ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА, 2020, том 46, № 2, с. 47–62

УДК 612.766.1:159.946.2:796.01:612

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ УДАРНЫХ ДВИЖЕНИЙ У СПОРТСМЕНОВ

© 2020 г. М. Б. Ложкина[1], С. Н. Неупокоев[1], С. Г. Кривощеков[4], Л. В. Капилевич[1, 2, 3, *]

[1]*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия*
[2]*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия*
[3]*Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Россия*
[4]*ФГБНУ НИИ физиологии и фундаментальной медицины, Новосибирск, Россия*
**E-mail: kapil@yandex.ru*

Поступила в редакцию 16.05.2019 г.
После доработки 24.07.2019 г.
Принята к публикации 04.12.2019 г.

В научно-методической литературе большое внимание уделяется анализу двигательно-координационных особенностей ударных действий спортсменов. В то же время, большинство исследователей не учитывают взаимосвязь ударных силовых действий с механизмами двигательной координации и равновесия. Вследствие этого не рассматривается уровневое построение движения, адекватное поставленной двигательной задаче. Не исследовано вегетативное обеспечение при выполнении ударов различного типа. Исследованы вертикальная устойчивость, стабилографические показатели, электрическая активность мышц верхних конечностей и туловища и вегето-сосудистое обеспечение при выполнении ударных движений различного типа по спортивным снарядам у боксеров различного уровня мастерства. По итогам данной работы выполнена систематизация физиологических характеристик техники выполнения ударных движений у спортсменов, занимающихся боксом. Показано, что с ростом квалификации происходило увеличение времени удержания равновесия в усложненной позе Ромберга. При баллистическом типе удара параллельно с повышением квалификации происходило увеличение сагиттальной линейной скорости удара, а при достижении уровня кандидата мастера спорта (КМС) добавлялась выраженная фронтальная скоростная составляющая. Все это сопровождалось ростом амплитуды биоэлектрической активности мышц верхних и нижних конечностей, признаки дезорганизации работы мышц сменялись синхронизацией биоэлектрической активности. Изменения двигательного стереотипа сопровождались нелинейной перестройкой системы вегетативного обеспечения деятельности, постепенным увеличением уровня кровенаполнения и кровооттока в нижних и верхних конечностях. При этом показатели кровообращения при использовании баллистической техники становились более экономичными и оптимальными. Результаты позволяют рассматривать формирование спортивного мастерства в боксе как развитие единой функциональной системы, в которой способность к поддержанию равновесия и скоростные параметры удара связаны с адаптивной реорганизацией сократительной активности мышц нижних и верхних конечностей и вегетососудистого обеспечения деятельности организма спортсмена. Полученные данные дополняют представления о физиологических механизмах формирования технических навыков ударных действий в спортивных единоборствах и могут служить теоретическим базисом для совершенствования технологии тренировочного процесса.

Ключевые слова: бокс, биоэлектрическая активность мышц, вегетативное обеспечение, баллистические удары, спортивная тренировка.

DOI: 10.31857/S0131164620020083

Основным условием достижения высокой результативности в спортивных единоборствах является двигательная точность в условиях постоянно меняющейся ситуации при выполнении ударных движений максимальной силы [1]. Точность движений относится к характеристикам отражающих степень соответствия процесса координационных усилий в пространстве и во времени к особенностям двигательной задачи и условиям ее решения [2]. Точность – один из результатов координационного процесса при баллистических движениях, слабо подверженных по ходу выполнения текущим коррекциям, отражающий степень реализации двигательных возможностей, необходимость проявления которых определяется особенностями решаемой задачи [3].

Точные же движения – это движения, характеризующиеся максимально полным соответствием заранее обусловленной эталонной форме, или, иными словами – точность по форме выполнения [4].

Удары в боксе, в зависимости от поставленных задач, могут выполняться как по баллистическому, так и по небаллистическому типу движения [5]. При баллистических движениях мышцы-агонисты активны только в начале двигательного акта, а далее оно продолжается по инерции [6]. Такие движения большинство тренеров и исследователей относят к наиболее экономичным по затратам энергии, объясняя это тем, что накопленная в начальной фазе энергия используется наиболее целесообразно, а дополнительные усилия сведены к минимуму [7]. Особенностью движения являются более высокие скоростные характеристики в сравнении с небаллистическими типами движений [8].

Учитывая, что особенностью исследуемого вида спорта является значительная сила ударов [9], оптимальная межмышечная координация занимает важное место в физиологических механизмах совершенствования спортивного мастерства [10, 11]. За счет согласованной работы мышц – антагонистов и синергистов – возрастает суммарная величина проявления скоростно-силовых параметров групп мышц, несущих основную нагрузку [12, 13].

В основе решения двигательных задач в единоборствах лежит согласование активности мышечных групп, необходимых для соблюдения оптимальных биомеханических параметров их выполнения [14]. В то же время болевые ощущения в кисти при выполнении ударных действий максимальной силы на спортивных снарядах препятствуют поддержанию оптимальных биомеханических характеристик удара и вносят существенную коррекцию в формирующийся двигательный стереотип [15, 16]. Это приводит к повышению риска травм кисти в тренировочном процессе и ухудшает результаты соревновательной деятельности, препятствуя росту уровня спортивного мастерства единоборцев [17, 18].

Таким образом, успешное решение проблемы совершенствования координационной точности и повышения скоростно-силовых характеристик ударных движений невозможно без учета внешних факторов, оказывающих влияние на оптимальную межмышечную координацию, искажающих формирование оптимального двигательного стереотипа и негативно влияющих на последовательность вовлечения мышечных групп в ударное движение, приводящих к снижению силовых возможностей [19, 20].

В настоящее время для объективного контроля функционального состояния организма спортсменов применяются многочисленные физиологические методы исследования [21]. Использование современных средств анализа и обработки полученной информации, позволяет значительно повысить качество ее визуализации, как для исследователей и врачей, так и для тренеров и спортсменов [22].

В научно-методической литературе большое внимание уделяется анализу двигательно-координационных особенностей ударных действий спортсменов-боксеров [23, 24]. Проведены многочисленные исследования по влиянию специализированных скоростно-силовых упражнений на функциональные возможности боксеров различной квалификации и тактическую манеру ведения поединка [25, 26]. Упражнения на развитие координации, применяемые боксерами, сходны по своему содержанию с основными соревновательными упражнениями [27]. Они направлены на совершенствование межмышечной координации, и используются боксерами в большом объеме в соревновательном периоде [28]. Этот тип упражнений несет основную нагрузку у спортсменов высокой квалификации – кандидатов и мастеров спорта. Являясь специально-подготовительным компонентом спортивной подготовки, координационные упражнения могут быть средством совершенствования скоростно-силовых способностей единоборцев [29, 30].

Одним из наиболее эффективных средств совершенствования силы удара в боксе является ударно-прыжковый метод развития взрывной силы мышц [31]. Метод заключается в использовании кинетической энергии тела спортсмена для предварительного растяжения мышц ног и накопления в них дополнительного упругого потенциала напряжения, что повышает мощность их последующего сокращения в основной фазе движения [32]. Резкое сокращение мышц является существенным раздражителем с высоким тренирующим эффектом, повышающим развитие взрывной силы мышц и их реактивную способность [33].

Эффективным средством развития специализированных скоростно-силовых способностей боксеров является метод дополнительной мобилизации двигательных анализаторов, который предполагает применение отягощений, способствующих дополнительному возбуждению соответствующих нервных центров и увеличению числа двигательных единиц, участвующих в мышечном движении [34]. Упражнения с отягощениями выполняются в форме имитации удара. При этом требуется соблюдать технические характеристики выполнения движения [35]. Упражнения с отягощением необходимо чередовать с имитацией упражнений без отягощения [36]. Начинать движение следует с мощного мы-

шечного импульса, а каждое следующее действие с отягощением должно повторяться с ощущением ускорения над предшествующим упражнением с весом. Эффективным средством тренировки являются упражнения плиометрического характера [37, 38].

В то же время, большинство исследователей не учитывают взаимосвязь техники ударных силовых действий с механизмами двигательной координации и равновесия [39]. Вследствие этого не рассматривается уровневое построение движения, адекватное поставленной двигательной задаче. Не исследовано вегетативное обеспечение при выполнении ударов различного типа.

Цель исследования – изучить физиологические характеристики техники выполнения баллистических и небаллистических ударных движений у боксеров с учетом спортивной квалификации.

МЕТОДИКА

В обследовании участвовали 110 спортсменов мужского пола (средний возраст 18–24 года), занимающихся в секции бокса. По уровню спортивного мастерства было выделено три группы спортсменов. Первая группа – 20 чел., занимающихся на этапе высшего совершенствования спортивного мастерства и имеющие спортивную квалификацию кандидата в мастера спорта – группа боксеров КМС; вторая группа – 30 чел. – спортсмены, имеющие I разряд и тренирующиеся на этапе спортивной специализации; третья группа – 60 чел., только начинающих спортивную карьеру, не имеющих спортивных разрядов и тренирующихся от 3 до 4 мес. – группа начальной подготовки. Для исследования критериями исключения служили наличие спортивных травм с незавершенным периодом реабилитации.

Исследование вертикальной устойчивости. Выполняли пробу со стандартной усложненной позой Ромберга № 3, оценивали время удержания равновесия. Пробу выполняли дважды – до и после нагрузки. Нагрузка представляла из себя трехминутный раунд нанесения прямых ударов в боксерский мешок (40–60 кг) баллистическим и небаллистическим типами ударов.

Компьютерная стабилография. Для регистрации параметров перемещения общего центра давления (ОЦД) при выполнении ударов использовали компьютерный стабилоанализатор “Стабилан–01–2” (ЗАО ОКБ “Ритм”, Россия). Испытуемые принимали левостороннюю стойку на стабилографической платформе и выполняли единичный прямой удар и серию ударов в течение раунда (3 мин) баллистическим и небаллистическим типом напряжения. Анализировали характер траектории перемещения ОЦД, оценивались величины скоростей в различных плоскостях.

Электромиография (ЭМГ). Регистрацию биоэлектрической активности скелетных мышц осуществляли с помощью компьютерного многофункционального комплекса “Нейро–МВП–4” (НПО Нейрософт, Россия). Выполняли исследование биоэлектрической активности трехглавой (*m. tricepsbrachii*), двуглавой (*m. bicepsbrachii*) мышц плеча, наружных межреберных мышц (*m. intercostales externi*) и наружной косой мышцы (*m. obliquus externus abdominis*) туловища спортсменов при выполнении прямого удара. Электроды накладывали согласно анатомическому расположению мышц, на кожу над областью двигательной точки мышцы. Оценивали средние величины амплитуды и частоты биоэлектрической активности, а так же порядок вовлечения мышц в движение.

Реовазография (РВГ). Регистрацию характеристик кровообращения выполняли с помощью реографа “Рео–Спектр” (НПО “Нейрософт”, Россия). Регистрировали показатели кровообращения нижних и верхних конечностей. Использовали ленточные электроды в виде замкнутого кольца. Применяли два режима записи реовазограммы – “предплечье–кисть” и “бедро–голень”. Регистрацию реовазограммы выполняли в спокойном состоянии и после трехминутного раунда, удары наносили по боксерскому мешку, выполняли баллистические и небаллистические виды ударов. Оценку реовазогарммы выполняли по традиционной схеме, с оценкой реографического индекса (РИ), дикротического индекса (ДИК), амплитудно-частотного показателя (АЧП) и показателя венозного оттока (ПВО).

Функциональный резерв сердечно-сосудистой системы оценивали по величине коэффициента выносливости, который определялся как отношение частоты сердечных сокращений (ЧСС), умноженного на 10, к величине пульсового давления.

Спирография. Исследование функций внешнего дыхания проводилось на аппаратно-программном комплексе “Валента” (ООО “Компания Нео”, Россия). Определяли величины жизненной емкости легких (ЖЕЛ), дыхательного объема (ДО), объема форсированного выдоха за 1 с (ОФВ1). Исследование выполняли в спокойном состоянии и после трехминутного раунда, удары наносили по боксерскому мешку, выполняли баллистические и небаллистические виды ударов.

Статистический анализ полученных данных проводили при помощи программы *Statistica* 10.0 *for Windows* (*Statsoft*, Россия). Фактические данные представляли в виде “среднее ± ошибка среднего” ($X \pm m$). Для определения характера распределения полученных данных использовали критерий Колмогорова–Смирнова. Сформированные выборки не подчинялись закону нор-

Таблица 1. Время удержания равновесия в пробе Ромберга № 3 до и после нагрузки у спортсменов, занимающихся боксом, $X \pm m$

Группы спортсменов	Время удержания равновесия, с			
	Баллистический тип удара		Небаллистический тип удара	
	в покое	после нагрузки	в покое	после нагрузки
Боксеры начальной подготовки	16.6 ± 2.1	$6.9 \pm 1.3^{\#}$	16.9 ± 1.6	$7.8 \pm 1.1^{\#}$
Боксеры 1 разряда	$30.2 \pm 3.4^{\&}$	$17.1 \pm 2.2^{\#\&}$	$30.3 \pm 2.3^{\&}$	$27.4 \pm 2.1^{*\&}$
Боксеры КМС	$31.5 \pm 2.7^{\&}$	$19.3 \pm 1.4^{\#\&}$	$30.5 \pm 2.2^{\&}$	$30.3 \pm 1.5^{*\&}$

Примечание: * – достоверность различий данных после выполнения нагрузки баллистическим типом ударов относительно нагрузки, выполненной небаллистическим типом ударов, $p < 0.05$; # – достоверность различий данных после нагрузки относительно уровня покоя, $p < 0.05$; & – достоверность различий полученных данных у спортсменов старших разрядов относительно боксеров начальной подготовки, $p < 0.05$.

мального распределения, и, следовательно, для проверки статистических гипотез использовали непараметрические статистические критерии. Гипотезы о принадлежности сравниваемых независимых выборок совокупностям с одинаковыми параметрами или к одной и той же генеральной совокупности проверяли с помощью рангового *U*-критерия *Mann–Whitney* для попарно несвязанных выборок.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При исследовании вертикальной устойчивости у спортсменов было установлено, что с ростом квалификации происходило увеличение времени удержания равновесия в усложненной позе Ромберга № 3 на 50–55%, при этом достоверных отличий между группами боксеров КМС и боксеров 1 разряда не наблюдалось ($p > 0.05$, табл. 1). После выполнения ударов небаллистического типа время удержания равновесия уменьшалось у боксеров начальной подготовки на 144%, у боксеров 1 разряда и боксеров КМС на 76 и на 63% соответственно ($p < 0.05$, табл. 1). После выполнения ударов баллистического типа, различия с показателями в покое уменьшились: у боксеров начальной подготовки – более чем на 100% ($p < 0.05$), а в остальных группах – менее существенно – у группы боксеров 1 разряда на 10%, у боксеров КМС – на 3% (табл. 1).

У спортсменов группы начальной подготовки не зафиксировано-статистически значимых различий показателей в зависимости от типа нагрузки. Вероятно, двигательно-координационные способности у спортсменов данной квалификации сформированы недостаточно и не достигли уровня, необходимого для поддержания высокой эффективности ударных действий в течение предложенного временного отрезка тестирующего задания. Выполнение скоростно-силовых действий с необходимой максимальной мощностью и минимальными координационными возможностями вызывало утомление у начинающих боксеров, а отсутствие необходимой спортивной формы не позволило спортсменам-новичкам восстановиться в объеме, близком к уровню, наблюдаемому перед тестированием [40].

Боксеры более высокой квалификации были менее подвержены утомлению, что объясняется их лучшей технической и физической подготовкой. В то же время у спортсменов, выполнявших нагрузку небаллистическим типом удара, развитие утомления выражено в большей степени [41, 42].

При анализе статокинезиограмм, полученных при выполнении серии прямых ударов баллистическим типом, видно, что проекция общего центра давления (ОЦД) боксеров КМС, при выполнении серии ударов не отклоняется от начала координат. В подготовительной фазе происходит отклонение ОЦД назад, при ударе происходит движение ОЦД вперед по траектории удара (по диагонали влево-вперед), а после самого удара следует отдача назад так же по траектории удара и только к концу раунда происходит незначительное смещение от линии удара (рис. 1, I, *а*). У боксеров КМС, выполняющих удар небаллистическим типом мышечного напряжения, наблюдаются минимальные смещения траектории движения ОЦД при ударе и отдаче от удара в начале тестирования, но к его завершению происходит смещение ОЦД от начала координат (рис. 1, I, *б*). Спортсмены 1 разряда и начинающие боксеры уже в начале серии ударов, начинают смещаться от начала координат. Заметнее всего это происходит у спортсменов начальной подготовки при выполнении небаллистических ударов. Так же в подготовительной фазе удара, для получения дополнительной устойчивости, они совершают перемещения ОЦД в сторону, что приводит к уменьшению силы удара и потере времени. Траектория возращения назад у них более изогнутая – происходит колебание ОЦД в обе стороны для придания большего равновесия. В то же время, у боксеров 1 разряда, выполняющих баллистические удары, наблюдается более длин-

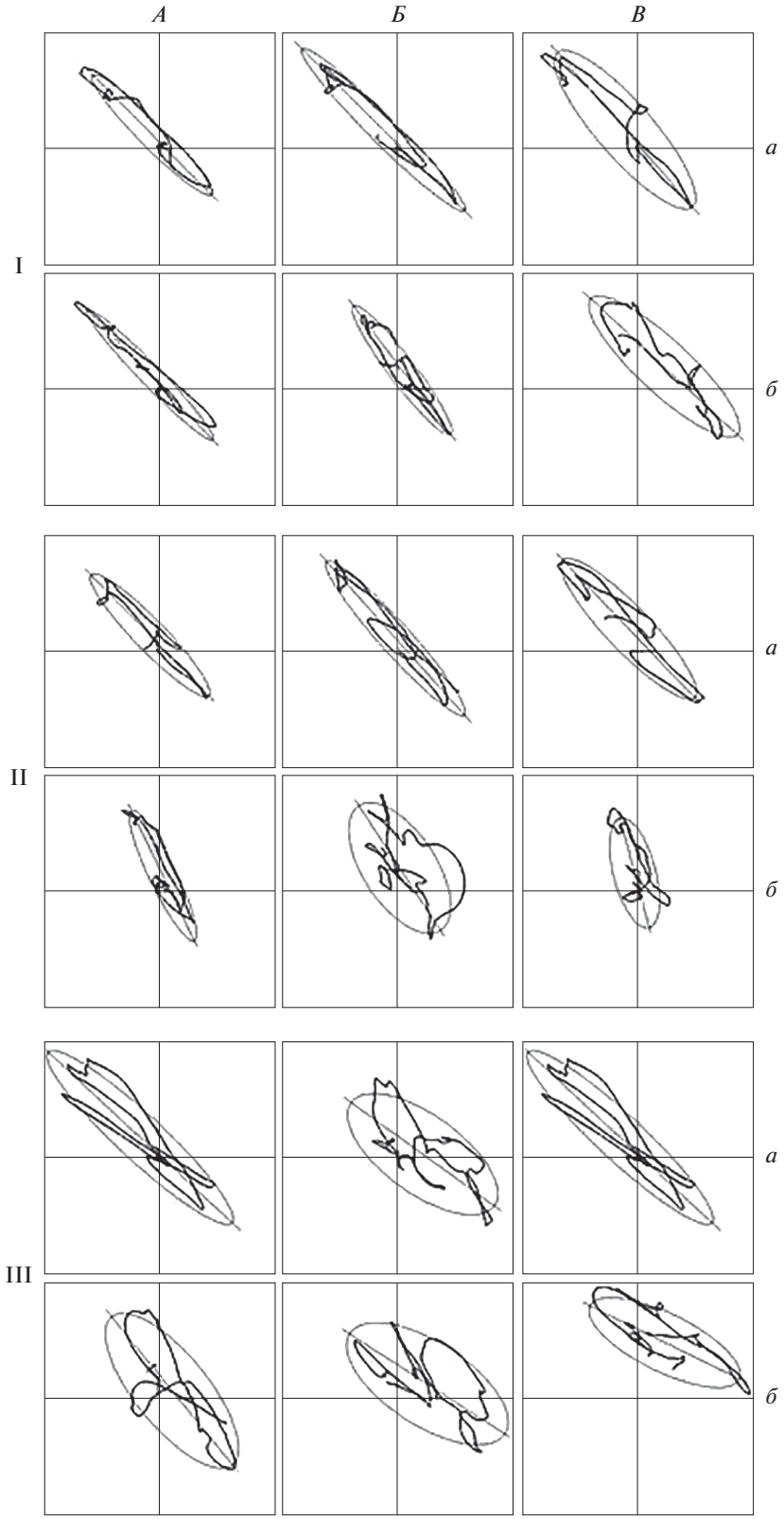

Рис. 1. Статокинезиограммы выполнения серии прямых ударов в зависимости от квалификации и техники выполнения удара.
А – первый удар в серии, *Б* – седьмой удар в серии, *В* – 13-й удар в серии. *а* – выполнение серии прямых баллистических ударов, *б* – выполнение серии прямых небаллистических ударов. I – кандидаты в мастера спорта, II – первый разряд, III – начальная подготовка.

ная траектория удара, что свидетельствует о том, что они не боятся бить по мишени, стремясь нанести удар “за” мишень, не приостанавливаясь перед ней – у них нет психологического страха боли при ударе и поэтому удар более сильный (рис. 1, II, *а*).

У боксеров уровня начальной подготовки при выполнении баллистических ударов показатели средней скорости перемещения ОЦД уже в начале раунда на 80.4% превосходили уровень, зарегистрированный при выполнении небаллистических ударов ($p < 0.05$), в середине раунда – на 140.6%, к окончанию тестирования – на 179.9% ($p < 0.05$, рис. 2). При использовании небаллистической техники к концу раунда происходило уменьшение скорости перемещения ОЦД у начинающих спортсменов и спортсменов 1 разряда ($p < 0.05$), тогда как у боксеров КМС она оставалась без значительных изменений в течение всего раунда ($p < 0.05$, рис. 2).

При небаллистических ударах к концу раунда фиксировалось уменьшение средней линейной скорости перемещения ОЦД у боксеров группы начальной подготовки и боксеров 1 разряда ($p < 0.05$), тогда как у боксеров КМС данный показатель не изменялся. При выполнении баллистических ударов происходило достоверное увеличение скорости во всех подгруппах ($p < 0.05$, рис. 2).

Величины средней линейной скорости перемещения ОЦД во фронтальной плоскости при выполнении серии прямых ударов баллистическим типом практически не изменялись в течение раунда в группах новичков и КМС, тогда как у боксеров 1 разряда к концу раунда происходило увеличение данного показателя ($p < 0.05$, рис. 2). При выполнении серии небаллистических ударов в группах начальной подготовки и КМС так же отмечалось незначительное колебание скорости в течение раунда и только у боксеров 1 разряда фиксировалось достоверное уменьшение скорости к концу раунда ($p < 0.05$, рис. 2).

Средняя линейная скорость перемещения ОЦД в сагиттальной плоскости к середине раунда при выполнении небаллистических ударов у боксеров начальной подготовки ($p < 0.05$) не изменялась ($p > 0.05$). К концу раунда у боксеров начальной подготовки происходило увеличение скорости ($p < 0.05$), тогда как в остальных группах эти изменения были не достоверными ($p > 0.05$, рис. 2).

Таким образом, при использовании небаллистической техники совершенствование техники ударных движений обеспечивается за счет роста средней линейной скорости перемещения ОЦД, у спортсменов высшей квалификации дополнительно происходит увеличение скорости в сагиттальной плоскости, а также слабо выраженный прирост линейной скорости во фронтальной плоскости. При ударах, выполняемых баллистическим типом мышечного напряжения, с повышением квалификации происходит рост средней линейной и сагиттальной линейной скоростней перемещения ОЦД, а при достижении уровня КМС добавляется выраженный прирост фронтальной линейной скорости. Полученные результаты в определенной степени согласуются с данными, описанными для других видов единоборств, в частности – для спортивного карате [43].

При анализе биоэлектрической активности мышц при выполнении прямого удара (рис. 3) было установлено, что у боксеров группы начальной подготовки при использовании как баллистической, так и небаллистической техники фиксируются дизритмичные вспышки биоэлектрической активности, что снижает уровень эффективность выполнения прямого удара. У боксеров 1 разряда отмечается уменьшение признаков асинхронности и дезорганизации работы двигательных единиц, увеличение максимальной амплитуды. При этом максимальные амплитуды сокращения всех мышц, участвующих в совершении удара, кроме двуглавой мышцы, у боксеров 1 разряда при выполнении баллистического типа удара были больше, чем при выполнении небаллистического типа удара (табл. 2). При анализе ЭМГ при выполнении обеих вариантов ударов у боксеров КМС наблюдались наиболее высокие величины амплитуды биоэлектрической активности всех мышц. При этом наименьшие показатели при выполнении небаллистического типа удара отмечались у боксеров КМС, за исключением амплитуды ЭМГ двуглавой мышцы (табл. 3).

Таким образом, в процессе технического совершенствования признаки дезорганизации работы мышц сменяются синхронизацией биоэлектрической активности. Так же, с ростом квалификации спортсменов происходило более позднее включение в работу двуглавой и трехглавой мышцы плеча, что наиболее было заметно при выполнении баллистического удара (рис. 3). Все это можно расценить как признаки совершенствования межмышечной координации [44].

В настоящей работе была изучена динамика изменений основных показателей кровообращения верхних и нижних конечностей, спирографических показателей и деятельности сердечно-сосудистой системы до и после нагрузки в виде выполнения серий баллистических и небаллистических ударов. Такой комплекс исследований позволяет объективно оценить состояние системы вегето-сосудистого обеспечения двигательной активности спортсменов [45].

При исследовании кровообращения правого бедра до нагрузки в группах, выполняющих баллистические и небаллистические типы ударов, фиксировались самые высокие значения амплитудно-частотного показателя (АЧП) и дикротиче-

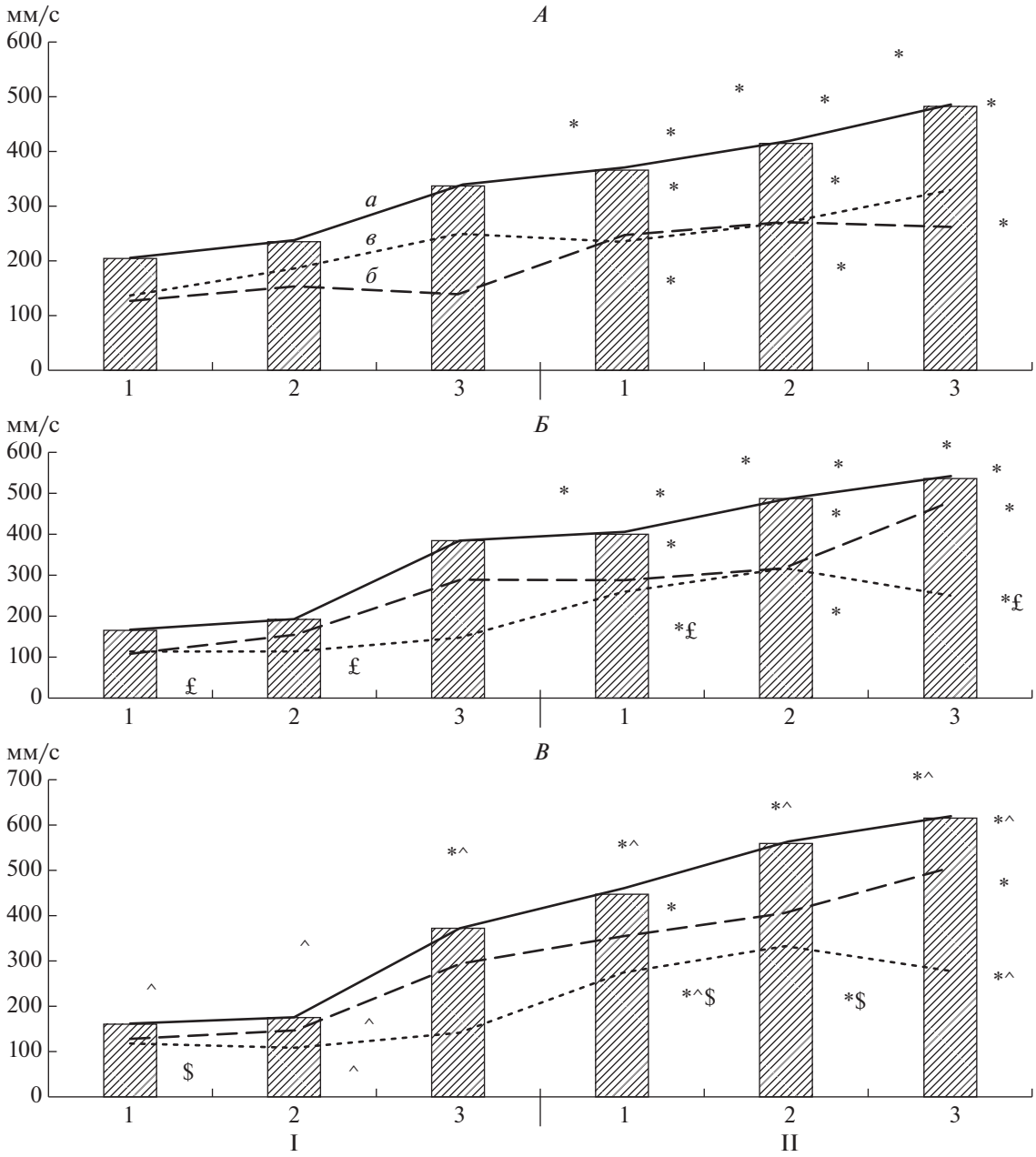

Рис. 2. Стабилографические параметры выполнения серии прямых ударов.
А – первый дар в серии, *Б* – седьмой удар в серии, *В* – 13-й удар в серии. I – выполнение серии прямых небаллистических ударов, II – выполнение серии прямых баллистических ударов. 1 – начальная подготовка, 2 – первый разряд, 3 – кандидаты в мастера спорта. Линии: *а* – средняя линейная скорость, *б* – средняя линейная скорость (фронталь), *в* – средняя линейная скорость (сагиталь), столбцы – средняя скорость перемещения ЦД. * – достоверность различий данных выполнения серии прямых баллистических ударов относительно выполнения серии прямых небаллистических ударов, $p < 0.05$; £ – достоверность различий данных 7-ой попытки относительно 1-ой, $p < 0.05$; $ – достоверность различий данных 13-ой попытки относительно 7-ой, $p < 0.05$; ^ – достоверность различий данных 13-ой попытки относительно 1-ой, $p < 0.05$.

ского индекса (ДИК) у групп боксеров 1 разряда и боксеров КМС ($p < 0.05$, рис. 4). После нагрузки показатели реографического индекса (РИ) и венозного оттока (ПВО) у боксеров начальной подготовки увеличивались на 27% при выполнении ударов обоих типов ($p < 0.05$), АЧП увеличивалось на 25% при выполнении нагрузки баллистическим типом ($p < 0.05$). У боксеров 1 разряда и боксеров КМС при использовании небаллистической техники фиксировалось увеличение АЧП на 17 и 22.5% соответственно, а при баллистической – у боксеров 1 разряда на 85 и у боксеров КМС на

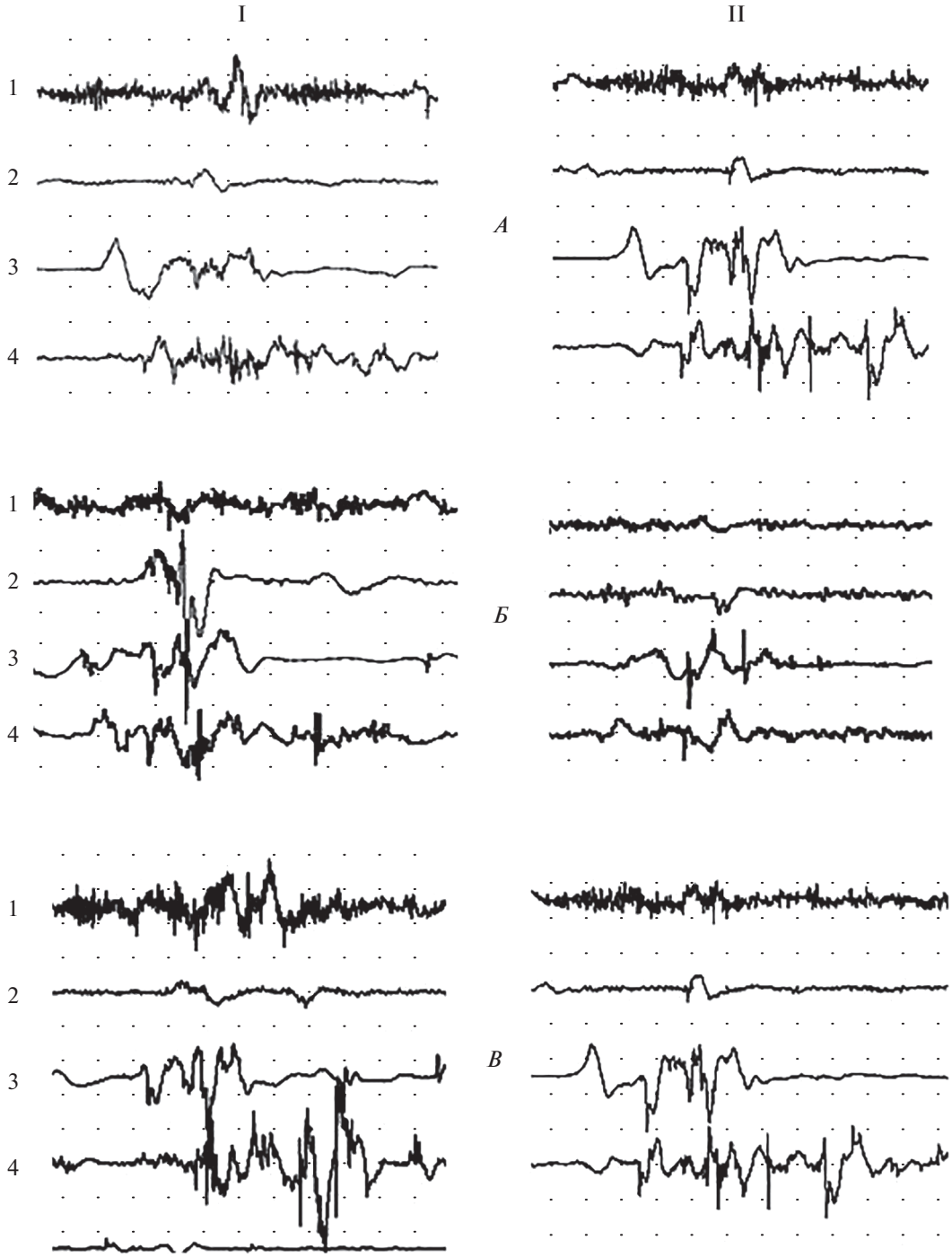

Рис. 3. Электромиограммы мышц верхних конечностей и туловища, при выполнении одиночного ударного движения у спортсменов, занимающихся боксом.
1 – межреберные мышцы, 2 – наружная косая мышца живота, 3 – двуглавая мышца плеча, 4 – трехглавая мышца плеча; *А* – начальная подготовка, *Б* – первый разряд, *В* – кандидаты в мастера спорта; I – выполнение прямых баллистических ударов, II – выполнение прямых небаллистических ударов.

122% ($p < 0.05$). У боксеров КМС наблюдалось увеличение ДИК на 5% при выполнении нагрузки небаллистическими ударами и на 10% баллистическими ($p < 0.05$, рис. 4).

При исследовании показателей кровообращения правого плеча у боксеров начальной подготовки после нагрузки было выявлено увеличение РИ на 315%, ДИК на 270%, ПВО на 22% ($p < 0.05$,

Таблица 2. Биоэлектрические показатели мышц верхних конечностей и туловища при выполнении одинарного ударного движения у спортсменов, занимающихся боксом, в зависимости от квалификации и техники выполнения удара, $X \pm m$

Техника выполнения удара	Группы мышц	Боксеры начальной подготовки		Боксеры 1 разряда		Боксеры КМС	
		средняя частота, Гц	средняя амплитуда, мкВ	средняя частота, Гц	средняя амплитуда, мкВ	средняя частота, Гц	средняя амплитуда, мкВ
Баллистический тип удара	Двуглавая мышца плеча	105.2 ± 9.3*	567.4 ± 24.1*	92.1 ± 7.2*	522.8 ± 54.7*	83.3 ± 7.3*&	419.5 ± 27.8*&
	Трехглавая мышца плеча	164.6 ± 11.6*	992.1 ± 33.9*	193.6 ± 18.4*	1161.3 ± 17.03	226.3 ± 10.5*&	1383.8 ± 15.5*&
	Межреберные мышцы	207.4 ± 20.1*	976.9 ± 31.1*	248.1 ± 21.7*	1095.1 ± 24.03*	281.3 ± 11.7*&	1224.4 ± 26.2*&
	Наружная косая мышца живота	231.9 ± 14.8*	772.2 ± 49.8*	267.2 ± 23.1*	1190.7 ± 42.2*&	322.8 ± 21.8*&	1285.5 ± 11.2*&
Небаллистический тип удара	Двуглавая мышца плеча	141.8 ± 10.6	1084.8 ± 43.04	135.7 ± 8.2	1021.9 ± 27.4	110.7 ± 9.9&	985.2 ± 48.6
	Трехглавая мышца плеча	109.7 ± 16.1	790.6 ± 27.6	132.2 ± 11.1&	1034.6 ± 17.4&	133.8 ± 10.7&	1052.6 ± 13.3&
	Межреберные мышцы	154.3 ± 13.3	654.6 ± 28.8	195.4 ± 10.5&	776.1 ± 32.2	203.6 ± 10.7&	943.6 ± 21.1&
	Наружная косая мышца живота	179.6 ± 12.6	504.8 ± 46.7	188.5 ± 9.6	880.6 ± 39.4&	226.6 ± 12.2&	1036.4 ± 20.1&

Примечание: * – достоверность различий данных выполнения прямого баллистического удара относительно выполнения небаллистического прямого удара, $p < 0.05$; & – достоверность различий полученных данных у спортсменов старших разрядов относительно боксеров начальной подготовки, $p < 0.05$.

рис. 4). У боксеров 1 разряда происходило уменьшение АЧП (на 54% при обоих типах ударов, $p < 0.05$) и увеличение ДИК на 48% при использовании баллистических ударов ($p < 0.05$). После нагрузки, выполняемой небаллистическими ударами, у боксеров 1 разряда изучаемые показатели увеличивались в тех же диапазонах, как и у боксеров начальной подготовки ($p > 0.05$), а у боксеров, использующих баллистические типы ударов наблюдались более низкие показатели (РИ на 33%, ДИК на 37%), чем аналогичные показатели после использования небаллистической техники нанесения серии прямых ударов ($p < 0.05$). У боксеров группы КМС после выполнения нагрузки происходило увеличение РИ при нанесении небаллистических ударов и увеличение РИ, АЧП, ДИК при нанесении баллистических ($p < 0.05$). Показатели РИ (на 52%), АЧП (на 57%), ДИК (на 66%) были меньше аналогичных показателей у боксеров КМС, выполнявших небаллистические удары ($p < 0.05$, рис. 4).

Таким образом, у спортсменов с ростом квалификации, происходит постепенное увеличение уровня кровенаполнения и кровооттока в нижних и верхних конечностях, при этом более заметный прирост скорости кровооттока в нижних конечностях регистрируется у спортсменов 1 разряда, а к достижению квалификации КМС формируется высокий уровень притока и оттока крови в нижних и верхних конечностях. При этом показатели кровообращения при использовании баллистических ударов более экономичные и оптимальные [39].

При анализе спирографических показателей было показано, что в состоянии покоя самые низкие показатели ЖЕЛ фиксируются у начинающих спортсменов, а наибольшие – у групп разрядников и КМС ($p < 0.05$), показатели ДО достоверно не отличаются у боксеров начальной подготовки и боксеров 1 разряда и увеличиваются в группе КМС ($p < 0.05$), величины $ОФВ_1$ были наименьшими у боксеров уровня начальной специализации ($p < 0.05$, рис. 5).

После выполнения нагрузки небаллистическим типом ударов величина ЖЕЛ у боксеров группы начальной подготовки уменьшилась на 32% ($p < 0.05$, рис. 5). У остальных спортсменов наблюдались незначительная тенденция в сторону уменьшения (рис. 5). После нагрузки ДО увеличивался при использовании обоих типов тех-

Таблица 3. Биоэлектрические показатели мышц верхних конечностей и туловища при выполнении серии ударных движений у спортсменов, занимающихся боксом, в зависимости от квалификации и техники выполнения удара, $X \pm m$

Техника выполнения удара	Группы	Двуглавая мышца плеча		Трехглавая мышца плеча		Межреберные мышцы		Наружная косая мышца живота	
		средняя амплитуда, мкВ	средняя частота, Гц	средняя амплитуда, мкВ	средняя частота, Гц	средняя амплитуда, мкВ	средняя частота, Гц	средняя амплитуда, мкВ	средняя частота, Гц
Удар № 1									
Небаллистический тип удара	Боксеры начальной подготовки	963.8 ± 70.7	108.1 ± 9.1	748.7 ± 97.9	109.6 ± 8.1	606.5 ± 35.1	150.2 ± 11.1	399.7 ± 15.2	175.7 ± 11.1
	Боксеры 1 разряда	569.6 ± 24.8$^{\#}$	97.5 ± 8.1	880.2 ± 42.5	107.6 ± 10.2	692 ± 32.6	241.7 ± 11.6$^{\#}$	691.8 ± 14.2$^{\#}$	179.1 ± 15.1
	Боксеры КМС	629.7 ± 32.2$^{\#}$	112 ± 10.2	996.4 ± 18.9$^{\#}$	289.2 ± 21$^{\#}$	739.6 ± 27	342.7 ± 31$^{\#}$	711.7 ± 71.4$^{\#}$	194.3 ± 12.2
Баллистический тип удара	Боксеры начальной подготовки	845.5 ± 42.1	102.2 ± 10	767 ± 28.2	165.4 ± 12.1*	769.3 ± 25.5*	193.9 ± 10.2*	364 ± 41.2	230.3 ± 10.3*
	Боксеры 1 разряда	437.7 ± 30.3*$^{\#}$	95.1 ± 7.2	883.5 ± 12.1	278.5 ± 22.1*$^{\#}$	788.5 ± 41.8	339.7 ± 23.9*$^{\#}$	664.2 ± 40.3$^{\#}$	212.7 ± 15.4
	Боксеры КМС	394 ± 45.5*$^{\#}$	94.9 ± 6.3	934.3 ± 41.7$^{\#}$	299.9 ± 16.3$^{\#}$	808.4 ± 38.7	356.5 ± 31.3$^{\#}$	796 ± 46.9$^{\#}$	272.3 ± 17.4*
Удар № 7									
Небаллистический тип удара	Боксеры начальной подготовки	995.2 ± 134.3	132.3 ± 10.3$^{£}$	810.2 ± 67.5	108.9 ± 10.2	654.2 ± 62.1	161.3 ± 12	618.2 ± 32.9$^{£}$	188.6 ± 13.1
	Боксеры 1 разряда	1060.2 ± 57.2$^{£}$	189.7 ± 16.2$^{£}$	1147.7 ± 40.2$^{£\#}$	126.9 ± 9.8	809.5 ± 34.2$^{\#}$	255.5 ± 12.1$^{\#}$	1012 ± 41.5$^{£\#}$	153.5 ± 10.2$^{\#}$
	Боксеры КМС	1005.51 ± 66.9$^{£}$	177.5 ± 15.3$^{£}$	1254.6 ± 29.9$^{£\#}$	345.8 ± 23.7$^{\#}$	993 ± 24$^{£\#}$	298.4 ± 21.6$^{\#}$	1116 ± 30.5$^{£\#}$	160.7 ± 17.3
Баллистический тип удара	Боксеры начальной подготовки	520.5 ± 42.5*$^{£}$	104.2 ± 8.3*	1096.7 ± 95.6*$^{£}$	189.7 ± 11.9*	1142.9 ± 66.84*$^{£}$	217.2 ± 17*	926.8 ± 66.5*$^{£}$	245.4 ± 12*
	Боксеры 1 разряда	459.6 ± 22*	124.4 ± 9.6*$^{£\#}$	1234.3 ± 13.9$^{£\#}$	327.4 ± 32.4*$^{\#}$	1135.2 ± 47.6*$^{£}$	379.4 ± 22.2*$^{\#}$	925.8 ± 47.3$^{£}$	226.4 ± 11.1*
	Боксеры КМС	417.73 ± 36.3*$^{\#}$	81.1 ± 9.3*$^{\#}$	1303.2 ± 24$^{£\#}$	347.3 ± 26.1$^{\#}$	1218.7 ± 22*$^{£}$	420.8 ± 36.1*$^{\#}$	1223.2 ± 34.4$^{£\#}$	411.6 ± 31.2*$^{£\#}$
Удар № 13									
Небаллистический тип удара	Боксеры начальной подготовки	1339.5 ± 66.2$^{\$\wedge}$	150.5 ± 10.3$^{\wedge}$	738.8 ± 40.9	116.8 ± 12.6	649.6 ± 26.8	157.3 ± 12.42	551.2 ± 69.3$^{\wedge}$	184.9 ± 21
	Боксеры 1 разряда	1326.1 ± 43.85$^{\$\wedge}$	197.4 ± 21.3$^{\wedge\#}$	1011.4 ± 20.5$^{\#}$	146.9 ± 10.3$^{\wedge}$	804.5 ± 23.4$^{\#}$	253.9 ± 13.4	834 ± 36.6$^{\wedge\#}$	120.6 ± 9.1$^{\$\wedge}$
	Боксеры КМС	1210.5 ± 14.6$^{\$\wedge\#}$	188.2 ± 22$^{\wedge\#}$	1190.5 ± 35$^{\#}$	266.2 ± 11.9$^{\$\#}$	970.7 ± 36.5$^{\#}$	309.1 ± 20$^{\#}$	1115 ± 39.84$^{\wedge\#}$	177.5 ± 16.4$^{\#}$
Баллистический тип удара	Боксеры начальной подготовки	555.7 ± 73.7*$^{\wedge}$	103.5 ± 9.1*	993.8 ± 13.5*$^{\wedge}$	201.9 ± 14.5*$^{\wedge}$	1031.2 ± 51.5*$^{\wedge}$	248.5 ± 12*$^{\wedge}$	852 ± 36.2*$^{\wedge}$	279.8 ± 14.7*$^{\wedge}$
	Боксеры 1 разряда	736.3 ± 64.8*$^{\$\wedge\#}$	94.4 ± 8.3*$^{\$}$	1417.3 ± 28.9*$^{\wedge\#}$	332 ± 33.2*$^{\#}$	1372 ± 27*$^{\$\wedge\#}$	417.7 ± 21*$^{\wedge\#}$	1385 ± 5^{1}*$^{\$\wedge\#}$	280 ± 21.2$^{*\$\wedge}$
	Боксеры КМС	465.2 ± 47.9*	75.4 ± 5.1*$^{\wedge\#}$	1550 ± 39.5*$^{\wedge\#}$	410 ± 30.4*$^{\wedge\#}$	1526.4 ± 45*$^{\$\wedge\#}$	457.5 ± 22*$^{\wedge\#}$	1507.9 ± 15.7*$^{\$\wedge\#}$	463.6 ± 32.3*$^{\wedge\#}$

Примечание: * – достоверность различий выполнения прямых баллистических ударов относительно выполнения прямых небаллистических ударов, $p < 0.05$; $^{£}$ – достоверность различий данных 7-ой попытки относительно 1-ой, $p < 0.05$; $^{\$}$ – достоверность различий данных 13-ой попытки относительно 7-ой, $p < 0.05$; ^ – достоверность различий данных 13-ой попытки относительно 1-ой, $p < 0.05$. $^{\#}$ – достоверность различий данных внутри подгрупп относительно группы боксеров начальной подготовки, $p < 0.05$.

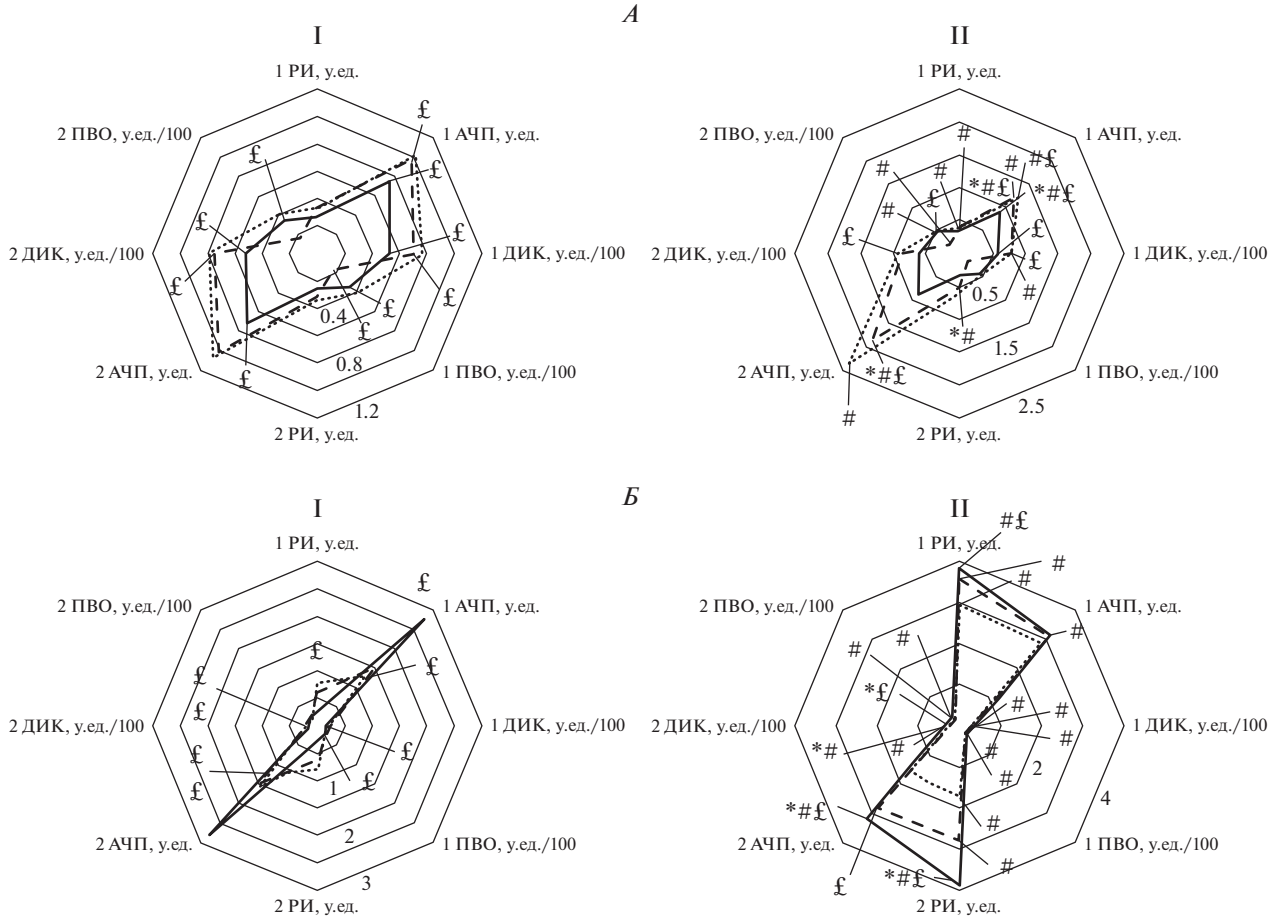

Рис. 4. Реографические показатели кровотока в правом бедре (*А*) и правом плече (*Б*) у спортсменов в покое (I) и после нагрузки (II).
Сплошная линия – начальная подготовка, длинный пунктир – первый разряд, короткий пунктир – кандидаты в мастера спорта; 1 – удары баллистического типа, 2 – удары небаллистического типа. * – достоверность различий выполнения прямых баллистических ударов относительно выполнения прямых небаллистических ударов, $p < 0.05$; £ – достоверность различий данных 7-ой попытки относительно 1-ой, $p < 0.05$; $– достоверность различий данных 13-ой попытки относительно 7-ой, $p < 0.05$; ^ – достоверность различий данных 13-ой попытки относительно 1-ой, $p < 0.05$; # – достоверность различий данных внутри групп относительно боксеров начальной подготовки, $p < 0.05$.

ники нанесения ударов, у боксеров начальной подготовки и боксеров КМС на 100 и 35% соответственно ($p < 0.05$), на 56% у боксеров 1 разряда при выполнении нагрузки небаллистическим типом ударов, и 23% у боксеров 1 разряда при выполнении нагрузки баллистическими ударами ($p < 0.05$, рис. 5). Показатели $ОФВ_1$ после нагрузки значимо уменьшались у всех спортсменов, использующих небаллистический тип ударов, а при использовании баллистических ударов – только у группы начинающих боксеров ($p < 0.05$, рис. 5).

Таким образом, у спортсменов, использующих небаллистическую технику выполнения движения, в отличие от спортсменов, использующих баллистические удары, происходит недостаточное восстановление показателей внешнего дыхания после нагрузки, в особенности у начинающих спортсменов.

Для оценки состояния сердечно-сосудистой системы оценивались коэффициент выносливости (который рассчитывался согласно методике [21] как отношение ЧСС, умноженного на 10, к пульсовому давлению) и ЧСС (рис. 6). ЧСС увеличивалась у боксеров начальной подготовки на 230% при обеих вариантах нагрузки, у боксеров 1 разряда на 245 при небаллистическом и 196% при баллистическом типе удара, у боксеров КМС на 227 и 183% соответственно ($p < 0.05$). Коэффициент выносливости после нагрузки с ростом квалификации уменьшался у всех спортсменов, но самые заметные изменения фиксировались при использовании баллистической техники выполнения ударов ($p < 0.05$, рис. 6).

Таким образом, для спортсменов начинающего уровня в независимости от техники выполнения ударов характерна гипотоническая реакция

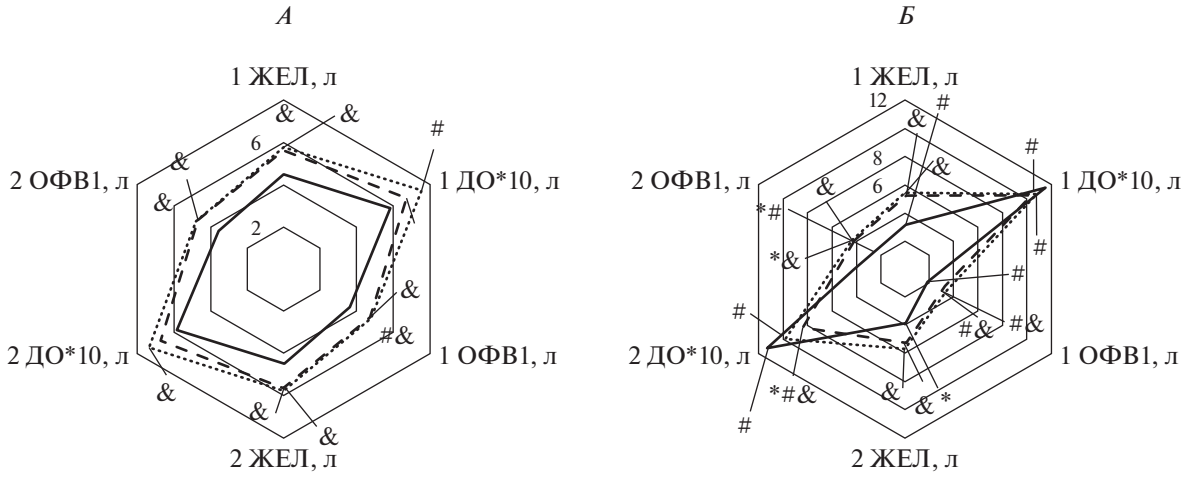

Рис. 5. Спирографические показатели у спортсменов в покое (*А*) и после физической нагрузки (*Б*).
* – достоверность различий после выполнения нагрузки прямыми баллистическими ударами относительно нагрузки выполненной прямыми небаллистическими ударами, $p < 0.05$; # – достоверность различия данных после нагрузки относительно уровня покоя, $p < 0.05$; & – достоверность различий данных относительно группы боксеров начальной подготовки, $p < 0.05$. Остальные обозначения см. рис. 4.

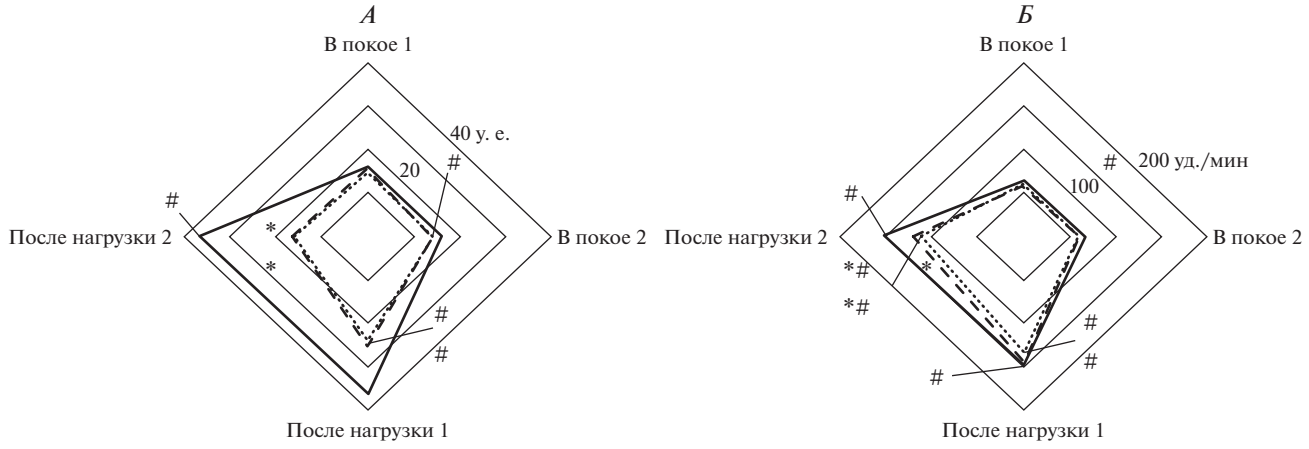

Рис. 6. Коэффициент выносливости (*А*) и частота сердечных сокращений (*Б*) в покое и после нагрузки у спортсменов. Обозначения см. рис. 4, 5.

сердечно-сосудистой системы на нагрузку, при переходе на следующие уровни спортивного мастерства формируется нормотоническая реакция при использовании баллистической техники нанесения ударов. При небаллистическом типе удара формирование нормотонической реакции не наступает.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании поученных результатов была выполнена систематизация механизмов, вовлекаемых в формирование физиологического обеспечения выполнения ударных движений у спортсменов, занимающихся боксом (табл. 4).

С учетом результатов, представленных в данной работе и ранее полученных данных [46], можно полагать, что формирование техники выполнения ударных действий в значительной степени сопряжено с совершенствованием координационных способностей и оптимизацией скоростно-силовой работы мышц верхних и нижних конечностей.

У начинающих боксеров уровень координационных способностей при выполнении ударных действий низкий вне зависимости от техники выполнения ударов. При использовании небаллистической техники совершенствование техники ударных движений обеспечивается за счет увеличения средней линейной скорости перемещения ОЦД на уровне квалификации спортсменов

Таблица 4. Физиологические характеристики техники выполнения баллистических ударных движений у боксеров различной квалификации

Показатели	Техника выполнения удара	Боксеры начальной подготовки	Боксеры 1 разряда	Боксеры КМС
Координация	Небаллистический тип удара	Слабая	Формирование средней линейной скоростной составляющей удара	Сформирована средняя линейная, средняя сагиттальная и формируется менее выраженная фронтальная линейная скоростные составляющие удара
	Баллистический тип удара	Слабая	Формирование средней линейной и сагиттальной линейной скоростной составляющей удара	Сформирована средняя линейная, средняя сагиттальная и фронтальная линейная скоростные составляющие удара
Мышечное сокращение	Небаллистический тип удара	Низкая активность. Отсутствие внутримышечной координации	Высокая активность всех мышц. Отсутствие внутримышечной координации	Высокая активность всех мышц Внутримышечная координация
	Баллистический тип удара	Низкая активность. Отсутствие внутримышечной координации	Высокая активность всех мышц, кроме двуглавой мышцы плеча. Отсутствие внутримышечной координации	Высокая активность всех мышц, кроме двуглавой мышцы плеча. Внутримышечная координация
Регионарный кровоток	Небаллистический тип удара	Средний уровень кровенаполнения нижних и верхних конечностей. Средняя скорость кровооттока верхних конечностей	Высокая скорость кровооттока нижних конечностей. Средняя скорость кровооттока верхних конечностей	Высокий уровень кровенаполнения нижних и верхних конечностей
	Баллистический тип удара	Средний уровень кровенаполнения нижних и верхних конечностей. Средняя скорость кровооттока верхних конечностей	Высокая скорость кровооттока нижних конечностей. Средняя скорость кровооттока верхних конечностей. Все показатели более экономичные и оптимальные, чем при небаллистической техники удара	Высокая скорость кровооттока нижних и верхних конечностей. Все показатели более экономичные и оптимальные, чем при небаллистической техники удара
Реакция сердечно-сосудистой системы	Небаллистический тип удара	Гипотонический тип реакции	Гипотонический тип реакции	Гипотонический тип реакции
	Баллистический тип удара	Гипотонический тип реакции	Нормотонический тип реакции	Нормотонический тип реакции
Реакция дыхательной системы	Небаллистический тип удара	Средние показатели дыхательной системы. Недостаточное восстановление показателей внешнего дыхания после нагрузки	Высокие показатели дыхательной системы. Среднее восстановление показателей внешнего дыхания после нагрузки	Высокие показатели дыхательной системы. Быстрое восстановление показателей внешнего дыхания после нагрузки
	Баллистический тип удара	Средние показатели дыхательной системы. Недостаточное восстановление показателей внешнего дыхания после нагрузки	Высокие показатели дыхательной системы. Быстрое восстановление показателей внешнего дыхания после нагрузки	Высокие показатели дыхательной системы. Быстрое восстановление показателей внешнего дыхания после нагрузки

1 разряда, а у спортсменов квалификации КМС происходит увеличение скорости в сагиттальной плоскости, а также слабо выраженный прирост во фронтальной плоскости.

При баллистическом типе удара с ростом квалификации происходит увеличение средней линейной скорости перемещения ОЦД и скорости в сагиттальной плоскости, а при достижении уровня КМС у боксеров добавляется четко выраженное увеличение скорости перемещения ОЦД во фронтальной плоскости.

При этом наблюдался рост амплитуды биоэлектрической активности мышц верхних и нижних конечностей. На этапе совершенствования спортивного мастерства (КМС) биоэлектрическая активность всех исследуемых мышц приобретает синхронность и имеет самую высокую амплитуду и частоту осцилляций при значительно уменьшающейся длительности периода активности. При использовании небаллистической техники совершенствование прямого удара правой рукой обеспечивается за счет возрастания амплитуды и частоты биоэлектрической активности трехглавой и двуглавой мышц плеча, межреберных мышц и наружной косой мышцы живота. Совершенствование техники нанесения прямого удара баллистического типа происходит за счет более заметного увеличения амплитуды и частоты биоэлектрической активности трехглавой мышцы плеча, межреберных мышц и наружной косой мышцы на фоне некоторого снижения амплитуды и частоты биоэлектрической активности двуглавой мышцы плеча.

Таким образом, изменения двигательного стереотипа сопровождаются нелинейной перестройкой системы вегетативного обеспечения деятельности. У спортсменов происходит постепенное увеличение уровня кровенаполнения и кровооттока нижних и верхних конечностей, при этом более заметен прирост скорости кровооттока нижних конечностей, а к достижению квалификации КМС формируется высокий уровень притока и оттока кровенаполнения нижних и верхних конечностей. Показатели кровообращения при использовании баллистической техники более экономичные и оптимальные.

Для спортсменов начинающего уровня в независимости от техники выполнения ударов характерна гипотоническая реакция сердечно-сосудистой системы на нагрузку, при переходе на следующие уровни спортивного мастерства формируется нормотоническая реакция при использовании баллистической техники нанесения ударов. При выполнении ударов небаллистическим типом мышечного напряжения формирование нормотонической реакции не наступает.

Система внешнего дыхания у начинающих спортсменов недостаточно справляется с тренировочной нагрузкой, в особенности при использовании небаллистической техники выполнения ударов. И только при росте спортивной квалификации до уровня старших разрядов у спортсменов начинает происходить быстрое восстановление показателей внешнего дыхания после нагрузки.

Результаты исследования позволяют рассматривать формирование спортивного мастерства в боксе как единую функциональную систему, в которой способность к равновесию и устойчивости и скоростные составляющие координации связаны с организацией сократительной активности мышц нижних и верхних конечностей и вегетососудистым обеспечением деятельности организма спортсмена. Полученные данные дополняют представления о физиологических механизмах формирования технических навыков ударных действий в спортивных единоборствах и могут служить теоретическим базисом для совершенствования технологии тренировочного процесса.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным биоэтическим комитетом Национального исследовательского Томского государственного университета (Томск).

Информированное согласие. Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Davis P., Connorton A.J., Driver S. et al.* The activity profile of elite male amateur boxing after the 2013 rule changes // J. Strength Cond. Res. 2018. V. 32. № 12. P. 3441.
2. *Park J., Gong J., Yim J.* Effects of a sitting boxing program on upper limb function, balance, gait, and quality of life in stroke patients // Neuro Rehabil. 2017. V. 40. № 1. P. 77.
3. *Зациорский В.М.* Физические качества спортсмена: основы теории и методики воспитания. М.: Советский спорт, 2009. 200 с.
4. *James L.P., Haff G.G., Kelly V.G., Beckman E.M.* Towards a Determination of the Physiological Characteristics Distinguishing Successful Mixed Martial Arts Athletes: A Systematic Review of Combat Sport Literature // Sports Med. 2016. V. 46. № 10. P. 1525.
5. *Kasiri S., Fookes C., Sridharan S., Morgan S.* Fine-grained action recognition of boxing punches from

depth imagery // Comp. Vis. Image Und. 2017. V. 159. P. 143.

6. *Зильбернагль С., Деспопулос А.* Наглядная физиология. М.: Бином. Лаб. Знаний, 2013. 408 с.
7. *Филимонов В.И.* Современная система подготовки боксеров. М.: ИНСАН, 2009. 480 с.
8. *Есмейкин В.Ф.* Совершенствование атакующих действий в боксе посредством их выполнения с оптимальными характеристиками: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. М., 2007. 24 с.
9. *Лукьяненко В.П., Волков Р.А.* Биомеханические особенности ударных движений боксеров // Мир науки, культуры, образования. 2013. № 4(41). С. 85.
10. *Павлов С.Е.* Физиологические основы подготовки квалифицированных спортсменов. М.: Изд-во Рос. гос. ун-та физ. культуры и спорта, 2009. 54 с.
11. *Верхошанский Ю.В.* Основы специальной силовой подготовки в спорте. М.: Советский спорт, 2013. 216 с.
12. *Бернштейн Н.А.* Физиология движений и активность. М.: Книга по Требованию, 2012. 496 с.
13. *Rhoades R.A., Bell D.R.* Medical Physiology: Principles for Clinical Medicine. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008. 800 p.
14. *Боброва Е.В.* Механизмы сенсомоторной координации движений и позы человека: дис. ... д-ра биол. наук: 03.03.01. СПб., 2010. 320 с.
15. *Гришин А.А., Коляда А.В., Завьялов А И.* Биопедагогические аспекты подготовки тела к болевым ощущениям методами взаимодействия ударных поверхностей в спортивных единоборствах // Теор. и практ. прикл. и экстрем. видов спорта. 2013. № 2(27). С. 37.
16. *Doral M.N., Turhan E., Dönmez G. et al.* Sport Injuries: Prevention, Diagnosis, Treatment and Rehabilitation. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2012. 1154 p.
17. *Drury B.T., Lehman T.P., Rayan G.* Hand and Wrist Injuries in Boxing and the Martial Arts // Hand Clinics. 2017. V. 33. № 1. P. 97.
18. *Ренстрем П.А.* Спортивные травмы. Клиническая практика предупреждения и лечения. Киев: Олимпийская литература, 2003. 470 с.
19. *Krauss G.* Biochemistry of Signal Transduction and Regulation. 5-th ed. Berlin: Wiley-VCH, 2014. 844 p.
20. *Rosly M., Oam D., Glen M., Husain R.* Exergaming for individuals with neurological disability: a systematic review // Disabil. Rehabil. 2017. V. 39. № 8. P. 727.
21. *Караулова Л.К., Красноперова Н.А., Расулов М.М.* Физиология физического воспитания и спорта. М.: Академия, 2016. 297 с.
22. *Сидняев Н.И.* Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных. М.: Юрайт, 2012. 399 с.
23. *Попик С.А.* Технология совершенствования ударных действий студентов-боксеров с применением тренажерных информационных стендов: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. Хабаровск, 2008. 125 с.
24. *Карпеев А.Г.* Двигательная координация человека в спортивных упражнениях баллистического типа. Омск: Изд-во Сиб. гос. акад. физ. культуры, 1998. 322 с.
25. *Колесник И.С.* Управление развитием ведущих двигательных координаций в боксе. М.: Теор. и практ. физ. культуры и спорта, 2005. 173 с.
26. *Меньшиков О.В.* Специальная физическая подготовка боксеров-юниоров атакующего и контратакующего стиля на предсоревновательном этапе: автореф. дис. ... канд. пед. наук 13.00.04. М., 2007. 23 с.
27. *Бибиков С.В.* Методика развития координационных способностей юных боксеров на основе моделирования их соревновательной деятельности: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. Волгоград, 2008. 141 с.
28. *Судаков Е.Б.* Методика физической подготовки боксеров различной спортивной квалификации и тактических манер ведения поединка: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. Волгоград, 2008. 158 с.
29. *Горская И.Ю., Аверьянов И.В., Кондаков А.М.* Координационная подготовка спортсменов. Омск: Изд-во Сиб. гос. ун-та физ. культуры и спорта, 2015. С. 34.
30. *Howatson G., Van Someren K., Hortobadgyi T.* Repeated bout effect after maximal eccentric exercise // Int. J. Sports Med. 2007. V. 28. № 7. P. 557.
31. *Башкин В.М.* Изменение взрывной мышечной силы спортсменов в зависимости от выполненной тренировочной работы // Уч. записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2009. № 6(52). С. 16.
32. *Виноградова О.Л., Попов Д.В., Нетреба А.И.* Оптимизация процесса физической тренировки: разработка новых “щадящих” подходов к тренировке силовых возможностей // Физиология человека. 2013. Т. 39. № 5. С. 71.
33. *Хежев А.А.* Формирование точности движений в процессе специализированной силовой тренировки: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. Нальчик, 2011. 183 с.
34. *Hoffman J.* Physiological Aspects of Sports training and Performance. Champaing: Human Kinetics, 2014. 520 p.
35. *Филева В.В., Мельников А.А.* Восстановление вертикальной позы спортсменов после внешнего толкающего воздействия // Новые подходы к изучению классических проблем. М.: ООО “Альфа-Принт”, 2015. С. 118.
36. *Баранов Д.В.* Эффективность применения подводящих упражнений на этапе совершенствования технико-тактического мастерства боксеров: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. Тула, 2005. 23 с.
37. *Лукьяненко В.П., Хежев А.А., Бажев А.З.* Специализированная силовая подготовка, как условие повышения точности движений и совершенствования технического мастерства // Теор. и практ. физич. культуры. 2015. № 8. С. 15.
38. *Кичайкина Н.Б., Самсонова А.В.* Биомеханика двигательных действий. СПб.: Изд-во ун-та им. П.Ф. Лесгафта, 2014. 183 с.
39. *Farrell P.A., Joyner M.J., Caiozzo V.J.* Advanced exercise physiology. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2012. 800 p.
40. *Hedayatrour N., Falla D., Arendt-Nielsen L., Farina D.* Effect of delayed-onset muscle soreness on muscle recovery after a fatiguing isometric contraction // Scand. J. Med. Sci. Sports. 2010. V. 20. № 1. P. 145.

41. *Новиков А.А.* Основы спортивного мастерства. М.: Советский спорт, 2012. 256 с.

42. *Пашинцев В.Г., Сурков А.М.* Развитие скоростно-силовой гликолитической выносливости в дзюдо // Теор. и практ. физич. культуры. 2015. № 3. С. 20.

43. *Kapilevich L.V., Guzhov F.A., Bredikhina Yu.P., Il'i A.A.* [Physiological mechanisms to ensure accuracy and coordination of movements under conditions of unstable equilibrium and moving target (the case of strikes in sports karate)] // Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury. 2014. № 12. P. 22.

44. *Kapilevich L.V., Lojkina M.B., Krivoschekov S.G.* Electrophysiological neuromuscular systemic characteristics of athletes in power training // Human Physiology. 2016. V. 42. № 4. P. 392.

45. *Balanev D.Yu., Kapilevich L.V., Shil'ko V.G.* [Perspectives of application of motor activity monitoring techniques in sport] // Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury. 2015. № 1. P. 58.

46. *Illarionova A.V., Kapilevich L.V.* [Distinctive features of intramuscular and intermuscular coordination at power graduation in the context of balance training] // Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury. 2014. № 12. P. 44.

Physiological Parameters of the Performance of Ballistic Strike Movements in Sportsmen

M. B. Lozhkina[a], S. N. Neupokoev[a], S. G. Krivoshchekov[d], L. V. Kapilevich[a, b, c, *]

[a] *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

[b] *National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia*

[c] *Siberian State Medical University, Tomsk, Russia*

[d] *Research Institute of Physiology and Fundamental Medicine, Novosibirsk, Russia*

**E-mail: kapil@yandex.ru*

In various studies special attention is paid to the analysis of the motor-coordination features of the strike actions of athletes. At the same time, most researchers do not take into account the interrelation of strike force actions with the mechanisms of motor coordination and balance. As a result, the construction of motion adequate to the set motor task is not considered. Vegetative support for various types of strikes has not been studied. We measured vertical stability, stabilographic indicators, muscle electrical activity of the upper limbs and body, and vegetative-vascular support of various types of strike movements performed using sports equipment for boxers of various skill levels. Basing on obtained data, we systematized the physiological characteristics of the performance of strike movements in boxing athletes. It was found that increasing level of qualification is associated with an increase in the balance retention time in the complicated Romberg posture. For the ballistic type of strike, increasing level of qualification is associated with an increase in the sagittal linear velocity of strike; with the level of the candidate master of sports (CMS), a pronounced frontal velocity component was added. This was accompanied by an increase in the amplitude of bioelectric activity of the muscles of the upper and lower extremities; the signs of muscle disorganization were replaced by synchronization of the bioelectric activity. Changes in the motor stereotype were accompanied by a non-linear reorganization of the vegetative support system, a gradual increase in the level of blood supply and blood return in the lower and upper extremities. At the same time, blood circulation indices were more optimal for ballistic technology. According to our data, we can consider the formation of sportsmanship in boxing as a single functional system, in which the ability to maintain balance and speed strike parameters is associated with the organization of contractile muscle activity of the lower and upper extremities and vascular maintenance of the body activity. The obtained data will help to understand the physiological mechanisms of the formation of strike movement skills in combat sports and can serve as a theoretical basis for improving the training process.

Keywords: boxing, bioelectric muscle activity, vegetative support, ballistic strikes, sports training.