

## РОЗДІЛ IV. ПРОБЛЕМИ ЗАГАЛЬНОЇ ПЕДАГОГІКИ

УДК 796.015.1:796.012.414.6

**Константин Бондаренко**

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины  
ORCID ID 0000-0001-7383-7790

**Алла Бондаренко**

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины  
ORCID ID 0000-0002-0566-0660

**Анастасия Никитина**

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины  
ORCID ID 0000-0002-6836-8579

DOI 10.24139/2312-5993/2020.02/327-336

### ИЗМЕНЕНИЕ ТЕХНИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРЫЖКА В ШПАГАТ В ПРОЦЕССЕ ТРЕНИРОВОЧНОГО ЗАНЯТИЯ

*Целью исследования явилось определение эффективности обучения специальным гимнастическим упражнениям на основе биомеханического анализа движения. Для решения поставленной цели использовался метод позных ориентиров движения и метод миометрии. Выявлены основные параметры мышечного тонуса, эластичность скелетных мышц, уровень силового потенциала и эффективность мышечной работы. Определены количественные параметры серийности выполнения специального упражнения. Параметры функционального состояния скелетных мышц позволили оценить их вклад в обеспечение результативности гимнастического упражнения.*

**Ключевые слова:** *граничные положения, скелетные мышцы, функциональное состояние, физические упражнения.*

**Постановка проблемы.** Эффективность спортивной подготовки обусловлена обратной связью между качественными и количественными параметрами нагрузочной деятельности и ответной реакцией скелетных мышц на объёмы и интенсивность применяемых упражнений. Это даёт возможность повысить роль индивидуального контроля за выполнением движений и обеспечить коррекцию тренировочной деятельности на основании индивидуального восприятия скелетными мышцами нагрузок различной направленности.

**Анализ актуальных исследований.** Структура подготовки спортсменов во многом зависит от правильности выстраивания двигательных действий. Основой тренировочного процесса является рационализация движений на основе кинематических характеристик (Bruggeman, 1994; Voloban et al., 2007; Бондаренко и Волкова, 2019). Наиболее рациональные траектории движений и создание необходимых усилий – основа освоения сложно координатных движений в различных видах спорта (McNitt-Gray, 2001; Bondarenko & Khikhluha, 2017). Рациональная биодинамика движений строится на основании разделения на части, фазы, стадии или узловые элементы (Sands, 2001; Бондаренко, 2019). Каждый из этих узловых

элементов определяется педагогической задачей и структурой изменения траекторий движения и усилий. Эти задачи являются структурным элементом программы овладения двигательными действиями.

Программирование тренировочной деятельности на основе функционального состояния управляющих систем организма определяет характер объёма и интенсивности тренировочных воздействий (Madzharov, 2019). Наиболее важной системой обеспечения движения являются функциональные возможности скелетных мышц (Бондаренко и Кобец, 2010). Эта система лежит в основе подготовки спортсменов, чья спортивная деятельность первоочерёдно зависит от качества параметров движений и взаимодействия звеньев тела в результирующем действии (Хихлуха и Бондаренко, 2019).

Изменение траекторий движения и генерация силовых параметров скелетных мышц определяется механизмом адаптации к предлагаемой физической нагрузке (Самсонова и Борисевич, 2017). Изменение техники выполняемых упражнений во многом зависит от исходного уровня тонуса и эластичности скелетных мышц, а также, эффективности мышечной деятельности.

**Цель** – определение эффективности обучения специальным гимнастическим упражнениям на основе биомеханического анализа движения.

**Методы исследования.** В исследовании приняли участие 9 спортсменов, занимающихся гимнастикой и имеющих спортивную квалификацию «кандидат в мастера спорта». В одном тренировочном занятии гимнастики серийно выполняли упражнение «прыжок в шпагат». В исследовании осуществлялась биомеханическая оценка движения с определением оптимальных диапазонов суставных положений звеньев. Фиксировалось изменение позных элементов упражнения с течением времени под воздействием физических нагрузок. Определялся характер восприятия скелетными мышцами нагрузочных воздействий. Была выявлена во времени динамика функционального состояния в скелетных мышцах.

Биомеханический анализ выполнения гимнастических движений осуществлялся в научно-исследовательской лаборатории физической культуры и спорта учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины». Видеосъёмка выполнялась в течении тренировочного занятия с помощью цифровой видеокамеры «Fastvideo-200» со скоростью 200 к/с и разрешением 640x480 пикселей. Обработка видеogramм осуществлялась с помощью программного обеспечения «KinoVea». В качестве основного метода исследования использовался метод позных ориентиров движений, позволивший выделить граничные и ряд мультипликационных положений (Бондаренко и Волкова, 2019).

Параметры адекватности применения физических нагрузок на занятии определялись:

- на основаниии реакции скелетных мышц на предлагаемую нагрузку;
- по скорости восстановления функционального состояния скелетных мышц по окончании выполнения физических нагрузок.

Функциональное состояние скелетных мышц контролировалось методом миометрии (Вайн, 2002) и интерпретировались с учётом механизмов адаптации мышечной деятельности (Черноус и др., 2009).

**Изложение основного материала.** Прыжок в шпагат является структурным обязательным элементом в вольных упражнениях и упражнениях на бревне. Кроме того, он является базовым элементом при обучении разновидностям гимнастических упражнений, выполняемых при прыжках с амплитудным разведением ног.

Обучение данному гимнастическому упражнению осуществляется с учётом позных положений, а именно: связанных с разбегом или подскоком на месте подготовительных движений, отталкиванием от опоры двумя ногами или одной, образование заданной формы движения с фиксацией позы и мягким приземлением в полуприсед с первоначальной опорой на носки. Основополагающим критерием правильности выполняемого упражнения является положение тела, при котором достигается угол  $180^\circ$  между бедрами ног при фиксации позы.

В качестве позных ориентиров движения нами были выделены следующие узловые положения: исходное положение (ИП), пусковое положение (ПП), конечное положение (КП) и ряд мультипликационных положений (МП), в зависимости от педагогической задачи выполняемого действия (рис. 1).

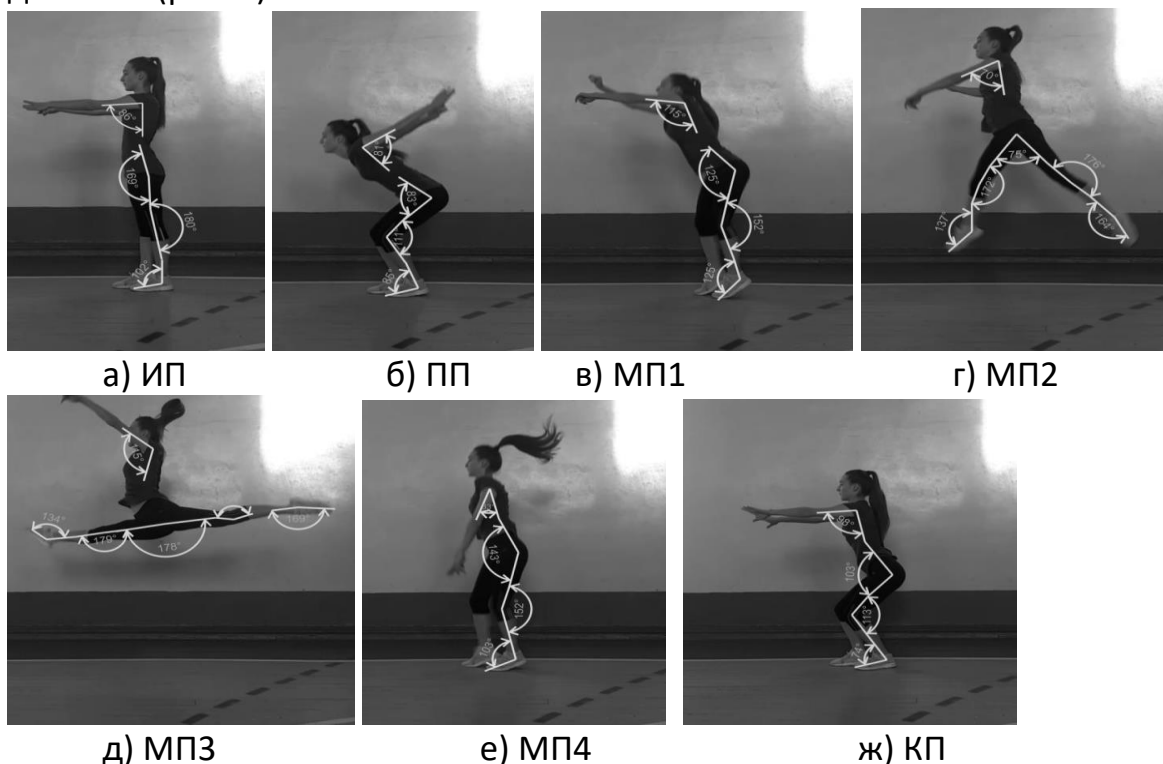


Рис. 1. Позные элементы прыжка в шпагат

Расположение звеньев тела гимнастки в исходном положении (рис. 1а) характеризуется стойкой ноги вместе, руки вперед параллельно опоре. Диапазон суставных углов для биокинематических пар составляет: туловище-рука  $86-90^\circ$ , туловище-бедро  $169-173^\circ$ , бедро-голень  $177-180^\circ$ , голень-стопа  $90-102^\circ$ .

Пусковое положение (рис. 1б) характеризуется положением приседа. Особенностью позы является жёсткая фиксация стопы на опоре, несколько прогнутое положение туловища и разгибание головы в атланта-затылочном сочленении. Основная нагрузка в данном позном положении осуществляется мышцами антагонистами – сгибателями стопы, разгибателями голени, бедра, туловища и головы. За счёт их напряжения выполняется уступающая работа при дистальной опоре. Для обеспечения последующего движения, в данном положении гимнаст обеспечивает опускание общего центра масс тела (ОЦМт). При этом происходит предварительное растягивание мышц для последующего более сильного сокращения в момент отталкивания. Следует учитывать, что задержка в данном положении может привести к возникновению релаксации в скелетной мышце, характеризующейся быстрым снижением силы при неизменной её длине.

Параметры суставных углов находятся в диапазоне: туловище-рука  $74-81^\circ$ , туловище-бедро  $81-83^\circ$ , бедро-голень  $111-120^\circ$ , голень-стопа  $85-91^\circ$ .

Первое мультипликационное положение (рис. 1в) определяется моментом отталкивания двумя ногами от опоры. Основную роль в движении берут на себя сгибатели стопы, разгибатели в коленном и тазобедренном суставах, разгибатели позвоночника. В момент отталкивания происходит напряжение всех мышечных групп, задействованных в передаче импульса силы. Мощность отталкивания в нашем исследовании составила  $1243 \pm 74$  Вт. Изменению высоты перемещения ОЦМт способствует скорость взмаха руками. Диапазон суставных углов для биокинематических пар составляет: туловище-рука  $110-115^\circ$ , туловище-бедро  $117-125^\circ$ , бедро-голень  $152-159^\circ$ , голень-стопа  $121-126^\circ$ .

Второе мультипликационное положение (рис. 1г) характеризует безопорное движение в момент перемещения тела вверх с начальным разведением ног вперёд-назад. Диапазон суставных углов для биокинематических пар составляет: туловище-рука  $68-72^\circ$ , угол между бёдрами  $60-75^\circ$ , бедро-голень (для обеих ног)  $161-172^\circ$ , голень-стопа (для обеих ног)  $147-164^\circ$ .

Третье мультипликационное положение (рис. 1д) определяется фиксацией положения «шпагат» в верхней точке фазы полёта. Оно характеризуется полным разведением ног в разные стороны. В фиксацию положения включается выворотное отведение ноги назад, прямая осанка, разгибание стоп. Согнутое положение руки в локтевом суставе обеспечивается напряжением сгибателей предплечья. Опускание верхних

конечностей происходит преимущественно под действием силы тяжести. Напряжение создаётся в мышцах разгибателях стопы, коленных и тазобедренных суставах, а также в мышцах-разгибателях позвоночного столба. Оптимальное угловое положение в голеностопных суставах должно стремиться к  $180^\circ$ , угловое положение между бедрами может превышать, но быть не меньше  $180^\circ$ . Недопустимо и сгибание в коленных суставах.

Приземление отмечено в четвёртом мультипликационном положении (рис. 1е). Выполняется на переднюю часть стопы для усиления амортизации. Ноги несколько согнуты в коленных и тазобедренных суставах за счет уступающей работы мышц-сгибателей стопы, разгибателей в коленном и тазобедренном суставах, а также разгибателей позвоночного столба. Параметры суставных углов находятся в диапазоне: туловище-рука  $30-35^\circ$ , туловище-бедро  $141-146^\circ$ , бедро-голень  $148-154^\circ$ , голень-стопа  $97-104^\circ$ .

Конечное позное положение (рис. 1ж) характеризуется фиксацией позы. Основой данного положения является устойчивость гимнастки на опоре. Это достигается четкой ориентацией местоположения ОЦМт относительно проекции опоры. Диапазон суставных углов определяется положением туловище-рука  $92-96^\circ$ , туловище-бедро  $98-104^\circ$ , бедро-голень  $109-114^\circ$ , голень-стопа  $71-76^\circ$ .

На основании позных ориентиров движения была выстроена структурно-фазовая модель выполнения прыжка в шпагат (табл. 1)

Таблица 1

**Структурно-фазовая модель и кинематические характеристики техники исполнения прыжка в шпагат**

Стадии	Аккумуляция	Рабочая	Реализация	Амортизация
Фазы	Подготовительная (ИП)	Отталкивание (ПП, МП1)	Полет (МП2, МП3)	Приземление (МП4, КП)
Время (с)	$0,15 \pm 0,009$	$0,27 \pm 0,011$	$0,35 \pm 0,007$	$0,10 \pm 0,002$
Граничные позы	Тело прямое, руки вперед	Плечи наклонены вперед, ноги согнуты в коленных суставах	Шпагат, соединение ног	Касание стоп опоры. Сгибание ног в коленных суставах
Ведущие действия	Подготовка к отталкиванию	Ускорение при отталкивании	Разведение ног в шпагат	Снижение скорости, сохранение равновесия

Оптимальное функциональное состояние скелетных мышц обеспечивается достаточным притоком кислорода и питательных веществ. В том числе это способствует повышению скорости удаления метаболитов. Следовательно, обеспечение оптимального уровня работоспособности скелетных мышц, повышение быстроты и точности движений определяется рационально организованным тренировочным процессом и правильно спланированной физической нагрузкой.

Для определения изменения траекторий движения спортсменам было предложено серийное выполнение гимнастического элемента «прыжок в шпагат», с исследованием функционального состояния скелетных мышц между сериями.

Параметры функционального состояния определялись у прямой мышцы бедра (*rectus femoris*), двуглавой мышцы бедра (*biceps femoris*) и икроножной мышцы (*m. gastrocnemiusc.m.*).

Функциональное состояние скелетных определялось по параметру мышечного тонуса (*frequency*, Гц), индексу эластичности мышцы (*Decr. index*) и индексу жесткости мышцы (*Stiff. index*).

Частота колебания мышцы в расслабленном состоянии характеризует её тонус (*frequency*). Диапазон нормы для двуглавой и четырёхглавой мышц бедра, а также, для икроножной мышцы находится в пределах 11-15 Гц. После первой серии упражнений отмечается небольшое снижение показателя, не выходящее за границы диапазона нормы (рис. 1). После седьмой серии выполненного упражнения отмечается превышение верхнего диапазона нормы для прямой головки четырёхглавой мышцы бедра. Следует отметить, что и показатели двуглавой мышцы бедра к седьмой серии подходят к верхнему пределу границы нормы.

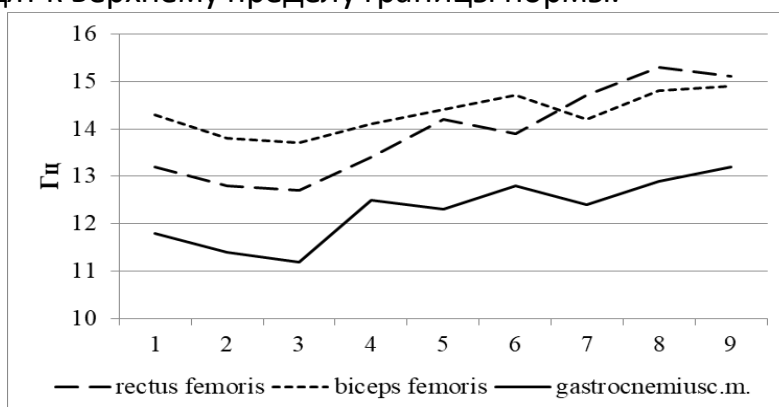


Рис. 1. Показатели тонуса скелетных мышц при серийном выполнении упражнения

По индексу эластичности (*decrement index*) оценивается способность мышцы восстанавливать исходную форму после сокращения. На основании этих данных нами определялась и эффективность мышечной работы. В так называемую «адаптационную яму», после первой серии выполнения движения наиболее значительно попадает прямая мышца бедра. Последующее воздействие серийного выполнения упражнения не сказывается на параметрах эластичности скелетных мышц (рис. 2).

Способность мышцы оказывать сопротивление изменениям формы в результате воздействия внешних сил определяется по индексу жесткости (*stiffness index*). По этому параметру определяется и силовой потенциал скелетной мышцы.

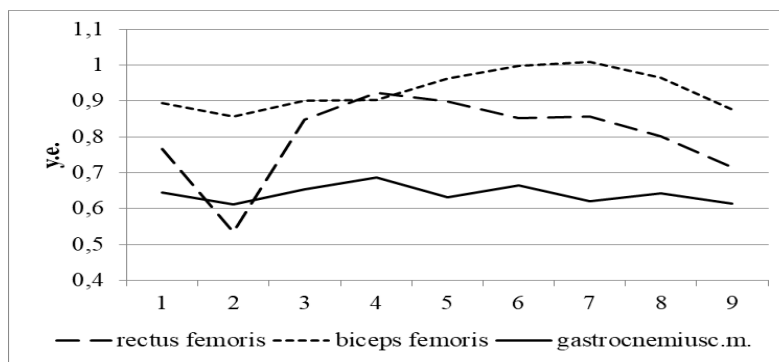


Рис. 2. Показатели индекса эластичности скелетных мышц при серийном выполнении упражнения

Параметры силового потенциала мышц при серийном выполнении прыжка в шпагат свидетельствуют о различной реакции в ответ на предлагаемую нагрузку (рис. 3). В частности, динамика изменений показателя для икроножной мышцы и двуглавой мышцы бедра колеблется в пределах нормы функционального состояния. Параметры прямой мышцы бедра свидетельствуют о резком снижении показателя после первой серии упражнения с восстановлением до исходного уровня к четвёртой серии. Вместе с тем, уже к седьмой серии показатели аккумуляции силы значительно снижаются, продолжая ухудшаться и при последующих нагрузках, что свидетельствует о значительном утомлении.

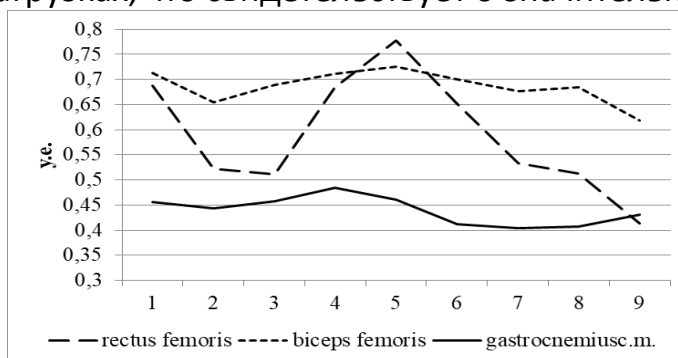


Рис. 3. Показатели индекса жесткости скелетных мышц при серийном выполнении упражнения.

Выполнение упражнения на фоне утомления приводит к появлению ошибок в технике движения. В момент утомления скелетных мышц нами были выявлены следующие отклонения от правильного выполнения технического элемента:

- недостаточная амплитуда движения в момент отталкивания;
- отсутствие синхронности фиксированного положения рук в момент выпрямления ног в шпагат;
- в момент безопорной фазы выполняется наклон туловища вперед, что снижает высоту прыжка и может привести к падению и травме;
- сгибание ног в коленных суставах в момент положения шпагата;
- приземление на прямые ноги;

- расслабленное приземление и присутствие лишних движений, что делает положение тела ограниченно-устойчивым.

### **Выводы и перспективы дальнейших научных исследований.**

Структура позных ориентиров позволяет выявить граничные положения фаз движения, обеспечивающих результат. Это дало нам возможность определить наиболее рациональные траектории движения звеньев тела и оптимальные диапазоны суставных положений.

Основным требованием к обучению физическим упражнениям является выполнение их без ошибок. Определение исходных, конечных, пусковых и ряда мультипликационных положений позволило не только выявить критерии рациональности движения, но и типичные ошибки, возникающие в результате утомления.

Серийное выполнение гимнастических упражнений, применяемое в одном тренировочном занятии, ограничено количеством повторений. Это определяется по параметрам мышечного тонуса, силового потенциала и эффективности мышечной деятельности. Результаты исследования позволяют утверждать, что количество серий в одном тренировочном занятии не должно превышать шести.

В дальнейшем предполагается выявить биомеханическую взаимосвязь гимнастических упражнений по кинематическим и динамическим параметрам движения и количественные параметры обеспечения эффективности двигательной деятельности.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- Бондаренко, К. К., Волкова, С. С. (2019). Биодинамика движений пловца на основе учета узловых элементов. *Актуальні проблеми громадського здоров'я: матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Освіта і здоров'я»*, 2, 25-27 (Bondarenko, K. K., Volkova, S. S. (2019). Biodynamics of swimmer's movements on the basis of consideration of nodal elements. *Topical Public Health Issues: Proceedings of the IX All-Ukrainian Scientific and Practical Conference with International Participation "Education and Health"*, 2, 25-27).
- Бондаренко, К. К., Бондаренко, А. Е., Кобец, Е. А. (2010). Изменение функционального состояния скелетных мышц под воздействием напряженной нагрузочной деятельности. *Наука і освіта*, 6, 35-40 (Bondarenko, K. K., Bondarenko, A. E., Kobets, E. A. (2010). Changes in the functional state of skeletal muscles under the influence of intense load activity. *Science and education*, 6, 35-40).
- Бондаренко, К. К., Волкова, С. С. (2019). Узловые элементы движения конечностей в плавании способом баттерфляй. *II Европейские игры – 2019: психолого-педагогические и медико-биологические аспекты подготовки спортсменов: материалы Междунар. науч.-практ. конф., в 4 ч. Минск: БГУФК, Ч. 2*, 42-45 (Bondarenko, K. K., Volkova, S. S. (2019). Nodal elements of limb movement in butterfly stroke. *Materials of Intern. scientific-practical conf. "II European Games - 2019: psychological, pedagogical and biomedical aspects of training athletes"*, in 4 parts, 2, 42-45).
- Вайн, А. (2002). Миометрия в диагностике функционального состояния скелетной мышцы (Vain, A. Myometrium in the diagnosis of the functional state of skeletal muscle).

- Самсонова, А.В., Борисевич, М.А., Барникова, И.Э. (2017). Изменение механических свойств скелетных мышц под влиянием физической нагрузки. *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта*, 2 (144), 221-224 (Samsonov, A. V., Borisevich, M. A., Barnikova, I. E. (2017). Changes in the mechanical properties of skeletal muscles under the influence of physical activity. *Peter Lesgaft University Scientific notes*, 2 (144), 221-224).
- Хіхлуха, Д., Бондаренко, К. (2019). Управління підготовкою юних веслярів на основі обліку функціонального стану скелетних м'язів. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 6 (90), 293-307 (Khikhluha, D., Bondarenko, K. (2019). Management of paddlers' training on the basis functional state of skeletal muscles. *Pedagogical Sciences: Theory, History, Innovative technologies*, 6 (90), 293-307). DOI 10.24139/2312-5993/2019.06/296-307.
- Черноус, Д. А., Шилько, С. В., Бондаренко, К. К. (2009). Биомеханическая интерпретация данных миографии скелетных мышц спортсменов. *Российский журнал биомеханики*, 1 (43), 7-17 (Chernous, D. A., Shilko, S. V., Bondarenko, K. K. (2009). Biomechanical interpretation of the skeletal muscle data of athletes. *Russian Journal of Biomechanics*, 1 (43), 7-17).
- Boloban, W., Sadowski, J., Wisniowski, W., Mastalerz, A., Niznikowski, T. (2007). Kinematic structure of double salto backward stretched performed with stable landing and in combination with salto tempo. *Research Yearbook, Medsportpress*, 13 (1), 104-107.
- Bondarenko, K., Madzharov, A. (2019). Programming of the training process in handball on the basis of the functional condition of different systems of the organism. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 3 (87), 176-187 (Bondarenko, K., Madzharov, A. (2019). Programming of the training process in handball on the basis of the functional condition of different systems of the organism. *Pedagogical Sciences: Theory, History, Innovative technologies*, 3 (87), 176-187). DOI 10.24139/2312-5993/2019.03/176-187.
- Bondarenko, K., Khikhluha, D. & Bondarenko, A. (2017). Biomechanical Characteristics of Kayaking. *The SIOSS Journal of Sport Science*, 12, 6-13.
- Brüggemann, G. P. (1994). Biomechanics of gymnastic techniques. *Sport Science Review*, 3, 79-120.
- McNitt-Gray, J. L. (2001). Proceedings of the Biomechanics Symposia. *University of San Francisco. Impulse generation during jumping and landing movements*, 95-99.
- Sands, W. A. (2001). Biomechanics for gymnastics. *The Science of Gymnastics*. Routledge, Francis and Taylor Grp., 55-104.

#### АНОТАЦІЯ

**Бондаренко Костянтин, Бондаренко Алла, Нікітіна Анастасія.** Зміна техніки виконання стрибка в шпагат у процесі тренувального заняття.

Метою дослідження було визначення ефективності навчання спеціальним гімнастичним вправам на основі біомеханічного аналізу руху.

Для вирішення поставленої мети використовувався метод позних орієнтирів руху і метод міометрії. Виявлені основні параметри м'язового тону, еластичність скелетних м'язів, рівень силового потенціалу та ефективність м'язової роботи. Визначено кількісні параметри серійності виконання спеціальних вправ. Параметри функціонального стану скелетних м'язів дозволили оцінити внесок скелетних м'язів у забезпечення результативності гімнастичної вправи.

**Ключові слова:** граничні положення, скелетні м'язи, функціональний стан, фізичні вправи.

## SUMMARY

**Bondarenko Konstantin, Bondarenko Alla, Nikitina Anastasiia.** Change of splits jump technique in the process of training sessions.

*Increasing the role of individual control over the performance of movements and ensuring correction of training activities on the basis of individual perception of skeletal muscles loads of different directions is an important task. Qualified gymnasts took part in the study. The purpose of the study was to determine the effectiveness of training special gymnastic exercises based on biomechanical analysis of movement. To solve this goal, we used the method of paired landmarks of movement and the method of myometry. The initial, final, starting and a number of animated positions were identified, which allowed not only to identify the criteria for rationality of movement, but also typical errors that occur as a result of fatigue.*

*A structural-phase model of performing a splits jump was built on the basis of different movement landmarks. Evaluation of changes in the performance of skeletal muscles was determined by serial performance of the exercise in one training session. Testing was performed after each serial repetition. Muscle tone at rest, skeletal muscle elasticity, level of strength potential and efficiency of tower work were evaluated.*

*The main parameters of changes in the functional state of skeletal muscles are revealed. The quantitative parameters of the seriality of a special exercise are determined. Parameters of the functional state of skeletal muscles allowed us to evaluate the contribution of skeletal muscles to ensure the effectiveness of gymnastic exercises.*

*The study revealed the appearance of typical errors when performing the exercise against the background of fatigue, namely: insufficient amplitude of movement at the moment of repulsion; the lack of synchronicity of the fixed position of the hands at the time of straightening the legs in the twine; at the moment of the unsupported phase, the torso is tilted forward, which reduces the height of the jump and can lead to a fall and injury; flexion of the legs at the knee joints at the moment of the twine position; landing on straight legs; relaxed landing and unnecessary movements, which make the body position limited-stable.*

*In the future, it is expected to identify the biomechanical relationship of gymnastic exercises on kinematic and dynamic parameters of movement and quantitative parameters to ensure the effectiveness of motor activity.*

**Keyword:** boundary positions, skeletal muscles, functional state, physical exercises.

УДК 372.3+376+616.7

**Павло Бочков**

Національний педагогічний  
університет імені М. П. Драгоманова

ORCID ID 0000-0001-5228-8630

DOI 10.24139/2312-5993/2020.02/336-348

## ВИКОРИСТАННЯ ТРЕНАЖЕРІВ У ФОРМУВАННІ ПОСТУРАЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ ПРИ ПОРУШЕННЯХ РІВНОВАГИ У ДОШКІЛЬНИКІВ

*У статті досліджено можливості використання матеріально-технічних засобів у подоланні порушень рівноваги в дошкільників. Зроблено огляд досліджень із цієї проблеми, виявлено проблематику, яка ще недостатньо досліджена. Особлива увага приділялася розробці та використанню авторських тренажерів для фізичного виховання дітей дошкільного віку з синдромом постурального дефіциту. Було розглянуто й охарактеризовано такі тренажерні конструкції, як «Неспокійна піраміда», «Дирижабль», «Канатна дорога». По кожному тренажеру було надано його технічну характеристику, поради щодо їх виготовлення та експлуатації, а*