

УДК 796.012.424.4:796.012.575.5:796.325

## КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ В ВОЛЕЙБОЛЕ

*Андрей Владимирович Блашкевич,*

*старший преподаватель кафедры физического воспитания и спорта*

*Виталий Валентинович Царун,*

*преподаватель кафедры физического воспитания и спорта*

*Алина Григорьевна Щученко,*

*студент факультета физической культуры, 2 курс, группа СПД-23*

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,*

*Беларусь, Гомель*

## KINEMATIC ANALYSIS OF THE UPPER LIMB MOVEMENT IN VOLLEYBALL

*Andrey Vladimirovich Blashkevich,*

*Senior Lecturer, Department of Physical Education and Sports*

*Vitaly Valentinovich Tsarun,*

*Lecturer, Department of Physical Education and Sports*

*Alina Grigorievna Shuchenko,*

*student of the Faculty of Physical Culture, 2nd year student, SPD-23 group*

*Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus*

**Аннотация.** В статье приведены данные кинематических и динамических параметров движения при выполнении подачи в прыжке в волейболе. Рассчитаны показатели крутящих моментов в плечевых и локтевых суставах. Дана оценка взаимосвязи ударных действий руки над головой с возможности травмирования в суставах.

**Ключевые слова:** волейбол, подача в прыжке, крутящий момент.

**Annotation.** The article presents data on kinematic and dynamic parameters of movement when performing a jump serve in volleyball. The indicators of torques in the shoulder and elbow joints were calculated. An assessment is made of the relationship between the impact actions of the arm above the head and the possibility of injury in the joints.

**Keywords:** volleyball, jump serve, torque.

**Введение.** Результативность игровой деятельности в волейболе во многом зависит от результативности подач.

Плечо является третьей наиболее часто травмируемой частью тела в волейболе, при этом большинство проблем с плечом возникает в результате хронического перенапряжения [2].

Из элементов волейбола, удар в прыжке по мячу над головой, является самым взрывным [3].

Игроки, которые специализируются на атакующем аспекте игры, более склонны к травмированию в плечевом и локтевом суставах [8].

Ряд исследований ранее уже был посвящен биомеханике волейбола, с описанием характера движения при выполнении атакующих ударов в волейболе [1, 7]. Кроме того, несколько исследований были сосредоточены на кинематике верхних конечностей во время удара — корреляции движений плеч и локтей со скоростью мяча, скоростью рук, и высоту прыжка [6, 9]. Два исследования также определили паттерны мышечной активации, участвующие в подаче и подаче [5, 10].

Цель исследования заключалась в определении биомеханических параметров движения при выполнении подачи в прыжке в волейболе.

**Методы и организация исследования.** В исследовании приняли участие 12 спортсменов-волейболистов, членов сборной команды Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. Их средний возраст спортсменов составил  $19,8 \pm 1,9$  лет. Рост и вес спортсменов составлял  $1,81 \pm 0,11$  м и  $77,5 \pm 6,8$  кг соответственно. По состоянию здоровья ни у кого из спортсменов не было травм плечевого или локтевого суставов в течение одного года до проведения исследования.

Исследования проводились в течение двух месяцев, во время которых осуществлялась видеосъемка подач в прыжке во время проведения Кубка города Гомеля и спартакиады вузов Гомельской области. Кроме соревновательной деятельности, осуществлялся видеоанализ подачи во время тренировочных занятий. Всего было проанализировано 84 подачи, выполненные в условиях соревнований и 143 подачи во время тренировочной деятельности.

Кинематический анализ движения верхних конечностей рассчитывался при перемещении и скорости трёх положений плеча (наружная ротация, горизонтальное приведение и отведение) и одного положения в локтевом суставе локтя (сгибание). Динамические параметры движения (момент инерции плеча и предплечья) были рассчитаны на основе кинематических данных. Динамические значения определяли, как расчетную нагрузку, приложенную проксимальным сегментом к дистальному. Скорость мяча рассчитывалась на основе покадровых значений перемещения с учётом скорости видеосъемки.

Местоположение ОЦМ тела в различных узловых положениях были рассчитаны посредством программного обеспечения RshetCM. Кинематические характеристики движения верхних конечностей рассчитывались с учётом перемещения и параметров скорости наружной ротации, горизонтального приведения и отведения плеча и сгибания в локтевом суставе.

Динамические параметры движения (крутящий момент внутреннего вращения плеча и варусный локтевой крутящий момент), были рассчитаны в плечевом и локтевом суставах на основании кинематических данных. Динамические значения движения были получены как расчетные параметры, приложенные к суставу проксимальным концом сегмента на дистальный.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Поддача мяча в прыжке была разделена на пять узловых положений в зависимости от задач исследования: подготовка, отталкивание, замах, ударное действие и послеударное действие. Переход от замаха к ударному действию связан моментом максимального наружного вращения плеча. Перед выполнением удара по мячу спортсмен поднимает и отводит руку с последующим наружным вращением в плечевом сочленении. Во время выполнения ударного действия выполняется ускорение звеньев руки по траектории, позволяющей выполнить ударное взаимодействие с мячом в желаемом положении над головой. В момент контакта с мячом рука должна быть согнута и повернута внутрь в плечевом суставе и разогнута в локтевом суставе. Предплечье пронировано в большей или меньшей степени, в зависимости от того, в каком направлении спортсмен планирует направить мяч.

Максимальный крутящий момент внутреннего вращения в плечевом суставе ( $37,12 \pm 4,19$  Н·м) и максимальный варусный локтевой крутящий момент ( $39,8 \pm 4,89$  Н·м) были созданы во время максимальной внешней ротации, составившей  $2,775 \pm 0,19$  радиан, чтобы замедлить взвод руки и инициировать вращение руки вперед (таблица 1). Максимальные проксимальные усилия были созданы в конце фазы ускорения руки, чтобы противостоять дистракции сустава. Рассчитанные максимальные показатели проксимальных сил плечевого и локтевого суставов показали значения  $314,8 \pm 28,4$  Н и  $241,3 \pm 19,7$  Н соответственно.

Таблица 1 – Кинематические и динамические параметры движения при выполнении волейбольной подачи в прыжке

Биомеханические параметры движения	$X \pm \delta$
Максимальный крутящий момент внутреннего вращения в плечевом суставе, Н·м	$37,12 \pm 4,19$
Максимальный варусный локтевой крутящий момент, Н·м	$39,8 \pm 4,89$
Максимальная внешняя ротация плеча, рад	$2,775 \pm 0,19$
Максимальная проксимальная сила плечевого сустава, Н	$314,8 \pm 28,4$
Максимальная проксимальная сила локтевого сустава, Н	$241,3 \pm 19,7$
Максимальная угловая скорость разгибания локтя, рад/с	$25,953 \pm 2,17$
Максимальная угловая скорость внутреннего вращения плечевого сустава, рад/с	$42,115 \pm 3,51$

Кинематические пространственно-временные параметры вращательного движения в суставных сочленениях бьющей руки показали следующие значения: максимальная угловая скорость разгибания локтя –  $25,953 \pm 2,17$  рад/с; максимальная угловая скорость внутреннего вращения плечевого сустава –  $42,115 \pm 3,51$  рад/с.

Крутящий момент внутреннего вращения плеча и варусный момент локтевого сустава при выполнении подачи в прыжке в настоящем исследовании были менее 50 Н·м, значение, определенное как эмпирический порог повреждения верхней конечности. Кроме того, сила и крутящий момент в плечевом и локтевом суставе ниже у волейболистов, чем силы и крутящие моменты, создаваемые при выполнении удара в прыжке у бадминтонистов и теннисистов, что свидетельствует об относительно низком риске травмы локтя, связанной с волейболом [4, 9].

**Закключение.** В процессе исследования выявлено, что волейболистам, которые сильно и часто выполняют нападающий удар, следует подумать об ограничении количества подач в прыжке, так как хроническая перегрузка при повторяющихся подачах в прыжке может способствовать риску напряжения связок в плечевом суставе. Ограничивая количество повторений сложных ударных действий руки над головой, волейболисты могут снизить риск развития симптомов чрезмерного напряжения мышц и связок. К сожалению, биомеханические показатели, полученные в нашем исследовании, не определяют соответствующий верхний предел количества повторений.

### **Литература**

1. Бондаренко, А. Е. Модельные параметры нападающего удара в волейболе / А. Е. Бондаренко, Э. А. Гайков, Е. А. Мочалова // Игровые виды спорта: актуальные вопросы теории и практики: материалы I Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти ректора ВГИФК В.И. Сысоева; под ред. А. В. Сысоева [и др.]. – Воронеж: Научная книга, 2018. – С. 374-380.

2. Бондаренко, К. К. Влияние физических нагрузок на биомеханику движений в волейболе / К. К. Бондаренко, В. А. Сычова / Игровые виды спорта: актуальные вопросы теории и практики: сб. науч. статей 2-ой Межд. н.-пр. конф., посв. памяти ректора ВГИФК В. И. Сысоева. / [под ред. А. В. Сысоева и др.]. – Воронеж: изд-во ООО «РИТМ», 2019. – С.311-315.

3. Бондаренко, К. К. Кинематическая структура движений при верхней подаче с разбега в волейболе / К. К. Бондаренко, В. А. Сычова / Игровые виды спорта: актуальные вопросы теории и практики: сб. науч. статей 2-ой Межд. н.-пр. конф., посв. памяти ректора ВГИФК В. И. Сысоева. / [под ред. А. В. Сысоева и др.]. – Воронеж: изд-во ООО «РИТМ», 2019. – С.307-311.

4. Коршук, М. М. Оценка физической работоспособности бадминтонистов / М. М. Коршук [и др.] // Игровые виды спорта: актуальные вопросы теории и практики: сб. науч. статей атей 1-ой Межд. н.-пр. конф., посв. памяти ректора ВГИФК В. И. Сысоева.; редкол.: А. В. Сысоев [и др.]. – Воронеж: «Научная книга», 2018. – С. 241-245.

5. Коршук, М. М. Использование видеонализа движения для обучения подаче в бадминтоне / М. М. Коршук, А. Е. Бондаренко // Физическая культура и спорт в современном мире. Сборник научных статей. Редколлегия: Г. И. Нарский (гл. ред.) [и др.]. Гомель, 2021. – С. 233-237.

6. Коршук, М. М. Оценка специальной работоспособности и функциональных возможностей организма бадминтонистов / М. М. Коршук,

Т. А. Ворочай, А. Е. Бондаренко // Игровые виды спорта: актуальные вопросы теории и практики: сб. науч. статей 1-ой Межд. н.-пр. конф., посв. памяти ректора ВГИФК В. И. Сысоева.; редкол.: А. В. Сысоев [и др.]. – Воронеж: «Научная книга», 2018. – С. 301-307.

7. Мочалова, Е. А. Изменение функционального состояния скелетных мышц при выполнении нападающего удара в волейболе / Е. А. Мочалова, С. С. Волкова, К. К. Бондаренко // Научные исследования – инструмент для новых возможностей развития: мат. Междун. н.-пр. конф. Т. III. 27 апрель – Шымкент: Тип. «Элем», 2018. – С. 400-403.

8. Оптимизация тренировочного процесса и реабилитации спортсменов на основе динамической контактной диагностики скелетных мышц / Ю. М. Плескачевский [и др.] / Россия – Беларусь – Сколково: единое инновационное пространство: тез. межд. науч. конф. – Минск, 2012. – С. 124-125.

9. Bondarenko, K. K. Kinematic parameters of nodes in tennis serve / K. K. Bondarenko, A. D. Lebed // Medicine and Physical Education: Science and Practice. – 2020. – № 2(8). – P. 77-83.

10. Shilko, S. V. Ergonomic assessment of sport skies based on analysis of athlete's hemodynamics at loading test using tonometry and electrocardiography / S.V. Shilko [et al.] // Russian Journal of Biomechanics. – 2020. – Vol. 24, №4 – P. 439-452.

**Контактная информация:** [kbk2000@inbox.ru](mailto:kbk2000@inbox.ru)