

Биомеханическое обоснование механизмов передачи механического импульса в системе «спортсмен – спортивный снаряд» при выполнении перемещающих движений в спорте

Янис Ланка¹
Владимир Гамалий²
Тамара Хабинец²

¹Латвийская академия спортивной педагогики,
Рига, Латвия

²Национальный университет физического воспитания
и спорта Украины, Киев, Украина

Цель: изучить механизмы передачи механического импульса в системе «спортсмен – спортивный снаряд» при выполнении перемещающих движений в спорте.

Материал и методы: теоретический анализ и обобщение данных научно-методической литературы и результатов собственных исследований.

Результаты: изучен механизм взаимодействия отдельных биоэвеньев тела при выполнении физического упражнения, основу которого составляют согласования ускорений и замедлений движения биоэвеньев тела и последовательность их включения в работу, что является определяющим для достижения необходимой скорости рабочего биоэвнена тела спортсмена при воздействии на снаряд.

Выводы: механизм последовательного разгона и последовательного торможения биоэвеньев тела в заключительной фазе движения обеспечивает перенос линейного и вращательного импульса от сегмента к сегменту, от нижней части тела к верхней и от верхней к снаряду, тем самым сообщая ему максимальную скорость.

Ключевые слова: биомеханика, импульс, биоэвнено, перемещающие движения, спорт.

Введение

В исследованиях техники спортивных движений особое место занимает изучение положения и взаимодействия разных биоэвеньев тела при выполнении физического упражнения, поскольку эти составляющие конечного двигательного эффекта в значительной степени влияют на динамическую структуру его организации [3; 5–7]. Динамическая структура физического упражнения включает в себя векторную совокупность сил, участвующих в решении двигательной задачи. Сила действия непосредственно зависит от тяги мышц, т. е. сил, с которыми отдельные мышцы тянут костные рычаги. Однако между натяжением той или иной мышцы и силой действия нет однозначного соответствия, так как при изменении суставных углов меняются условия работы мышц, в частности, длина плеч сил мышечной тяги [5; 15]. Также известно, что результирующая сила воздействия спортсмена на снаряд зависит от величины и направления сил, продуцируемых каждым звеном [1; 2]. Следовательно, проявление наибольших усилий в оптимальном направлении зависит от согласования ускорений и замедлений движения разных звеньев тела и от последовательности их включения в работу, что является определяющим для достижения необходимой скорости рабочего звена тела спортсмена или снаряда. В научно-методической литературе этот феномен представлен биомеханическим принципом трансмиссии (передачи) импульса в системе звеньев [15, 20], практическая реализация которого требует «узкопрофильной» адаптации к каждому конкретному виду движений и перемещающим движениям, в частности.

Связь исследования с научными программами, планами, темами. Работа выполнена в соответствии с «Планом научно-исследовательской работы Нацио-

нального университета физического воспитания и спорта Украины на 2016–2020 гг.» по теме 2.32 «Техническая подготовка квалифицированных спортсменов на основе моделирования рациональной двигательной структуры спортивных упражнений» (номер государственной регистрации 0114U001531).

Цель исследования: изучить механизмы передачи механического импульса в системе «спортсмен – спортивный снаряд» при выполнении перемещающих движений в спорте.

Материал и методы исследования

Методы исследования: теоретический анализ и обобщение данных научно-методической литературы и результатов собственных исследований.

Результаты исследования и их обсуждение

Можно выделить три вида взаимодействия звеньев тела в зависимости от цели, которая решается посредством данного движения [11; 13; 16; 17]:

1. Если стоит задача развить максимальную силу, то все звенья действуют одновременно, с исключением «слабых» звеньев.

2. Если важна скорость снаряда или биоэвнена, звенья действуют последовательно, каждый следующий включается в действие в момент, когда предыдущий достиг максимальной скорости.

3. Если происходит действие одного или нескольких звеньев, нижележащие звенья должны быть зафиксированы и создать базу (опору) для более эффективного действия вышележащих звеньев.

Задача оптимизации сложения сил отдельных зве-

ньев осложняется тем, что в метаниях спортсмен должен объединить все эти виды взаимодействия звеньев тела в определенной последовательности. Во-первых, он должен сообщить снаряду максимальную скорость вылета, во-вторых, для разгона снаряда необходимо проявить максимум усилий и, в-третьих – бросок завершается одной рукой. Следовательно, необходимо чтобы все три вида взаимодействия звеньев тела было: в метании копья – 0,12–0,15 с, в толкании ядра – 0,25–0,30 с (время финального усилия).

Рассматривая последовательность включения в работу разных звеньев, необходимо учитывать, что перед атлетом возникает задача использовать силу разных звеньев тогда, когда мышцы, перемещающие эти звенья, способны сокращаться с такой скоростью, чтобы силовое воздействие на ускоряемые массы было максимальным. Самые сильные звенья тела наиболее массивны и, следовательно, обладают большей инертностью. Поэтому начинать движение должны мощные мышцы тазовой области, а заканчивать – мышцы конечностей [17].

В основе передачи механического импульса по кинематической цепи лежит механизм последовательного включения звеньев тела, который в специальной литературе имеет несколько альтернативных названий: принцип суммирования внутренних сил [11], принцип серийной организации движения [14], принцип суммирования скоростей [18], принцип (механизм) мышечной волны [1]. При реализации этого механизма, важно как можно более точно координировать переключения с одного звена кинематической цепи на другое. По важности (степени влияния на спортивный результат) этот принцип организации движения специалисты приравнивают к принципу предварительного растягивания мышечно-сухожильного комплекса, отмечая, что особенно важно применение данного принципа в бросковых дисциплинах (метание копья и диска, толкание ядра), а также при выполнении ударных действий.

Движение начинают большие и сильные группы мышц проксимальных сегментов, которые расположены вблизи общего центра масс тела. Это мышцы преимущественно с веерообразным расположением волокон, т. е. мышцы с большим физиологическим поперечником и обладающие большой силой сокращения. Главная задача этих мышц – сообщить скорость всей системе «спортсмен – спортивный снаряд», преодолеть инертность тела спортсмена и спортивного снаряда [13]. Продолжение движения (разгон рабочего звена и снаряда) обеспечивают, с точки зрения проявления силы, менее сильные, но более быстрые мышцы верхних конечностей. Их задача не только обеспечить быстрое движение звеньев тела, но и достаточную точность выполняемого движения. В этих мышцах число волокон меньше, нежели в более массивных и сильных мышцах, что сказывается на силе сокращения. Меньше и количество мышечных волокон, иннервируемых одним мотонейроном. Это означает, что центральная нервная система может обеспечить более совершенное управление работой данных мышц, повышая не только скорость движения, но и точность выполнения движения [12; 21].

Скорость рабочего звена в ударах в бросках снаряда является результатом суммирования скоростей отдельных звеньев тела – ног, туловища, руки. Возникает вопрос о том, как должны сочетаться векторы скоростей отдельных звеньев тела во времени, чтобы скорости конечного звена и снаряда были максимальными.

Теоретически существуют два способа взаимодействия звеньев тела для достижения максимальной скорости конечного звена. Первый характеризуется такой организацией движений, при которой максимумы скорос-

тей отдельных звеньев совпадают во времени (рис. 1).

При втором способе происходит последовательный разгон звеньев тела снизу вверх, т. е. каждое последую-

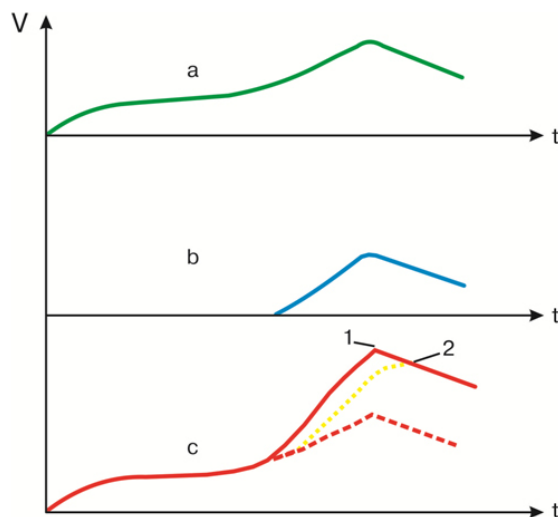


Рис. 1. Схема сочетания скоростей отдельных звеньев тела [26]:

a – скорость туловища; b – скорость плеча; c – скорость снаряда. 1 – скорость снаряда максимальна, если максимумы скоростей звеньев совпадают во времени; 2 – несовпадение максимумов скоростей во времени туловища и плеча уменьшает скорость снаряда.

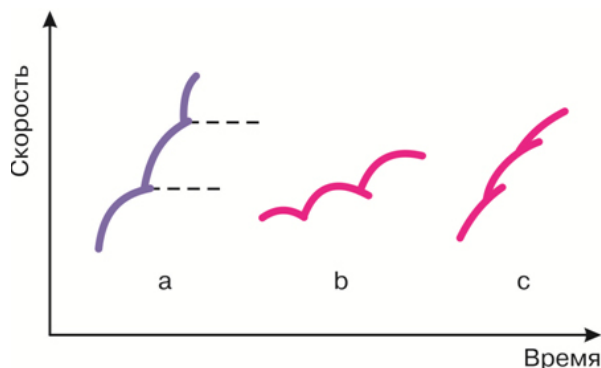


Рис. 2. Варианты сочетания скоростей отдельных биоэвеньев тела [5]:

a – своевременно; b – поздно; c – рано.

щее (вышележащее) звено начинает свое движение, когда скорость предыдущего достигла определенной величины. Схематично такое взаимодействие звеньев представлено на рис. 2.

С точки зрения биомеханики наиболее рациональным является вариант (a) – вышележащее звено активизируется в момент, когда скорость нижележащего звена достигает возможного максимума. Происходит эффективное накопление энергии движения. Вариант (b) – запаздывающий, вышележащее биоэвено включается, когда скорость нижележащего биоэвена начала снижаться, часть энергии уже рассеялась; (c) опережающий, вышележащее биоэвено включается преждевременно, спортсмен тратит энергию на поддержание скорости движения.

Вышеупомянутые варианты взаимодействия биоэвеньев тела рациональны с точки зрения биомеханики. Но при их практической реализации приходится считаться с некоторыми биомеханическими явлениями. Во-первых, у

каждой мышцы не только свои максимальные силовые и мощностные возможности, но и механические свойства, например, упругость. Во-вторых, биозвенья тела отличаются своими масс-инерционными характеристиками. Даже при условии, что к ним будут приложены одинаковые по величине моменты силы, каждое из них ускорится по-разному. В-третьих, время, необходимое для достижения максимальных силовых показателей, у мышц разных мышечных групп значительно варьируется. В-четвертых, силовые возможности мышц зависят от таких условий выполнения движения, как скорость движения, внутреннее сопротивление, величина углов в суставах. Кроме всего этого, существенно изменяется биодинамика сокращения мышц, если оно следует после их растягивания. Это означает, что выработать одну, пригодную для всех рациональную модель взаимодействия биозвеньев тела и основанную только на выполнении требований механики, в принципе невозможно. Поэтому поиски рациональной техники в основном идут через анализ практических вариантов выполнения бросковых и ударных движений спортсменами разной подготовленности и спортивного мастерства.

Имеющиеся многочисленные экспериментальные данные подтверждают, что для обеспечения возможно большего импульса и момента импульса биозвеньям тела и в результате наибольшей конечной скорости рабочего звена и снаряда, самой эффективной моделью взаимодействия звеньев тела является последовательное «включение» (активация) их от проксимальных к дистальным [3; 6; 7; 14; 17; 25]. Эта модель взаимодействия звеньев не зависит от вида броска, возраста или пола исполнителя и уровня тренированности.

Результаты собственных исследований динамики скорости основных биозвеньев тела при толкании ядра, полученные с помощью стереосъемки, подтвердили рациональность последовательного характера не только разгона, но и торможения звеньев тела снизу вверх (рис. 3).

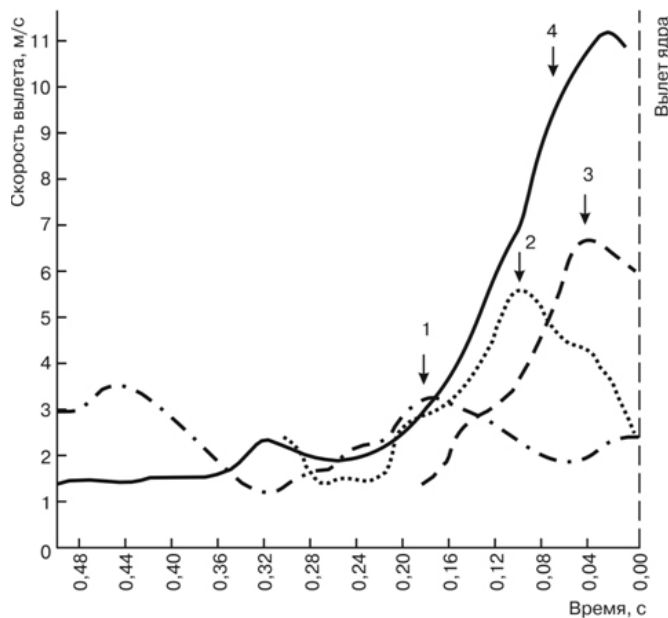


Рис. 3. Скорость основных биозвеньев тела в фазе финального разгона ядра [25]:

1 – правый коленный сустав; 2 – правый тазобедренный сустав; 3 – правый плечевой сустав; 4 – лучезапястный сустав правой руки. Стрелками отмечены максимумы скоростей.

По мере роста квалификации спортсменов увеличиваются значения максимальной скорости отдельных звеньев тела, начиная с правого тазобедренного сустава и кончая кистью толкающей руки. При этом важны не только значения скоростей отдельных звеньев, но и время их достижения. Излишне раннее достижение максимальной скорости, как и позднее, одним звеном по отношению к другому или к моменту вылета снаряда уменьшает результат. Существует оптимальная последовательность и темпо-ритмовая структура движения звеньев тела, особенно массивных и сильных, при которой достигается высший результат.

Основной вывод, который вытекает из полученных данных, состоит в том, что у квалифицированных спортсменов наблюдается большее сходство во временной последовательности движения правого коленного, тазобедренного и плечевого суставов. У спортсменов низкой

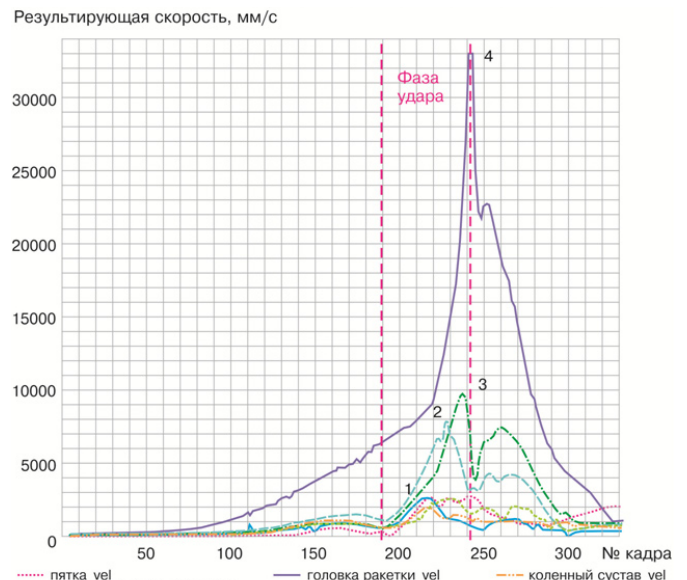


Рис. 4. Графики скоростей центров суставов и ракетки при выполнении удара справа в теннисе [4]:

1 – максимум скорости правого тазобедренного сустава; 2 – максимум скорости правого плечевого сустава; 3 – максимум скорости ЦМ правой кисти; 4 – максимум скорости головки ракетки.

квалификации разброс этих показателей значительно больше.

Похожая схема организации движений наблюдается и при выполнении ударов (рис. 4).

Движение начинается с активного включения ног с опорой, потом следует постепенное включение мышц туловища, плечевого пояса и верхних конечностей, действие завершает рука в последовательности – плечо, предплечье и кисть с ракеткой. Последовательно от звена к звену увеличиваются и их скорости. Движение отдельных частей тела подчинены одной общей цели – обеспечение необходимого количества механического движения телу спортсмена и рабочему звену в вертикальном и горизонтальном направлении [10]. Принцип последовательной работы биозвеньев тела во время удара в теннисе подразумевает реализацию трех стратегий [23]:

- 1) включение биозвеньев тела в правильное время;
- 2) активацию биозвеньев от проксимальных к дистальным;
- 3) последовательное ускорение и последовательное

торможение биозвеньев тела.

Любое ударное действие можно охарактеризовать как серию координированных во времени поступательно-вращательных движений частей тела. При этом проксимальные звенья продуцируют более чем 50% от общей скорости конечного звена кинематической цепи или снаряда [18].

Какие же механизмы, обеспечивающие максимальную скорость снаряду, могут лежать в основе рассмотренного принципа взаимодействия звеньев тела?

Известно, что если на тело или систему тел не действуют внешние силы, то скорость центра масс системы остается постоянной (внутренние силы не могут изменить его движение). Однако внутри самой системы возможно перераспределение количества движения, т. е., если уменьшить скорость какого-либо из тел, входящих в систему (за счет действия внутренних сил), затормозив его, то это приведет к увеличению скорости остальной части системы. Разумеется, закон сохранения количества движения в применении к движениям спортсмена не проявляется в чистом виде, поскольку на спортсмена действуют внешние и внутренние силы (силы реакции опоры, трения и т. п.), однако с его помощью можно объяснить последовательный характер увеличения скорости звеньев тела от опорных к рабочим в ударных и бросковых движениях.

Процесс сообщения скорости снаряду можно разделить на два этапа. На первом этапе сообщается скорость всей системе спортсмен-снаряд, вследствие чего система приобретает определенное количество движения. На втором этапе за счет тормозящего действия левой ногой, а затем и правой происходит последовательное торможение звеньев тела снизу вверх. Это приводит к уменьшению движущейся массы тела спортсмена и, как следствие – к увеличению скорости вышележащих звеньев вплоть до кисти и снаряда. Иными словами, происходит перераспределение количества движения (импульса) между звеньями тела. Скорость движения звеньев, последовательно вовлекаемых в волну торможений, изменяется обратно пропорционально их массе, т. е. – чем легче звено, тем больше его скорость. Таким образом, кисть со снарядом, будучи не только конечными, но и самыми легкими звеньями системы, получают наибольшую скорость в сравнении с другими звеньями, предшествовавшими им в цепи действий [1].

Второй механизм, обеспечивающий нарастание скорости снаряда при последовательном разгоне звеньев тела, основан на использовании энергии упругой деформации мышц. В метаниях и ударах предварительное натяжение мышц создается обгоном звеньев. При последовательном активном включении звена тела, проксимальный сустав звена ускоряется в направлении метания. Ускорение сустава вызвано так называемой суставной силой, линия действия которой проходит через суставную ось [27]. Поскольку звено имеет определенную массу, т. е. обладает инерционными свойствами, его дистальный конец отстает в своем движении, поворачивается в противоположную ускорению сторону. Вследствие этого происходит растягивание мышц, которые будут участвовать в разгоне звена. В результате в них накапливается потенциальная энергия упругой деформации, которая при последующем сокращении мышц частично переходит в кинетическую энергию движущегося звена, увеличивая скорость его движения.

Подобное выполнение вращательного движения в

спортивной практике нередко называют «хлестом» (whip technique – англ.). Выполнение движения «хлестом» основано на том, что проксимальный сустав сначала быстро движется в направлении метания или удара, а затем резко тормозится. Это вызывает быстрое вращательное движение дистальной части звена тела. К сожалению, в настоящее время нет точных данных, каков количественный вклад, получаемый за счет использования энергии упругой деформации мышц, в скорость рабочего звена и снаряда. Косвенно об этом можно судить по вкладу кисти в скорость вылета ядра (около $2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) и копья (около $8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$). Движение кисти в конце фазы выталкивания происходит за счет активности мышц-сгибателей кисти и пальцев, а также сил упругой деформации, возникающих в результате растягивания этих мышц силой, действующей со стороны ускоряемого снаряда. Величина сил упругой деформации мышц при правильном выполнении упражнения значительно больше, чем величина силы, вызванной активностью мышц [19; 22; 24; 28].

Таким образом, умелое использование энергии упругой деформации мышц является одним из основных источников повышения скорости рабочего звена и снаряда [10].

При растягивании мышц, которое возникает при последовательном включении звеньев тела, происходит возбуждение расположенных в ней рецепторов (нервно-мышечных веретен), что может привести к рефлекторному усилению нервной импульсации, приходящей к мышце (так называемый стреч-рефлекс).

Механизм активного управления волнообразным движением в кинематической цепи предполагает не только правильно скоординированные ускорения звеньев, включающиеся в работу, но и столь же четкое их торможение, необходимое для передачи импульса по цепи [1]. Необходимость четкой временной организации ускорений и торможений звеньев тела подчеркивают и другие специалисты [1; 8; 9]. Некоторые специалисты, акцентируя важность эффективности последовательного торможения скорости звеньев в заключительной фазе метаний или ударов, обсуждаемый принцип организации взаимодействия звеньев тела называют «принципом трансмиссии (передачи кинетического момента в многозвенной кинематической цепи» [15] или «принципом трансмиссии импульса» [20].

Выводы

Последовательный разгон звеньев тела является важным условием рационального выполнения ударного или броскового движения. Вторым таким же важным условием является последовательное торможение звеньев тела в заключительной фазе движения, что также влияет на разгон рабочего звена и снаряда. Эти действия обеспечивают перенос линейного и вращательного импульса от сегмента к сегменту, от нижней части тела к верхней и от верхней к снаряду, сообщая ему максимальную скорость.

При растягивании мышц, которое возникает при последовательном включении звеньев тела, происходит возбуждение расположенных в ней рецепторов, что может привести к рефлекторному усилению нервной импульсации, приходящей к мышце, и возможности использования энергии упругой деформации мышц, которая является одним из основных источников повышения скорости рабочего звена и снаряда.

Конфликт интересов. Авторы заявляют, что нет конфликта интересов, который может восприниматься как такой, что может нанести вред беспристрастности статьи.

Источники финансирования. Эта статья не получила финансовой поддержки от государственной, общественной или коммерческой организации.

Список использованной литературы

1. Гавердовский, Ю.К. (2007), *Обучение спортивным упражнениям. Биомеханика. Методология. Дидактика, Физкультура и Спорт*, Москва.
2. Гамалий, В.В. (2005), «Сила действия человека как критерий оптимальности пространственного положения биозвеньев при моделировании техники двигательных действий в спорте», *IX міжнародний науковий конгрес «Олімпійський спорт і спорт для всіх», Київ, жовтень 5–7, 2005*, Олімпійська література, С. 232.
3. Гамалий, В.В. (2013), *Теоретико-методические основы моделирования техники двигательных действий в спорте*, Полиграфсервис, Київ.
4. Гамалий, В.В., Литвиненко, Ю.В. (2013), «Исследование кинематической структуры ударного действия при выполнении подачи в теннисе с использованием современной оптико-электронной системы регистрации движений «QUALYSIS»», *Наука в олимпийском спорте*, № 1, С. 80-89.
5. Донской, Д.Д., Зацюрский, В.М. (1979), *Биомеханика: учебник для институтов физической культуры*, Физкультура и спорт, Москва.
6. Ланка, Я.Е., Шалманов, А.А. (2004), «Обоснование техники спортивных метаний на основе изучения биомеханических принципов и кинематических механизмов», *Материалы международной конференции: «Спортивная наука и физическое воспитание»*, Латвийская педагогическая академия спорта, Рига, С. 103-110.
7. Тутевич, В.Н. (1969), *Теория спортивных метаний. Механико-математические основы*, Физкультура и Спорт, Москва.
8. Alexander, R.M. & Bennet-Clark, H.C. (1977), «Storage of elastic strain energy in muscle and other tissues», *Nature*, Vol. 265, pp. 114-117.
9. Ariel, G.V. (1980), «Biomechanical Analysis of shotputting», *Track and Field Quarterly Review*, No. 79, pp. 27-37.
10. Atwater, A.E. (1970), *Movement characteristics of the overarm throw: A kinematic analysis of men and women performers*, University of Wisconsin-Madison.
11. Bahamonde, R. & Knudson, D. (2000), «Ground reaction forces of two types of strokes and tennis serve», *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 33 (5), pp. 102-112.
12. Bartlett, R. (1997), *Introduction to Sports Biomechanics*, London & New York: E& FN Spon.
13. Bartlett, R. (1999), *Sports Biomechanics. Reducing Injury and Improving Performance*, London & New York: E& FN Spon.
14. Bartlett, R. & Robins, M. (2008), *Biomechanics of throwing. Handbook of biomechanics and human movement*, Routledge, New York.
15. Bober, T., Morecky, A., Fidelus, K. & Witt, A. (1980), «Biomechanical aspects of sports techniques», *Biomechanics*, VII, pp. 501-509.
16. Bober, T. (1981), «Biomechanical aspects of sports techniques», *Biomechanics* VII, pp. 511-519.
17. Deutscher Leichtathletik-Verband (2004), *Schulerleichtftletik. Offizieller Rahmentrainingsplan des Deutschen Leichtathletik-Verbandes für das Grundlagentraining*, Philippka Verlag, Munster.
18. Ecker, T. (1974), *Track and Field Dynamics*, Tafnews Press.
19. Gollhofer, A. (2008), *Muscle mechanics and neural control: Handbook of Biomechanics and Human Movement Science*, Routledge International Handbooks, London.
20. Harnes, E. (1974), *Javelin Technique. The Throws. Contemporary Theory, Technique and Training*, Tafnews Press, Los Altos, CA.
21. Helenberger, D. & Sander, M. (2000), «Temporal analysis of the javelin runup», *Contemporary Theory, Technique and Training*, pp. 155-163.
22. Hochmuth, G. (1984), *Biomechanics of Athletic Movement*, Sportverlag, Berlin.
23. Ikegami, Y., Miura, M., Matsui, H. & Hashimoto, I. (1981), «Biomechanical analysis of the javelin throw», *Biomechanics*, VII-B, pp. 271-276.
24. Koltai, J. (1985), *Athletes in Action: the Official IAAF Book on Track and Field Techniques*, Pelham, London.
25. Lanka, J. (2010), «Biomechanical research of legwork in sport throwing events», *Abstracts of 3rd Baltic Sport Science Conference «Physical Activity and Sport in Changing Society: Research, Theory, Practice and Management»*, Riga, Latvia, pp. 90.
26. Marhold, G. (1974), *Biomechanical analysis of the shot put*, University Park Press, Baltimore, London, Tokyo.
27. Zatsiorsky, V.M., Lanka, G.E. & Shalmanov, A.A. (1982), «Biomechanical Analysis of Shot Put Technique», *Exercise and Sport Sciences Reviews*, No. 9, pp. 353-389.
28. Zatsiorsky, V.M. (1995), *Strength and Practice of Strength Training*, Human Kinetics Publishers,ampaign, IL.

Стаття надійшла до редакції: 10.05.2017 р.
Опубліковано: 30.06.2017 р.

Анотація. Яніс Ланка, Володимир Гамалій, Тамара Хабінець. **Биомеханічне обґрунтування механізмів передачі механічного імпульсу в системі «спортсмен – спортивний снаряд» при виконанні рухів, що переміщують, у спорті.** **Мета:** вивчити механізми передачі механічного імпульсу в системі «спортсмен – спортивний снаряд» при виконанні рухів, що переміщують, у спорті. **Матеріал і методи:** теоретичний аналіз і узагальнення даних науково-методичної літератури та результатів власних досліджень. **Результати:** вивчено механізм взаємодії окремих біоланок тіла при виконанні фізичної вправи, основу якої складають узгодження прискорень і уповільнень руху біоланок тіла і послідовність їх включення в роботу, що є визначальним для досягнення необхідної швидкості робочої ланки тіла спортсмена при впливі на снаряд. **Висновки:** механізм послідовного розгону і послідовного гальмування біоланок тіла в заключній фазі руху забезпечує перенесення лінійного і обертального імпульсу від сегмента до сегмента, від нижньої частини тіла до верхньої і від верхньої до снаряду, тим самим надаючи йому максимальну швидкість.

Ключові слова: біомеханіка, імпульс, біоланки, рухи, що переміщують, спорт.

Abstract. Yanis Lanka, Vladimir Gamaliy & Tamara Habinets. **Biomechanical substantiation of mechanical impulse transfer mechanisms in the “athlete – sports equipment” system when performing moving actions in sports.** **Purpose:** to investigate mechanical impulse transfer mechanisms in the “athlete – sports equipment” system when performing moving actions in sports. **Material & Methods:** theoretical analysis and compilation of scientific and methodical literature and our own research results. **Results:** mechanism of interaction of individual body biolink's in the performance of physical exercises is studied, the basis of which is the coordination of accelerations and decelerations of the body's biolink's movement and the sequence of their incorporation into the work, which is crucial for achieving the necessary speed of the working biolink of the athlete's body when exposed to the equipment. **Conclusion:** mechanism of successive acceleration and successive braking of the body's biolink's in the final phase of motion ensures the transfer of the linear and rotational momentum from segment to segment, from the lower part of the body to the top and from the top to the shell, thereby informing him of the maximum speed.

Keywords: biomechanical, impulse, biolink, moving actions, sport.

References

- Gavardovskiy, Yu.K. (2007), *Obuchenie sportivnym uprazhneniyam. Biomekhanika. Metodologiya. Didaktika* [Training of sports exercises. Biomechanics. Methodology. Didactics], Fizkultura i Sport, Moscow. (in Russ.)
- Gamaliy, V.V. (2005), "The power of human action as a criterion for the optimality of the spatial position of the biosigns in the modeling of the technique of motor actions in sports", *IX mizhnarodnyi naukovyi konhres «Olimpiyskiy sport i sport dlia vsikh»*, Kyiv, zhovten 5–7, 2005 [IX International Scientific Congress "Olympic Sport and Sport for All", Kyiv, October 5–7, 2005], Olimpiiska literatura, pp. 232. (in Russ.)
- Gamaliy, V.V. (2013), *Teoretiko-metodicheskie osnovy modelirovaniya tekhniki dvigatelnykh deystviy v sporte* [Theoretical and methodical foundations for modeling the technique of motor actions in sports], Polihrafservis, Kyiv. (in Russ.)
- Gamaliy, V.V., Litvinenko, Yu.V. (2013), "Investigation of the kinematic structure of the impact action when performing a pitch in tennis using the modern optic-electronic motion recording system «QUALYSIS»", *Nauka v olimpiyskom sporte*, No. 1, pp. 80-89. (in Russ.)
- Donskoy, D.D., Zatsiorskiy, V.M. (1979), *Biomekhanika: uchebnik dlya institutov fizicheskoy kultury* [Biomechanics: a textbook for institutes of physical culture, Physical culture and sports], Fizkultura i sport, Moscow. (in Russ.)
- Lanka, Ya.Ye., Shalmanov, A.A. (2004), "Justification of sport throwing techniques based on the study of biomechanical principles and kinematic mechanisms", *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii: «Sportivnaya nauka i fizicheskoe vospitanie»* [Proceedings of the International Conference "Sports Science and Physical Education"], Latvian Pedagogical Academy of Sports, Riga, pp. 103-110. (in Russ.)
- Tutevich, V.N. (1969), *Teoriya sportivnykh metaniy. Mekhaniko-matematicheskie osnovy* [The Theory of Sport Throwing. Mechanics and Mathematics], Fizkultura i Sport, Moscow. (in Russ.)
- Alexander, R.M. & Bennet-Clark, H.C. (1977), "Storage of elastic strain energy in muscle and other tissues", *Nature*, Vol. 265, pp. 114-117.
- Ariel, G.B. (1980), «Biomechanical Analysis of shotputting», *Track and Field Quarterly Review*, No. 79, pp. 27-37.
- Atwater, A.E. (1970), *Movement characteristics of the overarm throw: A kinematic analysis of men and women performers*, University of Wisconsin-Madison.
- Bahamonde, R. & Knudson, D. (2000), "Ground reaction forces of two types of strokes and tennis serve", *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 33 (5), pp. 102-112.
- Bartlett, R. (1997), *Introduction to Sports Biomechanics*, London & New York: E& FN Spon.
- Bartlett, R. (1999), *Sports Biomechanics. Reducing Injury and Improving Performance*, London & New York: E& FN Spon.
- Bartlett, R. & Robins, M. (2008), *Biomechanics of throwing. Handbook of biomechanics and human movement*, Routledge, New York.
- Bober, T., Morecky, A., Fidelus, K. & Witt, A. (1980), "Biomechanical aspects of sports techniques", *Biomechanics*, VII, pp. 501-509.
- Bober, T. (1981), "Biomechanical aspects of sports techniques", *Biomechanics VII*, pp. 511-519.
- Deutscher Leichtathletik-Verband (2004), *Schulerleichtathletik. Offizieller Rahmentrainingsplan des Deutschen Leichtathletik-Verbandes für das Grundlagentraining*, Philippka Verlag, Munster.
- Ecker, T. (1974), *Track and Field Dynamics*, Tafnews Press.
- Gollhofer, A. (2008), *Muscle mechanics and neural control: Handbook of Biomechanics and Human Movement Science*, Routledge International Handbooks, London.
- Harnes, E. (1974), *Javelin Technique. The Throws. Contemporary Theory, Technique and Training*, Tafnews Press, Los Altos, CA.
- Helenberger, D. & Sander, M. (2000), "Temporal analysis of the javelin runup", *Contemporary Theory, Technique and Training*, pp. 155-163.
- Hochmuth, G. (1984), *Biomechanics of Athletic Movement*, Sportverlag, Berlin.
- Ikegami, Y., Miura, M., Matsui, H. & Hashimoto, I. (1981), "Biomechanical analysis of the javelin throw", *Biomechanics*, VII-B, pp. 271-276.
- Koltai, J. (1985), *Athletes in Action: the Official IAAF Book on Track and Field Techniques*, Pelham, London.
- Lanka, J. (2010), "Biomechanical research of legwork in sport throwing events", *Abstracts of 3rd Baltic Sport Science Conference «Physical Activity and Sport in Changing Society: Research, Theory, Practice and Management»*, Riga, Latvia, pp. 90.
- Marhold, G. (1974), *Biomechanical analysis of the shot put*, University Park Press, Baltimore, London, Tokyo.
- Zatsiorskiy, V.M., Lanka, G.E. & Shalmanov, A.A. (1982), "Biomechanical Analysis of Shot Put Technique", *Exercise and Sport Sciences Reviews*, No. 9, pp. 353-389.
- Zatsiorskiy, V.M. (1995), *Strength and Practice of Strength Training*, Human Kinetics Publishers,ampaign, IL.

Received: 10.05.2017.

Published: 30.06.2017.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Ланка Яніс: д. пед. н., проф., зав. кафедрою біомеханіки; Латвійська академія спортивної педагогіки: Бривібас гатве 333, LV-1006, Рига, Латвія.

Ланка Яніс: д. пед. н., проф., зав. кафедрой биомеханики; Латвийская академия спортивной педагогикки: Бривибас гатве 333, LV-1006, Рига, Латвия.

Yanis Lanka: Doctor of Science (Pedagogical), Professor, Prof. Department of Biomechanics; Latvian Academy of Sport Education: Brivibas gatve 333, LV-1006, Riga, Latvia.

ORCID.ORG/0000-0003-0945-6832

E-mail: janis.lanka@lspa.lv

Гамалій Володимир Васильович: д. пед. н., проф., Національний університет фізичного виховання і спорту України: вул. Фізкультури, 1, м. Київ, 03150, Україна.

Гамалій Владимир Васильевич: д. пед. н., проф., Национальный университет физического воспитания и спорта Украины: вул. Физкультуры, 1, г. Киев, 03150, Украина.

Vladimir Gamaliy: Doctor of Science (Pedagogical), Professor, National University of Physical Education and Sport of Ukraine: Fizkultury str. 1, Kyiv, 03150, Ukraine.

ORCID.ORG/0000-0002-8389-0832

E-mail: gamali@ua.fm

Хабінець Тамара Олександрівна: к. пед. н., доцент, Національний університет фізичного виховання і спорту України: вул. Фізкультури, 1, м. Київ, 03150, Україна.

Хабінець Тамара Александровна: к. пед. н., доцент, Национальный университет физического воспитания и спорта Украины: вул. Физкультуры, 1, г. Киев, 03150, Украина.

Tamara Khabinets: PhD (Pedagogical), associate professor, National University of Physical Education and Sport of Ukraine: Fizkultury str. 1, Kyiv, 03150, Ukraine.

ORCID.ORG/0000-0001-8395-5635

E-mail: gamali@ua.fm