

ПРОФЕССИОНАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Анализ биомеханических характеристик броска в баскетболе и их коррекция в процессе обучения

Ислам Мамед Оглы Джолиев

Старший преподаватель
Уральский государственный аграрный университет
Екатеринбург, Россия
djolievislam@mail.ru
ORCID 0009-0004-1045-9664

Байрамгельды Муджевурович Сапаров

Кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой Физического воспитания и спорта
Уральский государственный аграрный университет
Екатеринбург, Россия
mister.saparov@ya.ru
ORCID 0009-0004-1045-9664

Владимир Анатольевич Обносков

Старший преподаватель
Уральский государственный аграрный университет
Екатеринбург, Россия
obnosov.v@gmail.com
ORCID 0000-0001-5839-1946

Алексей Сергеевич Мишин

Старший преподаватель
Уральский государственный аграрный университет
Екатеринбург, Россия
mishin.aleksei-lex@yandex.ru
ORCID 0009-0008-1256-968X

Леонид Игоревич Смернягин

Преподаватель
Уральский государственный аграрный университет
Екатеринбург, Россия
smerniagin_li@urgau.ru
ORCID 0009-0008-2145-4374

Поступила в редакцию 08.03.2025

Принята 28.04.2025

Опубликована 30.05.2025

УДК 796.062.2:378.147.3

DOI 10.25726/s8100-0652-6189-x

EDN YRMKTG

БАК 5.8.7. Методология и технология профессионального образования (педагогические науки)

OECD 05.03.HE. EDUCATION, SPECIAL

Аннотация

Статья посвящена комплексному анализу биомеханических характеристик баскетбольного броска и методик их коррекции в образовательном процессе. На основе систематизации современных исследований выявлены ключевые кинематические и динамические параметры, определяющие эффективность различных типов бросков. Использован многоуровневый подход к изучению биомеханики, включающий анализ вклада нижних конечностей, корпуса и верхних конечностей в формирование оптимальной траектории мяча. Эмпирическая часть исследования базируется на данных 58 баскетболистов различной квалификации, прошедших комплексное тестирование с применением современных технологий 3D-кинематического анализа. Выявлены значимые корреляции между стабильностью биомеханических показателей и результативностью бросков при различных внешних условиях. Предложена интегративная методика коррекции биомеханических параметров броска, основанная на принципах дифференцированного подхода и учитывающая индивидуальные особенности спортсменов. Экспериментально подтверждена эффективность разработанной методики: участники экспериментальной группы продемонстрировали статистически значимое улучшение стабильности биомеханических характеристик и повышение результативности бросков в условиях соревновательного стресса. Результаты исследования имеют значительную теоретическую и практическую ценность для совершенствования процесса подготовки баскетболистов и могут быть интегрированы в систему образования тренеров по баскетболу.

Ключевые слова

биомеханика баскетбольного броска, кинематический анализ, интегративная методика обучения, дифференцированный подход, визуальное внимание, стабильность двигательного навыка, результативность броска.

Введение

Современный баскетбол характеризуется растущей интенсивностью игровых действий, повышением уровня атлетизма игроков и усложнением тактических схем, что предъявляет повышенные требования к техническому мастерству спортсменов. В этом контексте бросок, как финальное и результирующее действие атаки, приобретает первостепенное значение, непосредственно влияя на исход матчей. Анализ статистических данных турниров высокого уровня демонстрирует устойчивую взаимосвязь между эффективностью реализации бросков и итоговым турнирным положением команд, что подтверждает актуальность глубокого изучения биомеханических основ данного технического элемента (Sabarkara, 2023).

Несмотря на обширный массив исследований, посвященных различным аспектам броска в баскетболе, наблюдается дефицит комплексных работ, интегрирующих современные представления о биомеханике броска с эффективными методиками обучения и коррекции. Разрозненность данных о биомеханических параметрах различных видов бросков и отсутствие консенсуса относительно их оптимальных значений затрудняют разработку научно обоснованных методик совершенствования данного технического элемента. Кроме того, наблюдается противоречие между растущим объемом эмпирических данных о биомеханике броска и недостаточной их имплементацией в образовательном процессе подготовки баскетболистов (Ergulj, 2015).

В последние годы значительный интерес исследователей привлекают вопросы взаимосвязи между биомеханическими параметрами броска и когнитивными процессами, обеспечивающими их реализацию в изменяющихся условиях соревновательной деятельности. Принципиально важной представляется проблема стабильности двигательного навыка в условиях физического и психологического стресса, характерного для соревновательной деятельности. Как отмечают Sabarkara и соавторы (2023), стабильность биомеханических параметров имеет более высокую корреляцию с результативностью, чем их абсолютные значения, особенно в условиях противодействия соперника (Kambic, 2022).

Анализ современной научной литературы позволяет выделить три основных направления исследований биомеханики баскетбольного броска: кинематический анализ движений различных звеньев тела при выполнении броска, изучение параметров траектории мяча, определяющих вероятность его попадания в корзину, и исследование нейромышечных механизмов, обеспечивающих координацию движений при выполнении броска. При этом наблюдается тенденция к интеграции этих направлений с целью формирования целостного представления о биомеханике броска как комплексном двигательном действии (Okazaki, 2015).

Значительное влияние на понимание механизмов формирования точности броска оказали исследования зрительно-моторной координации и визуального внимания. Работы Sirnik и соавторов (2022) продемонстрировали ключевую роль «тихого глаза» (quiet eye) – финальной фиксации взгляда перед выпуском мяча – в обеспечении высокой точности броска. Установлено, что длительность и стабильность этой фиксации имеют высокую корреляцию с результативностью броска как у новичков, так и у профессионалов (Sirnik, 2022).

Однако, несмотря на очевидную практическую значимость этих открытий, их имплементация в методику обучения баскетбольному броску остается фрагментарной и несистематической. Существующие подходы к обучению и коррекции броска часто основываются на эмпирических наблюдениях тренеров, а не на объективных биомеханических данных. Это создает разрыв между теоретическими знаниями и практикой их применения в образовательном процессе, что негативно сказывается на эффективности формирования данного навыка (Franca, 2022).

Интеграция современных технологий анализа движений, таких как 3D-видеоанализ, инерциальные измерительные устройства и системы определения параметров траектории мяча, позволяет получать более детальную и объективную информацию о биомеханике броска. Это создает предпосылки для разработки инновационных методик обучения и коррекции, основанных на принципах обратной связи и дифференцированного подхода, учитывающего индивидуальные особенности спортсменов.

В свете вышеизложенного, целью настоящего исследования является разработка и экспериментальная валидация интегративной методики коррекции биомеханических параметров баскетбольного броска в процессе обучения, основанной на комплексном анализе их взаимосвязи с результативностью. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: выявить ключевые биомеханические параметры, определяющие эффективность различных типов бросков; определить взаимосвязь между стабильностью этих параметров и результативностью в различных условиях; разработать методику коррекции биомеханических параметров броска, основанную на дифференцированном подходе; экспериментально проверить эффективность разработанной методики. Необходимо отметить, что в контексте образовательного процесса особую значимость приобретает проблема переноса двигательных навыков из контролируемых условий тренировки в вариативные условия соревновательной деятельности. Как подчеркивают Kambić и коллеги (2022), биомеханические адаптации, возникающие при выполнении броска в условиях противодействия соперника, могут существенно отличаться от модельных параметров, отрабатываемых в процессе обучения (Caseiro, 2023). Это указывает на необходимость интеграции вариативных условий в методику обучения броску с целью формирования адаптивного и устойчивого двигательного навыка.

Современные исследования в области моторного обучения подчеркивают эффективность концепции дифференцированного подхода, учитывающего индивидуальные кинематические и динамические особенности спортсменов. Согласно данным França и соавторов (2022), индивидуализированные подходы к обучению, основанные на объективном анализе биомеханических параметров, демонстрируют более высокую эффективность в сравнении с универсальными методиками (Struzik, 2014). Это открывает перспективы для разработки персонализированных программ коррекции биомеханики броска, основанных на индивидуальных профилях спортсменов. Интегративный подход к анализу и коррекции биомеханических характеристик баскетбольного броска, предлагаемый в настоящем исследовании, направлен на преодоление указанных противоречий и формирование научно обоснованной методики, сочетающей теоретическую глубину с практической применимостью в

образовательном процессе. Такой подход позволит не только повысить эффективность обучения данному техническому элементу, но и будет способствовать развитию педагогического мастерства тренеров и преподавателей, работающих с баскетболистами различного уровня подготовленности. Результаты данного исследования могут иметь значительный вклад в развитие теории и методики обучения баскетболу, предоставляя новые инструменты для анализа и коррекции технического мастерства спортсменов. Кроме того, разработанные подходы могут быть адаптированы для других видов спорта, где точность движений играет ключевую роль в достижении результата, что расширяет потенциальную сферу применения полученных результатов.

В завершение введения следует отметить, что интеграция биомеханического анализа в образовательный процесс подготовки баскетболистов требует не только технологического и методического обеспечения, но и соответствующей подготовки тренерского состава. Поэтому разработка учебно-методических материалов, доступно объясняющих сложные биомеханические концепции и их практическое применение, является необходимым условием успешной имплементации предлагаемых подходов в широкую практику (Boonsom, 2024).

Таким образом, данное исследование направлено на преодоление разрыва между фундаментальными знаниями в области биомеханики баскетбольного броска и их практическим применением в образовательном процессе, что определяет его высокую теоретическую и практическую значимость для развития данной области.

Материалы и методы исследования

Исследование биомеханических характеристик броска в баскетболе и разработка методики их коррекции было проведено с использованием комплексного методологического подхода, обеспечивающего объективность, достоверность и репрезентативность полученных результатов. Планирование и реализация исследования осуществлялись в период с января 2023 по апрель 2024 года и включали три взаимосвязанных этапа.

На первом этапе (январь – март 2023) был осуществлен глубокий анализ научной литературы, посвященной биомеханике баскетбольного броска, современным методам ее оценки и коррекции. Использовались библиографические базы данных Scopus, Web of Science, PubMed и Cyberleninka для идентификации релевантных исследований за период 2010-2024 годов. Ключевыми критериями отбора публикаций служили: научная обоснованность применяемых методов, репрезентативность выборки, детальность описания биомеханических параметров и их взаимосвязь с результативностью. В результате аналитической работы были систематизированы данные о ключевых биомеханических параметрах различных типов бросков и факторах, влияющих на их стабильность в различных условиях.

Следующим этапом (апрель – ноябрь 2023) стало экспериментальное исследование биомеханических характеристик броска у баскетболистов различного уровня подготовленности. В исследовании приняли участие 58 баскетболистов мужского пола в возрасте от 18 до 28 лет (средний возраст $22,4 \pm 3,2$ года), которые были разделены на три группы в соответствии с уровнем их спортивной квалификации: группа А – профессиональные игроки ($n=16$, играющие в национальном чемпионате), группа Б – полупрофессионалы ($n=22$, выступающие в региональных соревнованиях), группа В – любители ($n=20$, занимающиеся баскетболом регулярно, но не участвующие в официальных соревнованиях). Все участники были проинформированы о цели и методах исследования и предоставили письменное согласие на участие в соответствии с требованиями этического комитета.

Для регистрации биомеханических параметров броска использовался комплекс аппаратно-программных средств, включающий систему 3D-видеоанализа с девятью высокоскоростными камерами (частота записи 120 Гц), позволяющую фиксировать кинематические характеристики движений различных сегментов тела. Дополнительно применялись платформы для регистрации силовых взаимодействий между спортсменом и опорой (частота дискретизации 1000 Гц) и специализированный баскетбольный мяч с встроенными сенсорами для определения параметров его вращения и траектории. Протокол тестирования включал выполнение трех типов бросков: штрафной бросок, бросок с средней дистанции (4,5-5,5 метров) и трехочковый бросок (6,75 метров). Каждый тип броска выполнялся в трех

различных условиях: стандартные условия без внешних воздействий (С), условия физической нагрузки после стандартизированного протокола утомления (Ф) и условия психологического давления с имитацией соревновательной ситуации (П). В каждом условии участники выполняли по 10 попыток каждого типа броска, всего – 90 бросков. Перерывы между сериями составляли 3-5 минут для минимизации эффекта утомления.

Регистрировались следующие биомеханические параметры: углы в коленном, тазобедренном, плечевом и локтевом суставах в ключевые моменты броска; вертикальная и горизонтальная составляющие реакции опоры; скорость центра масс тела в вертикальном и горизонтальном направлениях; угловые скорости в суставах верхних и нижних конечностей; высота выпуска мяча; угол выпуска мяча; начальная скорость мяча; частота и ось вращения мяча. Дополнительно фиксировался результат каждой попытки (попадание/промах).

Для анализа стабильности биомеханических параметров использовался коэффициент вариации, рассчитываемый как отношение стандартного отклонения к среднему значению, выраженное в процентах. Это позволило количественно оценить степень вариативности каждого параметра в различных условиях выполнения броска.

На третьем этапе (декабрь 2023 – апрель 2024) была разработана и экспериментально апробирована интегративная методика коррекции биомеханических параметров броска. Для оценки ее эффективности из числа участников предыдущего этапа были сформированы две равнозначные группы: экспериментальная (ЭГ, $n=29$) и контрольная (КГ, $n=29$). Группы были сбалансированы по уровню подготовленности, исходным биомеханическим характеристикам и результативности бросков. Экспериментальная группа занималась по разработанной методике, направленной на коррекцию индивидуальных биомеханических параметров броска с использованием принципов дифференцированного подхода и современных технологий обратной связи. Контрольная группа продолжала тренироваться по стандартной методике, включающей традиционные упражнения для совершенствования бросков без индивидуализированной коррекции биомеханических параметров.

Педагогический эксперимент продолжался 12 недель, в течение которых проводились тренировочные занятия по 3 раза в неделю продолжительностью 90 минут. В начале и в конце эксперимента проводилось комплексное тестирование биомеханических параметров и результативности бросков по методике, аналогичной использованной на втором этапе исследования.

Статистическая обработка данных осуществлялась с применением программного пакета SPSS 27.0. Для оценки нормальности распределения данных использовался критерий Шапиро-Уилка. Для сравнения средних значений применялись параметрические (t-критерий Стьюдента) и непараметрические (U-критерий Манна-Уитни) методы в зависимости от характера распределения данных. Корреляционный анализ взаимосвязи биомеханических параметров и результативности проводился с использованием коэффициента корреляции Пирсона (для нормально распределенных данных) или Спирмена (для данных с отклонениями от нормального распределения). Для оценки влияния экспериментальной методики на биомеханические параметры и результативность применялся двухфакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с повторными измерениями. Уровень статистической значимости был установлен на уровне $p<0,05$.

В рамках разработанной интегративной методики коррекции биомеханических параметров броска использовались следующие подходы:

1. Индивидуализированное профилирование биомеханических параметров броска с выявлением ключевых показателей, требующих коррекции для каждого спортсмена.
2. Применение технологий срочной визуальной обратной связи (видеоповтор с наложением идеальной модели движения) для формирования правильного двигательного образа.
3. Использование специально разработанных тренажерных устройств для направленного воздействия на отдельные аспекты биомеханики броска (ограничители движений в суставах, устройства для контроля положения рук при броске и др.).
4. Варьирование условий выполнения бросков для формирования устойчивых двигательных навыков, адаптированных к различным ситуациям соревновательной деятельности.

5. Интеграция методов тренировки визуального внимания с акцентом на формирование стабильного и продолжительного «тихого глаза» перед выпуском мяча.

6. Применение методики «Decision Training» (тренировки принятия решений), направленной на интеграцию технических навыков с тактическим мышлением через моделирование ситуаций игрового взаимодействия.

Сочетание этих подходов в рамках единой методической системы позволило обеспечить комплексное воздействие на все компоненты процесса формирования и коррекции навыка баскетбольного броска: технический (биомеханический), психологический (концентрация внимания, устойчивость к стрессу) и тактический (принятие решений в игровых ситуациях).

Для оценки эффективности разработанной методики использовались следующие критерии: изменение стабильности биомеханических параметров броска (по коэффициенту вариации); динамика результативности в различных условиях выполнения бросков; степень сохранения эффективности в условиях физической нагрузки и психологического давления; субъективная оценка комфортности выполнения броска спортсменами.

Результаты и обсуждение

Результаты проведённого исследования представляют собой комплексные данные о биомеханических характеристиках баскетбольного броска, их взаимосвязи с результативностью и эффективности разработанной методики их коррекции. Полученные данные систематизированы и представлены в соответствии с логикой поставленных задач.

Биомеханические параметры броска у баскетболистов различного уровня подготовленности

Анализ кинематических характеристик броска у представителей различных групп выявил существенные различия в ряде ключевых параметров. В таблице 1 представлены средние значения и стандартные отклонения основных биомеханических параметров штрафного броска у баскетболистов различного уровня подготовленности.

Таблица 1. Кинематические характеристики штрафного броска у баскетболистов различной квалификации

Параметр	Группа А (профессионалы)	Группа Б (полупрофессионалы)	Группа В (любители)	р- значение
Угол в коленном суставе в нижней точке (°)	112,3±7,2	107,8±9,4	102,5±11,6	0,021*
Угол в локтевом суставе при выпуске мяча (°)	167,8±3,5	164,2±5,6	158,7±7,9	0,018*
Высота выпуска мяча (% от роста)	118,6±3,2	115,2±4,1	110,8±5,7	0,013*
Угол выпуска мяча (°)	52,7±2,3	49,3±3,8	45,2±4,9	0,009**
Начальная скорость мяча (м/с)	6,8±0,4	7,2±0,6	7,9±0,8	0,015*
Частота вращения мяча (об/с)	2,6±0,3	2,3±0,5	1,8±0,7	0,023*
Время выполнения броска (с)	0,79±0,08	0,84±0,12	0,92±0,15	0,027*

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$

Как видно из таблицы 1, профессиональные игроки (группа А) демонстрируют значительно более высокие значения угла в коленном суставе в нижней точке, что свидетельствует о меньшей амплитуде сгибания ног при подготовке к броску. Это может быть связано с более эффективным использованием

энергии упругой деформации мышц и сухожилий, позволяющим генерировать необходимое усилие с меньшими энергозатратами. Также отмечается более полное разгибание в локтевом суставе при выпуске мяча, что обеспечивает более стабильную траекторию полета.

Особенно заметные различия наблюдаются в параметрах траектории мяча. Профессиональные игроки выпускают мяч с большей высоты (118,6% от роста против 110,8% у любителей), под более острым углом к горизонту (52,7° против 45,2°) и с меньшей начальной скоростью (6,8 м/с против 7,9 м/с). Это создает более пологую траекторию полета мяча с более высокой точкой апогея, что увеличивает вероятность попадания за счет более оптимального угла входа мяча в корзину. Примечательно, что профессиональные игроки демонстрируют более высокую частоту обратного вращения мяча (2,6 об/с против 1,8 об/с у любителей), что способствует стабилизации его полета и создает более «мягкий» контакт с кольцом при попадании, увеличивая шансы на успешный бросок даже при неточном попадании в центр кольца.

Анализ стабильности биомеханических параметров, оцениваемой по коэффициенту вариации при выполнении серии бросков, также выявил значимые различия между группами (табл. 2).

Таблица 2. Коэффициенты вариации (%) основных биомеханических параметров штрафного броска у баскетболистов различной квалификации

Параметр	Группа А (профессионалы)	Группа Б (полупрофессионалы)	Группа В (любители)	р- значение
Угол в коленном суставе в нижней точке	3,2±0,5	5,7±0,8	8,9±1,2	0,003**
Угол в локтевом суставе при выпуске мяча	1,8±0,3	3,4±0,6	5,7±1,0	0,001**
Высота выпуска мяча	1,3±0,2	2,5±0,4	4,2±0,8	0,002**
Угол выпуска мяча	2,1±0,4	4,3±0,7	7,6±1,1	0,001**
Начальная скорость мяча	2,7±0,5	4,9±0,8	8,2±1,3	0,002**
Частота вращения мяча	3,5±0,6	6,2±1,0	11,3±1,7	0,001**
Время выполнения броска	4,2±0,7	7,3±1,1	12,5±1,9	0,002**

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

Данные таблицы 2 наглядно демонстрируют существенно более высокую стабильность всех биомеханических параметров у профессиональных игроков в сравнении с полупрофессионалами и любителями. Особенно заметны различия в стабильности угла выпуска мяча (2,1% у профессионалов против 7,6% у любителей) и начальной скорости мяча (2,7% против 8,2%), что указывает на высокую степень автоматизации движений у квалифицированных спортсменов.

Корреляционный анализ выявил сильную положительную связь между стабильностью биомеханических параметров и результативностью бросков ($r = 0,83$, $p < 0,001$), причем эта связь была более выражена, чем корреляция между абсолютными значениями параметров и результативностью ($r = 0,58$, $p < 0,05$). Это подтверждает гипотезу о ключевой роли стабильности двигательного навыка в обеспечении высокой результативности бросков.

Влияние различных условий выполнения на биомеханические параметры и результативность бросков

Следующим этапом анализа было исследование изменений биомеханических параметров и результативности бросков в различных условиях выполнения: стандартные условия (С), условия

физической нагрузки (Ф) и условия психологического давления (П). Результаты представлены в таблице 3 для профессиональных игроков (группа А).

Таблица 3. Изменение биомеханических параметров и результативности штрафного броска у профессиональных игроков (группа А) в различных условиях выполнения

Параметр	Стандартные условия (С)	Физическая нагрузка (Ф)	Психологическое давление (П)	р-значение
Угол в коленном суставе в нижней точке (°)	112,3±7,2	108,5±8,1	111,7±7,5	0,146
Коэффициент вариации (%)	3,2±0,5	4,7±0,8	4,1±0,7	0,032*
Угол в локтевом суставе при выпуске мяча (°)	167,8±3,5	165,2±4,2	166,9±3,8	0,128
Коэффициент вариации (%)	1,8±0,3	3,2±0,6	2,5±0,5	0,024*
Высота выпуска мяча (% от роста)	118,6±3,2	117,3±3,6	118,1±3,4	0,318
Коэффициент вариации (%)	1,3±0,2	2,2±0,4	1,8±0,3	0,041*
Угол выпуска мяча (°)	52,7±2,3	50,4±3,1	51,8±2,7	0,075
Коэффициент вариации (%)	2,1±0,4	4,5±0,8	3,2±0,6	0,015*
Начальная скорость мяча (м/с)	6,8±0,4	7,2±0,6	7,0±0,5	0,082
Коэффициент вариации (%)	2,7±0,5	5,3±0,9	3,8±0,7	0,018*
Результативность (%)	87,5±4,2	79,4±5,7	82,1±5,1	0,023*

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

Аналогичные таблицы были составлены для групп Б и В, однако в целях оптимизации объема статьи приводятся только основные тенденции.

Анализ данных таблицы 3 показывает, что у профессиональных игроков абсолютные значения большинства биомеханических параметров не претерпевают статистически значимых изменений в различных условиях выполнения. Однако наблюдается существенное увеличение коэффициентов вариации всех параметров, особенно в условиях физической нагрузки. Это свидетельствует о снижении стабильности двигательного навыка даже у высококвалифицированных спортсменов при воздействии сбивающих факторов. Наиболее выраженные изменения коэффициентов вариации наблюдаются для угла выпуска мяча (увеличение с 2,1% в стандартных условиях до 4,5% в условиях физической нагрузки) и начальной скорости мяча (с 2,7 до 5,3%). Эти изменения сопровождаются значимым снижением результативности с 87,5% в стандартных условиях до 79,4% в условиях физической нагрузки и 82,1% в условиях психологического давления.

У полупрофессионалов (группа Б) и любителей (группа В) наблюдались аналогичные тенденции, но с более выраженными изменениями как абсолютных значений биомеханических параметров, так и их коэффициентов вариации. Так, у любителей коэффициент вариации угла выпуска мяча увеличивался с 7,6% в стандартных условиях до 15,2% в условиях физической нагрузки, а результативность снижалась с 61,2 до 42,8%.

Корреляционный анализ выявил сильную отрицательную связь между степенью увеличения коэффициентов вариации и сохранением результативности в условиях сбивающих факторов ($r = -0,79$, $p < 0,001$). Это подтверждает ключевую роль стабильности биомеханических параметров в обеспечении высокой результативности бросков в различных условиях.

Взаимосвязь между параметрами нижних и верхних конечностей при выполнении броска

Особый интерес представляет исследование взаимосвязи между параметрами движений нижних и верхних конечностей при выполнении броска, поскольку координация этих сегментов имеет решающее значение для эффективного выполнения данного технического элемента. Результаты корреляционного анализа представлены в таблице 4.

Таблица 4. Корреляционные взаимосвязи между параметрами нижних и верхних конечностей при выполнении штрафного броска у профессиональных игроков (группа А)

Параметры	Коэффициент корреляции	р-значение
Угол в коленном суставе в нижней точке – Максимальная вертикальная составляющая реакции опоры	0,42	0,073
Угол в коленном суставе в нижней точке – Вертикальная скорость центра масс при выпуске мяча	0,67	0,012*
Максимальная вертикальная составляющая реакции опоры – Начальная скорость мяча	0,74	0,008**
Вертикальная скорость центра масс при выпуске мяча – Начальная скорость мяча	0,81	0,003**
Максимальная угловая скорость разгибания коленного сустава – Максимальная угловая скорость разгибания локтевого сустава	0,56	0,026*
Время от начала разгибания коленного сустава до начала разгибания локтевого сустава	-0,69	0,011*

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

Анализ данных таблицы 4 выявляет сильные корреляционные взаимосвязи между параметрами нижних и верхних конечностей при выполнении броска. Особенно высокие значения корреляции наблюдаются между вертикальной скоростью центра масс при выпуске мяча и начальной скоростью мяча ($r = 0,81$, $p < 0,01$), что указывает на эффективный перенос кинетической энергии от нижних конечностей к верхним и далее к мячу у профессиональных игроков. Интересным наблюдением является отрицательная корреляция между временем от начала разгибания коленного сустава до начала разгибания локтевого сустава ($r = -0,69$, $p < 0,05$). Это свидетельствует о том, что более короткий временной интервал между началом разгибания ног и рук связан с более высокой результативностью броска, что может объясняться более эффективным использованием кинетической цепи при передаче энергии от нижних конечностей к верхним.

У полупрофессионалов и любителей эти корреляционные взаимосвязи были менее выражены, что указывает на менее согласованную работу различных сегментов тела при выполнении броска. Например, корреляция между вертикальной скоростью центра масс и начальной скоростью мяча составляла 0,61 ($p < 0,05$) у полупрофессионалов и 0,43 ($p > 0,05$) у любителей.

Эффективность интегративной методики коррекции биомеханических параметров броска

Основным результатом третьего этапа исследования стала оценка эффективности разработанной интегративной методики коррекции биомеханических параметров броска. В таблице 5 представлена динамика стабильности основных биомеханических параметров (оцениваемой по коэффициенту вариации) и результативности штрафных бросков в экспериментальной и контрольной группах до и после педагогического эксперимента.

Таблица 5. Динамика стабильности биомеханических параметров (коэффициент вариации, %) и результативности штрафных бросков (%) в экспериментальной и контрольной группах

Параметр	Экспериментальная группа		Контрольная группа		p-значение межгруппового различия
	До	После	До	После	
Угол в коленном суставе в нижней точке	5,9±1,1	3,2±0,6	6,0±1,2	5,3±1,0	0,012*
Угол в локтевом суставе при выпуске мяча	3,7±0,7	1,9±0,4	3,6±0,7	3,1±0,6	0,008**
Высота выпуска мяча	2,8±0,5	1,5±0,3	2,7±0,5	2,3±0,4	0,014*
Угол выпуска мяча	4,6±0,9	2,2±0,4	4,5±0,9	3,8±0,7	0,007**
Начальная скорость мяча	5,3±1,0	2,6±0,5	5,4±1,1	4,6±0,9	0,009**
Результативность в стандартных условиях	72,4±4,6	86,3±3,2	71,8±4,7	75,2±4,1	0,011*
Результативность в условиях физической нагрузки	58,1±5,2	79,5±3,8	57,6±5,3	65,3±4,8	0,003**
Результативность в условиях психологического давления	62,5±4,9	81,7±3,5	63,1±4,8	69,7±4,5	0,006**

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

Как видно из таблицы 5, в экспериментальной группе наблюдалось значительное снижение коэффициентов вариации всех биомеханических параметров, что свидетельствует о повышении стабильности двигательного навыка. Например, коэффициент вариации угла выпуска мяча снизился с 4,6 до 2,2% (на 52,2%), в то время как в контрольной группе снижение составило лишь с 4,5 до 3,8% (на 15,6%). Аналогичные тенденции наблюдались и для других параметров. Повышение стабильности биомеханических параметров сопровождалось значительным ростом результативности бросков во всех условиях выполнения. Особенно заметными были различия в условиях физической нагрузки и психологического давления. Так, в условиях физической нагрузки результативность в экспериментальной группе повысилась с 58,1 до 79,5% (на 36,8%), в то время как в контрольной группе – лишь с 57,6 до 65,3% (на 13,4%).

Аналогичные тенденции наблюдались и для других типов бросков (с средней дистанции и трехочковых), хотя абсолютные значения результативности были ниже. Например, для трехочковых бросков в условиях психологического давления результативность в экспериментальной группе возросла с 39,2% до 57,6% (на 46,9%), в то время как в контрольной группе – с 38,7 до 44,2% (на 14,2%).

Двухфакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с повторными измерениями подтвердил статистическую значимость эффекта взаимодействия факторов «группа» и «время» для всех исследуемых параметров ($p < 0,01$), что свидетельствует о более выраженной положительной динамике в экспериментальной группе по сравнению с контрольной.

Дополнительным показателем эффективности разработанной методики является степень сохранения результативности в условиях сбивающих факторов, которая рассчитывалась как отношение результативности в условиях физической нагрузки или психологического давления к результативности в стандартных условиях. В экспериментальной группе после педагогического эксперимента этот показатель составил 92,1% для условий физической нагрузки и 94,7% для условий психологического давления, в то время как в контрольной группе – 86,8% и 92,7% соответственно. Это указывает на более высокую устойчивость сформированного навыка к воздействию сбивающих факторов у спортсменов экспериментальной группы. Субъективная оценка комфортности выполнения броска, определяемая по 10-балльной шкале, также продемонстрировала более выраженный рост в экспериментальной группе (с 6,3±0,8 до 8,7±0,5 баллов) по сравнению с контрольной группой (с 6,2±0,8 до 7,1±0,7 баллов), что свидетельствует о более успешной интериоризации скорректированного двигательного навыка.

Таким образом, результаты исследования демонстрируют высокую эффективность разработанной интегративной методики коррекции биомеханических параметров броска, выражающуюся в значительном повышении стабильности двигательного навыка и результативности бросков в различных условиях выполнения.

Заключение

Проведенное исследование представляет собой комплексный анализ биомеханических характеристик баскетбольного броска и методики их коррекции в образовательном процессе. Полученные результаты позволяют сформулировать ряд значимых выводов, имеющих как теоретическую, так и практическую ценность.

Во-первых, исследование выявило существенные различия в биомеханических параметрах броска у баскетболистов различного уровня подготовленности. Профессиональные игроки демонстрируют оптимальные значения ключевых параметров, включая углы в суставах, высоту и угол выпуска мяча, начальную скорость и частоту вращения мяча. Особое значение имеет выявленная взаимосвязь между параметрами нижних и верхних конечностей, свидетельствующая о высокоэффективной координации движений у квалифицированных спортсменов, обеспечивающей оптимальный перенос энергии от нижних конечностей к верхним и далее к мячу.

Во-вторых, установлено, что стабильность биомеханических параметров имеет даже более высокую корреляцию с результативностью бросков, чем их абсолютные значения. Это имеет принципиальное значение для понимания механизмов формирования точности броска и разработки методик его совершенствования. Коэффициенты вариации биомеханических параметров могут служить объективными критериями степени освоенности данного технического элемента и использоваться для контроля эффективности тренировочного процесса.

В-третьих, выявлены закономерности изменения биомеханических параметров и результативности бросков в различных условиях выполнения. Установлено, что даже у высококвалифицированных спортсменов в условиях физической нагрузки и психологического давления наблюдается существенное снижение стабильности параметров и результативности. При этом степень этих изменений имеет обратную корреляцию с уровнем спортивного мастерства, что подчеркивает важность формирования устойчивых двигательных навыков, сохраняющих эффективность в условиях сбивающих факторов.

В-четвертых, разработанная интегративная методика коррекции биомеханических параметров броска, основанная на принципах дифференцированного подхода и сочетающая индивидуализированное профилирование, срочную визуальную обратную связь, специальные тренажерные устройства, варьирование условий выполнения и тренировку визуального внимания, продемонстрировала высокую эффективность. Спортсмены экспериментальной группы, занимавшиеся по данной методике, продемонстрировали значительное повышение стабильности биомеханических параметров и результативности бросков во всех условиях выполнения, существенно превосходящее динамику в контрольной группе.

Список литературы

1. Amirnordin S.H., Goh Hui Khi M., Ngali Z., Afdzaruddin S.M. Biomechanics analysis of basketball shooting via openpose motion capture system // Journal of advanced research in applied mechanics. 2023. Vol. 103(2). pp. 55-67.
2. Boonsom N., Bungmark W. Enhancing basketball jump shot performance and dynamic balance in male basketball players through balance shooting training // Journal of physical education and sport. 2024. Vol. 24(1). pp. 187-195.
3. Cabarkapa D., Cabarkapa D.V., Miller J.D., Templin T.T., Frazer L.L., Nicolella D.P., Fry A.C. Biomechanical characteristics of proficient free-throw shooters – markerless motion capture analysis // Frontiers in sports and active living. 2023. Vol. 5.

4. Cabarkapa D., Fry A.C., Cabarkapa D.V., Myers C.A., Jones G.T., Deane M.A. Kinetic and kinematic characteristics of proficient and non-proficient 2-point and 3-point basketball shooters // *Sports*. 2022. Vol. 10(1). P. 2.
5. Caseiro A., França C., Faro A., Gomes B.B. Kinematic analysis of the basketball jump shot with increasing shooting distance: comparison between experienced and non-experienced players // *Acta of bioengineering and biomechanics*. 2023. Vol. 25(2). pp. 61-67.
6. Erculj F., Strumbelj E. Basketball shot types and shot success in different levels of Competitive basketball // *PLOS ONE*. 2015. Vol. 10(6).
7. Franca C., Gouveia E.R., Silva M.J.C.E., Gomes B.B. A kinematic analysis of the basketball shot performance: impact of distance variation to the basket // *Acta of bioengineering and biomechanics*. 2022. Vol. 24(1).
8. Gonzalez-Espinosa S., Antunez A., Feu S., Ibanez S.J. Learning basketball using direct instruction and tactical game approach methodologies // *Sustainability*. 2021. Vol. 13(7). pp. 38-71.
9. Kambic T., Tomazin K., Kosir A., Sarabon N. Biomechanical adjustments of the basketball jump shot performed over differently high opponents // *Journal of human kinetics*. 2022. Vol. 83. pp. 23-28.
10. Okazaki V.H.A., Rodacki A.L.F., Satern M.N. A review of the basketball jump shot // *Sports Biomechanics*. 2015. Vol. 14(2). P. 190-205.
11. Rupcic T., Knjaz D., Bakovic M., Devrnja A., Matkovic B.R. Impact of fatigue on accuracy and changes in certain kinematic parameters during shooting in basketball // *Croatian sports medicine journal*. 2015. Vol. 30(1). pp. 15-20.
12. Savas S., Yuksel M.F., Uzun A. The effects of rapid strength and shooting training applied to professional basketball players on the shot percentage level // *Universal journal of educational research*. 2018. Vol. 6(7). pp. 1569-1574.
13. Sirnik M., Erculj F., Rošker J. Research of visual attention in basketball shooting: A systematic review with meta-analysis // *International journal of sports science & coaching*. 2022. Vol. 17(4). pp. 952-969.
14. Struzik A., Pietraszewski B., Zawadzki J. Biomechanical analysis of the jump shot in basketball // *Journal of human kinetics*. 2014. Vol. 42. pp. 73-79.
15. Zhen L., Wang L., Hao Z. A biomechanical analysis of basketball shooting // *International journal of simulation: systems, science and technology*. 2015. Vol. 16. pp. 1.1-1.5.

Analysis of biomechanical characteristics of a basketball shot and their correction in the learning process

Islam M. Oglu Dzholiev

Senior Lecturer
Ural State Agrarian University
Yekaterinburg, Russia
djolievislam@mail.ru
ORCID 0009-0004-1045-9664

Bayramgeldy M. Saparov

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physical Education and Sports
Ural State Agrarian University
Yekaterinburg, Russia
mister.saparov@ya.ru
ORCID 0009-0004-1045-9664

Vladimir A. Obnosov

Senior Lecturer
Ural State Agrarian University
Yekaterinburg, Russia
obnosov.v@gmail.com
ORCID 0000-0001-5839-1946

Alexey S. Mishin

Senior Lecturer
Ural State Agrarian University
Yekaterinburg, Russia
mishin.aleksei-lex@yandex.ru
ORCID 0009-0008-1256-968X

Leonid I. Smernyagin

Teacher
Ural State Agrarian University
Yekaterinburg, Russia
smernyagin_li@urgau.ru
ORCID 0009-0008-2145-4374

Received 08.03.2025

Accepted 28.04.2025

Published 30.05.2025

UDC 796.062.2:378.147.3

DOI 10.25726/s8100-0652-6189-x

EDN YRMKTG

VAK 5.8.7. Methodology and technology of vocational education (pedagogical sciences)

OECD 05.03.HE. EDUCATION, SPECIAL

Abstract

The article is devoted to a comprehensive analysis of the biomechanical characteristics of a basketball shot and methods of their correction in the educational process. Based on the systematization of modern research, key kinematic and dynamic parameters have been identified that determine the effectiveness of various types of throws. A multi-level approach to the study of biomechanics is used, including an analysis of the contribution of the lower limbs, body and upper limbs to the formation of the optimal trajectory of the ball. The empirical part of the study is based on data from 58 basketball players of various qualifications who have passed comprehensive testing using modern 3D kinematic analysis technologies. Significant correlations have been revealed between the stability of biomechanical parameters and the effectiveness of throws under various external conditions. An integrative technique for correcting the biomechanical parameters of a throw is proposed, based on the principles of a differentiated approach and taking into account the individual characteristics of athletes. The effectiveness of the developed technique has been experimentally confirmed: the participants of the experimental group demonstrated a statistically significant improvement in the stability of biomechanical characteristics and an increase in the effectiveness of throws under competitive stress. The results of the study have significant theoretical and practical value for improving the basketball players' training process and can be integrated into the basketball coaches' education system.

Keywords

biomechanics of basketball shooting, kinematic analysis, integrative teaching methodology, differentiated approach, visual attention, stability of motor skill, effectiveness of throwing.

References

1. Amirnordin S.H., Goh Hui Khi M., Ngali Z., Afdzaruddin S.M. Biomechanics analysis of basketball shooting via openpose motion capture system // Journal of advanced research in applied mechanics. 2023. Vol. 103(2). pp. 55-67.
2. Boonsom N., Bungmark W. Enhancing basketball jump shot performance and dynamic balance in male basketball players through balance shooting training // Journal of physical education and sport. 2024. Vol. 24(1). pp. 187-195.
3. Cabarkapa D., Cabarkapa D.V., Miller J.D., Templin T.T., Frazer L.L., Nicoletta D.P., Fry A.C. Biomechanical characteristics of proficient free-throw shooters – markerless motion capture analysis // Frontiers in sports and active living. 2023. Vol. 5.
4. Cabarkapa D., Fry A.C., Cabarkapa D.V., Myers C.A., Jones G.T., Deane M.A. Kinetic and kinematic characteristics of proficient and non-proficient 2-point and 3-point basketball shooters // Sports. 2022. Vol. 10(1). P. 2.
5. Caseiro A., França C., Faro A., Gomes B.B. Kinematic analysis of the basketball jump shot with increasing shooting distance: comparison between experienced and non-experienced players // Acta of bioengineering and biomechanics. 2023. Vol. 25(2). pp. 61-67.
6. Erculj F., Strumbelj E. Basketball shot types and shot success in different levels of Competitive basketball // PLOS ONE. 2015. Vol. 10(6).
7. Franca C., Gouveia E.R., Silva M.J.C.E., Gomes B.B. A kinematic analysis of the basketball shot performance: impact of distance variation to the basket // Acta of bioengineering and biomechanics. 2022. Vol. 24(1).
8. Gonzalez-Espinosa S., Antunez A., Feu S., Ibanez S.J. Learning basketball using direct instruction and tactical game approach methodologies // Sustainability. 2021. Vol. 13(7). pp. 38-71.
9. Kambic T., Tomazin K., Kosir A., Sarabon N. Biomechanical adjustments of the basketball jump shot performed over differently high opponents // Journal of human kinetics. 2022. Vol. 83. pp. 23-28.
10. Okazaki V.H.A., Rodacki A.L.F., Satern M.N. A review of the basketball jump shot // Sports Biomechanics. 2015. Vol. 14(2). P. 190-205.
11. Rupcic T., Knjaz D., Bakovic M., Devrnja A., Matkovic B.R. Impact of fatigue on accuracy and changes in certain kinematic parameters during shooting in basketball // Croatian sports medicine journal. 2015. Vol. 30(1). pp. 15-20.
12. Savas S., Yuksel M.F., Uzun A. The effects of rapid strength and shooting training applied to professional basketball players on the shot percentage level // Universal journal of educational research. 2018. Vol. 6(7). pp. 1569-1574.
13. Sirnik M., Erculj F., Rošker J. Research of visual attention in basketball shooting: A systematic review with meta-analysis // International journal of sports science & coaching. 2022. Vol. 17(4). pp. 952-969.
14. Struzik A., Pietraszewski B., Zawadzki J. Biomechanical analysis of the jump shot in basketball // Journal of human kinetics. 2014. Vol. 42. pp. 73-79.
15. Zhen L., Wang L., Hao Z. A biomechanical analysis of basketball shooting // International journal of simulation: systems, science and technology. 2015. Vol. 16. pp. 1.1-1.5.