ПРЕДИКТОР МЫШЕЧНОГО УТОМЛЕНИЯ И БЕСКОНТАКТНЫХ ТРАВМ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ У ФУТБОЛИСТОВ СПОРТИВНОГО РЕЗЕРВА

Д.В. ГОЛУБЕВ,
ФК «Зенит», г. Санкт-Петербург;
А.Р. АСЕНА,
ФК Джохор Дарул Тазим, Малайзия;
М.Ю. ЩЕННИКОВА,
НГУ им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург,
г. Санкт-Петербург;
М.В. ЖИЙЯР,
РУС «ГЦОЛИФК», г. Москва

Аннотация
Целью исследования являлось научное обоснование показателя «высота вертикального прыжка» при выполнении прыжка с руками на поясе в качестве предиктора мышечного утомления и риска бесконтактных травм нижних конечностей у футболистов 14 лет. Исследованы 29 игроков юниорской команды «Зенит», представляющей структуру департамента развития молодежного футбола ФК «Зенит» (г. Санкт-Петербург). Тестирование игроков проходило на еженедельной основе с использованием электронной системы измерения вертикального прыжка Smart Jump. Оборудование оснащено контактным матом со встроенными тензометрическими датчиками и IT-приложением. Регистрировались бесконтактные мышечные травмы по классификации Британской атлетической ассоциации, в которой основополагающими критериями считались: 1) выявление зоны максимальной болезненности при поверхностной или глубокой пальпации; 2) повреждения мышц, фиксируемые с помощью магнитно-резонансной томографии. В результате проведенного эксперимента была определена волнообразная тенденция мышечного утомления в течение игрового сезона 2023/2024. Исследуемый показатель обнаружил высокую отрицательную корреляционную связь с количеством повреждений приводящей мышцы правого бедра типа IIb в соревновательный период. Установлено, что снижение показателя «высота прыжка» в диапазоне 8–8,6 см на протяжении 4 недель спортивной подготовки увеличивает среднее число бесконтактных травм у футболистов 14 лет.

Ключевые слова: футбол, спортивная подготовка, здоровье, травмы, утомление, мышцы, цифровые технологии, прогнозирование.

PREDICTOR OF MUSCLE FATIGUE AND NON-CONTACT INJURIES OF THE LOWER EXTREMITIES OF FOOTBALL RESERVE PLAYERS

D.V. GOLUBEV,
Football Club Zenit, St. Petersburg city;
A.R. ACENA,
Football Club Johor Darul Ta'zim, Malaysia;
M.Yu. SHCHENNIKOVA,
FSEI HE «Lesgaft NSU, St. Petersburg»,
Saint Petersburg city;
M.V. ZHIYJAR,
RUS «GTSOLIFK», Moscow city

Abstract

The aim of the study was to scientifically substantiate the indicator "Vertical jump height" when performing a jump with hands on the belt as a predictor of muscle fatigue and the risk of non-contact injuries of the lower extremities in football players aged 14 years. The 29 players of the Zenit junior team, representing the structure of the Zenit FC Youth Football Development Department (St. Petersburg), were studied. The players were tested on a weekly basis using an electronic vertical measurement system the Smart Jump. The equipment is equipped with a contact mat with integrated strain gauges and an IT application. Non-contact muscle injuries were recorded according to the classification of the British Athletic Association, in which the fundamental criteria were considered: 1) identification of the zone of maximum pain during superficial or deep palpation; 2) muscle damage recorded using magnetic resonance imaging. As a result of the experiment, a wave-like trend of muscle fatigue was determined during the 2023/2024 game season. The studied indicator revealed a high negative correlation with the amount of damage to the adductor muscle of the right thigh type IIb during the competition period. It was found that the decrease in the "Jump height" indicator in the range of 8–8.6 cm during 4 weeks of athletic training increases the average number of non-contact injuries among 14-year-old football players.

Keywords: football, sports training, health, injuries, fatigue, muscles, digital technology, predicting.

Введение

Российская Премьер-Лига (РПЛ) с июля 2022 г. переименована и официально называется «Мир Российская Премьер-Лига». Это профессиональная футбольная лига в России, высший уровень системы футбольных лиг страны и основное официальное соревнование по футболу на территории Российской Федерации. В турнире участвуют 16 лицензированных футбольных клубов, каждый из которых в обязательном порядке должен иметь под своей эгидой академию или центр по подготовке футболистов спортивного резерва [1]. За последние 10 лет возросло внимание со стороны функционеров и менеджеров Российского футбольного союза (РФС) к совершенствованию системы подготовки спортивного резерва в этих спортивно-образовательных учреждениях [1]. В футбольных академиях и центрах тренируются футболисты в возрасте от 8 до 19 лет, готовящиеся к требованиям футбола взрослого уровня.

Развитие и прогресс молодых игроков невозможны без регулярных тренировочных и соревновательных нагрузок, ставших значительно интенсивнее [2]. Обратная сторона этого – молодые футболисты сталкиваются с высокой частотой травм [3], которые могут повлиять на их дальнейшее здоровье и будущую спортивную карьеру [4].

Важным критерием эффективности программ спортивной подготовки в футболе являются мышечные травмы [5, 6, 7]. Известно, что количество травм, полученных во время соревнований, в 4–8 раз выше, чем на тренировках [8]. Все футбольные травмы классифицируются: 65% – как незначительные, 25% – умеренные и 10% – серьезные [4]. В результате прямого контакта одного игрока с другим, включая столкновения и единоборства, происходят 50% травм, в то время как неконтактные травмы возникают при реализации таких действий, как бег, удары и повороты головы [4]. Самые распространенные травмы в футболе – повреждения связок голеностопного и коленного суставов, мышц подколенного сухожилия и паховые травмы, что составляет более 50% всех травм [4].

Мышечные травмы среди футболистов являются обычным явлением, особенно в периоды быстрых изменений в росте и взрослении [5]. Исследователи показали, что в детско-юношеском футболе общие показатели травматизма составляют 7,9 и 3,7 случаев на 1000 часов тренировочной и соревновательной нагрузки у игроков в возрасте от 17 до 21 года и от 9 до 16 лет соответственно. Дополнительно было установлено, что в среднем 18% всех зарегистрированных травм можно классифицировать как серьезные, при этом мышечные травмы составляют 37% всех травм [8].

Ведущим фактором травматизма футболистов выделяют мышечное утомление [9]. Тренеры и исследователи сходятся во мнении о важности объективного управления процессом мышечного утомления для сохранения стабильного уровня текущего функционального состояния игроков [10]. Мышечное утомление можно определить как процесс снижения силы и скорости сокращения мышечных волокон при реализации повторяющихся двигательных действий [9]. При этом оно чаще возникает после высокоинтенсивных упражнений или длительных периодов отдыха между физической активностью [10].

Одним из действенных методов оценки мышечного утомления является измерение высоты вертикального прыжка с руками на поясе [11, 12]. Вертикальный прыжок включает цикл «растяжение – сокращение мышцы», характеризующийся удлинением в уступающей фазе, за которым немедленно следует сокращение в преодолевающей фазе, что позволяет спортсменам генерировать больше мышечной энергии при выполнении движения взрывного характера, свойственного футболистам [10]. Однако значительное число показателей в данном тестировании усложняет единообразие интерпретации эффектов мышечного утомления для практикующих специалистов, что вызывает трудности в последующем выборе средств и методов тренировки. Высокая надежность показателя важна для того, чтобы гарантировать, что оценка тренировочного эффекта была объективной и не вызвана внешними факторами жизни футболистов.

Цель исследования – научное обоснование показателя «высота прыжка» при выполнении вертикального прыжка с руками на поясе в качестве предиктора мышечного утомления и риска бесконтактных травм нижних конечностей у футболистов 14 лет.

Материалы и методы исследования

В исследовании приняли участие 29 футболистов 2010 г.р. (возраст – 14 лет, длина тела – 168,9 ± 2,3 см, масса тела – 51,6 ± 2,7 кг) юниорской команды «Зенит», представляющей структуру департамента развития молодежного футбола ФК «Зенит» (г. Санкт-Петербург). Исследование проводилось в период игрового сезона 2023/2024 и включало 240 учебно-тренировочных занятий, а также участие игроков-юниоров в соревнованиях разного уровня.

Соревновательный календарь содержал ряд краткосрочных турниров:

- первенство России по футболу среди футболистов не старше 2010 г.р. (7 матчей), 23 ноября – 7 декабря 2023 г.;
- первенство города Санкт-Петербурга по футболу среди футболистов не старше 2009 г.р. (26 матчей), 14 апреля – 20 октября 2024 г.;
- кубок РФС среди футболистов команд клубов РПЛ не старше 2010 г.р. (7 матчей), 4–15 мая 2024 г.;
- товарищеские матчи (Сербия) (3 матча), 19–28 марта 2024 г.;
- товарищеские матчи (Бразилия) (4 матча), 8–14 августа 2024 г.;
- международный турнир памяти С.И. Байшакова (Казахстан) (4 матча), 8–11 октября 2024 г.

Каждый исследуемый футболист имел более 41 часа соревновательной и более 250 часов тренировочной нагрузки за игровой сезон. Согласие на участие в исследовании было формально документировано в соответствии с Хельсинской декларацией Всемирной медицинской ассоциации.

Перед выполнением теста «Вертикальный прыжок, руки зафиксированы на поясе» испытуемые выполнили динамическую разминку, содержащую:

- ► 3 минуты бега низкой интенсивности;
- ► 3 минуты бега низкой интенсивности с общими подготовительными упражнениями;
- ► 4 минуты упражнений, направленных на динамическую гибкость;
- ► 15 выпрыгиваний вверх.

Тестирование проводилось на еженедельной основе (второй день после выходного дня) в течение игрового сезона 2023/2024. Зарегистрировано 3080 вертикальных прыжков в подготовительном, соревновательном и переходном периодах. Каждый испытуемый выполнял по две попытки; фиксировался лучший результат высоты прыжка. Измерение проводилось с использованием технологии “Smart Jump” (один из видов оборудования компании VALD, Брисбен, Квинсленд, Австралия) [13]. Прыжки выполнялись на контактном мате со встроенными тензометрическими датчиками и IT-приложением. Через разъем PS2 мат подключается к блоку синхронизации, имеющему в наличии световые и звуковые сигналы для тренеров и спортсменов (рис. 1). Чувствительность мата настроена на игнорирование «полетов» менее 100 мс – это необходимо для предотвращения ошибок из-за ложных срабатываний.

Рис. 1. *Тензометрический мат, применяемый в исследовании для выполнения вертикальных прыжков*

Европейская научная группа в области футбола (Football Research Group) под эгидой УЕФА (Союз европейских футбольных ассоциаций) дала рекомендации по классификации степени тяжести травм, основывающейся на количестве пропущенных спортсменом тренировочных и соревновательных дней. Согласно данной классификации, травмы разделяют на минимальные (1–3 дня), умеренные (4–7 дней), средние (8–28 дней) и тяжелые (более 28 дней) [2]. Критериями для регистрации бесконтактных травм нижних конечностей по классификации Британской атлетической ассоциации считались: 1) выявление зоны максимальной болезненности при поверхностной или глубокой пальпации; 2) повреждения мышц, фиксируемые с помощью магнитно-резонансной томографии.

Методы математической статистики использовались для решения следующих **задач исследования:**

1) определение взаимосвязи показателя «высота прыжка» с количеством бесконтактных травм нижних конечностей у футболистов с применением корреляционного анализа Спирмена (r). Достоверность различий определялась с помощью T-критерия Вилкоксона. При $p < 0,05$ различия считались достоверно значимыми;

2) обоснование показателя «высота прыжка» в качестве прогностического фактора мышечного утомления и риска бесконтактных травм нижних конечностей; для этого использовался регрессионный анализ. Однородность выборки определялась по t-критерию Стьюдента. Статистический анализ проводился в прикладных программах STATISTICA 12.0 и Microsoft Office Excel 2017.

Результаты исследования и их обсуждение

Динамические изменения показателя «высота прыжка» в течение игрового сезона 2023/2024 у футболистов 14 лет определили волнообразную тенденцию, отражающую мышечное утомление (табл. 1). В подготовительный

период отмечено: во 2-м месяце – небольшое снижение данного показателя на 1,5%, а в 3-м месяце – повышение на 5,9% относительно 1-го месяца подготовки, что характеризует адекватную адаптационную реакцию мышечной системы футболистов на предложенные учебно-тренировочные нагрузки в заданный период. В начале соревновательного периода (в первой части игрового сезона) результаты высоты прыжка указывают на стабильный уровень функционального состояния мышечной системы исследуемых футболистов: определено повышение изучаемого показателя на 5-м (на 23%) и 6-м (на 24,8%) месяцах. При этом отмечено его резкое снижение в конце соревновательного периода (8-й и 9-й месяцы) на 17,7% и 18,6% соответственно (см. табл. 1). В переходный период спортивной подготовки наблюдается положительная динамика изучаемого показателя на 9,7% (11-й месяц) и на 20,1% (12-й месяц), подтверждающая адекватность процесса восстановления мышечной системы после реализации соревновательных нагрузок в игровом сезоне.

Таблица 1

Динамические изменения показателя «высота прыжка, см» у футболистов за период исследования (n = 29)

Подготовительный период			Соревновательный период							Переходный период	
Месяц подготовки											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$X \pm sd$											
33,8 ± 0,36	33,3 ± 0,44*	35,8 ± 0,18*	40,5 ± 0,98	41,6 ± 0,61*	42,2 ± 0,78*	39,2 ± 0,35	36,2 ± 0,54*	35,4 ± 0,28*	35,9 ± 0,31	37,1 ± 0,23*	40,6 ± 0,18*

Примечание.

* Различия статистически достоверны ($p < 0,05$) относительно 1-го месяца спортивной подготовки.

Результаты исследования показывают, что характер мышечных повреждений в узкопрофильной однородной выборке футболистов имеет отличительные особенности по сравнению с результатами, полученными другими авторами [14, 15, 16, 17]. Обнаружено, что футболисты в возрасте 14 лет чаще повреждают в течение года поясничнo-подвздошную (4 случая) и приводящую (3 случая) мышцы, что приводит к пропускам тренировок от 5 до 38 дней (табл. 2). Более детальный анализ травматизма показал, что 8 повреждений пришлись на соревновательный период, а 2 травмы были зарегистрированы на учебно-тренировочных занятиях (УТЗ). В 5-й месяц подготовки футболистов выявлены повреждения подвздошно-поясничной мышцы правой и левой нижних конечностей типов Ia и Ib, что свидетельствует о разрушении мышечных волокон менее чем на 5 мм, наличии гематомы, занимающей менее 10% площади мышцы, и сроках отсутствия игроков на УТЗ в 4 и 9 дней. Мы связываем данный факт с фазой перехода от учебно-тренировочных нагрузок к соревновательным. У 20% футболистов мышечная адаптация к соревновательным нагрузкам прошла неблагоприятно (см. табл. 2).

Календарь соревнований включал ряд мероприятий, которые увеличили соревновательную нагрузку футболистов-юниоров (товарищеские турниры в Казахстане и Бразилии). В процессе реализации соревновательных нагрузок (8-й месяц подготовки) зафиксированы повреждения: приводящей мышцы типа IIb – у 30% футболистов, паховой мышцы типа Ia – у 10%, средней ягодичной мышцы типа Ia – у 10%; пропуски УТЗ составили 16, 10 и 13 дней соответственно. В конце соревновательного периода были зарегистрированы тяжелые травмы у двух игроков с количеством пропусков тренировок 38 и 30 дней. Характер травм был определен как повреждение подвздошно-поясничной мышцы правой нижней конечности типа IIb и повреждение прямой мышцы бедра типа IIb. Всего было зарегистрировано 10 мышечных повреждений.

Статистическая характеристика повреждений мышц футболистов по классификации УЕФА определила следующее соотношение травм: минимальных – 0%, умеренных – 20%, средних – 60%, тяжелых – 20%. Выявлена одна значимая отрицательная корреляционная связь ($p < 0,07$) в соревновательном периоде между показателем «высота прыжка» и количеством повреждений приводящей мышцы правого бедра типа Ia (см. табл. 2).

Оценивая результаты массовых прогностических обследований мышечного утомления у футболистов 14 лет, удалось выявить, что повышение числа бесконтактных травм, приводящих к отсутствию игроков на УТЗ более 8 дней, сопровождается снижением показателя высоты прыжка на 6–6,8 см в течение 4 ± 0,8 недель спортивной подготовки.

Регрессионный анализ результатов позволил получить уравнение следующего вида:

$$Y = 49,89 - 0,222\,x,$$

где: Y – количество бесконтактных травм нижних конечностей у футболистов 14 лет; x – показатель высоты прыжка (независимая переменная).

Анализ стандартизированных коэффициентов «бета» показал, что снижение высоты прыжка на 1 см статистически значимо прогнозирует увеличение количества бесконтактных травм нижних конечностей на 0,43106 у.е. ($p = 0,045$) в данной однородной выборке. Бета-коэффициент позволил установить зависимость между значениями зависимой переменной «количество бесконтактных травм нижних конечностей» и фактором «высота прыжка», который оказывает достоверное влияние на эту переменную, объясняя тем самым информативность и надежность данной кинематической характеристики (табл. 3).

Таблица 2

Корреляционная взаимосвязь показателя «высота прыжка» и количества травм у футболистов (*n* = 29) за период исследования

Месяц	Классификация и характеристика повреждения мышц			
	Минимальные	Умеренные	Средние	Тяжелые
	Срок отсутствия футболистов на УТЗ			
	1–3 дня	4–7 дней	8–28 дней	> 28 дней
ЭТАП СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ				
Подготовительный период				
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
Соревновательный период				
4	0	0	0	0
5	0	Пояснично-подвздошная мышца левой нижней конечности типа Ia, *n* = 2 (20%)**; *r* = 0,107 *p* = 0,452	Пояснично-подвздошная мышца правой нижней конечности типа Ib, *n* = 1 (10%)*; *r* = 0,513 *p* = 0,517	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	Приводящая мышца правого бедра типа IIb, *n* = 3 (30%)*; *r* = 0,788▪, *p* = 0,016 Паховая мышца правого бедра типа Ia, *n* = 1 (10%)*; *r* = 0,379, *p* = 0,209 Средняя ягодичная мышца правой нижней конечности типа Ia, *n* = 1 (10%)*; *r* = 0,612, *p* = 0,208	0
9	0	0	0	Пояснично-подвздошная мышца правой нижней конечности типа IIb, *n* = 1 (10%)*; *r* = 0,731, *p* = 0,118
10	0	0	0	Прямая мышца правого бедра типа IIb, *n* = 1 (10%)**; *r* = 0,677, *p* = 0,219
Переходный период				
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0

Примечание:

* Мышечное повреждение, полученное в матче (*n* – количество травм, % – процент травм от общего количества).

** Мышечное повреждение, полученное на УТЗ (*n* – количество травм, % – процент травм от общего количества).

▪ Различия статистически достоверны ($p < 0,05$).

Таблица 3

Регрессионный анализ показателя «высота прыжка» и количества травм у футболистов 14 лет

Классификация травм	Коэффициент множественной корреляции R	Коэффициент детерминации R^2	Нормированный (поправленный) коэффициент детерминации	Стандартная ошибка	Кол-во травм
Минимальные	–	–	–	–	0
Умеренные	0,21744396	0,39825633	0,79368215	659,192	2
Средние	0,78833778	0,91117021	0,36128812	63,79854076	6
Тяжелые	0,27643891	0,18796554	0,24762602	347,812	2

Заключение

В ходе обработки результатов исследования выявлено, что показатель «высота прыжка» у футболистов 14 лет демонстрирует волнообразную динамику в течение игрового сезона 2023/2024. Данный показатель повышается в конце подготовительного периода и достигает наивысших значений в соревновательном периоде, снижаясь к концу игрового сезона. Такие динамические изменения свидетельствуют о рациональном распределении запланированного объема соревновательных и учебно-тренировочных нагрузок, а также об объективной оценке процесса мышечного утомления. Установлено, что показатель «высота прыжка» ухудшается несколько раньше, чем у игроков появляются бесконтактные мышечные повреждения, сигнализируя об изменениях утомляемости мышц нижних конечностей. Статистический корреляционный и регрессионный анализы определили достоверные взаимосвязи данного показателя с количеством бесконтактных травм нижних конечностей в соревновательный период и сроком отсутствия игроков на учебно-тренировочных занятиях от 8 до 28 дней. Снижение высоты прыжка в диапазоне 6–6,8 см на протяжении 4 недель спортивной подготовки футболистов может сигнализировать о рисках получения мышечных повреждений нижних конечностей типов Ia, Ib и особенно IIb.

Таким образом, в системе прогностической оценки мышечного утомления и риска бесконтактных травм нижних конечностей футболистов спортивного резерва целесообразно использовать значения высоты прыжка и регистрацию мышечных повреждений как взаимосвязанные источники информации.

Практические рекомендации

1. Измерения мышечного утомления у футболистов спортивного резерва рекомендуется проводить на еженедельной основе (во второй день после выходного дня), используя неинвазивный метод текущего контроля – тест «Вертикальный прыжок, руки на поясе».

2. Основополагающей составляющей тестирования для тренеров и персонала (врачей по спортивной медицине, специалистов по реабилитации) футбольной академии является постановка и решение образовательной задачи: обучить футболистов технике выпрыгивания и приземления.

3. Для коррекции учебно-тренировочных и соревновательных нагрузок в процессе подготовки футболистов спортивного резерва рекомендуется ориентироваться на долгосрочные динамические изменения показателя «высота прыжка» в мезо- и макроциклах, а не на разовую оценку в микроцикле.

Литература

1. Дюков А.В. О программах развития РФС. Российский футбольный союз. – URL: https:// rfs.ru/news/215273?ysclid=m686zvdfjv662511952 (дата обращения: 01.12.2024).

2. Bengtsson H., Ekstrand J., Hägglund M. Muscle injury rates in professional football increase with fixture congestion: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study // Br. J Sports Med. – 2013. – No. 12. – Pp. 743–747.

3. Halson S.L. Monitoring training load to understand fatigue in athletes // Sports Medicine. – 2014. – No. 44. – Pp. 139–147.

4. Epidemiology of injuries in men's professional and amateur football (part I). / T.V. Gurau, G.W. Gurau, D.C. Voinescu et al. // Journal of Clinical Medicine. – 2023. – No. 12. – Pp. 55–69.

5. Безуглов Э.Н., Савин Е.И., Долматова Т.В. Анализ структуры и эффективности подготовки профессиональных футболистов в Российской Федерации // Спорт: экономика, право, управление. – 2023. – № 4. – С. 9–15.

6. Хайтин В.Ю., Матвеев С.В. Обоснование программы диагностики мышечных травм у профессиональных футболистов // Безопасный спорт: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 27–28 июня 2019 г. – Санкт-Петербург: Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, 2019. – С. 123–125.

7. Хайтин В.Ю., Матвеев, С.В. Эпидемиология мышечных травм у профессиональных футболистов // Безопасный спорт: Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 29–30 июня 2017 г. – Санкт-Петербург: Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, 2017. – С. 131–133.

8. Epidemiology of injuries in professional football: a systematic review and meta-analysis / A. López-Valenciano, I. Ruiz-Pérez, A. Garcia-Gómez et al. // British Journal of Sports Medicine. – 2020. – No. 54. – Pp. 711–718.

9. The countermovement jumps to monitor neuromuscular status: A meta-analysis / J.G. Claudino, J.A. Cronin, B.S. Mezêncio et al. // Journal of Science and Medicine in Sport. – 2017. – No. 20. – Pp. 397–402.

10. Effects of lower-body muscular fatigue on vertical jump and balance performance / C.N. Cooper, N.C. Dabbs J. et al. // Journal of Strength & Conditioning Research. – 2020. – No. 34. – Pp. 2903–2910.

11. Determination of vertical jump as a measure of neuromuscular readiness and fatigue / C.M. Watkins, S.R. Barillas, M.A. Wong et al. // Journal of Strength & Conditioning Research. – 2017. – No. 31. – Pp. 3305–3310.

12. Reliability and sensitivity of countermovement jump-derived variables in detecting different fatigue levels. / D.A Knihs, D.W. Detanico, D.R. Silva, et al. // Journal of Physical Education. – 2022. – No. 32. – Pp. 32–32.

13. VALD. – URL: https://VALD Knowledge Base (дата обращения: 22.12.2024).

14. Хайтин В.Ю., Безуглов Э.Н., Матвеев С.В. Влияние мышечного микротравматизма на силу мышц у профессиональных футболистов в соревновательном периоде // Безопасный спорт-2020: материалы VII международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 28–29 мая 2020 г. – Санкт-Петербург: Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, 2020. – С. 180–182.

15. Selecting metrics that matter: comparing the use of the countermovement jump for performance profiling, neuromuscular fatigue monitoring, and injury rehabilitation testing / C. Bishop, M. Jordan, L. Torres-Ronda et al. // Strength & Conditioning Journal. – 2023. – No. 45. – Pp. 545–553.

16. Monitoring fatigue status in elite team-sport athletes: implications for practice / R. Thorpe, G. Atkinson, B. Drust, W. Gregson // International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2017. – No. 12. – Pp. 139–147.

17. Alternative countermovement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue / R. Gathercole, B. Sporer, T. Stellingwerff, G. Sleivert // International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2015. – No. 1. – Pp. 84–92.

References

1. Dyukov A.V. RFU development programs. Russian Football Union. – URL: https://rfs.ru/news/215273?ysclid=m686zvdfjv662511952 (date of access: 01.12.2024).

2. Bengtsson H., Ekstrand J., Hägglund M. Muscle injury rates in professional football increase with fixture congestion: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study // Br. J. Sports Med. – 2013. – No. 47. – Pp. 743–747.

3. Halson S.L. Monitoring training load to understand fatigue in athletes // Sports Medicine. – 2013. – No. 44. – Pp. 139–147.

4. Epidemiology of injuries in men's professional and amateur football (part I) / T.V. Gurau, G.W. Gurau, D.C. Voinescu et al. // Journal of Clinical Medicine. – 2023. – No. 12. – Pp. 55–69.

5. Bezuglov E.N., Savin E.I., Dolmatova T.V. Analysis of the structure and effectiveness of training professional football players in the Russian Federation // Sport: Economics, Law, Management. – 2023. – No. 4. – Pp. 9–15.

6. Khaytin V.Yu., Matveev S.V. Justification of the program for diagnosing muscle injuries in professional football players // Safe Sport-2019: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, St. Petersburg: I.I. Mechnikov Northwestern State Medical University, 2019. – Pp. 123–125.

7. Khaytin V.Yu., Matveev S.V. Epidemiology of muscle injuries in professional football players // Safe Sport-2017: Materials of the conference, St. Petersburg: I.I. Mechnikov Northwestern State Medical University, 2017. – Pp. 131–133.

8. Epidemiology of injuries in professional football: a systematic review and meta-analysis / A. López-Valenciano, I. Ruiz-Pérez, A. Garcia-Gómez et al. // British Journal of Sports Medicine. – 2020. – No. 54. – Pp. 711–718.

9. The countermovement jumps to monitor neuromuscular status: A meta-analysis / J.G. Claudino, J.A. Cronin, B.S. Mezêncio et al. // Journal of Science and Medicine in Sport. – 2017. – No. 20. – Pp. 397–402.

10. Effects of lower-body muscular fatigue on vertical jump and balance performance / C.N. Cooper, N.C. Dabbs, J. et al. // Journal of Strength & Conditioning Research. – 2020. – No. 34. – Pp. 2903–2910.

11. Determination of vertical jump as a measure of neuromuscular readiness and fatigue / C.M. Watkins, S.R. Barillas, M.A. Wong et al. // Journal of Strength & Conditioning Research. – 2017. – No. 31. – Pp. 3305–3310.

12. Reliability and sensitivity of countermovement jump-derived variables in detecting different fatigue levels / D.A. Knihs, D.W. Detanico, D.R. Silva et al. // Journal of Physical Education. – 2022. – No. 32. – Pp. 32–32.

13. VALD. – URL: https:// VALD Knowledge Base (date of access: 22.12.2024).

14. Khaytin V.Yu., Bezuglov E.N., Matveev S.V. The influence of muscular microtraumatism on muscle strength in professional football players in the competitive period // Safe sport 2020: proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference, St. Petersburg: I.I. Mech nikov Northwestern State Medical University, 2020. – Pp. 180–182.

15. Selecting metrics that matter: comparing the use of the countermovement jump for performance profiling, neuromuscular fatigue monitoring, and injury rehabilitation testing / C. Bishop, M. Jordan, L. Torres-Ronda et al. // Strength & Conditioning Journal. – 2023. – No. 45. – Pp. 545–553.

16. Monitoring fatigue status in elite team-sport athletes: implications for practice / R. Thorpe, G. Atkinson, B. Drust, W. Gregson // International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2017. – No. 12. – Pp. 139–147.

17. Alternative countermovement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue / R. Gathercole, B. Sporer, T. Stellingwerff, G. Sleivert // International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2015. – No. 1. – Pp. 84–92.