

На правах рукописи

**БУРАВЕЛЬ ОЛЕСЯ ИГОРЕВНА**

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
УДАРНО-ЦЕЛЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ У ФУТБОЛИСТОВ**

03.03.01 – физиология

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

**ТОМСК 2012**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

**Научный руководитель:**

доктор медицинских наук,  
профессор

Капилевич Леонид Владимирович

**Официальные оппоненты:**

доктор медицинских наук, профессор,  
заведующий Центральной научно-исследовательской лабораторией  
ГБОУ ВПО СибГМУ  
Минздравсоцразвития России

Байков Александр Николаевич

доктор медицинских наук, профессор,  
профессор кафедры анатомии, физиологии  
и безопасности жизнедеятельности  
ФГБОУ ВПО «Новосибирский  
государственный педагогический  
университет»

Рубанович Виктор Борисович

**Ведущая организация:**

Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Алтайский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации.

Защита состоится "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г. в \_\_\_ часов на заседании диссертационного совета Д 208.096.01 при Сибирском государственном медицинском университете (634050 г. Томск, Московский тракт, 2).

С диссертацией можно ознакомиться в научно-медицинской библиотеке Сибирского государственного медицинского университета.

Автореферат разослан "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



**Петрова И.В.**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность исследования

В последние годы много внимания уделяется изучению функционального состояния центральной нервной системы и нервно-мышечного аппарата человека при физических нагрузках [Люташин Ю.И., 2010; Мишустин В.Н., 2010; Панков В.А., 2007; Beutler A.I., 2009]. Однако проблема физиологического обеспечения сложнокоординированных двигательных действий у спортсменов остается исследованной недостаточно.

В то же время уровень мастерства спортсмена во многом зависит от его способности управлять системой движений, которые в процессе тренировки постоянно совершенствуются [Горская Ю.И., 2010; Костюнина Л.И., Колесник И.С., 2010]. Эффективность управления движениями при выполнении ударно-целевых действий определяются физиологическими механизмами, с участием которых осуществляется регуляция двигательной деятельности. Соответственно, именно совершенствование процессов регуляции движений, определяющих результативность ударов по мячу, является физиологической основой технической подготовки футболистов [Казенников О.В., Липшиц М.И., 2011].

Высокие достижения в спорте сегодня невозможны без объективного контроля функционального состояния организма спортсмена, без учета физиологических закономерностей и механизмов управления двигательными действиями [Ратов И.П., Попов Г.И., Логинов А.А., 2007; Бочаров М.И., 2010].

Особенно актуальным такой подход становится при вовлечении в спортивную деятельность женщин. В последние годы растет популярность женского футбола. В то же время тренеры и спортсмены в этом виде спорта часто сталкиваются с проблемами низкой эффективности методик тренировки, привнесенных в него из мужского футбола. Во многом причины этого лежат в физиологических особенностях женского организма, в различиях механизмов адаптации к физическим нагрузкам и в физиологическом обеспечении основных двигательных способностей [Beutler A.I., Motte S.J., 2009].

Для контроля физиологических параметров у спортсменов применяется широкий арсенал методов, активно привлекаются информационные технологии, что позволяет существенно ускорить процесс обработки и анализа полученной информации, повысить качество ее визуализации, сделав доступной не только для исследователя, но и для спортсмена [Липшиц М.И., Казенников О.В., 2009; Солопова И. А., Селионов В. А. и др., 2011]. Первоначально эти методы были разработаны для функциональной диагностики поражений нервной системы на различных уровнях, но сегодня они активно внедряются в физиологию спорта, поскольку позволяют оценивать функциональные возможности и роль различных отделов нервной системы в формировании двигательных навыков [Капилевич Л.В., 2010; Simão R., Spineti J., 2010].

Таким образом, актуальным остается исследование физиологических характеристик нервно-мышечной системы, системы кровообращения и системы

вертикальной устойчивости при спортивной тренировке с учетом пола и уровня спортивного мастерства. Результаты таких исследований могут послужить основой для разработки практических рекомендаций по организации отбора на различных этапах спортивного совершенствования, для физиологического сопровождения тренировочного процесса и разработки методов оперативного контроля.

**Цель:** изучить физиологические характеристики ударно-целевых действий футболистов в зависимости от пола и уровня спортивного мастерства.

#### **Задачи:**

1. Исследовать характер биоэлектрической активности мышц нижних конечностей и регионарного кровотока у мужчин-футболистов в зависимости от квалификации.
2. Исследовать стабิโลграфические характеристики равновесия и координационных способностей у мужчин-футболистов в зависимости от квалификации.
3. Исследовать особенности биоэлектрической активности мышц нижних конечностей и регионарного кровотока у женщин-футболисток.
4. Исследовать стабิโลграфические характеристики равновесия и координационных способностей у женщин-футболисток.

#### **Научная новизна**

Впервые показано, что у футболистов-мужчин низкой квалификации при выполнении ударов по мячу задействуются все мышечные группы нижних конечностей, тогда как у спортсменов высокой квалификации последовательность вовлечения в выполнение движения мышц зависит от характера выполняемого удара.

Впервые установлено, что у футболистов-мужчин высокой квалификации при выполнении ударов по мячу слабо выражены колебания тела во фронтальной плоскости и выше линейная (но не угловая) скорость перемещения центра давления по линии удара, при этом роль зрительного анализатора в поддержании равновесия незначительна, тогда как у низкоквалифицированных спортсменов показатели стабילותграфии ухудшаются при отмене зрительного контроля.

Впервые показано, что у футболистов-мужчин при выполнении ударов по мячу в равной степени задействуются мышцы бедра и голени, тогда как у женщин преимущественно вовлекаются в выполнение данного двигательного действия мышцы бедра. Дифференциация электрической активности, связанная с техническими особенностями ударов, у мужчин отмечается на всех мышцах нижней конечности, тогда как у женщин – только на мышцах бедра, на мышцах голени дифференциация ЭМГ по типам ударов отсутствует.

Впервые установлено, что у футболистов с особенностями организации сокращения мышц нижней конечности при выполнении ударов по мячу связан

и характер регионарного кровотока: после физической нагрузки у мужчин кровоток усиливается в регионе голени сильнее, чем в области бедра, тогда как у женщин прирост регионарного кровотока отмечался только в области бедра.

Впервые показано, что усиление регионарного кровотока при физической нагрузке как у мужчин, так и у женщин, занимающихся футболом, преимущественно связана с увеличением максимальной скорости кровенаполнения; общая величина кровенаполнения увеличивается в меньшей степени и только у мужчин.

### **Научно-практическая значимость**

Полученные результаты раскрывают целый ряд важных физиологических механизмов, лежащих в основе точности ударно-целевых действий у футболистов в зависимости от пола и спортивной квалификации. В то же время, они могут послужить основой для разработки практических рекомендаций по спортивному отбору, по оперативному контролю уровня технической подготовленности спортсменов, а так же основой для разработки новых подходов к совершенствованию спортивного мастерства футболистов.

Результаты диссертации внедрены в учебно-тренировочный процесс на факультете физической культуры Томского государственного университета, на кафедре спортивных дисциплин факультета физической культуры Томского политехнического университета, на кафедре физического воспитания и спорта Томского университета систем управления и радиоэлектроники.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Физиологические механизмы, обеспечивающие точность ударов по мячу у футболистов-мужчин, связаны с двумя группами факторов: во-первых, с координацией движений – снижением колебаний тела во фронтальной плоскости и возрастанием линейной (но не угловой) скорости перемещений центра давления; во-вторых, с совершенствованием дифференцировки мышечной активности и усилением регионарного кровотока в нижних конечностях, преимущественно в сосудах голени.
2. У футболистов-мужчин точность ударов по мячу обеспечивается преимущественно за счет более высокой биоэлектрической активности мышцы бедра и голени, дифференциации электрической активности, связанной с техническими особенностями ударов и за счет усиления регионарного кровотока нижних конечностей; тогда как у женщин-футболисток – преимущественно за счет координации движений и оптимальной траектории перемещения центра давления при выполнении удара.

### **Апробация работы**

Основные результаты диссертации обсуждены на всероссийских и международных конгрессах: Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Физическая культура, здравоохранение и образование» – Томск 2009, 2010, 2011 г.; X Международный конгресс молодых ученых

и специалистов «Науки о человеке» – Томск 2009 г.; Всероссийская конференция с международным участием «Нейрогуморальные механизмы регуляции висцеральных органов и систем в норме и при патологии» – Томск 2009 г.; VI Всероссийская научно-практическая конференция «Физическая культура и здоровье студентов вузов» – Санкт-Петербург 2010 г.; XI Международный конгресс молодых ученых и специалистов «Науки о человеке» – Томск 2010 г.; XXI Съезд Физиологического общества им. И.П.Павлова – Калуга 2010 г.; VII Всероссийская научно-практическая конференция «Физическая культура и здоровье студентов вузов» – Санкт-Петербург 2011 г.; V Международный конгресс «Человек, спорт, здоровье» – Санкт-Петербург 2011 г.; XII Международный конгресс молодых ученых и специалистов «Науки о человеке» – Томск 2011 г.; II Всероссийская (с международным участием) научно-практическая конференция «Спортивная медицина. Здоровье и физическая культура. Сочи 2011» – Сочи 2011 г.; IV Всероссийская с международным участием конференция по управлению движением, приуроченная к 90-летию кафедры физиологии ФГБОУ ВПО «РГУФКСМиТ» – Москва 2012 г.

По теме диссертации опубликовано 19 печатных работ, из них 4 – в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

#### **Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации**

Автором самостоятельно разработано теоретическое обоснование физиологических подходов к оценке движений спортсменов при выполнении ударов по мячу, определены направления исследования, сформулированы цель и задачи, разработан дизайн исследования. Самостоятельно выполнены физиологические и биомеханические исследования, проведена статистическая обработка результатов, их научный анализ и обсуждение, сформулированы выводы и положения, выносимые на защиту.

#### **Структура и объем диссертации**

Диссертация изложена на 127 страницах машинописного текста и состоит из введения, глав: «Обзор литературы», «Материалы и методы исследования», «Результаты и обсуждение», заключения. Библиография включает 140 ссылок, в том числе 86 работ отечественных авторов и 54 – зарубежных. Работа иллюстрирована 72 рисунками и 10 таблицами.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Были обследованы 105 спортсменов-футболистов (64 мужчины и 41 женщина) в возрасте 18-27 лет. Все обследуемые входили в основную медицинскую группу.

*Первую группу* (футболисты-мужчины низкой квалификации) составили студенты (45 человек), занимающиеся футболом 3 – 5 лет, участники сборных команд факультета и вуза, имеющие спортивные разряды.

*Вторую группу* (футболисты-мужчины высокой квалификации) составили игроки (19 человек) профессиональной команды – участника премьер-лиги чемпионата России (ФК «Томь»).

*Третью группу* составили женщины-футболистки (41 человек), игроки сборных команд по футболу – участниц первенства России по женскому футболу среди команд первой лиги (группа зона – Сибирь).

### **Методы исследования**

*Электромиография.* Исследование выполнялось на многофункциональном компьютерном электронейромиографе «Нейро-МВП-4». Комплекс позволяет исследовать электрическую активность мышц по 4 каналам. Исследование проводилось с помощью поверхностных электродов, которые представляют собой металлические диски площадью  $1 \text{ см}^2$ , вмонтированные в фиксирующую колодку для обеспечения постоянного расстояния между ними – 20 мм. При анализе ЭМГ оценивались максимальная амплитуда (мкВ) и средняя частота осцилляций (Гц).

*Стабилография.* Исследование проводилось с использованием компьютерного стабиланализатора «Стабилан-01-2». Это метод количественного, пространственного и временного анализа устойчивости стояния и координации движений. Стабилограф позволяет измерять параметры смещения ОЦТ в процессе поддержания испытуемым вертикальной позы и выполнения различных двигательных действий. Для оценки функции равновесия и координационных способностей применяли стабилографический тест и тест Ромберга. Оценивались следующие показатели: смещение по фронтالي и сагиттали (которые характеризуют расстояние от исходного положения до завершения движения во фронтальную или сагиттальную плоскости в процессе выполнения теста) (мм); средняя линейная скорость (скалярная величина, характеризующая отношение длины траектории ОЦТ при выполнении пробы к ее длительности (мм/с)); средняя угловая скорость (это отношение угла поворота радиус-вектора ОЦТ к промежутку времени, за который произошел этот поворот (рад./с)).

*Реовазография.* Регистрация регионарного кровотока правой ноги выполнялась с помощью реографа «Рео-Спектр» («Нейрософт», Россия) в области бедра и голени до нагрузки, и после выполнения 20 приседаний за 30 секунд. Регистрировались следующие показатели: реографический индекс (РИ, у.е.), который отражает состояние объемного кровенаполнения магистральных артерий исследуемого органа или его участка; максимальная скорость быстрого наполнения ( $V_{\text{макс}}$ , Ом/с), которая характеризует заполненность крупных артерий под влиянием ударного выброса сердца; средняя скорость медленного наполнения ( $V_{\text{ср}}$ , Ом/с) – отражает тонус средних и мелких артерий и их заполняемость кровью под влиянием ударного выброса сердца.

Анализ данных проводился при помощи программы Statistica 6.0 for Windows фирмы Statsoft. Полученные данные представлены в виде медианы, 1-го и 3-го квартилей ( $Me (Q_1-Q_3)$ ). Для определения характера распределения полученных данных использовали критерий Колмогорова-Смирнова, а также визуальную проверку методом гистограмм. Гипотезу о принадлежности

сравниваемых независимых выборок к одной и той же генеральной совокупности или к совокупностям с одинаковыми параметрами проверяли с помощью рангового U-критерия Манна-Уитни.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### *Физиологические характеристики ударно-целевых действий футболистов-мужчин различной квалификации*

Для выявления физиологических характеристик ударно-целевых действий, были обследованы две группы спортсменов, занимающихся футболом (низкоквалифицированные и высококвалифицированные). Был проведен электромиографический анализ активности мышц нижних конечностей (икроножная мышца (латеральная головка), икроножная мышца (медиальная головка), латеральная широкая мышца (нижняя треть), латеральная широкая мышца (верхняя треть), прямая мышца бедра) при максимальном произвольном напряжении и при выполнении ударов по мячу. В качестве модельных движений были выбраны удары по мячу из стандартного положения – удар внутренней стороной стопы, удар внешней стороной стопы и удар средней частью подъема стопы, которые являются базовыми в общей системе технической подготовки для этого вида спорта. Выполнение данных технических приемов в игровых условиях всегда связано с развитием значительных мышечных усилий, обеспечивающих реализацию двигательных действий. Также оценивался характер регионарного кровотока нижних конечностей в покое и после нагрузки. Проводился стабิโลграфический анализ движения ОЦТ спортсмена и оценка функции равновесия при выполнении удара по мячу внутренней стороной стопы, средней частью подъема, внешней стороной стопы футболистами различной квалификации. Для оценки роли зрительного анализатора в поддержании равновесия применялся тест Ромберга с открытыми и закрытыми глазами.

Исследование биоэлектрической активности мышц нижних конечностей при выполнении удара внешней стороной стопы футболистами различной квалификации позволило выявить существенные различия в организации работы мышечных групп (рис. 1). У низкоквалифицированных спортсменов все группы мышц вовлекаются в сокращение одновременно, тогда как у высококвалифицированных при выполнении данного удара преимущественно работает латеральная головка икроножной мышцы.

Анализ характеристик биоэлектрической активности мышц ног при выполнении ударов по мячу позволил выявить достоверные различия между группами низкоквалифицированных и высококвалифицированных спортсменов. Полученные результаты представлены в таблице 1.

При выполнении удара внешней стороной стопы у квалифицированных спортсменов амплитуда электрической активности была достоверно выше ( $p < 0,05$ ) на всех группах мышц, чем у начинающих футболистов, частота осцилляций, напротив, достоверно ниже на икроножной мышце (латеральная головка).



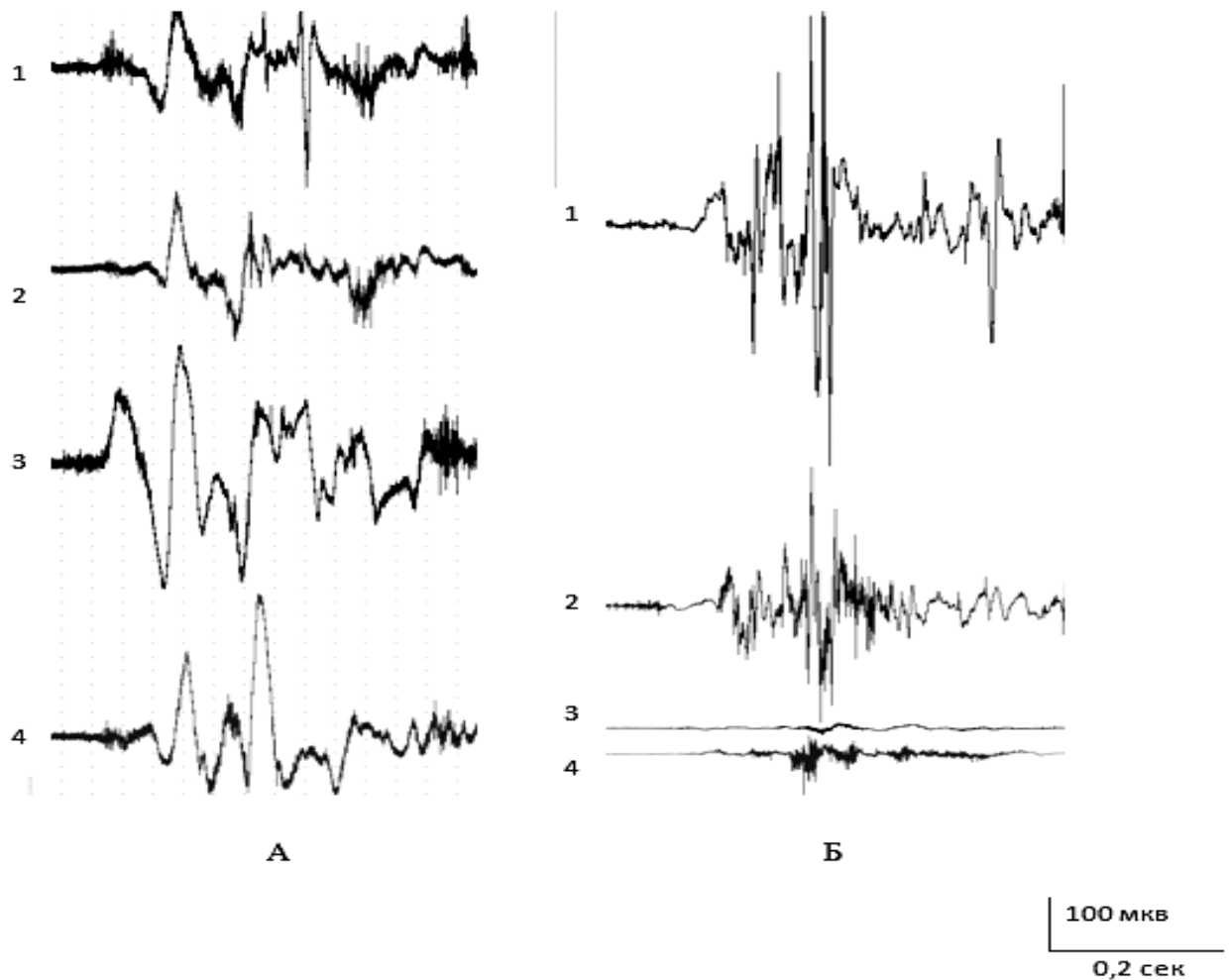


Рис. 1. Электромиограмма мышц ног при выполнении удара внешней стороной стопы низко-

- квалифицированным (А) и высококвалифицированным (Б) футболистами  
 1к. - *m. gastrocnemius, caput laterale* (икроножная мышца (латеральная головка))  
 2к. - *m. gastrocnemius, caput mediale* (икроножная мышца (медialная головка))  
 3к. - *m. vastus lateralis* (латеральная широкая мышца (нижняя треть))  
 4к. - *m. adductor longus* (длинная приводящая мышца)

Внизу справа – калибровочный сигнал и отметка времени

На других группах мышц, не задействованных непосредственно в данном виде удара, амплитуда биоэлектрической активности была выше у начинающих спортсменов. Аналогичные различия были обнаружены и при выполнении других типов ударов. При ударе внутренней стороной стопы мы наблюдаем высокую амплитуду – 1929 (916-2711) мкВ ( $p < 0,05$ ) и низкую частоту осцилляций – 207(98-272) Гц ( $p < 0,05$ ) у квалифицированных спортсменов на медиальной головке икроножной мышцы, при выполнении удара средней частью подъема стопы – на латеральной широкой мышце бедра: амплитуда – 503 (294-882) мкВ ( $p < 0,05$ ) и частота 262 (88-497) Гц ( $p < 0,05$ ). На других группах мышц амплитуда биоэлектрической активности у футболистов высокой квалификации была ниже, чем у начинающих.

Таблица 1

Биоэлектрическая активность мышц ног при выполнении ударов по мячу футболистами различной квалификации

Me (Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub>)

Мышцы	Удар внешней стороной стопы				Удар внутренней стороной стопы				Удар средней частью подъема			
	Низкоквалифицированные спортсмены		Высококвалифицированные спортсмены		Низкоквалифицированные спортсмены		Высококвалифицированные спортсмены		Низкоквалифицированные спортсмены		Высококвалифицированные спортсмены	
	Макс. ампл., мкВ	Средн. част., Гц	Макс. ампл., мкВ	Средн. част., Гц	Макс. ампл., мкВ	Средн. част., Гц	Макс. ампл., мкВ	Средн. част., Гц	Макс. ампл., мкВ	Средн. част., Гц	Макс. ампл., мкВ	Средн. част., Гц
Икроножная мышца (медиальная головка)	919 (482-1231)	279 (204-348)	368 (216-595)*	279 (196-312)	863 (273-1017)	282 (144-382)	1929 (916-2711)*	207 (98-272)*	965 (440-1674)	298 (210-512)	903 (469-1303)	272 (166-589)
Икроножная мышца (латеральная головка)	917 (512-1628)	297 (227-464)	1952 (586-2474)*	153(115-258)*	882 (476-1975)	262 (182-430)	342 (237-678)*	252 (88-247)	907 (582-2120)	315 (170-389)	639 (292-1558)	197 (109-372)
Латеральная широкая мышца бедра (нижняя треть)	1155 (319-2963)	222 (63-281)	334 (178-2040)*	210(122-400)	1246 (368-2446)	101 (64-356)	503 (294-882)*	262 (88-497)*	389 (228-1090)	282 (66-480)	1729 (406-14278)*	105 (71-177)*

\* - достоверность различий между группами низкоквалифицированных и высококвалифицированных спортсменов, p&lt;0,05

Мы также сопоставили реографические показатели кровотока правой ноги у футболистов (таблица 2), различающихся по уровню спортивной квалификации в покое и после нагрузки. Были выявлены различия между группами низкоквалифицированных и высококвалифицированных спортсменов. В состоянии покоя у высококвалифицированных спортсменов основные показатели (реографический индекс (РИ), максимальная скорость кровенаполнения ( $V_{\text{макс}}$ ), средняя скорость кровенаполнения ( $V_{\text{ср}}$ )) были достоверно выше ( $p < 0,05$ ), чем у низкоквалифицированных, как области бедра, так и в области голени.

Таблица 2  
Характеристики регионарного кровотока правой ноги у футболистов разной квалификации  
Me ( $Q_1$ - $Q_3$ )

Квалификация	Тест	Бедро			Голень		
		РИ, у.е.	$V_{\text{макс}}$ , Ом/с	$V_{\text{ср}}$ , Ом/с	РИ, у.е.	$V_{\text{макс}}$ , Ом/с	$V_{\text{ср}}$ , Ом/с
Низкоквалифицированные спортсмены	Покой	0,27 (0,11-0,35)	0,41 (0,32-0,55)	0,23 (0,19-0,37)	0,22 (0,13-0,31)	0,44 (0,28-0,60)	0,24 (0,19-0,39)
	Нагрузка	0,34 (0,17-0,51) $p_3 < 0,05$	0,50 (0,35-0,72) $p_3 < 0,05$	0,25 (0,09-0,44)	0,29 (0,18-0,40) $p_3 < 0,05$	0,49 (0,32-0,59) $p_3 < 0,05$	0,25 (0,11-0,39)
Высококвалифицированные спортсмены	Покой	0,35 (0,29-0,41) $p_1 < 0,05$	0,51 (0,49-0,53) $p_1 < 0,05$	0,28 (0,22-0,34) $p_1 < 0,05$	0,44 (0,33-0,55) $p_1 < 0,05$ $p_2 < 0,05$	0,64 (0,57-0,70) $p_1 < 0,05$ $p_2 < 0,05$	0,36 (0,29-0,41) $p_1 < 0,05$ $p_2 < 0,05$
	Нагрузка	0,41 (0,34-0,49) $p_1 < 0,05$ $p_3 < 0,05$	0,63 (0,55-0,70) $p_1 < 0,05$ $p_3 < 0,05$	0,35 (0,27-0,43) $p_1 < 0,05$ $p_3 < 0,05$	0,51 (0,41-0,66) $p_1 < 0,05$ $p_2 < 0,05$ $p_3 < 0,05$	0,76 (0,65-0,81) $p_1 < 0,05$ $p_2 < 0,05$ $p_3 < 0,05$	0,51 (0,47-0,59) $p_1 < 0,05$ $p_2 < 0,05$ $p_3 < 0,05$

Примечания: РИ – реографический индекс,  $V_{\text{макс}}$  – максимальная скорость быстрого наполнения,  $V_{\text{ср}}$  – средняя скорость медленного наполнения.

$p_1$  – достоверность различий между группами низкоквалифицированных и высококвалифицированных спортсменов

$p_2$  – достоверность различий между показателями бедра и голени

$p_3$  – достоверность различий после нагрузки

Также у спортсменов высокой квалификации названные показатели в области голени были достоверно выше ( $p < 0,05$ ), чем в области бедра, а у спортсменов низкой квалификации значимых различий не наблюдалось. После физической нагрузки у всех спортсменов прирост регионарного кровотока регистрировали как в области бедра, так и в области голени по всем изученным показателям.

телям, кроме средней скорости кровенаполнения, которая достоверно не изменялась (табл. 2).

На рис. 2 представлены результаты стабилотографического анализа движения общего центра давления (ОЦД) футболистов разной квалификации при выполнении удара внешней стороной стопы. Кривая представляет траекторию перемещения ОЦД от начала замаха до завершения движения. Из рисунка 2Б видно, что высококвалифицированный спортсмен в подготовительной фазе удерживает ОЦД в исходном положении, после чего ОЦД перемещается вперед по траектории удара и возвращается назад. Низкоквалифицированный футболист (рис. 2А) уже в подготовительной фазе совершает перемещения ОЦД назад. В момент выполнения удара траектория движения ОЦД изогнута, что существенно снижает эффективность выполнения движения. В завершающей фазе для удержания равновесия спортсмен выполняет колебательные движения в обе стороны.

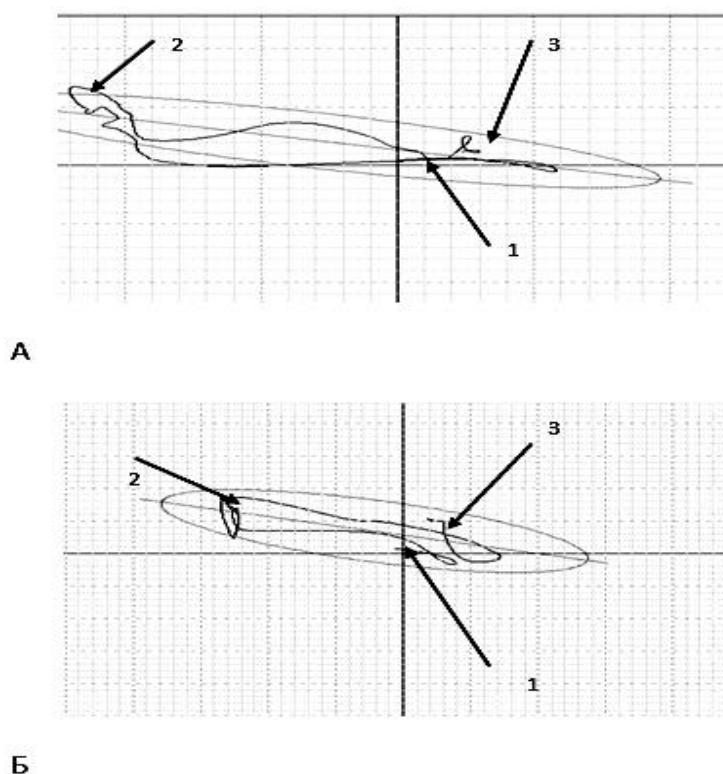


Рис. 2. Стабиокинезиграмма выполнения удара внешней стороной стопы низкоквалифицированным (А) и высококвалифицированным (Б) футболистами

Примечание: стрелками указаны:

1. начало выполнения движения;
2. момент удара по мячу;
3. окончание движения

Анализ параметров стабилотограммы свидетельствует, что величина смещения по фронтالي достоверно ниже у спортсменов высокой квалификации: при ударе

внутренней стороной стопы они составили 1,33 (0,01-3,16) мм ( $p<0,05$ ), при ударе средней частью подъема – 9,57 (8,23-17,79) мм ( $p<0,05$ ), при ударе внешней стороной стопы – 10,67 (9,51-0,13) мм ( $p<0,05$ ), тогда как при сравнении по величине смещения по сагиттали достоверных различий между группами не наблюдалось (табл. 3). Средняя линейная скорость была достоверно выше у высококвалифицированных спортсменов – при ударе внутренней стороной стопы она составляла 157,202 (136,83-171,38) мм/с ( $p<0,05$ ), при ударе средней частью подъема – 193,75 (154,95-215,11) мм/с ( $p<0,05$ ), при ударе внешней стороной стопы – 192,16 (153,16-239,01) мм/с ( $p<0,05$ ), в то время как угловая скорость движения ОЦД не различалась в обследованных группах.

Таблица 3

Стабилографические показатели у футболистов при выполнении ударов по мячу  
Me (Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub>)

Показатели	Характер удара	Низкоквалифицированные спортсмены	Высококвалифицированные спортсмены
Смещение по фронтالي, мм	внутренней стороной стопы	9,60 (5,55-15,10)	1,33 (0,01-3,16)*
	средней частью подъема	2,36 (1,50-5,57)	9,57 (8,23-17,79)*
	внешней стороной стопы	3,22 (1,31-7,35)	10,67 (9,51-0,13)*
Смещение по сагиттали, мм	внутренней стороной стопы	9,17 (1,01-16,02)	12,76 (5,86-15,74)
	средней частью подъема	9,83 (1,67-18,23)	18,68 (9,99-29,07)*
	внешней стороной стопы	15,14 (4,04-23,39)	13,65 (0,61-5,05)
Средняя линейная скорость, мм/с	внутренней стороной стопы	144,78 (113,26-157,85)	157,20 (136,83-171,38)*
	средней частью подъема	138,48 (114,64-155,05)	193,75 (154,95-215,11)*
	внешней стороной стопы	153,03 (126,72-189,23)	192,16 (153,16-239,01)*
Угловая скорость средняя, град/с	внутренней стороной стопы	20,28 (17,15-22,40)	15,08 (13,000-16,50)
	средней частью подъема	19,98 (15,90-23,00)	15,16 (13,60 - 16,50)
	внешней стороной стопы	20,41 (17,00-23,00)	16,65 (15,05-18,25)

\* - достоверность различий между группами низкоквалифицированных и высококвалифицированных спортсменов,  $p<0,05$

## *Физиологические особенности ударно-целевых действий футболистов – мужчин и женщин*

Исследовалась биоэлектрическая активность мышц спортсменов – мужчин и женщин - при выполнении ударов по мячу из стандартного положения без разбега с тремя вариантами техники: удар внутренней стороной стопы (Int), удар внешней стороной стопы (Ext) и удар средней частью подъема стопы (Med). Результаты представлены в таблице 4.

У мужчин при выполнении ударов в равной степени участвуют мышцы бедра и голени, различия в технике выполнения ударов обеспечиваются разницей в активности различных групп мышц. При выполнении удара Int в большей степени задействованы мышцы бедра, а при выполнении ударов Ext и Med – мышц голени, что проявляется в различиях максимальной амплитуды и (в меньшей степени) средней частоты осцилляций.

У женщин мы наблюдаем принципиально иную картину: амплитуда и частота осцилляций ЭМГ мышц голени существенно ниже, чем мышц бедра. При этом дифференциация, связанная с техническими особенностями ударов, отмечается только на мышцах бедра: самая низкая амплитуда отмечена при выполнении удара Ext, самая высокая – удара Int. На мышцах голени дифференциация ЭМГ по типам ударов отсутствует, амплитуда осцилляций ниже, чем у мужчин. Очевидно, что у женщин в выполнении всех типов ударов участвуют преимущественно группы мышц бедра, в то время как у мужчин – в равной степени мышцы бедра и голени.

Таблица 4

Биоэлектрическая активность мышц нижних конечностей при выполнении ударов по мячу женщинами и мужчинами, занимающихся футболом

Me (Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub>)

Группы	Удары	Латеральная широкая мышца бедра (нижняя треть)		Икроножная мышца (латеральная головка)		Икроножная мышца (медиальная головка)	
		Макс. ампл., мкВ	Средн. част., Гц	Макс. ампл., мкВ	Средн. част., Гц	Макс. ампл., мкВ	Средн. част., Гц
1	2	3	4	5	6	7	8
Мужчины	Int	631,83 (618,09-645,59)	322,55 (310,04-336,17)	367,17 (354,79-397,21) p <sub>2</sub> <0,05	181,25 (173,25-190,44) p <sub>2</sub> <0,05	421,56 (406,71-437,11) p <sub>2</sub> <0,05	257,12 (242,62-271,51)
	Ext	268,57 (254,23-280,18)	215,29 (203,33-227,16)	370,48 (355,91-384,12) p <sub>2</sub> <0,05	324,85 (311,21-336,17) p <sub>2</sub> <0,05	342,44 (327,94-354,67)	265,50 (252,48-279,59)
	Med	340,52 (332,62-351,02)	205,09 (195,83-215,14)	458,06 (444,92-469,68)	241,84 (229,81-254,78)	585,04 (568,88-602,17) p <sub>2</sub> <0,05	346,59 (335,22-358,37) p <sub>2</sub> <0,05

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8
Женщины	Int	542,86 (529,36- 554,58)	206,07 (196,74- 216,33) $p_1 < 0,05$	381,69 (369,71- 394,09)	160,13 (152,16- 168,97)	209,33 (198,46- 220,47) $p_1 < 0,05$ $p_2 < 0,05$	212,98 (205,84- 221,13)
	Ext	388,75 (378,41- 399,32)	144,45 (135,94- 155,51)	146,27 (138,25- 156,03) $p_1 < 0,05$ $p_2 < 0,05$	142,09 (132,83- 151,27) $p_1 < 0,05$	344,77 (329,87- 361,07)	248,21 (238,13- 259,17) $p_2 < 0,05$
	Med	442,58 (430,47- 455,11)	149,96 (138,89- 163,07)	294,04 (281,38- 307,46) $p_1 < 0,05$ $p_2 < 0,05$	216,44 (208,21- 228,27)	480,50 (467,74- 494,18)	306,67 (292,45- 321,16) $p_2 < 0,05$

Примечания:

Int – удар внутренней стороной стопы,

Ext – удар внешней стороной стопы,

Med – удар средней частью подъема,

$p_1$  – достоверность различий между группами мужчин и женщин,

$p_2$  – достоверность различий между мышцами бедра и голени (при данном типе удара)

На рис.3 – 5 представлены результаты стабилографического анализа выполнения ударов мужчинами и женщинами, занимающимися футболом. Кривая представляет динамику перемещения общего центра тяжести от начала замаха до завершения движения. Из рис. 3А, 4А, 5А видно, что траектория движения общего центра тяжести в момент выполнения ударов у женщин представляет прямую линию. А у мужчин (рис. 3Б, 4Б, 5Б) она изогнута, что существенно снижает эффективность выполнения движения.

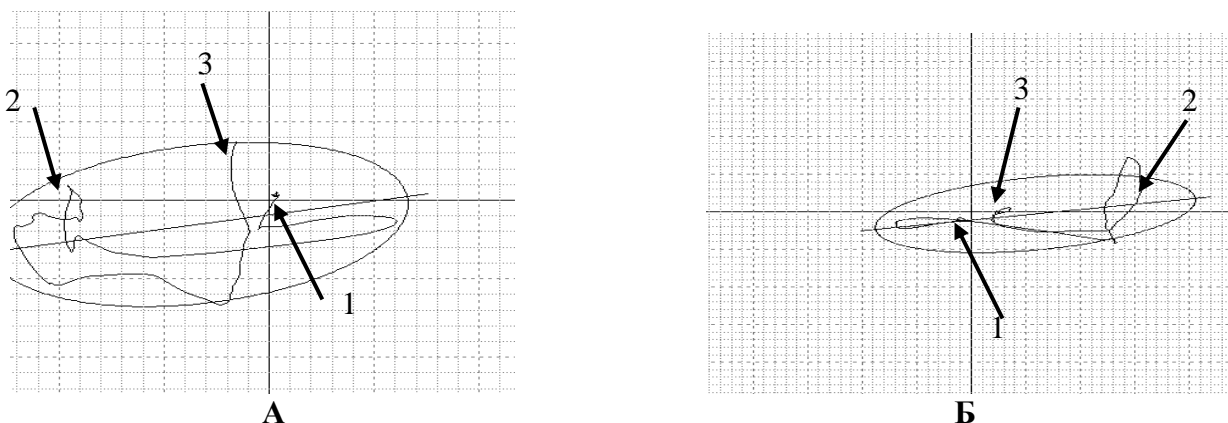


Рис. 3. Стабилограммы выполнения удара внутренней стороной стопы женщиной (А) и мужчиной (Б)

Примечание: на рис. 3, 4, 5 стрелками указаны: 1 – начало выполнения удара; 2 – момент удара по мячу; 3 – окончание движения

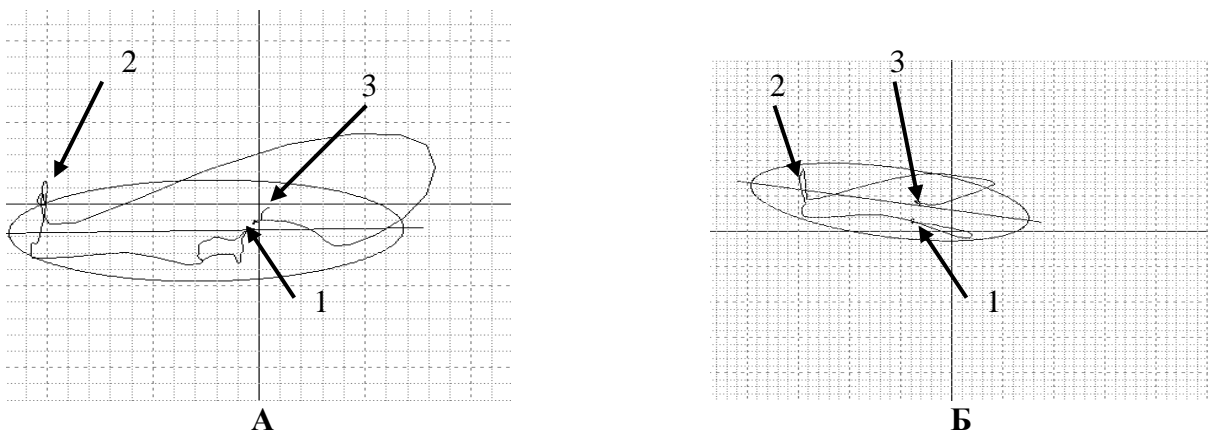


Рис. 4. Статокинезиграмма выполнения удара средней частью подъема женщиной (А) и мужчиной (Б)

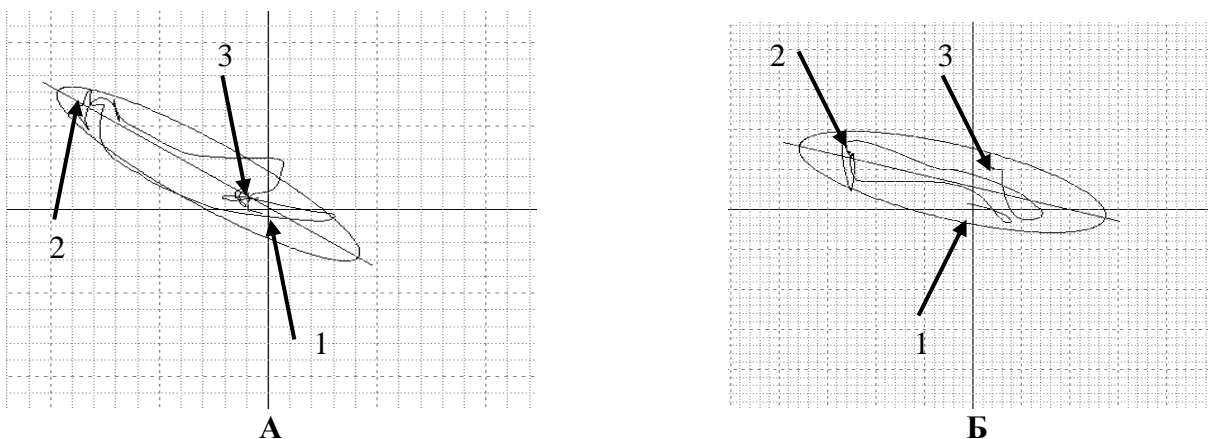


Рис. 5. Статокинезиграмма выполнения удара внешней стороной стопы женщиной (А) и мужчиной (Б)

Средняя линейная скорость перемещения ЦД ниже у женщин – 135,45 (131,13-140,57) мм/с ( $p < 0,05$ ), чем у мужчин – 149,94 (143,25-155,43) мм/с, что говорит о своевременной компенсации возникающих отклонений тела. У мужчин эффективность сохранения равновесия хуже, угловая скорость колебаний ОЦТ выше: при ударе внутренней стороной стопы – 21,04 (19,25-24,31) град/с, при ударе средней частью подъема – 21,59 (19,29-25,63) град/с, при ударе внешней стороной стопы – 19,83 (16,53-23,16) град/с, а у женщин ниже: при ударе внутренней стороной стопы – 18,85 (15,89-21,22) град/с ( $p < 0,05$ ), при ударе средней частью подъема – 18,54 (15,31-20,09) град/с ( $p < 0,05$ ), при ударе внешней стороной стопы – 17,67 (13,72-19,91) град/с ( $p < 0,05$ ). При этом качество функции равновесия различалось незначительно. Очевидно, что женщины способны лучше мужчин сохранять равновесие и координировать движения, отклонения ОЦТ от вертикальной оси у них незначительны и преимущественно лежат в сагиттальной плоскости.

Мы также исследовали характер регионарного кровотока в правой ноге в покое и после нагрузки (таблица 5). Величина реографического индекса (РИ) (данный показатель отражает систолическое кровенаполнение артерий региона) в покое у мужчин и женщин не различалась. Не было выявлено также различий РИ между бедром и голенью в обеих группах. Аналогичная картина имела мес-



та и при анализе максимальной скорости кровенаполнения ( $V_{\text{макс}}$ ). Только средняя скорость кровенаполнения ( $V_{\text{ср}}$ ) у мужчин была выше, чем у женщин.

Однако после выполнения физической нагрузки (20 приседаний за 30 секунд) характер кровообращения нижних конечностей принципиально изменялся. У мужчин наблюдался прирост РИ в области бедер и голени, тогда как у женщин этот показатель оставался неизменным. В результате после выполнения нагрузочного теста величина РИ как в области бедер, так и голени у женщин оказывалась достоверно ниже ( $p < 0,05$ ), чем у мужчин. Величина РИ у мужчин в области голени после нагрузки была выше, чем в области бедра.

После нагрузки  $V_{\text{макс}}$  у мужчин достоверно ( $p < 0,05$ ) возрастала, причем в области голени она становилась значимо выше ( $p < 0,05$ ), чем в области бедра. У женщин же прирост данного показателя зарегистрирован только в области бедра, в области голени, напротив, отмечено некоторое снижение. Аналогичные изменения зафиксированы и со стороны  $V_{\text{ср}}$  – у мужчин она значительно увеличивалась после нагрузочного теста, в результате в области голени в 1,5 раза превышала величину в области бедра. У женщин прирост данного показателя после нагрузки наблюдался только в области бедра.

Таблица 5

Характеристики регионарного кровотока правой ноги мужчин и женщин,  
занимающихся футболом

Me ( $Q_1$ - $Q_3$ )

Пол	Тест	Бедро			Голень		
		РИ, у.е.	$V_{\text{макс}}$ , Ом/с	$V_{\text{ср}}$ , Ом/с	РИ, у.е.	$V_{\text{макс}}$ , Ом/с	$V_{\text{ср}}$ , Ом/с
Мужчины	Покой	0,35 (0,29-0,41)	0,51 (0,47-0,56)	0,28 (0,19-0,36)	0,44 (0,33-0,56)	0,64 (0,59-0,71) $p_2 < 0,05$	0,36 (0,31-0,42) $p_2 < 0,05$
	Нагрузка	0,41 (0,34-0,49) $p_3 < 0,05$	0,63 (0,57-0,69) $p_3 < 0,05$	0,35 (0,28-0,47) $p_3 < 0,05$	0,51 (0,43-0,61) $p_2 < 0,05$ $p_3 < 0,05$	0,76 (0,63-0,81) $p_2 < 0,05$ $p_3 < 0,05$	0,51 (0,49-0,57) $p_2 < 0,05$ $p_3 < 0,05$
Женщины	Покой	0,33 (0,25-0,42)	0,45 (0,39-0,51)	0,23 (0,18-0,29)	0,39 (0,31-0,48)	0,59 (0,52-0,64)	0,29 (0,23-0,35) $p_1 < 0,05$
	Нагрузка	0,34 (0,27-0,39) $p_1 < 0,05$	0,52 (0,48-0,61) $p_1 < 0,05$ $p_3 < 0,05$	0,27 (0,21-0,33) $p_1 < 0,05$	0,39 (0,25-0,54)	0,47 (0,38-0,56) $p_1 < 0,05$	0,31 (0,26-0,41) $p_1 < 0,05$

Примечания: РИ – реографический индекс,  $V_{\text{макс}}$  – максимальная скорость быстрого наполнения,  $V_{\text{ср}}$  – средняя скорость медленного наполнения.

$p_1$  – достоверность различий между группами мужчин и женщин

$p_2$  – достоверность различий между показателями бедра и голени

$p_3$  – достоверность различий между показателями в покое и после нагрузки

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют, что физиологические характеристики ударно-целевых действий у футболистов меняются с ростом

спортивной квалификации. Формирование технического мастерства футболистов при выполнении ударов по мячу из стандартного положения связано с двумя группами факторов.

Во-первых, важную роль играет совершенствование дифференцировки мышечной активности. У квалифицированных спортсменов увеличивается амплитуда биоэлектрической активности групп мышц, непосредственно вовлеченных в выполнение движения, что сопровождается снижением средней частоты осцилляций. При этом биоэлектрическая активность соседних групп мышц, напротив, угнетается.

Во-вторых, квалификация футболистов связана со способностью к поддержанию равновесия и координации движений. В позе Ромберга у спортсменов высокой квалификации ниже колебания центра тяжести тела во фронтальной плоскости. При выполнении удара по мячу у квалифицированных футболистов возрастает линейная скорость перемещения центра давления по линии удара, угловая скорость при этом не изменяется.

У спортсменов высокой квалификации незначительна роль зрительного анализатора в поддержании равновесия, тогда как у низкоквалифицированных спортсменов показатели стабиллограммы ухудшаются при отмене зрительного контроля.

Во второй части работы показано, что физиологические механизмы стандартных ударных действий у футболистов – мужчин и женщин – имеют целый ряд существенных различий. Прежде всего, мужчины при выполнении ударов по мячу в равной степени задействуют мышцы бедра и голени, тогда как у женщин преимущественно вовлекаются в выполнение данного двигательного действия мышцы бедра. Дифференциация электрической активности, связанная с техническими особенностями ударов, у мужчин отмечается на всех мышцах нижней конечности, тогда как у женщин – только на мышцах бедра, на мышцах голени дифференциация ЭМГ по типам ударов отсутствует.

С особенностями организации сокращения мышц нижней конечности при выполнении ударов по мячу связан и характер регионарного кровотока. Если в состоянии покоя у мужчин и женщин не регистрировалось значимых различий в показателях реограммы нижних конечностей, то после физической нагрузки у мужчин кровоток усиливался в регионе голени сильнее, чем в области бедра, тогда как у женщин прирост регионарного кровотока отмечался только в области бедра. Усиление регионарного кровотока как у мужчин, так и у женщин было преимущественно связано с увеличением максимальной скорости кровенаполнения. Общая величина кровенаполнения (которую характеризует реографический индекс) увеличивалась в меньшей степени и только у мужчин.

В то же время у женщин-футболисток в сравнении с мужчинами выше способность к сохранению равновесия и координации движений, отклонения центра давления от вертикальной оси при выполнении удара по мячу у них незначительны и преимущественно лежат в сагиттальной плоскости.

Таким образом, физиологические характеристики ударно-целевых действий у мужчин связаны преимущественно с усилением и дифференциацией

биоэлектрической активности мышц, сопровождающейся усилением регионарного кровотока. У женщин точность ударов обеспечивается преимущественно за счет совершенствования координации движений.

Выявленные физиологические особенности межмышечной координации при выполнении ударов по мячу у мужчин и женщин, а также характер гемодинамического обеспечения работы различных групп мышц могут служить теоретической основой для разработки физиологически обоснованных подходов к совершенствованию специальных двигательных навыков у футболистов.

## ВЫВОДЫ

1. Точность выполнения ударов по мячу у футболистов-мужчин обеспечивается за счет совершенствования дифференцировки мышечного напряжения, которая проявляется в увеличении амплитуды биоэлектрической активности групп мышц, непосредственно вовлеченных в выполнение ударов и угнетении биоэлектрической активности соседних групп мышц, а также за счет усиления регионарного кровотока в нижних конечностях, преимущественно в сосудах голени.
2. Формирование спортивной квалификации у футболистов-мужчин сопровождается снижением колебаний центра давления во фронтальной плоскости и возрастанием линейной (но не угловой) скорости его перемещения по линии удара, а также снижением значимости зрительного контроля в поддержании равновесия.
3. Футболисты-мужчины при выполнении ударов по мячу в равной степени задействуют мышцы бедра и голени, тогда как у женщин преимущественно вовлекаются в выполнение данного двигательного действия мышцы бедра. Дифференциация электрической активности, связанная с техническими особенностями ударов, у мужчин отмечается на всех мышцах нижней конечности, тогда как у женщин – только на мышцах бедра, на мышцах голени дифференциация активности по типам ударов отсутствует. После физической нагрузки у мужчин кровоток усиливается преимущественно в сосудах голени, тогда как у женщин прирост регионарного кровотока отмечался только в области бедра.
4. У женщин-футболисток в сравнении с мужчинами выше способность к сохранению равновесия и координации движений, отклонения центра давления от вертикальной оси при выполнении удара по мячу у них незначительны и преимущественно лежат в сагиттальной плоскости.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Буравель О.И., Кошельская Е.В., Баженов В.Н. Стабилографическая характеристика функции равновесия у игроков студенческих футбольных команд разной квалификации // Науки о человеке: материалы X конгресса молодых ученых и специалистов. – Томск, 2009. – С. 133 – 135.
2. Биомеханические и физиологические факторы обеспечения техники целевых ударных действий в футболе / Е.В. Кошельская, В.Н. Баженов, О.И. Буравель, Л.В. Капилевич, В.И. Андреев // **Бюллетень сибирской медицины.** – 2009. – Т. 8, №3. С. 53 – 57.
3. Физиологические факторы обеспечения равновесия при выполнении ударных действий в футболе / Е.В. Кошельская, В.Н. Баженов, О.И. Буравель, Л.В. Капилевич, В.И. Андреев // Нейрогуморальные механизмы регуляции висцеральных органов и систем в норме и при патологии: Материалы научной конференции, посвященной 120-летию кафедры нормальной физиологии СибГМУ (ТМИ) и кафедры физиологии ТГУ. – Томск, 2009. – С. 190 – 191.
4. Биомеханические факторы обеспечения техники целевых ударных действий в футболе / Е.В. Кошельская, О.И. Буравель, В.Н. Баженов, Г.С. Исакова, Л.В. Капилевич, В.И. Андреев // Физическая культура и здоровье студентов вузов: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2010. – С. 64 – 65.
5. Буравель О.И., Исакова Г.С. Медико-биологические особенности спортивной подготовки женщин, занимающихся футболом // Науки о человеке: Сборник статей по материалам XI конгресса молодых ученых и специалистов. – Томск, 2010. – С. 48 – 49.
6. Физиологические особенности развития физических качеств у женщин-футболисток / О.И. Буравель, Г.С. Исакова, В.И. Андреев, Л.В. Капилевич // XXI Съезд Физиологического общества им. И.П.Павлова. – Калуга, 2010. – С. 90.
7. Сравнительная характеристика функции равновесия у мужчин и женщин, занимающихся футболом / О.И. Буравель, Г.С. Исакова, А.А. Соболева, Е.В. Кошельская // **Теория и практика физической культуры.** – 2010. – №11. – С. 9 – 11.
8. Стабилографическая оценка равновесия в тесте Ромберга у женщин и мужчин, занимающихся футболом / О.И. Буравель, Е.В. Кошельская, Е.В. Слесаренко, Е.В. Ходалова // Физическая культура и спорт на современном этапе: проблемы, поиски решений: материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Томск, 2010. – С. 121 – 125.
9. Стабилографическая оценка устойчивости в тесте Ромберга у женщин / А.С. Янина, О.И. Буравель, Г.С. Исакова, В.И. Андреев // Физическая культура, здравоохранение и образование: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти В.С. Пирусского – Томск, 2010. – С. 252 – 256.

10. Особенности биоэлектрической активности мышц нижних конечностей при выполнении удара по мячу у женщин-футболисток / О.И. Буравель, Г.С. Исакова, А.А. Соболева, В.И. Андреев, Л.В. Капилевич // Инновационные преобразования в сфере физической культуры, спорта и туризма: научные труды XIII – той Международной – практической конференции. – Ростов-на-Дону, 2010. Том 1. – С. 47 – 51.
11. Стабилографическая оценка устойчивости в тесте Ромберга у мужчин и женщин, занимающихся футболом / О.И. Буравель, Е.В. Кошельская, В.Н. Баженов, Г.С. Исакова // Физическая культура и здоровье студентов вузов: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2011. – С. 53.
12. Особенности работы мышц нижних конечностей при выполнении основных ударов по мячу у мужчин и женщин, занимающихся футболом / О.И. Буравель, Е.В. Кошельская, Г.С. Исакова, В.И. Андреев, Л.В. Капилевич, А.А. Ильин, В.Н. Баженов // V Международный конгресс «Человек, спорт, здоровье». – Санкт-Петербург, 2011. – С. 204 – 205.
13. Оценка функции равновесия с помощью метода стабилографии у женщин, занимающихся футболом / О.И. Буравель, А.С. Янина // Всероссийская 70-я итоговая научная студенческая конференция им. Н.И. Пирогова. – Томск, 2011. – С. 337 – 339.
14. Особенности кровообращения мужчин и женщин, занимающихся футболом / А.С. Янина, О.И. Буравель, Е.В. Кошельская, Г.С. Исакова // Науки о человеке: Сборник статей по материалам XII Российского конгресса молодых ученых с международным участием. – Томск, 2011. – С. 55 – 56.
15. Особенности физиологического обеспечения двигательных навыков в футболе у мужчин и женщин / О.И. Буравель, Г.С. Исакова, Л.В. Капилевич, В.И. Андреев // «Спортивная медицина. Здоровье и физическая культура. Сочи 2011» / Материалы II-й Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции. – Сочи, 2011. – С. 55 – 56.
16. Гендерные особенности физиологического обеспечения двигательных навыков в футболе / Л.В. Капилевич, О.И. Буравель, Г.С. Исакова, Е.В. Кошельская, В.И. Андреев, А.А. Ильин, В.Н. Баженов // **Теория и практика физической культуры.** – 2011. – №11. – С. 40 – 42.
17. Особенности регионарной гемодинамики у женщин и мужчин, занимающихся футболом / О.И. Буравель, Г.С. Исакова, А.А. Ильин, Л.В. Капилевич, В.И. Андреев // Инновационные преобразования в сфере физической культуры, спорта и туризма: научные труды XIV Международной научно-практической конгресс-конференции. – Ростов-на-Дону, 2011. Т.1. – С. 59 – 62.
18. Физиологические особенности обеспечения точности ударов по мячу у женщин футболисток / О.И. Буравель, Л.В. Капилевич, Г.С. Исакова, В.И. Андреев // Материалы IV Всероссийской с международным участием конференции по управлению движением, приуроченной к 90-летию

юбилею кафедры физиологии ФГБОУ ВПО «РГУФКСМиТ». – Москва, 2012. – С. 36.

19. Физиологические и биомеханические характеристики техники ударно-целевых действий футболистов / Е.В. Кошельская, Л.В. Капилевич, В.Н. Баженов, В.И. Андреев, О.И. Буравель // **Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.** – 2012. – Том 153, № 2. – С. 235 – 237.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ОЦД – общий центр давления  
ОЦТ – общий центр тяжести  
РИ – реографический индекс  
ФК – футбольная команда  
ЦД – центр давления  
ЭМГ – электромиография  
Int – удар внутренней стороной стопы  
Ext – удар внешней стороной стопы  
Med – удар средней частью подъема стопы  
 $V_{\text{макс}}$  – максимальная скорость быстрого наполнения  
 $V_{\text{ср}}$  – средняя скорость медленного наполнения

Подписано в печать \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Усл.печ.листов 1,0. Печать на ризографе.

Отпечатано в \_\_\_\_\_

634050, г. Томск,

тел.

Заказ № \_\_\_\_\_

Тираж 100 экземпляров