

## Кинематические параметры узловых элементов в теннисной подаче

Константин Константинович БОНДАРЕНКО<sup>1,2</sup>, Анастасия Дмитриевна ЛЕБЕДЬ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»  
246019, Республика Беларусь, Гомельская область, г. Гомель, ул. Советская, 104

<sup>2</sup>УО «Гомельский государственный медицинский университет»  
246000, Республика Беларусь, Гомельская область, г. Гомель, ул. Ланге, 5  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7383-7790>, e-mail: kostyabond67@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4508-8563>, e-mail: nastya\_lebed30@mail.ru

### Kinematic parameters of nodes in tennis serve

Konstantin K. BONDARENKO<sup>1,2</sup>, Anastasiya D. LEBED<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Franciks Skorina Gomel State University  
104 Sovetskaya St., Gomel 246019, Gomel Region, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Gomel State Medical University  
5 Lange St., Gomel 246000, Gomel Region, Republic of Belarus  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7383-7790>, e-mail: kostyabond67@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4508-8563>, e-mail: nastya\_lebed30@mail.ru

**Аннотация.** Современный спорт предъявляет высокие требования к выполнению технических элементов движения. Оценка ударных действий при подаче в большом теннисе позволяет смоделировать техническую подготовку спортсменов. Целью статьи является определение кинематических параметров движения звеньев тела при выполнении подачи в теннисе. Для выполнения анализа движения использовался метод узловых положений, позволяющий определять структурные элементы движения. В зависимости от педагогических задач с помощью узловых элементов были выявлены основные характеристики движения. Определены угловые отклонения от анатомических положений в суставах, между звеньями тела, осуществляющими эффективность выполняемого действия. Выявлены наиболее рациональные диапазоны угловых положений между сегментами тела. Анализ биомеханических параметров движения позволяет определить рациональные траектории перемещения звеньев тела, что дает возможность подбора наиболее эффективных подводящих и специальных упражнений, направленных на формирование наиболее эффективных двигательных действий и снижение напряжения при выполнении движения в суставах и скелетных мышцах игрока. Эти биомеханические данные затем могут быть использованы для улучшения организации и планирования тренировочного процесса теннисистов. Знание диапазона угловых перемещений и характера изменения относительно друг друга звеньев тела способствует снижению травматизма суставов при выполнении подачи в теннисе.

**Ключевые слова:** узловые положения; суставные углы; структурные элементы; диапазон отклонения

**Для цитирования:** Бондаренко К.К., Лебедь А.Д. Кинематические параметры узловых элементов в теннисной подаче. Медицина и физическая культура: наука и практика. 2020;2(8):77-83. DOI 10.20310/2658-7688-2020-2-4(8)-77-83.

**Abstract.** Modern sports make high requirements for the implementation of technical elements of the movement. Evaluation of shock actions when serving in big tennis allows you to model the technical training of athletes. The purpose of the article is to determine the kinematic parameters of the movement of body links when performing a pitch in tennis. To perform a motion analysis,

we used a knot position method to determine the structural elements of the motion. Depending on the pedagogical tasks, we revealed the main characteristics of the movement using nodes. We determined angular deviations from anatomical positions in joints, between body links performing efficiency of performed action. We revealed the most rational ranges of angular positions between segments of the body. Analysis of biomechanical parameters of movement allows to determine rational trajectories of movement of body links, which makes it possible to select the most effective serving and special exercises aimed at formation of the most effective motor actions and reduction of tension during movement in the player's joints and skeletal muscles. These biomechanical data can then be useful to improve the organization and planning of the training process of tennis players. Knowledge of the range of angular movements and the nature of the change in relative body links helps to reduce joint injuries when serving in tennis.

**Keywords:** nodal positions; articular angles; structural elements; deviation range

**For citation:** Bondarenko K.K., Lebed A.D. Kinematicheskiye parametry uzlovykh elementov v tennisnoj podache [Kinematic parameters of nodes in tennis serve]. *Meditsina i fizicheskaya kul'tura: nauka i praktika. – Medicine and Physical Education: Science and Practice.* 2020;2(8):77-83. DOI 10.20310/2658-7688-2020-2-4(8)-77-83. (In Russian, Abstr. in Engl.)

## ВВЕДЕНИЕ

Подача является одним из важнейших элементов тенниса. Краткосрочная эффективность подачи заключается в том, что подающий должен обеспечить максимально возможную скорость мяча, чтобы помешать возвращению подачи его соперником и получить текущее очко [1]. Вместе с тем игрок должен не только обеспечить высокую скорость мяча при подаче, но и за счет правильных траекторий движения ограничивать риск травмирования суставов [2]. Кинематические параметры движений звеньев тела в различных видах спорта обусловлены не только рациональностью траекторий, но и суставными положениями в различных фазах движения [3; 4]. Это определяется биомеханическими основами формирования ударных действий независимо от вида спорта [5–7]. Успешность игровых действий в теннисе определяется рядом факторов, начиная с рациональной техники движений и заканчивая правильностью подбора упражнений для развития необходимых физических кондиций [8]. Наряду с технической частью выполнения движения следует учитывать и интегративные аспекты тактики ведения игры [9]. Все эти составляющие лежат в основе сбалансированности подготовки теннисиста в современных условиях [10].

Цель исследования заключалась в определении пространственных параметров дви-

жения звеньев тела при выполнении подачи в теннисе.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие 8 квалифицированных теннисисток Гомельского областного центра олимпийского резерва по теннису. Видеофиксация подачи осуществлялась двумя синхронизированными видеокамерами со скоростью видеосъемки 30 к/с, установленными в двух проекциях теннисного корта. Видеосъемка осуществлялась во фронтальной и сагиттальной проекциях.

При выполнении анализа движения использовался метод узловых положений, определяющий структурные элементы движения [11].

Видеоанализ осуществлялся в научно-исследовательской лаборатории Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины (г. Гомель, Республика Беларусь) в рамках выполнения государственной программы научных исследований «Конвергенция – 2020».

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании педагогических задач исследуемых действий нами были выделены узловые положения подачи, состоящие из:

- начального положения (НП) – starting position (SP);
- первого мультипликационного положения (МП1) – first cartoon position (CP1) – «подброс мяча, начало разгона ракетки»;
- второго мультипликационного положения (МП2) – second cartoon position (CP2) – «петлеобразное движение ракеткой с подседанием»;
- третьего мультипликационного положения (МП3) – third cartoon position (CP3) – «ударное движение с максимальным сгибанием локтя»;
- четвертого мультипликационного положения (МП4) – fourth cartoon position (CP4) – «начало выпрыгивания с максимальным опусканием головки ракетки за спиной»;
- пятого мультипликационного положения (МП5) – fifth cartoon position (CP5) – «выпрыгивание с максимальным внешним вращением в плечевом суставе»;
- шестого мультипликационного положения (МП6) – sixth cartoon position (CP6) – ударное взаимодействие ракетки с мячом»;
- конечного положения (КП) – final position (FP) (рис. 1).

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В начальном узловом положении вес тела перенесен на ногу, стоящую впереди. Стоящая сзади нога выполняет роль стабилизирующего действия для повышения устойчивости положения. Рука с мячом находится перед туловищем. Рука с ракеткой в зависимости от стиля подачи может находиться либо позади туловища спортсмена, либо перед игроком.

В первом мультипликационном положении выполняется отклонение плеч назад. Голова отклоняется и поворачивается назад, позволяя игроку следить глазами за мячом, когда плечи и таз начинают вращаться вокруг продольной оси тела. Рука с мячом движется вверх и вперед, в то время как рука, держащая ракетку, опускается и отводится назад.

Пользуясь общепринятой фазовой характеристикой удара, с первого по пятое узловое положение следует отнести к фазе ударного действия. В этих положениях взгляд игрока все время обращен к мячу.

Второе мультипликационное положение характеризуется отклонением плеч назад за

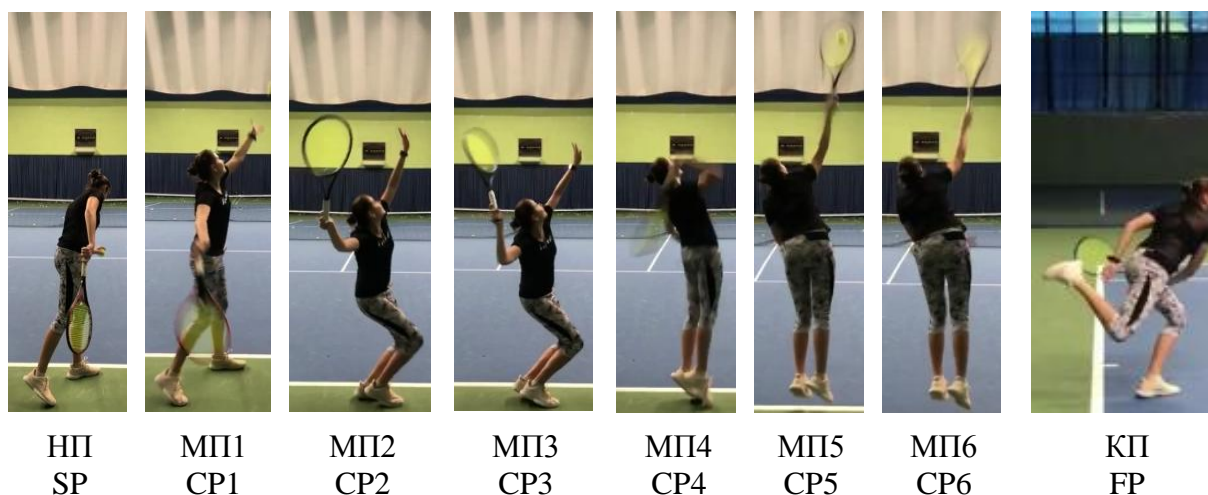


Рис. 1. Узловые элементы удара по мячу  
Fig. 1. Ball hitting nodes

проекцию общего центра масс тела. Голова отклоняется и поворачивается назад, позволяя игроку следить глазами за мячом, когда плечи и таз начинают вращаться вокруг продольной оси тела. Рука после подброса мяча удерживается в верхнем положении, в то время как рука, держащая ракетку, поднимается для выполнения петлеобразного движения. Передняя нога остается опорной, задняя нога приставляется к передней и выполняет роль стабилизирующего действия. Диапазон угловых отклонений от анатомической норма составляет для коленного сустава  $93-98^{\circ}$ , в тазобедренном суставе оптимальный диапазон сгибания составляет  $50-56^{\circ}$ . Изменения положения в локтевом суставе находятся в диапазоне  $32-39^{\circ}$ . Отклонение кисти с ракеткой имеет более широкий диапазон положения. В нашем исследовании он составлял  $21-37^{\circ}$  (рис. 2).



Рис. 2. Петлеобразное движение ракеткой с подседанием  
Fig. 2. Loop-like movement with a squat racket

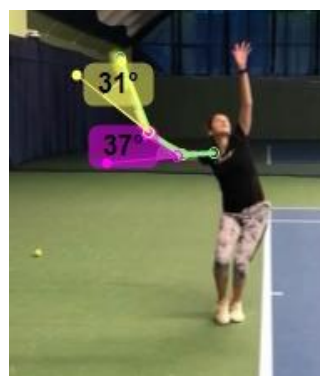


Рис. 3. Ударное движение с максимальным сгибанием локтя  
Fig. 3. Striking motion with maximum elbow flexion



Рис. 4. Выпрыгивание с максимальным опусканием головки ракетки за спиной  
Fig. 4. Jumping with the maximum lowering of the head of the racket behind the back

Окончанием фазы ударного действия является пятое мультипликационное узловое положение. Оно характеризуется ускорением действий звеньев руки в суставах. Во время этого действия спортсмен находится в безопорном положении. Туловище начинает замедлять свое прямое вращение, поскольку рука инициирует внутреннее вращение и начинает вытягиваться, чтобы ускорить руку и ракетку. Ускорение ракетки перед ударом сопровождается пронацией предплечья и быстрой сменой вращений туловища, переходящее от гиперразгибания к сгибанию и продолжному вращению (рис. 5).

Шестое мультипликационное положение относится к ударному взаимодействию. При ударе туловище сгибается (отклоняется от вертикали в среднем на  $42^\circ$ ). Рука находится в положении отведения, локоть и колени слегка согнуты в диапазоне  $26-29^\circ$ . Происходит замедление движений верхней части тела, в частности туловища и верхней конечности, удерживающей ракетку. В течение этого узлового положения внутреннее вращение плеча и пронация предплечья продолжают одновременно.

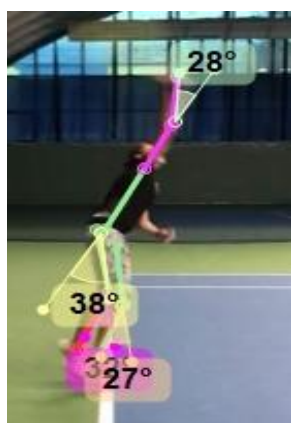


Рис. 5. Выпрыгивание с максимальным внешним вращением в плечевом суставе

Fig. 5. Jumping out with maximum external rotation in the shoulder joint

Конечное положение относится к фазе послударного действия. Происходит резкое замедление движения руки с ракеткой по направлению вперед и влево. Эта фаза позволяет игроку приземлиться на опору на левую ногу. Задняя нога сгибается и позволяет ступне подниматься за спину игрока (рис. 6).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ кинематических параметров движения позволяет определить рациональные траектории перемещения звеньев тела. Это дает возможность подбора наиболее эффективных подводящих и специальных упражнений, направленных на формирование наиболее эффективных двигательных действий и снижение напряжения при выполнении движения в суставах и скелетных мышцах игрока.

Таким образом, выявление и понимание биомеханических факторов, ответственных за улучшение результатов, будет способствовать не только росту спортивного мастерства, но способствовать предотвращению возникновения травм суставов при выполнении подачи в теннисе.



Рис. 6. Конечное узловое положение

Fig. 6. Final nodal position

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ellenbecker T.* Rehabilitation considerations for the shoulder in the elite tennis player. In: Abstract book of the 13th STMS World Congress of Tennis Medicine. Buenos Aires; 2013. P. 85.
2. *Chow J., Park S., Tillman M.* Lower trunk kinematics and muscle activity during different types of tennis serves. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy and Technology.* 2009; 1(1):24.

3. Бондаренко К.К. Кинематические параметры положения коленного сустава при скольжении на лезвии конька. В кн.: Современные технологии физического воспитания и спорта в практике деятельности физкультурно-спортивных организаций: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции. Елец; 2019. С. 231-235.
4. Хихлуха Д.А., Бондаренко К.К., Бондаренко А.Е. Кинематические составляющие движений гребли на байдарке. Перспективные направления в области физической культуры, спорта и туризма: материалы 8 Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Нижневартовск; 2018. С. 580-583.
5. Зайцева Л.С. Биомеханические основы строения ударных действий и оптимизация технологии обучения (на примере тенниса): автореф. дис. ... д-ра пед. наук. М.; 2000. 54 с.
6. Гамалий В.В., Литвиненко Ю.В. Биомеханические аспекты реализации ударных действий в теннисе. Вестник спортивной науки. 2013;6:3-7.
7. Бондаренко А.Е. и др. Изменение кинематики движения при выполнении ударных действий в карате. В кн.: Материалы докладов 51 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов: сборник научных материалов: 2 т. Витебск; 2018. С. 422-424.
8. Иванова Г.П. Взгляд биомеханика на успехи современного тенниса. Труды кафедры биомеханики университета имени П.Ф. Лесгафта. 2013;7:40-6.
9. Кузнецова З.М., Разумов Д.В. Оптимизация тактики реализации подачи в теннисе спортсменами 11–14-летнего возраста. Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. 2007;5:34-5.
10. Creveaux R. et al. Influence of racket mass, balance and moment of inertia on shoulder loading during tennis serve: a case study. Journal of Medicine and Science in Tennis. 2012;17(2):78-9.
11. Бондаренко К.К., Волкова С.С. Рациональность кинематических и динамических структур узловых элементов гребкового движения в баттерфляе. В кн.: Современные технологии физического воспитания и спорта в практике деятельности физкультурно-спортивных организаций: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции. Елец; 2019. С. 235-239.

## REFERENCES

1. Ellenbecker T. Rehabilitation considerations for the shoulder in the elite tennis player. In: Abstract book of the 13th STMS World Congress of Tennis Medicine. Buenos Aires; 2013, p. 85.
2. Chow J., Park S., Tillman M. Lower trunk kinematics and muscle activity during different types of tennis serves. Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy and Technology. 2009;1(1):24.
3. Bondarenko K.K. Kinematic parameters of knee joint position at skate blade sliding. In: *Sovremennye tekhnologii fizicheskogo vospitaniya i sporta v praktike deyatel'nosti fizkul'turno-sportivnykh organizatsij: sbornik nauchnykh trudov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Modern Technologies of Physical Education and Sports in the Practice of the Activities of Physical Culture and Sports Organizations"*. Elets; 2019, pp. 231-235. (In Russian).
4. Khikhluha D.A., Bondarenko K.K., Bondarenko A.E. Kinematic components of rowing movements on a kayak. *Perspektivnye napravleniya v oblasti fizicheskoy kul'tury, sporta i turizma: materialy 8 Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. – Proceedings of the 8th All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation "Promising Directions in the Field of Physical Education, Sports and Tourism"*. Nizhnevartovsk; 2018, pp. 580-583. (In Russian).
5. Zajtseva L.S. *Biomekhanicheskiye osnovy stroeniya udarnykh dejstvij i optimizatsiya tekhnologii obucheniya (na primere tennisa): avtoref. dis. ... d-ra ped. nauk* [Biomechanical Foundations of Impact Structure and Optimization of Training Technology (Using Tennis as an Example). Dr. ped. sci. diss. abstr.]. Moscow; 2000, 54 p. (In Russian).
6. Gamalij V.V., Litvinenko Y.V. Biomekhanicheskiye aspekty realizatsii udarnykh dejstvij v tennise [Biomechanical aspects of the implementation of shock actions in tennis]. *Vestnik sportivnoj nauki. – Sports Science Bulletin*. 2013;6:3-7. (In Russian).
7. Bondarenko A.E. et al. *Izmeneniye kinematiki dvizheniya pri vypolnenii udarnykh dejstvij v karate* [Change motion kinematics during impact actions in karate]. In: *Materialy dokladov 51 Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii prepodavatelej i studentov: sbornik nauchnykh materialov: 2 t. –*

- Proceedings of Reports of the 51st International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students: Collection of Scientific Materials: in 2 vols.* Vitebsk; 2018, pp. 422-424. (In Russian).
8. Ivanova G.P. Vzglyad biomekhanika na uspekhi sovremennogo tenisa [The view of biomechanics on the successes of modern tennis]. *Trudy kafedry biomekhaniki universiteta imeni P.F. Lesgafta. – Proceedings of the Department of Biomechanics of P.F. Lesgaft University.* 2013;7:40-6. (In Russian).
  9. Kuznetsova Z.M., Razumov D.V. Optimizatsiya taktiki realizatsii podachi v tennise sportsmenami 11–14-letnego vozrasta [Optimizing the tactics of implementing the presentation in tennis by athletes of 11–14 years of age]. *Fizicheskaya kul'tura: vospitaniye, obrazovaniye, trenirovka. – Physical Education: Upbringing, Education, Training.* 2007;5:34-5. (In Russian).
  10. Creveaux R. et al. Influence of racket mass, balance and moment of inertia on shoulder loading during tennis serve: a case study. *Journal of Medicine and Science in Tennis.* 2012;17(2):78-9.
  11. Bondarenko K.K., Volkova S.S. Ratsional'nost' kinematicheskikh i dinamicheskikh struktur uzlovnykh elementov grebkovogo dvizheniya v batterflyae [Rationality of kinematic and dynamic structures of nodal elements of rowing motion in butterfly]. In: *Sovremennye tekhnologii fizicheskogo vospitaniya i sporta v praktike deyatel'nosti fizkul'turno-sportivnykh organizatsij: sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Modern Technologies of Physical Education and Sports in the Practice of the Activities of Physical Education and Sports Organizations".* Elets; 2019, pp. 235-239. (In Russian).

#### Информация об авторах

**Бондаренко Константин Константинович**, кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой физического воспитания и спорта. Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, г. Гомель, Гомельская область, Республика Беларусь. E-mail: kostyabond67@mail.ru

**Вклад в статью:** анализ литературы, работа с литературными источниками, видеоанализ движения, анализ полученных результатов, анализ данных, обработка материала, обработка результатов исследования, написание текста статьи.

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-7383-7790>

**Лебедь Анастасия Дмитриевна**, студент факультета физической культуры. Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, г. Гомель, Гомельская область, Республика Беларусь. E-mail: nastya\_lebed30@mail.ru

**Вклад в статью:** поиск и анализ литературы, сбор и обработка данных, видеоанализ исследования, дизайн исследования.

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-4508-8563>

Конфликт интересов отсутствует.

#### Для контактов:

Бондаренко Константин Константинович  
E-mail: kostyabond67@mail.ru

Поступила в редакцию 11.08.2020 г.  
Поступила после рецензирования 13.10.2020 г.  
Принята к публикации 23.11.2020 г.

#### Information about the authors

**Konstantin K. Bondarenko**, Candidate of Pedagogy, Associate Professor, Head of Physical Education and Sport Department. Francisk Scorina Gomel State University, Gomel, Gomel Region, Republic of Belarus. E-mail: kostyabond67@mail.ru

**Contribution:** literature analysis, work with literary sources, video analysis of movement, analysis of the results obtained, data analysis, material processing, processing of the study results, writing of the article.

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-7383-7790>

**Anastasiya D. Lebed**, Student of Physical Education Faculty. Francisk Scorina Gomel State University, Gomel, Gomel Region, Republic of Belarus. E-mail: nastya\_lebed30@mail.ru

**Contribution:** literature search and analysis, data collection and processing, video analysis of the study, study design.

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-4508-8563>

There is no conflict of interests.

#### Corresponding author:

Konstantin K. Bondarenko  
E-mail: kostyabond67@mail.ru

Received 11 August 2020  
Reviewed 13 October 2020  
Accepted for press 23 November 2020