УДК 796.012.534
ББК 75.0
DOI 10.47475/2500-0365-2023-18212

ОЦЕНКА БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКСЦЕНТРИЧЕСКОЙ И КОНЦЕНТРИЧЕСКОЙ ФАЗ ПРЫЖКА CMJAS ВОЛЕЙБОЛИСТОВ

С. В. Седоченко, О. Н. Савинкова, А. В. Черных

Воронежская государственная академия спорта, Воронеж, Россия

Представлен анализ эксцентрической и концентрической фаз прыжка CMJas волейболистов 14—15 лет. Полученные результаты свидетельствуют о низкой высоте прыжка (на левой ноге — 24,64 см, на правой ноге — 25,06 см, на двух ногах — 36,93 см). Биомеханические характеристики эксцентрической и концентрической фаз достоверно отличались. Проведенный сравнительный анализ показал, что для выполнения эксцентрической фазы прыжка (подсед на одной или двух ногах) затрачивается значительно меньшая мощность (на одной ноге ≈90 %, двух ногах ≈52 %), что обусловлено уступающим режимом. Корреляционный анализ показал, что расстояние перемещения в эксцентрической фазе прыжка обусловлено преимущественно мощностью и скоростью данной фазы, а концентрическая фаза предполагает учет техники (способа) выполнения и высокую дифференциацию связанных с этим характеристик.

Ключевые слова: *волейболисты, биомеханические показатели, прыжковые характеристики, эксцентрическая фаза прыжка, концентрическая фаза прыжка.*

Актуальность. Исследователями признано, что прыжок — это цикл плиометрического растяжения-сокращения мышечно-сухожильного аппарата, то есть эксцентрической фазы (переход из исходного положения в присед), уступающий режим, когда мышца удлиняется, и концентрической фазы, представляющей мышечное сокращение (выпрямление ног при толчке перед прыжком до отрыва ног от опоры), преодолевающий режим. Российскими учеными доказано, что одним из компонентов, обеспечивающих скоростно-силовые возможности, является реактивная способность нервно-мышечного аппарата, характеризующаяся эффективным и быстрым переключением мышечных усилий от эксцентрического режима работы к концентрическому [6].

Выявлено, что максимальная концентрическая мышечная работоспособность в скоростно-силовых движениях достигается нервно-мышечным паттерном активности, начинается синхронизированно с началом стрейч-рефлекса и зависит от сопряжения миоэлектрической потенции стрейч-рефлекса с накоплением и рекуперацией эластической энергии в поперечных актино-миозиновых мостиках [4]. Уменьшить временной разрыв между эксцентрическими и концентрическими движениями у центрфорвардов студенческой баскетбольной команды [7], а также пауэрлифтеров возможно посредством плиометрической тренировки [5].

Комплексное воздействие средств и методов, опирающихся на трехфазный тренинг (тренировки эксцентрической, изометрической и концентрической фаз движения), улучшает скоростно-силовые способности (взрывную силу мышц, скорость) игроков сборной команды ГАУ Северного Зауралья по волейболу [3].

Дзюдоисты и студенты института физкультуры, специализирующиеся в беге на среднюю дистанцию, продемонстрировали в эксцентрическом режиме высокую скорость и мощность нарастания усилий в икроножной и ягодичной мышцах, а в концентрическом и изометрическом режимах значения данных параметров ниже [2].

Результаты, полученные зарубежными исследователями при оценке вертикального прыжка из приседа у не тренирующихся мужчин, показали увеличение силы разгибания ног, скорости и высоты прыжка после плиометрической тренировки. Также было выявлено увеличение электрической мышечной активации испытуемых [14].

Авторы установили, что ключевым фактором, определяющим значение скорости и высоты прыжка, является способность использовать потенциальную упругую энергию, скорость и силу мышечного сокращения в процессе цикла растяжение-укорачивание [12]. Выявлены статистически достоверные различия биомеханических характеристик при прыжках на правой и левой ногах у неспортсменов [11].

Установлена взаимосвязь между переменными кривой силы и времени эксцентрической и концентрической фаз с высотой прыжка, также доказано,

что относительная пиковая мощность и средняя мощность концентрической фазы могут существенно повлиять на высоту прыжка [9]. При изучении прыжковых движений выявлено увеличение эксцентрической силы при выполнении прыжков с отягощением [8].

Проведенный метаанализ исследовательских статей показал, что при оценке прыжковых параметров CMJ наиболее информативно пользоваться среднестатистическими данными высоты для оценки усталости, а значениями пиковой и средней мощности, пиковой скорости и силы, среднего импульса и мощности — для оценки суперкомпенсации [10]. У спортсменов-баскетболистов при повторных прыжках из приседа (RSJ) на одной ноге выявленные кинематические паттерны указывали на то, что для увеличения высоты прыжка необходимо выполнять заход на прыжок не с максимальной, а с предпочтительной скоростью и на доминантной конечности [13]. Волейболисты продемонстрировали наличие влияния взмаха рук на характеристики высоты и силы при ускорении вертикального прыжка с контрдвижением [15].

Многочисленные исследования биомеханических параметров прыжков рассмотрены с разных точек зрения, но сравнительная оценка эксцентрической и концентрической фаз прыжков, выполненных на двух ногах и на правой и левой в отдельности, для волейболистов в доступной литературе не найдено, что и послужило целью нашего исследования.

Задачи исследования:

1. На основе изучения состояния вопроса в литературных источниках обосновать эффективность применения ПАК Musclelab 4020e для изучения параметров биомеханического паттерна прыжка Counter movement jump with arm swing (CMJas).

2. С помощью мониторинга биомеханических параметров прыжка CMJas определить прыжковые характеристики концентрической и эксцентрической фаз прыжка волейболистов 14—15 лет.

3. Обосновать информативность контроля параметров концентрической и эксцентрической фаз прыжка CMJas с целью повышения эффективности тренировочного процесса посредством обобщения полученных биомеханических данных волейболистов.

Материалы и методы исследования. Для оценки биомеханических характеристик эксцентрической и концентрической фаз прыжка применялся линейный датчик ПАК Musclelab 4020e. Проводился тест по оценке мощности, силы и скорости прыжка.

Спортсмены выполняли модифицированный максимальный прыжок Counter movement jump with arm swing (CMJas), начиная с прямых ног с естественным подседом перед выпрыгиванием и с взмахом рук в момент прыжка.

Оценивались биомеханические характеристики каждой конечности и обеих ног спортсменов в эксцентрическом и концентрическом режимах. Изучались отдельно для каждой ноги и для двух ног (режим концентрический/эксцентрический) следующие параметры: AP (Вт) — средняя мощность, измеренная в ваттах (концентрическая фаза (к)), AF (N) — средняя сила, измеренная в ньютонах (к), D (см) — расстояние перемещения, измеренное в см (к), AV (м/с) — средняя скорость, измеренная в м/с (к), pV (м/с) — пиковая скорость, измеренная в м/с (к), tpV (с) — время достижения пиковой скорости, измеренное в секундах (к), t (с) — время, измеренное в секундах (к); tn (с) — время, (эксцентрическая фаза (э)), Dn (см) — расстояние перемещения, (э), APn (Вт) — средняя мощность, (э), AVn (м/с) — средняя скорость, (э), AFn (N) — средняя сила, (э).

Результаты исследования и их обсуждение. В эксперименте принимали участие волейболисты (n = 10), в возрасте 14—15 лет, вес 57,5 ± 2,6 кг, рост 166,7 ± 3,01 см. Эксперимент проводился в начале тренировочного периода. Засчитывались пять лучших попыток каждого вида прыжков, то есть в обработку принято 15 прыжков каждого из 10 волейболистов, и статистически обработано всего 150 попыток.

Два параметра, измеряемых только в концентрическом режиме, составили: пиковая скорость pV(m/s) для левой ноги 1,94 ± 0,02, для правой 1,96 ± 0,03, для двух ног 2,93 ± 0,03; и время пиковой скорости tpV(s) для левой ноги 0,34 ± 0,01, для правой 0,34 ± 0,01, для двух ног 0,35 ± 0,01. Остальные изучаемые параметры представлены в таблице (с. 72).

В таблице представлены биомеханические характеристики эксцентрической и концентрической фаз прыжков волейболистов. Учитывая, что эксцентрическая фаза предполагает так называемую «отрицательную» работу (присед), полученное расстояние перемещения этой фазы необходимо вычесть из аналогичного параметра концентрической для расчета высоты прыжка.

Биомеханические параметры прыжкового тестирования волейболистов (N = 10) (режим концентрический/эксцентрический)

Режим концентрический					
	AP [W]	AF [N]	D [cm]	AV [m/s]	t [s]
Левая нога	4,81 ± 0,08	5,68 ± 0,02	47,14 ± 1,08	0,85 ± 0,01	0,56 ± 0,01
Правая нога	4,95 ± 0,09	5,72 ± 0,03	47,79 ± 1,21	0,86 ± 0,01	0,56 ± 0,01
На двух ногах	7,91 ± 0,16	5,98 ± 0,03	81,96 ± 1,06	1,32 ± 0,02	0,63 ± 0,01
Режим эксцентрический					
	APn [W]	AFn [N]	Dn [cm]	AVn [m/s]	tn [s]
Левая нога	2,57 ± 0,17*	5,43 ± 0,04*	22,50 ± 0,92*	0,46 ± 0,03*	0,56 ± 0,02
Правая нога	2,57 ± 0,16*	5,45 ± 0,05*	22,73 ± 0,89*	0,46 ± 0,03*	0,59 ± 0,03
На двух ногах	5,21 ± 0,32*	5,83 ± 0,06*	45,03 ± 2,29*	0,87 ± 0,05*	0,54 ± 0,02*

* Наличие достоверного отличия при критическом значении *t*-критерия Стьюдента = 1,987 при уровне значимости α = 0,05.

$$h = D - Dn \quad (1)$$

Путем несложных математических вычислений получаем высоту прыжка: на левой ноге 24,64 см, на правой ноге 25,06 см, а на двух ногах 36,93 см.

Проведен сравнительный анализ с результатами, полученными учеными, тестировавшими волейболистов разного уровня и в разных тренировочных периодах, выполнявших аналогичное тестирование на двух ногах [1. С. 61]. Можно заключить, что нами получены низкие показатели высоты прыжка волейболистов в оцениваемом периоде.

Также в таблице показаны высокие значения *t*-критерия Стьюдента, подтверждающие достоверность значительных отличий фазы концентрик/эксцентрик в показателях: мощности, силы, скорости и перемещения — как для каждой конечности, так и для двух одновременно, а также в показателе времени при работе обеих ног. Исключение составили только временные характеристики отдельно для правой и левой конечности.

Сравнительный анализ полученных биомеханических прыжковых характеристик выявил высокий процент отличия значений в концентрической и эксцентрической фазах (рис. 1).

В показателях средней мощности в концентрической фазе на 87 % для левой ноги, на 92 % для правой ноги и на ≈52 % для обеих ног выше, чем в эксцентрической фазе. Средняя сила на ≈4,7 % для каждой конечности и на 2,5 % для обеих ног также была выше в концентрической фазе. Ту же тенденцию имели значения расстояния перемещения на ≈110 % для каждой ноги и на 37,6 % для обеих ног, а также средней скорости — выше в среднем на ≈85,8 % для каждой ноги и на 86,9 % для обеих ног. И только временные характеристики имели разнонаправленную динамику отличий: для левой ноги они были равны в прыжковых фазах, для правой ноги в эксцентрической фазе потребовалось на 5,08 % времени меньше, чем в концентрической фазе, а при толчке двумя ногами времени в концентрической фазе затрачено на 16,6 % больше, чем в эксцентрической.

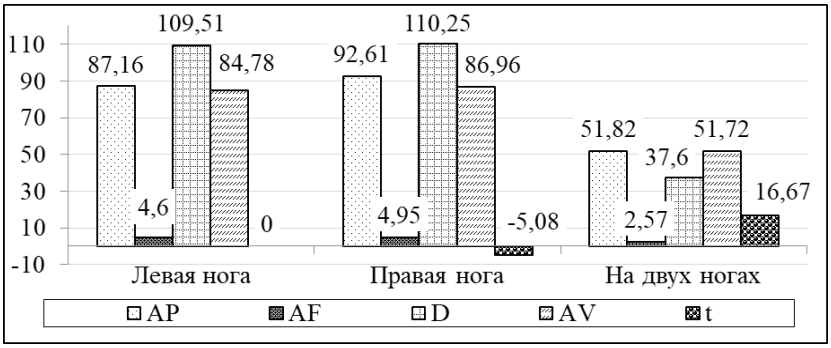

Рис. 1. Процент отличия параметров концентрической и эксцентрической фаз прыжка

Проведенный нами корреляционный анализ выявил, что расстояние (D) концентрической фазы прыжка левой ноги имеет среднюю прямую взаимосвязь со средней мощностью (AP) (r = 0,5), средней скоростью (AV) (r = 0,62), пиковой скоростью (pV) (r = 0,59), временем пиковой скорости (tp) (r = 0,59), временем концентрической фазы (t) (r = 0,5) (рис. 2).

При оценке параметра перемещения (D) для прыжка на двух ногах в концентрической фазе выявлена взаимосвязь (от средней до высокой степени) со средней мощностью (AP) (r = 0,72), средней силой (AF) (r = 0,5), средней скоростью (AV) (r = 0,77), пиковой скоростью (pV) (r = 0,66) (рис. 2).

Расстояние перемещения (D) для прыжка на правой ноге в концентрической фазе коррелировало (от средней до высокой степени) только с пиковой скоростью (pV) (r = 0,69), временем пиковой скорости (tp) (r = 0,59), временем концентрической фазы (t) (r = 0,77).

В эксцентрической фазе (Dn) выявлена зависимость (как и в левой ноге) со средней мощностью (APn) (r = 0,55), средней скоростью (AVn) (r = 0,6) (рис. 3). Также установлена высокая зависимость Dn только от средней эксцентрической мощности (APn) (r = 0,65), средней скорости (AVn) (э) (r = 0,7).

В пробе «прыжок на двух ногах» выявлена высокая зависимость Dn от времени концентрической фазы (t) (r = 0,56), средней мощности (APn) (r = 0,73), средней скорости (AVn) (r = 0,78) (рис. 3).

Таким образом, высота эксцентрической фазы (Dn) прыжка на одной ноге (левой или правой) коррелирует со средней мощностью и средней скоростью эксцентрической фазы прыжка, а при выполнении на двух ногах зависит не только от тех же параметров, но и от времени концентрической фазы прыжка.

Высота концентрической фазы (D) прыжка зависит прежде всего от способа выполнения: для прыжка на левой ноге — взаимосвязь со всеми параметрами концентрической фазы, кроме средней силы; для правой ноги — корреляция с пиковой скоростью, временем фазы и временем пиковой скорости; для реализации прыжка на двух ногах — зависимость от средней силы и мощности, а также от средней и пиковой скорости данной фазы.

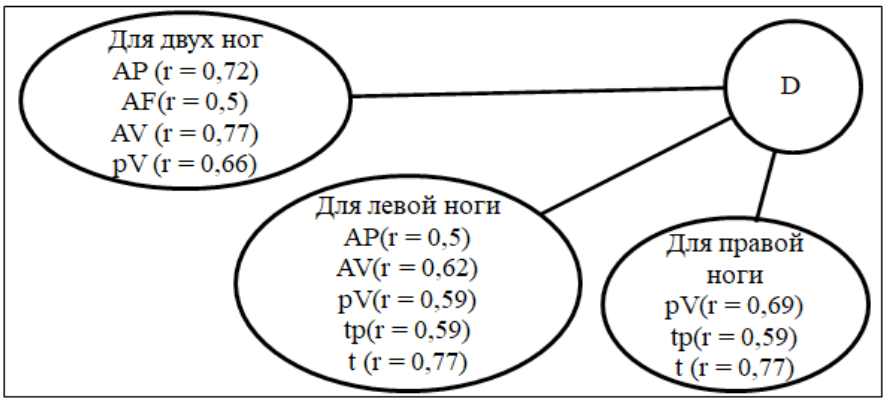

Рис. 2. Корреляционная взаимосвязь высоты прыжка (D) в концентрической фазе в зависимости от способа выполнения прыжка

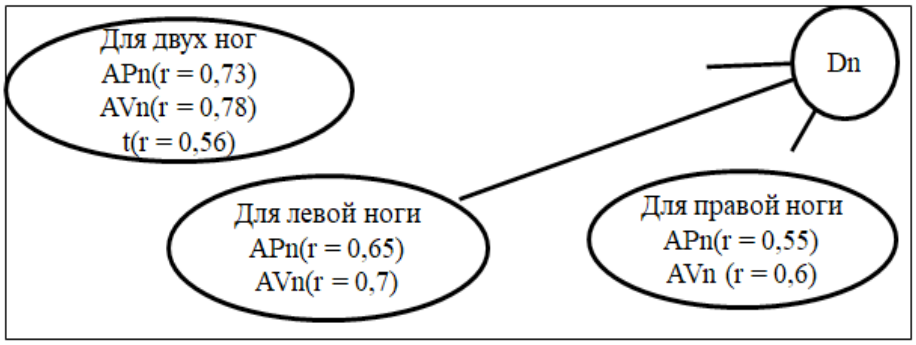

Рис. 3. Корреляционная взаимосвязь глубины подседа (Dn) в эксцентрической фазе в зависимости от способа выполнения прыжка

Выводы. Таким образом, исходя из обсуждаемых выше данных, можно заключить, что:

— получены низкие показатели высоты прыжка волейболистов (на левой ноге 24,64 см, на правой ноге 25,06 см, а на двух ногах 36,93 см) в оцениваемом тренировочном периоде;

— выявлены достоверные различия концентрической и эксцентрической фаз прыжка в характеистиках мощности, силы, скорости и перемещения при выполнении прыжка с подседом и взмахом рук на одной и на двух конечностях. Время, затраченное на выполнение прыжкового теста, достоверно отличалось в фазах концентрик/эксцентрик только для теста с отталкиванием двумя ногами;

— проведенный сравнительный анализ показал, что для выполнения эксцентрической фазы прыжка (подсед на одной или двух ногах) затрачивается значительно меньшая мощность (на одной ноге ≈90 %, на двух ногах ≈52 %), что обусловлено уступающим режимом. Скорость (на одной ноге ≈85,8 %, на двух — 86,9 %) и расстояние перемещения (на одной ноге ≈110 %, на двух — 37,6 %) также имели значения значительно более низкие в сравнении с концентрической фазой. Процентный показатель отличий средней силы в эксцентрической фазе был не столь высоким (на одной ноге ≈4,7 %, на двух — 2,5 %). Временные рамки выполнения эксцентрической фазы имели разнонаправленный невысокий сравнительный процент (левая нога 0 %, правая –5,08, две ноги 16,67 %). Таким образом, продемонстрирована значительность разницы концентрической и эксцентрической фаз прыжка в параметрах мощности, расстояния перемещения и скорости. Невысокий процент отличия зафиксирован в значениях силы, а также разнонаправленный в показателе времени;

— корреляционный анализ показал, что расстояние перемещения в эксцентрической фазе прыжка обусловлено преимущественно мощностью и скоростью данной фазы, а концентрическая фаза предполагает учет техники (способа) выполнения и высокую дифференциацию связанных характеристик.

Список литературы

1. Воронов, А. В. Методическое пособие по работе с аппаратно-программными комплексами Musclelab 4000e и 4020e / А. В. Воронов. — М.: ВНИИФК, 2007. — 102 с.

2. Мамий, А. Р. Проявление скоростно-силовых способностей при различных режимах сокращения мышц нижних конечностей / А. Р. Мамий // Вестник Адыгейского государственного университета. — 2006. — № 1. — С. 283—285.

3. Миних, М. И. Скоростно-силовая подготовка спортсменов сборной команды ГАУ Северного Зауралья по волейболу / М. И. Миних, Т. Г. Котова // Ученые записки университета Лесгафта. — 2019. — № 6 (172). — С. 169—172.

4. Наков, Л. К. Накопление и рекуперация энергии упругой деформации в мышечных и сухожильных структурах при выполнении скоростно-силовых упражнений: автореф. дис. … канд. пед. наук / Л. К. Наков. — М., 1990. — 24 с.

5. Никулин, И. Н. Силовая подготовка высококвалифицированного пауэрлифтера в подготовительный период / И. Н. Никулин, А. С. Григорян // Academy. — 2019. — № 6 (45). — С. 85—86.

6. Семенов, В. Г. Инновационная методика оценки способности быстроты переключения от уступающей работы мышц к преодолевающей при отталкивании от опоры / В. Г. Семенов, В. А. Смольянов // Ученые записки университета Лесгафта. — 2012. — № 4 (86). — С. 128—133

7. Яворская, Е. Е. Программа повышения мощности центровых игроков студенческой команды / Е. Е. Яворская, Ю. А. Кретов, Ю. А. Дьяченко // Ученые записки университета Лесгафта. — 2016. — № 12 (142). — С. 175—180.

8. Aboodarda, S. J. Eccentric and concentric jumping performance during augmented jumps with elastic resistance: a meta-analysis / S. J. Aboodarda, Ph. Page, D. Behm // International Journal of Sports Physical Therapy. — 2015. — Vol. 10 (6).

9. Stretch-Shortening Cycle in Countermovement Jump: Exclusive Review of Force-Time Curve Variables in Eccentric and Concentric Phases / M. Cheraghi, J. Sarvestan, M. Sebyani, E. Shirzad // Preprints. — 2017. — DOI: 10.20944/preprints201708.0070.v1.

10. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis / J. G. Claudino, J. Cronin, B. Mezêncio, D. T. McMaster, M. McGuigan, V. Tricoli, A. C. Amadio, J. C. Serrão // Journal of Science and Medicine in Sport. — 2017. — Vol. 20 (4). — P. 397—402. — DOI: 10.1016/j.jsams.2016.08.011.

11. Biomechanical characteristics of the jump down of healthy subjects and patients with knee injuries / A. Melińska, A. Czamara, Ł. Szuba, R. Będziński // Acta of Bioengineering and Biomechanics. — 2015. — Vol. 17 (2). — P. 111—120. — PMID: 26399447.

12. Struzik, A. Biomechanical Characteristics of the Countermovement Jump / A. Struzik // Measuring Leg Stiffness During Vertical Jumps. Springer, Cham. Biomedical and Life Sciences. — 2019. — P. 9—18. — DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-31794-2_2.

13. Biomechanical characteristics of single leg jump in collegiate basketball players based on approach technique / W. Tai, H. Peng, J. Lin, S. Lo, H. Yu, J. Huang // Applied Bio-

mechanics in Sport, Rehabilitation and Ergonomy. — 2020. — Vol. 10 (1). — DOI: https://doi.org/10.3390/app10010309.

14. Effects of Eccentric Phase Velocity of Plyometric Training on the Vertical Jump / H. Toumi, T. M. Best, A. Martin, S. F. Guyer, G. Poumarat // International Journal of Sports Medicine. — 2004. — Vol. 25 (5). — P. 391—398. — DOI: 10.1055/s-2004-815843.

15. Effect of an Arm Swing on Countermovement Vertical Jump Performance in Elite Volleyball Players: Final / F. Vaverka, D. Jandačka, D. Zahradník, J. Uchytil, R. Farana, M. Supej, J. Vodičar // Journal of human kinetics. — 2016. — Vol. 53 (1). — P. 41—50. DOI: 10.1515/hukin-2016-0009.

Поступила в редакцию 18 апреля 2022 года.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Седоченко, С. В. Оценка биомеханических характеристик эксцентрической и концентрической фаз прыжка CMJas волейболистов / С. В. Седоченко, О. Н. Савинкова, А. В. Черных // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. — 2023. — Т. 8, № 2. — С. 70—76.

Сведения об авторах

Седоченко Светлана Владимировна — кандидат педагогических наук, доцент кафедры теории и методики физической культуры, педагогики и психологии, ведущий научный сотрудник. Воронежская государственная академия спорта. Воронеж, Россия. **ORCID ID:** 0000-0002-2509-3704. **E-mail:** 02051970@mail.ru

Савинкова Ольга Николаевна — кандидат педагогических наук, доцент кафедры теории и методики физической культуры, педагогики и психологии, проректор по научно-исследовательской деятельности. Воронежская государственная академия спорта. Воронеж, Россия. **ORCID ID:** 0000-0002-1147-0070. **E-mail:** nauka.vgifk@mail.ru

Черных Анна Витальевна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры медико-биологических, естественно-научных и математических дисциплин. Воронежская государственная академия спорта. Воронеж, Россия. **ORCID ID:** 0000-0001-6218-996X. **SPIN-код:** 3673-5737. **Author ID:** 851347. **E-mail:** annaavilova@mail.ru

PHYSICAL CULTURE. SPORT. TOURISM. MOTOR RECREATION
2023, vol. 8, no. 2, pp. 70—76.

Estimation of biomechanical characteristics of eccentric and concentric phases of the jump of CMJAS volleyball players

Sedochenko S.V.[1], Savinkova O.N.[2], Chernykh A.N.[3]
Voronezh State Academy of Sports, Voronezh, Russia
[1]ORCID iD: 0000-0002-2509-3704. E-mail: 02051970@mail.ru
[2]ORCID iD: 0000-0002-1147-0070. E-mail: nauka.vgifk@mail.ru
[3]ORCID iD: 0000-0001-6218-996X. E-mail: annaavilova@mail.ru

The analysis of the eccentric and concentric phases of the CMJas jump of volleyball players aged 14—15 years after a long absence of specific training is presented. The results obtained indicate a low jump height (on the left leg 24.64 cm, on the right leg 25.06 cm, and on two legs 36.93 cm). The biomechanical characteristics of the eccentric and concentric phases were significantly different. A particularly significant difference in the variables was found in the parameters of power, travel distance and speed. A low percentage of difference is recorded in the values of force, as well as multidirectional in the indicator of time. The carried out comparative analysis showed that to perform the eccentric phase of the jump (squat on one or two legs) much less power is spent (on one leg — 90 %, on two legs — 52 %), which is due to the inferior regime. The speed (on one leg — 85.8 %, on two — 86.9 %) and distance of movement (on one leg — ≈110 %, on two — 37.6 %) also had significantly lower values in comparison with the concentric phase. The percentage of differences in average strength in the eccentric phase was not so high (on one leg — 4.7 %, on two — 2.5 %). The time frames for performing the eccentric phase had a multidirectional, low comparative percentage (left leg 0 %, right leg — 5.08, two legs 16.67 %). Thus, the significant difference between the concentric and eccentric phases of the jump in the parameters of power,

distance of movement and speed was demonstrated. A low percentage of difference is recorded in the values of\ force, as well as multidirectional in the indicator of time. Correlation analysis showed that the distance of movement in the eccentric phase of the jump is mainly due to the power and speed of this phase, and the concentric phase involves taking into account the technique (method) of execution and a high differentiation of the characteristics associated with this.

Keywords: *volleyball players, biomechanical indicators, jumping characteristics, eccentric phase of the jump, concentric phase of the jump.*

References

1. Voronov A. V. *Metodicheskoye posobiye po rabote s apparatno-programmnymi kompleksami Musclelab 4000e i 4020e* [Methodological guide for working with Musclelab 4000s and 4020s hardware-software complexes]. Moscow, 2007. 102 p. (In Russ.).

2. Mamiy A. R. Proyavleniye skorostno-silovykh sposobnostey pri razlichnykh rezhimakh sokrashcheniya myshts nizhnikh konechnostey [The manifestation of speed-strength abilities in various modes of contraction of the muscles of the lower extremities]. *Vestnik Adygeyskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Adyghe State University], 2006, no. 1, pp. 283—285. (In Russ.).

3. Minikh M. I., Kotova T. G. Skorostno-silovaya podgotovka sportsmenov sbornoy komandy GAU Severnogo Zauralya po voleybolu [Speed-strength training of athletes of the national team of the Northern Trans-Urals GAU in volleyball]. *Uchenyye zapiski universiteta Lesgafta* [Scientific notes of the University of Lesgaft], 2019, no. 6 (172), pp. 169—172. (In Russ.).

4. Nakov L. K. *Nakopleniye i rekuperatsiya energii uprugoy deformatsii v myshechnykh i sukhozhil'nykh strukturakh pri vypolnenii skorostno-silovykh uprazhneniy: avtoref. diss. ... cand. ped. nauk* [Accumulation and recuperation of elastic deformation energy in muscle and tendon structures when performing speed-strength exercises. Abstract of thesis]. Moscow, 1990. (In Russ.).

5. Nikulin I. N., Grigoryan A. S. Silovaya podgotovka vysokokvalifitsirovannogo pauerliftera v podgotovitel'nyy period [Strength training of a highly qualified powerlifter during the preparatory period]. *Academy* [Academy], 2019, no. 6 (45), pp. 85—86. (In Russ.).

6. Semenov V. G., Smolyanov V. A. nnovatsionnaya metodika otsenki sposobnosti bystroty pereklyucheniya ot ustupayushchey raboty myshts k preodolevayushchey pri ottalkivanii ot opory [Innovative method for assessing the ability to quickly switch from inferior muscle work to overcoming muscle work during repulsion from the support]. *Uchenyye zapiski universiteta Lesgafta* [Scientific notes of the University of Lesgaft], 2012, no. 4 (86), pp. 128—133. (In Russ.).

7. Yavorskaya E. E., Kretov Yu.A., D'yachenko Yu. A. Programma povysheniya moshchnosti tsentrovykh igrokov studencheskoy komandy [The program for increasing the power of center players of the student team]. *Uchenyye zapiski universiteta Lesgafta* [Scientific notes of the University of Lesgaft], 2016, no. 12 (142), pp. 175—180. (In Russ.).

8. Aboodarda S. J., Page Ph., Behm D. Eccentric and concentric jumping performance during augmented jumps with elastic resistance: a meta-analysis. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 2015, vol. 10 (6).

9. Cheraghi M., Sarvestan J., Sebyani M., Shirzad E. Stretch-Shortening Cycle in Countermovement Jump: Exclusive Review of Force-Time Curve Variables in Eccentric and Concentric Phases, *Preprints*, 2017. DOI: 10.20944/preprints201708.0070.v1.

10. Claudino J. G., Cronin J., Mezêncio B., McMaster D. T., McGuigan M., Tricoli V., Amadio A. C., Serrão J. C. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2017, Vol. 20 (4), pp. 397—402. DOI: 10.1016/j.jsams.2016.08.011.

11. Melińska, A., Czamara A., Szuba Ł., Będziński R. Biomechanical characteristics of the jump down of healthy subjects and patients with knee injuries. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 2015, vol. 17 (2), pp. 111—120. (PMID: 26399447).

12. Struzik A. Biomechanical characteristics of the countermovement jump. in: measuring leg stiffness during vertical jumps. springer, cham, *Biomedical and Life Sciences*,2019, pp. 9—18. DOI: 10.1007/978-3-030—31794-2_2.

13. Tai W., Peng H., Lin J., Lo S., Yu H., Huang J. Biomechanical characteristics of single leg jump in collegiate basketball players based on approach technique. *Applied Biomechanics in Sport, Rehabilitation and Ergonomy*, 2020, vol. 10 (1), pp. 309. DOI: 10.3390/app10010309.

14. Toumi H., Best T. M., Martin A., Guyer S. F., Poumarat G. Effects of Eccentric Phase Velocity of Plyometric Training on the Vertical Jump. *International Journal of Sports Medicine*, 2004, vol. 25 (5), pp. 391—398. DOI: 10.1055/s-2004-815843.

15. Vaverka F., Jandačka D., Zahradník D., Uchytil J., Farana R., Supej M., Vodičar J. Effect of an Arm Swing on Countermovement Vertical Jump Performance in Elite Volleyball Players: Final. *Journal of human kinetics*, 2016, vol. 53 (1), pp. 41—50. DOI: 10.1515/hukin-2016-0009.

Это произведение доступно по лицензии Creative Commons «Attribution-NonCommercial» («Атрибуция — Некоммерческое использование») 4.0 Всемирная — https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/