлено на предоставление фундаментальной информации о видах и локализации травм, которые получают спортсмены в процессе занятий таэквондо. Собраны данные о 512 спортсменах-таэквондистах, полученные методом анкетного опроса. По результатам анкетных данных чаще всего во время занятий таэквондо повреждались стопа, колено, лодыжка, бедро и голова, а основными диагностированными травмами были ушибы различной степени тяжести, разрывы и растяжения связок суставов. Для продолжительных занятий таэквондо необходимо снизить вероятность получения травм нижних конечностей. Помимо нижних конечностей, повреждения других частей тела, включая голову и шею, могут быть важными факторами, ограничивающими занятие этим видом спорта. Поэтому решение проблем травматизма – важное условие для успешных и продолжительных занятий таэквондо.

**Ключевые слова:** таэквондо; локализация повреждения; вид повреждения.

### Введение

Таэквондо – традиционное корейское боевое искусство, которое в настоящее время развито в более чем 206 странах мира [1] и для которого характерны высокие требования к уровню интеллектуального и физического развития [2]. Благодаря разнообразной ударной и эффективной атакующей технике [3], таэквондо как вид спорта получил широкое распространение во всем мире и в 2000 году был включен в официальную программу летних Олимпийских игр, проходивших в Сиднее [4]. Боевое искусство таэквондо характеризуется динамической техникой исполнения ударов, блоков и прыжков, для эффективного выполнения которых требуются ловкость, скорость, гибкость и выносливость [5]. Что касается воздействия таэквондо на физическое состояние занимающихся, то занятия этим видом спорта гарантируют крепкое здоровье и ясный ум. Несмотря на очевидную пользу занятий таэквондо для физического здоровья человека в любом возрасте, практика таэквондо может быть причиной различных видов травм, так как включает интенсивные спарринги с полным контактом. Активное занятие этим спортом признано позитивным явлением, при этом участие в любом виде спорта всегда подразумевает вероят-

ность получения травмы [5, 6]. Существуют данные о нескольких видах техник, применяемых в таэквондо, способных привести к случайным (непреднамеренным) травмам вследствие контактных действий [7]. Принимая во внимание основные особенности боевых искусств, любое столкновение или травма в таэквондо считаются естественным явлением. Из-за высоких физических требований, предъявляемых к спортсмену-таэквондисту, особое внимание необходимо уделять риску получения травмы во время проведения полноконтактных спаррингов [8]. Согласно ранее проведенным исследованиям, некоторые риски получения травмы во время занятий боевыми искусствами представляются как необязательные и предотвратимые [9], а вероятность их получения при занятиях таэквондо связывают с наличием серьезных проблем со здоровьем, характерных для населения западных стран [10]. При этом некоторые виды травм, полученные во время соревнований, могут негативно повлиять на желание занимающегося таэквондо продлить срок своего участия в спорте. Таким образом, профилактика травм в этом виде спорта считается важной проблемой и должна рассматриваться в качестве ключевого фактора, способствующего улучшению условий для проведения тренировок и соревнований. Детальное изучение видов и локализации травм, полученных в результате занятий таэквондо, имеет важное значение для принятия решения о лечении и предотвращении неоправданных травм у спортсменов. Кроме того, несмотря на наличие хорошо документированной эпидемиологии травм в таэквондо во всем мире [11], в Корее проведено мало систематических исследований с долгосрочной перспективой. Для овладения различными методами удара и спарринга в таэквондо требуется достаточно продолжительное время, поэтому данное исследование направлено на предоставление фундаментальной информации о травмах путем изучения видов травм в таэквондо и определение их локализации.

## **Объект и методы исследования**

В исследовании приняли участие 535 спортсменов-таэквондистов. Опрос проводился с марта по сентябрь 2014 года. Для сбора данных применялись анкетные формы, которые распространялись среди спортсменов, регулярно практикующих таэквондо. Все участники предоставили письменное согласие на сбор данных. Участникам исследования четко пояснили цель сбора данных и заверили, что все ответы на вопросы анкеты будут носить исключительно конфиденциальный характер. В исследование были включены спортсмены, которые обращались в медицинское учреждение более трех раз и у которых были диагностированы травмы только в результате занятий таэквондо. Анкета включала такие вопросы, как возраст, пол, продолжительность занятий, диагноз и локализация травм. Продолжительность занятий классифицировалась следующим образом: 1) менее 1 года с начала тренировок, 2) от 1 до 3 лет и 3) более 3 лет. Для классификации диагноза травмы и локализации применялись критерии, которые Kazemi et al. применяли в 2009 году [12]. В соответствии с этими критериями диагностика травм классифицировалась как

ушибы, растяжения и разрывы связок суставов, переломы, дисфункция суставов и сотрясение головного мозга, а локализация травм распределялась следующим образом: голова, стопа, бедро, колено, лодыжка, туловище, запястье, предплечье и другие части тела. После завершения опроса все анкеты были собраны и тщательно изучены с целью исключения неправильно заполненных форм. После исключения 23 не заслуживающих доверия форм, 512 анкет были подтверждены в качестве исходных источников данных. Для анализа данных использовалась программа для обработки статистических данных SPSS (версия 15.0). Для анализа демографической статистики участников применялся частотный анализ. Кроме того, используя метод множественного ответа, были изучены данные о текущем состоянии и видах травм, полученных в процессе занятий таэквондо. Характеристики участников представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики участников (n=512)

Категория		Частота	%
Возраст (лет)	10–19	351	69
	20–29	114	22
	≥30	47	9
Пол	Мужской	277	54
	Женский	235	46
Продолжительность занятий (лет)	<1	135	26
	1–3	308	60
	>3	69	14

## Результаты

Из 512 участников 277 мужчин и 235 женщин имели травмы, зарегистрированные с использованием бинарного метода множественного ответа (binary multiple response method). Среди участников исследования были зафиксированы следующие пять наиболее частых локализаций повреждений в порядке убывания частоты: стопа (n=93), колено (n=86), лодыжка (n=80), бедро (n=64) и голова (n=61). Также сообщалось о других менее распространенных местах повреждений, таких как нога (n=48), пальцы ног (n=31) и спина (n=25). При изучении поставленных диагнозов установлено, что пятью основными травмами были ушибы (n=319), разрывы связок суставов (n=89), растяжения связок суставов (n=75), переломы (n=51) и сотрясение головного мозга (n=50). Кроме того, сообщалось о нескольких случаях дисфункции суставов (n=47) и ран (n=11). Локализация повреждений и диагнозы представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2. – Локализация травм

Локация	Частота	%
Стопа	93	16
Колено	86	14,8
Лодыжка	80	13,8

Локация	Частота	%
Бедро	64	11,1
Голова	61	10,5
Нога (от стопы до таза)	48	8,3
Пальцы ног	31	5,3
Спина	25	4,3
Кисть руки	18	3,1
Палец руки	15	2,6
Плечо	10	1,7
Рука (от кисти до плеча)	9	1,6
Шея	9	1,6
Туловище	8	1,4
Тазобедренный сустав	7	1,2
Локоть	6	1
Запястье	6	1
Предплечье	4	0,7
Общее количество	580	100,0

Таблица 3. – Виды травм

Диагноз	Частота	%
Ушиб	319	48,4
Разрыв связок суставов	89	13,5
Растяжение связок суставов	75	11,4
Переломы	51	7,7
Сотрясение головного мозга	50	7,6
Дисфункция сустава	47	7,1
Рана	11	1,7
Вывих, смещение	8	1,2
Носовое кровотечение	5	0,8
Другие	4	0,6
Общее количество	659	100,0

## Обсуждение

Цель данного исследования – предоставление рекомендаций по эффективной реабилитации травм, полученных в результате занятий таэквондо, на основании изучения текущего статуса и вида травмы. Анализ локализации травм показал, что подавляющее большинство спортсменов-таэквондистов имели травмы стопы. Термин «таэквондо» определяется как боевое искусство, которое предполагает применение ударов как ногами, так и руками. Победа на соревнованиях присуждается на основании полученных более высоких очков от судей и за выполнение конкретных приемов, включая удары ногами и руками [13] во время спаррингов и отработки техники исполнения приемов.

Предпочтение отдается приемам с использованием ног. Во время соревновательных выступлений техника ударов ногами является более мощной и эффективной для начисления очков, чем удары руками. Для эффективного набора очков на соревнованиях большинство приемов, используемых в таэквондо, зависят от техники ударов ногами. В предыдущих исследованиях сообщалось, что подавляющее большинство травм у спортсменов-тхэквондистов касалось нижних конечностей из-за обмена точными и мощными ударами ногой с разворота [14, 15]. Кроме того, выполняя удары ногами во время соревнований, тхэквондисты часто обмениваются ударами одновременно, что приводит к травмам нижних конечностей. У спортсменов, часто использующих удары ногами для получения высоких баллов, частота травм нижних конечностей может быть выше. Поэтому необходимо сокращать возможность травмирования нижних конечностей, что способствует более продолжительным занятиям таэквондо. Проведенные исследования также показали распространенность травм головы и шеи во время занятий таэквондо [16]. Следовательно, эта проблема также требует решения. В настоящем исследовании основными диагнозами были ушибы, разрывы и растяжения связок суставов. Тренировочная программа в таэквондо может проводиться по трем направлениям:

- 1) *roomsae* (фристайл-пхумсэ) – техника исполнения комбинации приемов защиты и нападения при имитации боя с несколькими противниками;
- 2) *sparring* (спарринг) – бой, поединок;
- 3) *breaking* (брейкинг) – силовое разбивание предметов.

Спортсмены, участвующие в спарринге или брейкинге, как правило, получают указанные виды травм. Спарринг выполняется при агрессивном и быстром контакте с партнером, поэтому распространены ушибы (контузии, закрытые травмы) и растяжения связок суставов. При брейкинге, вследствие контакта с предметом, наиболее вероятными травмами являются ушибы (контузии, закрытые травмы) и разрывы связок суставов.

Ранее проведенные исследования показывают, что независимо от уровня подготовки в таэквондо почти все участники получали ушибы (закрытые травмы) и разрывы связок суставов [12]. В целом эти виды травм являются ожидаемыми, так как боевые искусства, такие как таэквондо, связаны с чрезвычайно интенсивным телесным контактом. Если игнорировать эти виды травм, они могут представлять угрозу для продолжительности занятий таэквондо, поскольку регулярная и продолжительная активность способны негативно повлиять на последствия полученной травмы. Для улучшения и предупреждения подобной ситуации необходимо создание систем наблюдения за случаями травматизма с акцентом на таэквондо, а также совершенствование образовательных программ по защите спортсменов, предназначенных для инструкторов таэквондо и тренерских штабов.

В статье использованы 16 источников литературы.  
Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4756010>.