

УДК 796.325

БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНИКИ ПРИЕМА ПОДАЧИ В ВОЛЕЙБОЛЕ

¹Николаева О.О., ²Марков К.К.¹*Сибирский федеральный университет, Красноярск, e-mail: nikolaeva-ok@mail.ru;*²*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Иркутск, e-mail: k_markov@mail.ru*

Рассмотрены технические характеристики приема подачи в волейболе и модельные требования к его качеству и надежности. Описаны задачи целевой точности приема, требующие от игрока совершенной пространственной и временной координации движений, безошибочного согласования во времени движений тела и мяча, тонкого дифференцирования усилий в рабочей зоне и динамической мышечной координации в пространстве и времени. С позиций биомеханики результатом решения данных задач представлено придание оптимальных значений вектору начальной скорости полета мяча, направляя его траекторию в заданную точку игрового пространства с заданными кинематическими параметрами. Для успешного достижения целевой точности приема в достаточно узкой зоне точностных действий большое значение имеет работа ног, создающая необходимый двигательный фон для точностной работы рук. Анализ характеристик ударного взаимодействия в системе спортсмен – мяч на приеме подачи позволил выделить в качестве управляющих воздействий игрока, совершенствуемых в тренировочном процессе: угол наклона предплечий к горизонту, степень их супинации и сведения в единую плоскость, а также степень напряжения мышц в контакте с мячом, что при амортизационном характере движений позволяет регулировать их упругие свойства и коэффициент восстановления при ударе. Представлены основные технические ошибки игрока на приеме подачи и рекомендации по их устранению.

Ключевые слова: волейбол, спортивная тренировка, прием подачи, биомеханика

BIOMECHANICAL ANALYSIS OF SERVICE RECEPTION TECHNIQUE IN VOLLEYBALL

¹Nikolaeva O.O., ²Markov K.K.¹*Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: nikolaeva-ok@mail.ru;*²*Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, e-mail: k_markov@mail.ru*

Feed intake specifications are considered in volleyball and modeling requirements for its quality and reliability. Describes the tasks of the target accuracy of reception that require player perfect spatial and temporal coordination, harmonization of guiding light in time movements of the body and the ball, fine differentiation of efforts in the working area and dynamic muscle coordination in space and time. From the standpoint of biomechanics data resolve tasks submitted by giving the optimal values of the vector of initial speed the flight of the ball, directing it the path to the specified point game space with given kinematic parameters. For the successful achievement of the target accuracy of reception in the narrow zone accuracy action great significance has footwork, generates the necessary motor foundation for hand work. Analysis of impact interaction characteristics in the system of athlete-ball at the service reception identified as control player actions improved in training process: the angle of the forearms to the horizon, their degree of supination and contact into a single plane, as well as the degree of muscle tension in contact with the ball, what with impact-absorbing nature of movements allows to adjust their elastic properties and recovery factor on impact. Provides basic technical errors player in reception and recommendations to address them.

Keywords: volleyball, athletic training, service reception, biomechanics

Высокая значимость приема подачи в волейболе объясняется тем, что ошибка на приеме – очко противнику практически без игры. Кроме результативности самой ошибки, это несет существенную психологическую нагрузку, особенно при серийных неприемах. Кроме того, неточная доводка мяча до связующего при приеме подачи резко снижает возможность ведения активной, скоростной, комбинационной игры, объединяя ее тактический рисунок, а в наиболее неудачных случаях к простому перебиванию мяча без нападающего удара.

Модельные характеристики эффективности отдельных технических приемов [7]

требуют от игроков команд высших разрядов 75–80% мячей от общего количества приемов направлять в зону связующего, при 3–4% ошибок (потерянные мячи). Такие высокие требования к качеству и надежности приема привели к тому, что в составах команд выделяются игроки (2–3 человека), принимающие подачу практически по всей площадке во всех расстановках. Игроков же, не владеющих в достаточной степени надежным и качественным приемом, приходится «прятать» на приеме (а иногда и просто заменять на задней линии), что не всегда удается сделать без ущерба для решения тактических задач.

Характеристика игрового технического приема

Прием подачи снизу относится к амортизационно-точностным движениям [6], связанным, во-первых, с амортизацией удара мяча в пределах, допускаемых правилами соревнований, и оставлением мяча в игре в пределах игрового пространства (программа минимум), и, во-вторых, с точным направлением мяча в цель после приема подачи (программа максимум).

Решение задачи целевой точности требует [1]:

- пространственной координации движений, безошибочного приведения рабочей зоны кинематической цепи к заданной точке движущегося мяча;
- временной координации, точного согласования во времени движений тела и мяча;
- тонкой дифференцировки усилий в рабочей зоне тела, динамической мышечной координации, как в пространстве, так и во времени.

С позиций биомеханики [1; 3; 4; 6; 8] результатом решения перечисленных задач является придание оптимального значения вектору начальной скорости отскока мяча, что обеспечивает попадание траектории полета мяча с заданными кинематическими параметрами в заданную точку пространства. Учитывая необходимость амортизации ударного взаимодействия с мячом, представляется рациональным обеспечить контакт предплечий игрока с мячом с минимально возможной абсолютной скоростью $V_{\text{абс}}$. Эта скорость складывается векторно из скоростей относительных движений общего центра тяжести $V_{\text{онт}}$ принимающего игрока, активного движения точки контакта предплечий $V_{\text{пр}}$ в момент контакта с мячом и скорости полета мяча $V_{\text{м}}$ в этот момент.

$$V_{\text{абс}} = V_{\text{м}} + V_{\text{онт}} + V_{\text{пр}} \quad (1)$$

Вектор скорости полета мяча $V_{\text{м}}$ по условиям игры всегда направлен от сетки к лицевой линии, частично меняя угол в пределах игровой площадки. Движения ОЦТ и предплечий в момент контакта игрока с мячом являются управляемыми и могут в зависимости от техники игрока менять их направление относительно траектории мяча: движение навстречу, движение от мяча («осаживание» рук) и неподвижное положение. В последнем случае скорость соударения мяча и предплечий будет равна скорости полета мяча. В первом случае все три составляющие (1) скалярно суммируются и скорость соударения будет максимальной, во втором случае они будут вычитаться, и, следовательно, скорость соударения

мяча с ударной поверхностью предплечий – минимальна.

Приведенные соображения позволяют выдвинуть ряд возможных решений, особенно актуальных на приеме силовой подачи соперника в прыжке, когда мяч летит с огромной скоростью и у принимающего подачу игрока две задачи: попасть на траекторию полета мяча и максимально смягчить его прием, амортизируя ударное взаимодействие. При этом немаловажным фактором становится то, что общее время, отпущенное игроку на безошибочное действие приближается ко времени его простой реакции в пределах 0,1–0,2 с [9].

Минимально необходимая скорость отскока мяча от рук принимающего в зону связующего определяется из задачи обеспечения целевой точности (попадание траектории отскока в заданную точку) с учетом упруго-пластических свойств соударяющихся тел, коэффициента восстановления при ударе и вращения мяча [5; 9; 18].

$$V_{\text{о}} = f(V_{\text{абс}}, W, R), \quad (2)$$

где W – коэффициент упруго-пластических свойств соударяющихся тел; R – коэффициент восстановления при ударе.

Исходными предпосылками для дальнейшего анализа могут служить:

- а) главное значение для точности приема имеет положение ударного звена (плечо-предплечье) относительно горизонта и высота от пола точки контакта с мячом;
- б) предплечья должны быть супинированы и сведены так, чтобы их внутренние поверхности составляли одну плоскость;
- в) все остальные характеристики многозвенника кинематической цепи являются производными от вышеназванных и сугубо индивидуальны.

Общими особенностями описываемого технического приема являются:

- плечо-предплечье в момент контакта представляют собой единое целое, с полным разгибанием в локтевом суставе, с идеальным их сведением и супинацией;
- разгибание кистей в запястье с целью натяжения мышц рабочей поверхности предплечья и улучшения супинации, разгибания в локтевом суставе;
- все остальные характеристики положения (суставные углы в коленном, тазобедренном и плечевом суставах и высота точки контакта мяча с руками от пола) весьма разнообразны, часть из них может быть отнесена к техническим погрешностям, но в большей мере они ситуативны и индивидуальны, так что жесткие детерминированные рекомендации ряда авторов в этой части могут быть приняты только как ориентировочные.

– концентрированное внимание на летящий мяч, причем точка контакта с мячом (положение плеч и предплечий) выбирается так, что в поле прямого зрения оказываются: мяч, предплечья и дальние зоны площадки в направлении приема.

Основные требования к технике приема в данной фазе:

1. Минимальное встречное движение рук в плечевом и локтевом суставах.

2. Минимальное встречное движение корпуса за счет разгибания ног в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах (за исключением слабых по силе подач налицевую линию площадки с длинной доводкой).

3. Фронтальная плоскость туловища и общая плоскость соединенных предплечий должны быть перпендикулярны траектории полета мяча после приема на связующего.

4. Предплечья обеих рук должны быть максимально разогнуты, супинированы и сведены (в идеале с касанием медиальных поверхностей супинированных предплечий) и составлять одну плоскость.

5. Мяч должен попасть на среднюю треть предплечий.

6. Кисти должны быть разогнуты для большего напряжения ударных поверхностей предплечий.

7. Наклон рук и туловища должен соответствовать положению точки приема относительно сетки и связующего (ближе к сетке, спина ровнее, руки горизонтальнее).

Точность приема подачи

Проблема точности игровых действий – главная в волейболе. Оценка точности двигательных актов по конечному результату, по попаданию мяча во всех игровых действиях в определенную точку игрового пространства определяет целевую точность, которая оценивается по величине отклонения от цели или по процентному отношению удачных и неудачных попыток. Указанные во введении модельные характеристики качества приема и есть по сути оценка целевой точности по второму методу. Биомеханическая характеристика точности движений [1; 3; 4; 8] предполагает рассмотрение техники движения, роль которой основана на расположении звеньев тела в пространстве и наличии внутренних ориентиров (голова, лицо, плечи). Совершенная техника создает стандартные условия, наиболее благоприятные для достижения требуемой целевой точности. При этом «зона точностных действий» достаточно узкая – ноги создают необходимый двигательный фон для точностной работы рук. Управление движениями за счет работы соответствующих мышц может быть реализовано двумя путями:

а) соблюдением заданных характеристик – параметров вылета мяча, определенных заранее и дающих решение задачи целевой точности;

б) коррекцией по ходу движения, в процессе контакта с мячом.

В данном случае первый путь – основной, базовый. Реализация управления в процессе соударения рук и мяча, принципиально возможна исключительно по причине некоторого отличия ударных взаимодействий в волейболе от классической теории удара. Классическое определение ударных явлений в механике приводит к пренебрежению силами неударными по причине бесконечно малого времени удара. Время соударения мяча с руками игрока на приеме подачи должно быть, с одной стороны, достаточно малым, чтобы не нарушались требования правил соревнований, с другой стороны, достаточно большим, чтобы возможно было осуществить управляющую коррекцию движения. На приеме подачи это время составляет 0,3 с, что позволяет на участке траектории 20–30 см осуществлять управление движением на завершающем этапе действия конечным звеном многозвенной цепи [9–18].

Факторы, влияющие на точность приема

Конечным результатом действий игрока на приеме подачи является финальная, целевая точность попадания принятого мяча в заданную точку игрового пространства с заданными параметрами (время полета, скорость полета мяча в зоне связующего, координаты). Попадание в цель зависит от ряда факторов, которые необходимо учитывать при обучении и совершенствовании приема и к ним отнесена связь: между точностью и расстоянием до цели, массой снаряда, амплитудой движения конечностей (сопровождения мяча в пределах времени контакта), углом расположения по отношению к цели, шириной цели и горизонтальным расстоянием до нее, начальными условиями вылета мяча после приема (начальная скорость V_0 и угол вылета α_0). Рассмотрим более подробно влияние последних факторов. На рис. 1 представлена траектория полета мяча после приема с начальной скоростью V_0 под углом к горизонту α_0 в зону связующего (т. А), отстоящую от зоны приема на расстояние L на высоте H .

Уравнение траектории полета мяча без учета сил сопротивления имеет вид [2; 19]:

$$y = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha_0}. \quad (1)$$

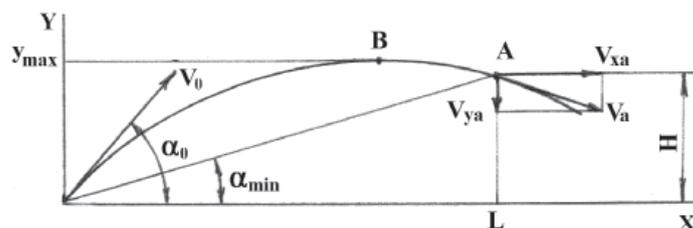


Рис. 1. Траектория полета мяча на приеме подачи

Достижение целевой точности возможно разными по виду траекториями и начальными условиями, а критерии оптимальности – различны для разных игроков и ситуаций [1; 4; 6; 8]:

а) для принимающего игрока скорость вылета мяча после приема подачи должна быть минимальной – $V_0 = V_{0\min}$;

б) для пасующего скорость мяча в точке А – желательна минимальная – $V_a = V_{a\min}$;

в) с тактической точки зрения для обеспечения быстрой ответной атаки время полета должно быть оптимальным для конкретной тактической ситуации – $T_a = T_{\text{опт}}$;

Из уравнения (1) следует, что при выполнении целевой точности и попадании мяча в точку нахождения связующего $A - X_a = L, Y_a = H$, и выражение скорости отрыва мяча от рук принимающего игрока V_0 как функция угла вылета α_0 принимает следующий вид (2):

$$V_0 = \frac{2,21L}{\cos \alpha_0 \sqrt{L \operatorname{tg} \alpha_0 - H}}. \quad (2)$$

Из практических условий проведения игры и математической логики:

– минимальное значение угла вылета α_0 , при котором возможно попадание в точку А

$$\alpha_{\min} > \arctg \frac{H}{L}; \quad (3)$$

– максимальное значение угла вылета α_0 , при котором достигается целевая точность попадания мяча в точку А ограничено реальной высотой потолка в игровом зале

$$y_{\max} = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha_0}{2g}. \quad (4)$$

Анализ функциональной зависимости (2) начальной скорости полета мяча V_0 от угла вылета α_0 (а следовательно, и наклона рук игрока на приеме подачи) проводился в поиске существования минимума функции $V_0 = f(\alpha_0)$ в области действительных решений математической задачи производной функции (2) $f'(\alpha_0) = 0$. Решение поставленной задачи привело к поиску действительных решений трансцендентного уравнения (5), не имеющего аналитического решения в области значений $0 < \alpha_0 < 90^\circ$.

$$\sin^2 \alpha = 0,5 + \frac{H \sin 2 \alpha}{2L}. \quad (5).$$

Предполагая, что оптимальная для связующего высота доводки мяча $H = 2,5$ м, а в реальных пределах игровой площадки $L = 3-10$ м решение уравнения (5) проведено на ЭВМ, в результате которого в зависимости от зоны приема получены оптимальные значения наклона предплечий принимающего игрока, при которых скорость вылета мяча минимальна (рис. 2). Анализ полученных результатов показывает, что для всего диапазона значений $L = 3-10$ м существуют значения углов вылета (наклона предплечий), при которых траектория полета мяча оптимальна с точки зрения минимальности скорости вылета V_0 и скорости в точке передачи V_a . В ряде случаев особый интерес может представлять случай, когда в точке передачи А, вертикальная составляющая скорости V_{ya} обращается в нуль. Это точка траекторий, где мяч как бы «повисает», что создает определенные удобства для пасующего. Время полета T_a не имеет экстремальных значений и в области оптимальных углов α_0 колеблется в пределах 0,9–1,4 с в зависимости от расстояния между принимающим и связующим игроками и может варьироваться за счет наклона предплечий в зависимости от принятой тактики игры, индивидуальных особенностей принимающего и нападающего игроков.

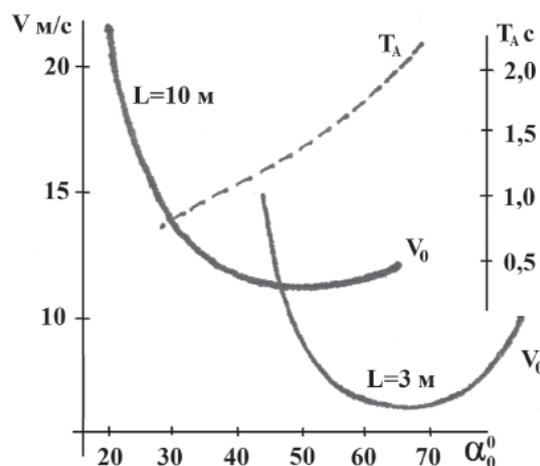


Рис. 2. Оптимальные параметры приема подачи

Рекомендации по устранению технических недостатков

1. Ошибки, связанные с индивидуальными анатомическими особенностями и низким развитием подвижности в суставах, в движениях и положениях, лимитируют технически правильное выполнение приема. Развитие суставной подвижности следует производить:

а) в биологически благоприятном для этого возрасте в ДЮСШ;

б) в общеразвивающих и специализированных упражнениях без мяча;

в) так, чтобы основные характеристики упражнений, положения звеньев, углы движений и положений, направление усилий были бы специализированы для приема в реальных условиях в разных зонах, условиях временного ритма и разных направлениях движений.

2. Причины ошибок относительного положения ног, туловища, плеч и предплечий при выходе к мячу состоят в недостаточном внимании на начальной стадии обучения к правильным стойкам, исходным положениям, перемещениям в имитационных упражнениях без мяча. Незакрепленные прочно, автоматически правильные навыки в реальных игровых ситуациях, при игровом дефиците времени и психологической напряженности ломают ее структуру. Задача принять мяч любой ценой, практически ничего не оставляет от слабо автоматизированных двигательных стереотипов. Основной педагогический принцип – к приему подачи с мячом надо переходить только тогда, когда юный спортсмен готов технически правильно выполнить подготовительные действия, не ломая их рациональной структуры.

3. Ошибки внимания и зрительного контроля связаны с несвоевременным сосредоточением на приеме, а также с недостаточным прямым зрительным контролем за мячом в момент его касания рук. Этот недостаток усугубляется при опускании предплечий ниже коленных суставов, и при недостаточном сгибании ног мяч исчезает из поля периферического зрения. Точку приема следует выбирать так, чтобы мяч, предплечья и дальние зоны у сетки находились в секторе прямого зрения. Эти навыки зрительного контроля необходимо развивать в специализированных имитационных упражнениях, с концентрацией внимания в определенный момент, на определенный сигнал и с прослеживанием движущихся объектов, переводя взгляд в заданной последовательности действий.

4. Недостаточная различительная чувствительность временных микроинтервалов, кинематических и динамических характеристик (усилий, суставных углов, оценка траектории, скорости полета мяча) снижает способность к тонкой дифференцировке усилий, точному расположению звеньев,

оценке временных последовательностей и требует чередования упражнений по методу сближаемых заданий или контрастных действий, с вариациями веса снарядов для игровых манипуляций, выключения зрения и выполнения отдельных технических элементов без зрительного контроля [4].

Список литературы

1. Голомазов С.В. Теоретические основы и методика совершенствования целевой точности двигательных действий: дис. ... д-ра пед. наук; РГАФК. – М., 1996. – 316 с.

2. Елисеев С.В., Марков К.К. Некоторые вопросы динамики колебательного процесса при неустойчивых связях // Механика и процессы управления. – Иркутск, ИрГУПС, 1971. – С. 71–84.

3. Ермаков С.С. Структура основных технических приемов игры в волейбол как система ударных движений: автореф. дис. ... канд. пед. наук; ЦОУЛИФК. – М., 1991. – 23 с.

4. Зацюрский В.М. и др. Биомеханика двигательного аппарата человека. – М.: ФиС, 1981. – 143 с.

5. Иванова Г.П. Биомеханика ударных взаимодействий в спорте: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Рига, 1991. – 29 с.

6. Ивойлов А.В. Волейбол: очерки по биомеханике и методике тренировки. – М.: ФиС, 1981. – 152 с.

7. Клещев Ю.Н., Марков К.К. Волейбол. Книга тренера. – Иркутск, ИрГУПС, 2000. – Том. Часть 2. – 168 с.

8. Коренберг В.Б. Основы качественного биомеханического анализа. – М.: ФиС, 1979. – 208 с.

9. Марков К.К. Педагогические и психологические аспекты деятельности тренера по волейболу в тренировочном и соревновательном процессах: автореф. дис. ... д-ра пед. наук / Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма. – М., 2001. – 48 с.

10. Марков К.К., Николаева О.О. Моделирование физиологических и биомеханических характеристик спортивных скоростно-силовых локомоций // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2006. – № 1. – С. 149–156.

11. Марков К.К., Николаева О.О. Оценка психомоторных характеристик двигательной деятельности юных спортсменов в прыжках в высоту и повышении эффективности их тренировочного процесса // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–11. – С. 2473–2477.

12. Марков К.К., Николаева О.О. Современные направления совершенствования методик обучения двигательным действиям в спорте // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 6–1. – С. 34–38.

13. Марков К.К., Николаева О.О. Теоретический анализ и экспериментальное определение динамических характеристик скоростно-силовых локомоций // Теория и практика физической культуры. – 2007. – № 7. – С. 36–39.

14. Марков К.К., Николаева О.О. Экспериментальные исследования совершенствования психомоторных качеств игроков в современном волейболе // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4; <http://science-education.ru/ru/article/view?id=14476>.

15. Марков К.К., Николаева О.О., Янов В.В. Специальная силовая подготовка в современном волейболе: монография. – Красноярск, КГПУ, 2008. – 140 с.

16. Марков К.К., Пашкова Н.В. Инновационные подходы к обучению двигательным действиям в волейболе на основе теории учебной деятельности // Восток – Россия – Запад. Современные процессы развития физической культуры, спорта и туризма. Состояние и перспективы формирования здорового образа жизни: материалы международного симпозиума. – Красноярск, 2008. – С. 150–156.

17. Марков К.К., Чечев И.С., Николаева О.О. Экспериментальные исследования дифференцирования силовых характеристик ударных действий в кикбоксинге // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4; <http://science-education.ru/ru/article/view?id=9778>.

18. Пановко Я.Г. Введение в теорию механического удара. – М.: Наука, 1977. – 224 с.

19. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Ч. 2. Динамика. – М.: Высшая школа, 1971. – 488 с.