ОЦЕНКА НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ УСТАЛОСТИ ПРИ ПОВТОРНОМ СПРИНТЕ, ПРЫЖКЕ С КОНТРДВИЖЕНИЕМ И ТЕСТЕ ПОДКОЛЕННОГО СУХОЖИЛИЯ У ЭЛИТНЫХ ФУТБОЛИСТОК ЖЕНСКОГО ПОЛА

Estrella Armada-Cortés [1], José A. Benítez-Muñoz [2], Alejandro F. San Juan [1,*,†] and Javier Sánchez-Sánchez [3,†]

1 Sport Biomechanics Laboratory, Department of Health and Human Performance, Faculty of Physical Activity and Sport Sciences-INEF, Universidad Politécnica de Madrid, C/Martín Fierro 7, CP, 28040 Madrid, Spain
2 LFE Research Group, Department of Health and Human Performance, Faculty of Physical Activity and Sport Sciences-INEF, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain
3 School of Sport Sciences, Universidad Europea de Madrid, 28670 Villaviciosa de Odón, Spain
***** Correspondence: alejandro.sanjuan@upm.es; Tel.: +34-910-678-035
† Эти авторы внесли равный вклад в эту работу.

КРАТКИЙ ОБЗОР

Бросок по прямой - наиболее частое действие в ситуациях забивания футбольных мячей, и оно заслуживает значительного внимания. Целью этого исследования было оценить нервно-мышечную усталость, вызванную независимым тестом на способность к повторному спринту (RSA), прыжком с контрдвижением (CMJ) и тестом на подколенное сухожилие (HT) у элитных футболисток женского пола. В исследовании приняли участие двадцать четыре элитные футболистки женского пола. Протокол оценки включал тесты на подколенное сухожилие и CMJ перед тестом RSA (6 × 40 м 30 секунд отдыха), а также тесты на подколенное сухожилие и CMJ после теста RSA. Были обнаружены существенные различия между показателями HT до и после теста RSA в максимальном угле наклона правой ноги ($p = 0,012$, величина эффекта (ES) = 0,27), а максимальная скорость была выше в левой ноге после RSA ($p = 0,023$, ES = 0,34). Высота CMJ после RSA была значительно ниже, чем до теста RSA ($p < 0,001$ ES = 0,40). Общее время спринта (SprintTT) и процентная разница (%Dif) увеличились по всему RSA ($p < 0,001$ и ES = 0,648 и ES = 0,515 соответственно). У элитных футболисток женского пола, по-видимому, усталость, вызванную тестом RSA, можно оценить по потере высоты CMJ

и различным показателям производительности, полученным из самого теста RSA (например, SprintTT, Идеальный спринт). Эти результаты могли бы способствовать улучшению управления производительностью и профилактике травматизма среди элитных футболисток женского пола.

Ключевые слова: усталость; женский футбол; спорт; риск получения травмы.

1. ВВЕДЕНИЕ

Существует несколько физических требований, предъявляемых к футболу как виду спорта. К ним относятся: выносливость, ускорение, торможение, прыжки, максимальный спринт и способность к повторному спринту (RSA) [1]. Спринт является фундаментальным компонентом способности профессионального футболиста выигрывать поединки, защищаться или создавать голевые моменты [2]. Бег по прямой является наиболее частым действием в ситуациях с забитыми мячами (т.е. как для игрока, который забивает, так и для того, кто отдает голевую передачу) [3]. Следовательно, развитие и мониторинг повторяющихся спринтерских способностей у футболистов заслуживают значительного внимания.

Мышцы подколенного сухожилия очень важны для выполнения спринтерского ускорения и максимального спринтерского бега [4]. Усталость на более поздних стадиях футбольного матча может вызвать повышенную предрасположенность к травмам от растяжения подколенного сухожилия, отрицательно изменяя биомеханику спринта в отношении гибкости мышц, мышечной силы или механики тела [5]. Поэтому в большинстве исследований, изучающих механические и метаболические реакции на повторные спринты, использовались протоколы с фиксированным количеством спринтов и периодами восстановления менее одной минуты, чтобы вызвать усталость и реакции, похожие на те, которые присутствуют во время игры [6,7].

Общепризнано, что сила и гибкость являются важными показателями работоспособности, которые влияют на склонность к травмам при растяжении подколенного сухожилия [8-10]. Большинство травм подколенного сухожилия в футболе происходят во время бега [11,12], чаще всего в конце матча или тренировки [13], что позволяет предположить, что нервно-мышечная усталость играет важную роль [10,14]. Следовательно, существует необходимость в специальном тесте, обладающем показателями и/или клинической достоверностью,

который может выявить тех игроков, которые подвержены риску травмы подколенного сухожилия.

Динамические испытания на прочность, в частности эксцентрические испытания (например, тест на подколенное сухожилие (HT)), кажутся более подходящими, чем статические испытания [15]. На сегодняшний день основными факторами риска растяжения подколенного сухожилия в футболе являются предыдущие травмы [16-18], дисбаланс мышечной силы [15,17], нервно-мышечные расстройства [19] и переутомление [5,20,21].

Качество и количество диапазона движений тазобедренного сустава (ROM) может повлиять на недостаточную растяжимость подколенного сухожилия при выполнении функциональных задач, таких как бег [22]. Было предложено, чтобы динамические тесты на растяжимость были более чувствительны к сохраняющимся отклонениям и являлись лучшими инструментами для принятия решения о возвращении к игре [23].

С другой стороны, одним из наиболее часто используемых тестов производительности является вертикальный прыжок (VJ). Среди них эффективность прыжков с контрдвижением (CMJ) использовалась для мониторинга (1) положительных эффектов силовых, выносливых, скоростных и плиометрических тренировок и (2) состояния механической и нервно-мышечной усталости как в индивидуальных, так и в командных видах спорта [24]. В связи с этим несколько исследователей обнаружили, что показатели CMJ являются интересным и объективным маркером усталости и сверхкомпенсации работоспособности спортсмена [24], а также одним из факторов, связанных с высокой частотой травм (т.е. мышечной перегрузки) в мышцах нижних конечностей [14,21]. Таким образом, при спринтерском беге наблюдалась взаимосвязь между потерей высоты CMJ и метаболическими маркерами (например, такими как лактат или аммоний) [25]. Это говорит о том, что благодаря уменьшению механических переменных CMJ (например, высоты прыжка (JH)) должна быть возможность оценить мышечную усталость, метаболический стресс и перегрузку спортсмена [25].

Таким образом, целью данного исследования было проанализировать влияние нервно-мышечной усталости, вызванной тестом RSA у элитных футболисток женского пола, на физическую работоспособность и растяжимость подколенного сухожилия. Мы предположили, что после RSA его собственные показатели производительности, высота CMJ и растяжимость подколенного сухожилия,

уменьшатся. Его использование могло бы способствовать лучшему управлению работоспособности и предотвращению травм у элитных футболисток женского пола.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1. Экспериментальный подход к проблеме

Был проведен протокол RSA, чтобы вызвать утомление у испытуемых (6 x 40 м 30 с отдыха) [26,27]. Кроме того, до и после RSA была проведена HT с пятью баллистическими сгибаниями бедра в обеих ногах, а также три теста CMJ, чтобы оценить возникающую усталость и ее влияние на производительность при выполнении различных задач и на сам RSA.

2.2 Испытуемые

В исследовании приняли участие двадцать четыре элитные футболистки Второго испанского футбольного дивизиона (возраст 20,41 ± 2,63 года, рост 166,75 ± 6,63 см и вес 59,79 ± 8 кг). Все игроки имели медицинское разрешение на проведение исследования и были полностью здоровы и не получили травм на момент сбора данных. Данные исследования были получены в сезоне 2020-2021 годов. У всех игроков была одинаковая тренировочная нагрузка (т.е. пять тренировочных дней в неделю и обычный матч чемпионата). Критериями включения были: (1) наличие медицинского разрешения на проведение исследования, (2) не перенес травму опорно-двигательного аппарата за 1 год до даты составления протокола (т.е. был проверен с помощью предыдущей анкеты для исключения) и (3) у него не было диагностировано каких-либо сердечно-сосудистых, метаболических, неврологических, легочных или ортопедических расстройств, которые могли бы повлиять на участие в исследовании или ограничить результаты в различных тестах.

Все спортсмены подписали форму информированного согласия перед началом исследования. Исследование проводилось в соответствии с руководящими принципами Хельсинкской декларации и было одобрено Комитетом по этике Universidad Politecnica de Madrid (Мадрид, Испания) (код: DATOS-20211222-1SJF-Diseho de).

2.3. Порядок проведения

Исследование включало пробную ознакомительную сессию с протоколами тестирования (например, RSA, CMJ и HT), а также одиночную оценочную сессию, которая была проведена на собственном тренировочном и игровом поле команды с искусственным покрытием. Мы проводили все сеансы тестирования в одинаковых условиях окружающей среды (20-24°C, относительная влажность 45-55%). Вес был рассчитан с помощью весов Withings Body+ scale (Issy-les-Moulineaux, France). Все участники использовали соответствующую личную обувь и спортивный инвентарь (например, футболку с короткими рукавами, шорты и тренировочные носки). Тестовая сессия проводилась по тому же расписанию, чтобы избежать пагубных последствий для работоспособности, связанных с циркадным ритмом [28]. Чтобы обеспечить одинаковое потребление питательных веществ (60% углеводов, 30% липидов и 10% белков) за 72 часа до начала исследования и до его окончания, участникам был предоставлен набор рекомендаций. Все мероприятия были проведены опытными исследователями (т.е. дипломированными и опытными тренерами по физической культуре, имеющими степень магистра или доктора в области физической активности и спорта). Занятия начинались с 10-минутной общей разминки, всегда проводимой тренером клуба по физической подготовке, состоящей из непрерывного и специфического бега, упражнений на подвижность суставов и баллистическую растяжку, за которыми следовала специальная разминка перед тестированием, во время которой участники выполняли три последовательных спринта с 30-секундным отдыхом [27] между ними. После 180 секунд отдыха [27] участники приступили к выполнению протокола, состоящего из HT перед RSA, теста CMJ перед RSA, теста RSA (6 x 40 м 30 с), HT после RSA и теста CMJ после RSA (рис. 1).

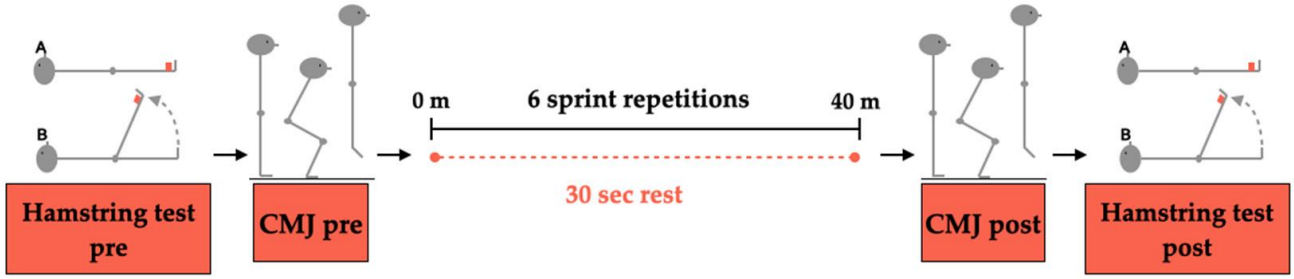

Рисунок 1. Схема протокольной процедуры. A: Исходное положение; B: Конечное положение.

2.3.1. Тест на подколенное сухожилие

НТ проводился в соответствии с протоколом руководства по тестированию подколенного сухожилия WIMU ® [29]. Участник был помещен в положение лежа на спине. На дистальный отдел большеберцовой кости была наложена система WIMU ® (RealTrack Systems, Альмерия, Испания), закрепленная эластичной лентой для измерения наклона. Система представляет собой небольшое беспроводное устройство с более чем 20 встроенными датчиками. Датчики включают в себя 3D-акселерометр с частотой 1000 Гц, 3D-гироскоп с частотой 1000 Гц с разрешением 2000 градусов в секунду, 3D-магнитометр и барометр, который работает с интеграцией датчиков для улучшения результатов измерений. Все данные о угле, достигнутом при каждом повторении для обеих ног, были отправлены в режиме реального времени через Bluetooth на персональный компьютер и впоследствии записаны с помощью программного обеспечения SPro (RealTrack Systems, Almeria, Испания). Участники выполнили пять баллистических сгибаний бедра, сохраняя разгибание колена. Таз и контралатеральная нога были зафиксированы исследователем, чтобы избежать движения таза, поскольку сообщалось, что изменения положения таза являются факторами, которые могут повлиять на результаты теста [30]. Система WIMU ® одновременно регистрировала угол сгибания бедра. Этот протокол НТ был выполнен на обеих ногах одинаково. Были проанализированы средние значения пяти повторений до и после теста RSA максимальной скорости (градус/с), максимального угла наклона (градус), угла при максимальной скорости (градус), времени до достижения максимальной скорости (мс) и средней скорости (градус/с) каждой ноги в отдельности, а также среднее значение обеих ног.

2.3.2. Испытание CMJ

Все участники были знакомы с техникой CMJ. Участников всегда инструктировали прыгать как можно выше. Исходное положение состояло из статического положения стоя с руками на бедрах. Из этого положения выполнялось непрерывное и быстрое тройное сгибательное движение бедра, колена и лодыжки до тех пор, пока они не достигали ~90% сгибания в колене, за которым следовало тройное разгибание тех же суставов динамичным, быстрым и непрерывным образом [31]. В этом типе вертикального прыжка существовал цикл растяжения-укорачивания, который происходил во время последовательных эксцентрической, изометрической и концентрической фаз [31]. Участников попросили «взлетать» и

приземляться во время прыжка в одном и том же месте, чтобы избежать горизонтального или бокового смещения. Участников инструктировали, что во время фазы полета они должны держать руки на бедрах, а ноги должны оставаться прямыми, максимально вытянув лодыжки и касаясь земли кончиками ступней. Цель состояла в том, чтобы достичь среднего показателя максимальной высоты из трех выполненных прыжков [32]. Прыжки оценивались с помощью фотоэлементной системы Optojump (Microgate, Bolzano, Италия), которая состоит из двух параллельных брусьев (одного приемника и одного передатчика), расположенных на уровне пола, что позволяет учитывать взаимодействие спортсмена с поверхностью [33]. Фотоэлементная система Optojump широко использовалась для оценки ряда показателей в полевых условиях и в исследовательских целях [13,34,35], была оценена на предмет валидности и надежности [33].

2.3.3. RSA тест

Игроки располагались на 0,5 м позади первых пар фотоэлементов, в отмеченном начале спринтов, чтобы облегчить правильную регистрацию первого среза фотоэлементов [36]. Тест RSA состоял из шести повторений спринта на 40 м по ровной поверхности с 30-секундным отдыхом между каждым из них.

Это расстояние позволяет спортсмену развить максимальную скорость [2]. Вся дистанция спринта контролировалась с помощью системы из пяти пар фотоэлементов (Microgate, Bolzano, Италия), расположенных вдоль зоны спринта, для записи времени спринта на 10, 20, 30 и 40 м с чувствительностью 0,001 с (рис. 2). Остальные записи были сделаны в том же месте, где спортсмены начинали и заканчивали спринт, так что спринты выполнялись назад и вперед. Для оценки усталости во время теста RSA были рассчитаны различные переменные (см. описание переменных в таблице 1).

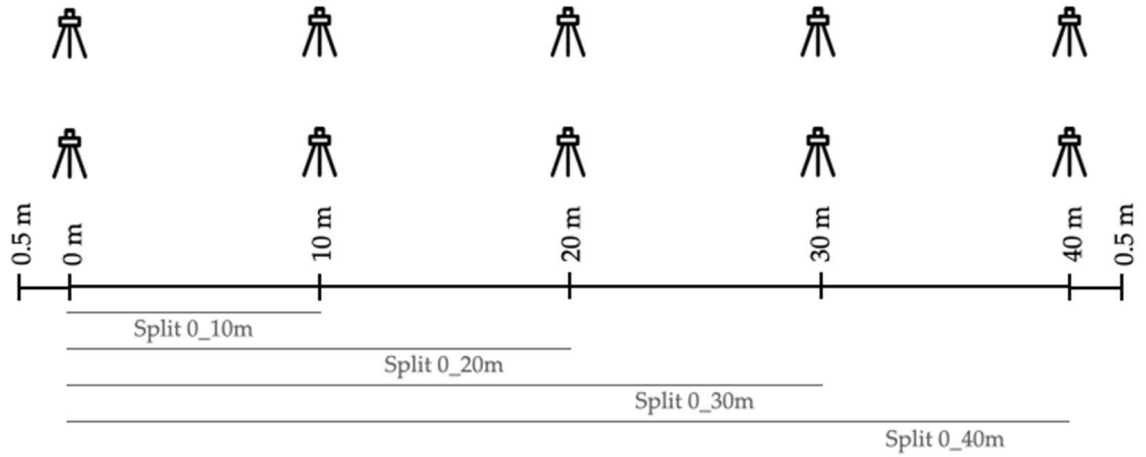

Рисунок 2. Схема размещения фотоэлементов в RSA.

Таблица 1. Расчеты различных переменных для оценки усталости во время теста RSA.

Sprint Total Time (SprintTT)	**Defined as the Time to Run a Specific Distance of the Sprint**	
Ideal Sprint [37]	Определяется как $Sprint_{TT}$, если все спринты были проведены как лучшие из них.	Ideal Sprint 1 - X = MIN SprintTT0 - 40m x 6 Где X это число специфичного спринта
Split Total Time ($Split_{TT}$) [37]	Определяется как время, затраченное на прохождение определенной дистанции (сплит) в течение шести спринтов	$Split_{TT}$0 - Xm = 0 - Xm Sprint 1 + 0 - Xm Sprint 2 + . . . + 0 - Xm Sprint 6 Где X это дистанция специфичного сплита
Ideal Split [37]	Определяется как $Split_{TT}$, если сприты были как лучшие из них.	Ideal Split 0 - Xm = MIN $Split_{TT}$ 0 - Xm x 6 Где X это дистанция специфичного сплита
Percentage difference 1 vs. X (%Dif1vsX).	Определяется как процентная разница между первым спринтом и другим специфичным спринтом.	%Dif $= \frac{Sprint_{TT}\ X - Sprint_{TT}\ 1}{Sprint_{TT}\ 1} \times 100$ Где X это число специфичного спринта
Различие в процентах между $Sprint_{TT}$ 0-40 m and Ideal Sprint [27].	Определяется как процентная разница между временем выполнения определенного количества спринтов и временем, если бы эти спринты были выполнены как лучшие из них.	%Dif $Sprint_{TT}$ and Ideal Sprint 1 - X = $\frac{Sprint_{TT}\ X - Ideal\ Sprint}{Ideal\ Sprint} \times 100$ Где X это число специфичного спринта
Различие в процентах между лучшим и худшим времени split (%DifBvsW) [27].	Процентная разница между лучшим временем и худшим временем, затраченным на прохождение определённой дистанции	%Dif BvsW 0 - Xm = $\frac{MAX\ Split_{TT}\ 0 - Xm - MIN\ Split_{TT}\ 0 - Xm}{MIN\ Split_{TT}\ 0 - Xm} \times 100$ Где X это дистанция специфичного сплита

Различие в процентах между $Split_{TT}$ and Ideal Split (modified from [27]).	Процентная разница между временем, затраченным на прохождение определённой дистанции(бег), и временем, если бы эти сплиты были выполнены как лучшие из них.	%Dif $Split_{TT}$ and Ideal Split 0 - Xm = $\frac{Split_{TT}\ 0\text{-}Xm\text{-}Ideal\ Split\ 0\text{-}Xm}{Ideal\ Split\ 0\text{-}Xm}$ X 100 Где X это дистанция специфичного сплита

2.4. Статистический анализ

Статистическая мощность объема выборки была рассчитана с помощью программного обеспечения G power (версия 3.1.9.7, Штутгарт, Германия). Был проведен анализ post hoc для ANOVA: повторные измерения в пределах факторов с использованием в качестве эталона переменной «$Sprint_{TT}$ 0-40 м в течение шести спринтов» со следующими входными параметрами: величина эффекта F: 1,73; a: 0,05; размер выборки: 24; группы: 1; измерения: 5, корреляция: 0,5. В соответствии с этими критериями мощность выборки составляла 1. Все данные представлены в виде средних значений ± SD. Нормальное распределение было подтверждено с помощью теста Shapiro-Wilk. Парный t-критерий Стьюдента был проведен для сравнения различных переменных HT между правой и левой ногами перед RSA, а также до и после измерений переменных HT и высоты CMJ. Величина эффекта для сравнения двух средних значений была рассчитана с помощью d Коэна, рассматривая $d < 0,5$ как малое, $d < 0,8$ как умеренное и $d > 0,8$ как большое [38]. Для анализа различных переменных теста RSA использовался ANOVA с односторонними повторными измерениями. Когда предположение о критерии сферичности Мочли (Mauchly sphericity) не выполнялось, применялась поправка Greenhouse-Geisser. Были проведены специальные апостериорные тесты Bonferroni, в которых были обнаружены существенные различия по любому из проанализированных факторов. Величина эффекта ANOVA была рассчитана методом частичного eta-квадрата (np2), и малому, умеренному и большому эффекту соответствовали значения, равные или превышающие 0,001, 0,059 и 0,138 соответственно [39]. Данные были проанализированы с использованием программного обеспечения SPSS statistic версии 25.0 для Windows (IBM Corporation Armonk, Нью-Йорк, США). Уровень значимости был установлен на уровне $p < 0,05$.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

3.1. Теста на подколенное сухожилие

Что касается сравнений pre-post (ДО и ПОСЛЕ), то между этими измерениями была существенная разница в максимальном угле наклона правой ноги (t (24) = 2,4, p = 0,012, ES = 0,27). Напротив, максимальный угол наклона правой ноги или средний угол наклона обеих ног достоверно не различались (p > 0,05). Максимальная скорость левой ноги была выше после RSA по сравнению с предшествующей (t (24) = 2,1 p = 0,023 ES = 0,34). Напротив, не было существенной разницы между измерениями ДО и ПОСЛЕ тренировки в максимальной скорости правой ноги или средней скорости обеих ног (p > 0,05). Средняя скорость, время до достижения максимальной скорости и угол при максимальной скорости правой ноги, левой ноги и среднее значение обеих ног были одинаковыми до и после RSA (p > 0,05).
Что касается сравнений между ногами, то не было обнаружено существенной разницы в максимальном угле наклона правой ноги по сравнению с левой ногой до RSA (p > 0,05). Напротив, был обнаружен более низкий максимальный угол наклона правой ноги по сравнению с левой ногой после RSA (t (24) = 2,43 p = 0,023 ES = 0,25). Максимальная скорость правой ноги была выше по сравнению с левой ногой до RSA (t (24) = 3,76 p = 0,001 ES = 0,83) и после RSA (t (24) = 2,49 p = 0,02 ES = 0,51). Средняя скорость правой ноги была выше по сравнению с левой ногой до RSA (t (24) = 2,85 p = 0,009 ES = 0,42) и имела тенденцию быть выше после RSA (t (24) = 1,72 p = 0,099 ES = 0,36). Время достижения максимальной скорости правой ногой было ниже по сравнению с левой ногой до RSA (t (24) = 2,52 p = 0,019 ES = 0,46) и имело тенденцию быть ниже после RSA (t (24) = 1,96 p = 0,062 ES = 0,48). Наконец, угол при максимальной скорости достоверно не отличался между ногами до RSA (p > 0,05), но он имел тенденцию быть ниже на правой ноге по сравнению с левой ногой после RSA (t (24) = 2,02, p=0,055,ES=0,48) (таблица 2).

Таблица 2. Результаты прыжка с контрдвижением и теста на подколенное сухожилие.

CMJ	**PRE/до**			**POST/после**		
Высота (см)	27.56 ± 5.09			25.56 ± 5.01 *		
Тест на подколенное сухожилие	**R**	**L**	**Avg**	**R**	**L**	**Avg**
ROMmax (deg)	91.19 ± 13.7	89.2 ± 14.6	90.25 ± 13.43	87.55 ± 13.07 *	91.41 ± 17.12 #	89.5 ± 14.7
Vmax (deg/s)	430.49 ± 98.82	365.9 ± 48.32 #	398.36 ± 64.99	417.9 ± 76.86	383.83 ± 55.59 *#	406.64 ± 67.21

Vavg (deg/s)	256.91 ± 49.51	238.29 ± 39.13 #	248.33 ± 42.14	264.52 ± 42.99	247.62 ± 51.38	256.07 ± 40.48
T to Vmax (ms)	98.13 ± 54.35	123.71 ± 57.84 #	109.73 ± 49.72	86.7 ± 50.03	113.07 ± 59.11	106.14 ± 57.69
ROM at Vmax (deg)	38.79 ± 13.2	42.17 ± 14.63	40.50 ± 12.78	35.39 ± 13.59	42.29 ± 15.09	38.84 ± 11.55

Значения представлены в виде средних ± SD. CMJ: прыжок с контрдвижением, Max: максимальный, Avg: средний, Deg: градусы, R: право, L: лево, ROMmax: максимальный угол наклона, Vmax: максимальная скорость, Vavg: средняя скорость, от T до Vmax: время до максимальной скорости, ROM при Vmax: угол наклона при максимальной скорости. * Значимая разница между результатами PRE/до и POST/после ($p < 0,05$). # Значимая разница между ногами ($p < 0,05$).

3.2. CMJ Тест

Высота CMJ после тренировки была значительно ниже, чем до теста RSA ($t (23) = 5,37$ $p < 0,001$ ES = 0,40) (таблица 2)

3.3. RSA Тест

Во время RSA были зарегистрированы некоторые дистанции, показывающие следующие результаты, увеличивающиеся в течение шести спринтов (таблица 3): $Sprint_{TT}$ 0-10 м ($F (3,69) = 8,27$ $p < 0,001$ ES = 0,256), $Sprint_{TT}$ 0-20 м ($F (2,49) = 10,47$ $p < 0,001$ ES = 0,304), $Sprint_{TT}$ 0-30 м ($F (2,50) = 22,41$ $p < 0,001$ ES = 0,483), $Sprint_{TT}$ 0-40 м ($F (2,49) = 44,17$ $p < 0,001$ ES = 0,648). Процентная разница между спринтом 1 по сравнению с остальными спринтами увеличилась во время RSA ($F (2,40) = 22,28$ $p < 0,001$ ES = 0,515). Процентная разница между спринтом на 0-40 м и идеальным спринтом становилась больше по мере прогрессирования RSA ($F (1,27) = 62,50$ $p < 0,001$ ES = 0,749) (таблица 3).

Таблица 3. Показатели эффективности способности к повторному спринту.

	Sprint 1	**Sprint 2**	**Sprint 3**	**Sprint 4**	**Sprint 5**	**Sprint 6**
$Sprint_{TT}$ 0-10 m	2 ± 0.12	2.05 ± 0.14 [1]	2.03 ± 0.14	2.1 ± 0.14 1'[2'3]	2.09 ± 0.14 [1]	2.1 ± 0.14 [1]
SprintTT 0-20 m	3.41 ± 0.17	3.5 ± 0.19 1	3.48 ± 0.21[1]	3.57 ± 0.21,23	3.57 ± 021,3	3.58 ± 0.25 [1]
SprintTT 0-30 m	4.76 ± 0.23	4.87 ± 0.25 [1]	4.87 ± 0.29 [1]	5 ± 0.29 1'[2'3]	5 ± 0.29 1'[2'3]	5.04 ± 0.311'[2'3]

SprintTT 0-40 m	6.13 ± 0.31	6.29 ± 0.34 [1]	6.31 ± 0.4 [1]	6.47 ± 0.37 1'2'3	6.5 ± 0.39 1'2'3	6.6 ± 0.4 1,[2],[3]-[4]
		Sprint 1 vs. 2	Sprint 1 vs. 3	Sprint 1 vs. 4	Sprint 1 vs. 5	Sprint 1 vs. 6
%Dif		2.64 ± 1.47	3.05 ± 2.45	5.61 ± 2.58 [a,b]	5.398 ± 3.64 [a,b]	7.73 ± 4.7 [a,b,d]
		Sprint 1-2	**Sprint 1-3**	**Sprint 1-4**	**Sprint 1-5**	**Sprint 1-6**
%Dif between $Sprint_{TT}$ 0-40 m and Ideal Sprint		1.32 ± 0.74	2.03 ± 0.91 [a]	2.96 ± 1.2 [a,b]	3.59 ± 1.55 [a,b,c]	4.33 ± 1.9 [a,b,c,d]

Значения представлены в виде средних значений ± SD. $Sprint_{TT}$: время пробега определенной дистанции; %Разница: процентная разница между первым спринтом и конкретным спринтом; % Разница между спринтом 0-40 м и идеальным спринтом: процентная разница между временем пробега определенного количества спринтов и временем, если эти спринты были выполнены как лучший из них. [1] Значимая разница по сравнению со спринтом 1 ($p < 0,05$). [2] Значимая разница по сравнению со спринтом 2 ($p < 0,05$). [3] Значимая разница по сравнению со спринтом 3 ($p < 0,05$). [4] Значимая разница по сравнению со спринтом 4 ($p < 0,05$). [a] существенная разница по сравнению со спринтом 1 против 2/Спринт 1-2 ($p < 0,05$). [b] Существенная разница по сравнению со спринтом 1 против 3/Спринт 1-3 ($p < 0,05$). [c] Существенная разница по сравнению со спринтом 1 против 4/Спринт 1-4 ($p < 0,05$). [d] Существенная разница по сравнению со спринтом 1 против 5/Спринт 1-5 ($p < 0,05$).

Рисунок 3 иллюстрирует, как Split общее время (Splitter) ($F (2,58) = 3780,33$ $p < 0,001$ $ES = 0,994$) и Идеальный Split ($F (1,26) = 6535,72$ $p < 0,001$ $ES = 0,996$) увеличиваются с помощью RSA. Были обнаружены более высокие показатели $Split_{TT}$ на 0-10 м по сравнению с Идеальным Split на 0-10 м ($t (24) = 5,2$ $p < 0,001$ $ES = 0,82$), $Split_{TT}$ на 0-20 м по сравнению с $Split_{TT}$ на 0-20 м ($t (24) = 7,05$ $p < 0,001$ $ES = 0,83$), $Split_{TT}$ на 0-30 м по сравнению с $Split_{TT}$ на 0-30 м ($t (24) = 9,95$ $p < 0,001$ $ES = 0,80$) и $Split_{TT}$ на 0-40 м по сравнению с Идеальным Split на 0-40 м ($t (24) = 6,74$ $p < 0,0ё01$ $ES = 0,59$) (рис. 3).

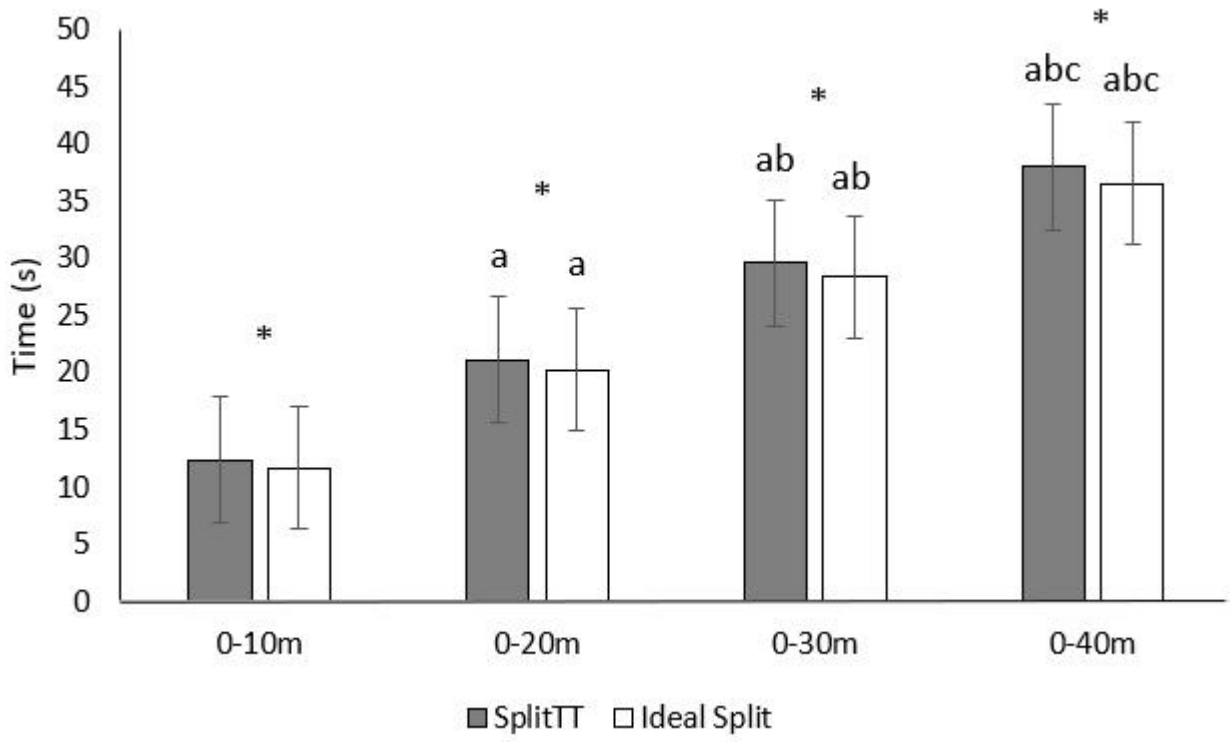

Рисунок 3. Эволюция $Split_{TT}$ и Идеального Split в рамках RSA. $Split_{TT}$: время, затраченное на прохождение определенной дистанции в течение шести спринтов, Идеального Split: $Split_{TT}$, если все сплиты были выполнены как лучшие из них. * Существенная разница между $Split_{TT}$ и Идеальным Split. [a] Достоверная разница по сравнению с 0-10 м ($p < 0,05$) [b] Достоверная разница по сравнению с 0-20 м ($p < 0,05$) [c] Достоверная разница по сравнению с 0-30 м ($p < 0,05$).

Процентная разница между лучшим и худшим ($\%DifB_{VS}W$) разветвителем значительно различалась на разных расстояниях RSA ($F (1,33) = 5,06$ $p = 0,022$ $ES = 0,174$) (рисунок 4). Напротив, разница в процентах между $Split_{TT}$ и Идеальным Split существенно не отличалась между различными расстояниями RSA ($F (3,72) = 0,89$ $p = 0,448$ $ES = 0,036$) (Рисунок 4).

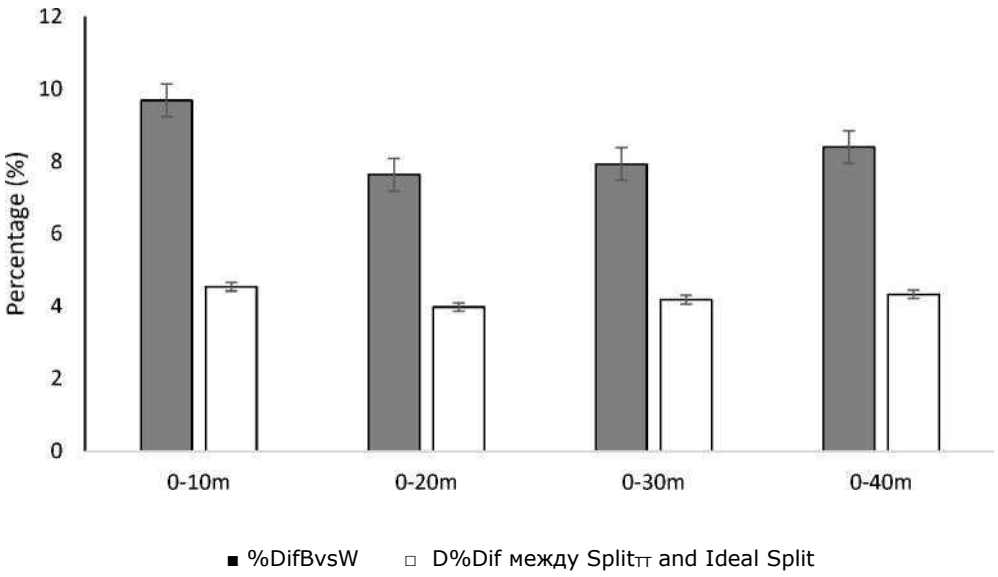

Рисунок 4. %DifB_{VS}W: Процентная разница между лучшим временем по сравнению с наихудшим временем для выполнения определенного разделения, %Dif между Split$_{TT}$ и Идеальным Split: Процентная разница между временем выполнения определенного количества Split0 и временем, если бы эти разделения были выполнены как лучшие из них. Достоверная разница по сравнению с 0-10 м ($p < 0,05$)

4. ОБСУЖДЕНИЕ

Целью этого исследования было проанализировать влияние нервно-мышечной усталости, вызванной тестом RSA у элитных футболисток женского пола, на физическую работоспособность и растяжимость подколенного сухожилия. С этой целью частота нервно-мышечной усталости была определена с помощью теста CMJ, HT и переменных производительности самого теста RSA. Первичные результаты настоящего исследования показывают, что нервно-мышечную усталость можно оценить, используя высоту CMJ и переменные производительности самого RSA. Однако усталость не повлияла на большинство переменных HT.

Некоторые авторы утверждают, что средний результат прыжка более чувствителен, чем самый высокий прыжок, при обнаружении эффектов усталости или суперкомпенсации [24], что подтверждает методологию данного исследования. Мы обнаружили, что высота CMJ после тестирования была значительно ниже, чем высота перед тестированием (таблица 3), согласившись с предыдущими авторами после спринтерского теста [25] или велосипедного теста [40]. Снижение реакции на высоту прыжка под влиянием усталости было замечено в многочисленных

исследованиях [24,40-42]. Кроме того, эти результаты были экстраполированы на различные виды спорта, такие как футбол [40,41], командные виды спорта с мячом [42] и бокс [43]. Некоторые авторы выделяют футбол и регби как виды спорта с использованием мяча, где время восстановления для спринтерских выступлений больше по сравнению с другими видами спорта с мячом [42], поэтому представляется важным иметь возможность количественно оценивать переменные, которые дают информацию о состоянии усталости игроков.

Таким образом, была обнаружена взаимосвязь между метаболическими маркерами (такими как лактат или аммоний) и потерей высоты прыжка в спринтерском задании. Это говорит о том, что по уменьшению высоты CMJ должна быть возможность оценить метаболический стресс, нервно-мышечную усталость и перегрузку спортсмена [25].

Что касается HT, мы выбрали баллистический тест, потому что он представляет эксцентрическую фазу мышц подколенного сухожилия, которая происходит в фазе переноса конечности в спринте [4]. Кроме того, несколько авторов приходят к выводу, что риск повреждения мышц подколенного сухожилия возрастает на последних минутах матча, вызванный усталостью и связанный с эксцентрической фазой работы мышц подколенного сухожилия [14,21]. В этом смысле мышечное напряжение в мускулатуре подколенного сухожилия увеличивается при усталости и уменьшает величину сгибания подколенного сухожилия [14,21]. Следовательно, было бы уместно предположить, что гибкость подколенного сухожилия уменьшится после индуцирования усталости в RSA. Таким образом, общая интерпретация теста предполагает, что вызванная RSA усталость не повлияла на гибкость подколенного сухожилия, отличаясь от ожиданий, основанных на других исследованиях [14,21]. Значения максимального угла наклона HT, наблюдаемые в этом исследовании, очень похожи на предыдущие исследования, в которых выполнялся активный тест [4] или пассивный тест [23,30,44,45]. Тем не менее, к таким сравнениям следует относиться с осторожностью, поскольку целью настоящего исследования было баллистическое испытание.

С другой стороны, если сосредоточиться на сравнении ног, то в предыдущих обсуждаемых результатах уже предполагалось, что различия в максимальном угле наклона и максимальной скорости между ногами будут иметь смысл. Примечательно, что другие переменные, такие как средняя скорость или время до достижения максимальной скорости, показали различия между ногами при

измерении подколенного сухожилия перед тестированием, поскольку они не были отражены между до и после HT.

Влияние усталости на производительность демонстрируется с помощью различных переменных RSA. Как и ожидалось, TT спринта увеличился во время RSA. Это распространенный метод оценки производительности спринта [36]. Также было замечено, что $Sprint_{TT}$ на разных дистанциях (т.е. $Sprint_{TT}$ 0-10 м, $Sprint_{TT}$ 0-20 м, $Sprint_{TT}$ 0-30 м и $Sprint_{TT}$ 0-40 м) увеличился во время теста RSA, что указывает на то, что время преодоления различных дистанций спринта увеличилось. Наши результаты согласуются с предыдущим исследованием, в котором было выполнено 7 спринтов по 30 м с восстановлением в течение 25 секунд между ними, и наблюдалась тенденция к увеличению скорости спринта на разных дистанциях (0-5 м, 0-10 м и 0-30 м) [36]. Однако, взяв за основу первый спринт на 0-10 м, они обнаружили значительные различия с четвертого спринта и далее, а в спринте на 0-30 м - со второго спринта и далее. В нашем исследовании, взяв за основу первый спринт, мы обнаружили значительные различия на всех спринтерских дистанциях. Это указывает на то, что усталость возникает раньше в нашем исследовании. Увеличенная процентная разница между первым спринтом и другим конкретным спринтом (%Dif1vsX) отражает величину усталости, поскольку чем больше %Dif1vsX, тем больше эффект усталости. В другом исследовании сравнивался процент разницы между каждым спринтом и предыдущим; различия были обнаружены в первых четырех из семи спринтов [36]. Хотя методология оценки усталости отличается от настоящего исследования, результаты обоих исследований совпадают.

Предусмотрены различные переменные для оценки усталости между спринтами ($Sprint_{TT}$, Идеальный спринт, %Dif1vsX и %разницы между спринтом 0-40 м и идеальным спринтом) и усталости внутри спринта ($Split_{TT}$, Идеальный Split, %DifBvsW и %разницы между $Split_{TT}$ и Идеальным Split). Зная происхождение усталости, можно разработать конкретные виды тренировок, чтобы противодействовать ее последствиям, повысить работоспособность и снизить риск травм, поскольку усталость тесно связана с травмами [5,46]. Например, на рисунке 4 вы можете видеть, насколько усталость была выше на первых 10 м спринта, во время фазы ускорения в нашей специфической и ограниченной популяции. Более глубокий подход к переменным RSA, реализованный в этом исследовании, может позволить тренерам и исследователям проанализировать тест RSA с новых точек

зрения, обнаружить новые сильные или слабые стороны своих спортсменов и тренироваться специально для их улучшения.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У элитных футболисток женского пола, по-видимому, усталость, вызванную тестом RSA, можно оценить по потере высоты CMJ и различным показателям производительности, извлеченным из самого теста RSA. Напротив, отсутствие существенных различий в HT говорит о том, что это не точный способ оценки усталости после RSA. Кроме того, отсутствие различий в HT в ситуации переутомления (т.е. после теста RSA) может указывать на то, что усталость не влияет на растяжимость подколенного сухожилия. Чтобы подтвердить эти выводы и распространить их на другие группы спортсменов, необходимы будущие исследования с большей выборкой, используя более сложную футбольную задачу в HT, чтобы сравнить влияние RSA на нервно-мышечную усталость у мужчин и элитных футболисток женского пола, а также в других соревнованиях и видах спорта.

6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Снижение высоты прыжка может использоваться как показатель усталости после RSA. Это может быть полезным инструментом в большинстве командных видов спорта, где бег является определяющим фактором, для выявления усталости и возможного повышенного риска травм. С другой стороны, описанные различные переменные RSA дадут тренерам информацию о том, как усталость влияет на спортсмена во время повторных спринтерских забегов, и предоставят тренеру возможность устранить выявленные конкретные недостатки. Пока что существует мало информации об этих протоколах у элитных футболисток женского пола, поэтому тренеры будут иметь справочные данные о футболистках женского пола и смогут принимать решения на их основе.

Вклад авторов: Концептуализация, E.A.-C., J.A.B.-M., J.S.-S. и A.F.S.J.; методология, E.A.-C., J.A.B.-M., J.S.-S. и A.F.S.J.; формальный анализ, E.A.-C., J.A.B.-M., J.S.-S. и A.F.S.J.; расследование, E.A.-C., J.A.B.-M., J.S.-S. и A.F.S.J.; ресурсы, E.A.-C., J.A.B.-M., J.S.-S. и A.F.S.J.; данные кураторство, E.A.-C., J.A.B.-M., J.S.-S. и A.F.S.J.; написание — подготовка первоначального проекта, E.A.-C., J.A.B.-

M., J.S.-S. и A.F.S.J.; написание—рецензирование и редактирование, E.A.-C., J.A.B.-M., J.S.-S. и A.F.S.J.; визуализация, E.A.-C., J.A.B.-M., J.S.-S. и A.F.S.J.; супервизия, J.S.-S. и A.F.S.J.; администрация проекта, J.S.-S. и A.F.S.J. Все авторы прочитали опубликованную версию рукописи и согласились с ней.

Финансирование: Это исследование не получало внешнего финансирования.

Заявление Институционального наблюдательного совета: Исследование было проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией и одобрено Комитетом по этике Ethics Committee of Universidad Politécnica de Madrid (Madrid, Spain) (code: DATOS-20211222-1SJF-Diseño de 13/01/2022).

Информированное согласие: Информированное согласие было получено от всех субъектов, участвовавших в исследовании

Благодарность: Авторы благодарят испытуемых за их участие в исследовании. Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов. У этой работы не было внешнего источника финансирования. Результаты этого исследования не являются одобрением продуктов авторами или Национальной ассоциацией укрепления и кондиционирования (NSCA).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ingebrigtsen, J.; Dalen, T.; Hjelde, G.H.; Drust, B.; Wisløff, U. Acceleration and sprint profiles of a professional elite football team in match play. *Eur. J. Sport Sci.* **2015**, *15*, 101–110. [CrossRef]
2. Haugen, T.A.; Breitschädel, F.; Seiler, S. Sprint mechanical properties in soccer players according to playing standard, position, age and sex. *J. Sports Sci.* **2020**, *38*, 1070–1076. [CrossRef]
3. Faude, O.; Koch, T.; Meyer, T. Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J. Sports Sci.* **2012**, *30*, 625–631. [CrossRef]
4. Morin, J.B.; Gimenez, P.; Edouard, P.; Arnal, P.; Jiménez-Reyes, P.; Samozino, P.; Brughelli, M.; Mendiguchia, J. Sprint acceleration mechanics: The major role of hamstrings in horizontal force production. *Front. Physiol.* **2015**, *6*, 404. [CrossRef]
5. Small, K.; McNaughton, L.R.; Greig, M.; Lohkamp, M.; Lovell, R. Soccer fatigue,

sprinting and hamstring strain injury risk. *Int. J. Sports Med.* **2009**, *30*, 573–578. [CrossRef]
6. Bishop, D.J.; Spencer, M. Determinants of repeated-sprint ability in well-trained team-sport athletes and endurance-trained athletes. *J. Sports Med. Phys. Fit.* **2004**, *44*, 1–7. [PubMed]
7. Dawson, B.; Goodman, C.; Lawrence, S.; Preen, D.; Polglaze, T.; Fitzsimons, M.; Fournier, P. Muscle phosphocreatine repletion following single and repeated short sprint efforts. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **1997**, *7*, 206–213. [CrossRef]
8. Copland, S.T.; Tipton, J.S.; Fields, K.B. Evidence-based treatment of hamstring tears. *Curr. Sports Med. Rep.* **2009**, *8*, 308–314. [CrossRef]
9. Prior, M.; Guerin, M.; Grimmer, K. An evidence-based approach to hamstring strain injury: A systematic review of the literature. *Sports Health.* **2009**, *1*, 154–164. [CrossRef]
10. Worrell, T.W. Factors associated with hamstring injuries: An approach to treatment and preventative measures. *Sports Med.* **1994**, *17*, 338–345. [CrossRef]
11. Padulo, J.; Attene, G.; Ardigò, L.P.; Bragazzi, N.L.; Maffulli, N.; Zagatto, A.M.; dello Iacono, A. Can a Repeated Sprint Ability Test Help Clear a Previously Injured Soccer Player for Fully Functional Return to Activity? A Pilot Study. *Clin. J. Sport Med.* **2017**, *27*, 361–368. [CrossRef]
12. Woods, C.; Hawkins, R.D.; Maltby, S.; Hulse, M.; Thomas, A.; Hodson, A. The Football Association Medical Research Programme: An audit of injuries in professional football—Analysis of hamstring injuries. *Br. J. Sports Med.* **2004**, *38*, 36–41. [CrossRef]
13. Ekstrand, J.; Hägglund, M.; Waldén, M. Injury incidence and injury patterns in professional football: The UEFA injury study. *Br. J. Sports Med.* **2011**, *45*, 553–558. [CrossRef]
14. Small, K.; McNaughton, L.; Greig, M.; Lovell, R. Effect of timing of eccentric hamstring strengthening exercises during soccer training: Implications for muscle fatigability. *J. Strength Cond. Res.* **2009**, *23*, 1077–1083. [CrossRef]
15. Croisier, J.L.; Ganteaume, S.; Binet, J.; Genty, M.; Ferret, J.M. Strength imbalances and prevention of hamstring strain injury in professional soccer players: A prospective study. *Am. J. Sports Med.* **2008**, *36*, 1469–1475. [CrossRef]
16. Cabello, E.N.; Hernández, D.C.; Márquez, G.T.; González, C.G.; Navander, A.; González, S.V. A review of risk factors for hamstring strain injury in soccer: A biomechanical approach. *Eur. J. Hum. Mov.* **2015**, *34*, 52–74.
17. Hauge Engebretsen, A.; Myklebust, G.; Holme, I.; Engebretsen, L.; Bahr, R.

Intrinsic risk factors for hamstring injuries among male soccer players: A prospective cohort study. *Am. J. Sports Med.* **2010**, *38*, 1147–1153. [CrossRef]
18. McCall, A.; Carling, C.; Davison, M.; Nedelec, M.; Le Gall, F.; Berthoin, S.; Dupont, G. Injury risk factors, screening tests and preventative strategies: A systematic review of the evidence that underpins the perceptions and practices of 44 football (soccer) teams from various premier leagues. *Br. J. Sports Med.* **2015**, *49*, 583–589. [CrossRef]
19. Cameron, M.; Adams, R.; Maher, C. Motor control and strength as predictors of hamstring strain injury in elite players of Australian football. *Phys. Ther. Sport* **2003**, *4*, 159–166. [CrossRef]
20. Greco, C.C.; da Silva, W.L.; Camarda, S.R.A.; Denadai, B.S. Fatigue and rapid hamstring/quadriceps force capacity in professional soccer players. *Clin. Physiol. Funct. Imaging* **2013**, *33*, 18–23. [CrossRef]
21. Nandlall, N.; Rivaz, H.; Rizk, A.; Frenette, S.; Boily, M.; Fortin, M. The effect of low back pain and lower limb injury on lumbar multifidus muscle morphology and function in university soccer players. *BMC Musculoskelet. Disord.* **2020**, *21*, 96. [CrossRef]
22. Silva, R.S.; Nakagawa, T.H.; Ferreira, A.L.G.; Garcia, L.C.; Santos, J.E.M.; Serrão, F.V. Lower limb strength and flexibility in athletes with and without patellar tendinopathy. *Phys. Ther. Sport* **2016**, *20*, 19–25. [CrossRef] [PubMed]
23. Askling, C.M.; Nilsson, J.; Thorstensson, A. A new hamstring test to complement the common clinical examination before return to sport after injury. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* **2010**, *18*, 1798–1803. [CrossRef] [PubMed]
24. Claudino, J.G.; Cronin, J.; Mezêncio, B.; McMaster, D.T.; McGuigan, M.; Tricoli, V.; Amadio, A.C.; Serrao, J.C. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Sci. Med. Sport* **2017**, *20*, 397–402. [CrossRef] [PubMed]
25. Jiménez-Reyes, P.; Pareja-Blanco, F.; Cuadrado-Peñafiel, V.; Ortega-Becerra, M.; Párraga, J.; González-Badillo, J.J. Jump height loss as an indicator of fatigue during sprint training. *J. Sports Sci.* **2019**, *37*, 1029–1037. [CrossRef]
26. Armada-Cortés, E.; Benítez-Muñoz, J.A.; Sánchez-Sánchez, J.; San Juan, A.F. Evaluation of Neuromuscular Fatigue According to Injury History in a Repeat Sprint Ability Test, Countermovement Jump and Hamstring Test in Elite Female Soccer Players. *Appl. Sci.* **2022**, *12*, 2970. [CrossRef]
27. Bishop, D.; Girard, O.; Mendez-Villanueva, A. Repeated-sprint ability—Part II. *Sports Med.* **2011**, *41*, 741–756. [CrossRef]
28. Drust, B.; Waterhouse, J.; Atkinson, G.; Edwards, B.; Reilly, T. Circadian rhythms in sports performance—An update. *Chronobiol. Int.* **2005**, *22*, 21–44. [CrossRef]

29. Di Cagno, A.; Baldari, C.; Battaglia, C.; Monteiro, M.D.; Pappalardo, A.; Piazza, M.; Guidetti, L. Factors influencing performance of competitive and amateur rhythmic gymnastics—Gender differences. *J. Sci. Med. Sport* **2009**, *12*, 411–416. [CrossRef]
30. Muyor, J.M. Validity and reliability of a new device (WIMU®) for measuring hamstring muscle extensibility. *Int. J. Sports Med.* **2017**, *38*, 691–695. [CrossRef]
31. Bosco, C. *La Fuerza Muscular. Aspectos Metodológicos*; INO Reproducciones, S.A.: Barcelona, Spain, 2000; pp. 75–80.
32. Jiménez-Reyes, P.; Cuadrado-Peñafiel, V.; González-Badillo, J. Analysis of variables measured in vertical jump related to athletic performance and its application to training. *Cult. Cienc. Y Deporte.* **2011**, *6*, 113–119. [CrossRef]
33. Glatthorn, J.F.; Gouge, S.; Nussbaumer, S.; Stauffacher, S.; Impellizzeri, F.M.; Maffiuletti, N.A. Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *J. Strength Cond. Res.* **2011**, *25*, 556–560. [CrossRef] [PubMed]
34. Henderson, G.; Barnes, C.A.; Portas, M.D. Factors associated with increased propensity for hamstring strain injury in English Premier League soccer players. *J. Sci. Med. Sport* **2010**, *13*, 397–402. [CrossRef] [PubMed]
35. Witvrouw, E.; Danneels, L.; Asselman, P.; D'Have, T.; Cambier, D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players: A prospective study. *Am. J. Sports Med.* **2003**, *31*, 41–46. [CrossRef] [PubMed]
36. Chaouachi, A.; Manzi, V.; Wong, D.P.; Chaalali, A.; Laurencelle, L.; Chamari, K.; Castagna, C. Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *J. Strength Cond. Res.* **2010**, *24*, 2663–2669. [CrossRef] [PubMed]
37. Opar, D.A.; Williams, M.D.; Shield, A.J. Hamstring strain injuries: Factors that lead to injury and re-injury. *Sports Med.* **2012**, *42*, 209–226. [CrossRef]
38. Hojat, M.; Xu, G. A visitor's guide to effect sizes: Statistical significance versus practical (clinical) importance of research findings. *Adv. Health Sci. Educ. Theory Pract.* **2004**, *9*, 241–249. [CrossRef]
39. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Science Second Edition*; Lawrence Erlbaum Associates, Publishers: New York, NY, USA, 1988; ISBN 0-8058-0283-5.
40. Hader, K.; Rumpf, M.C.; Hertzog, M.; Kilduff, L.P.; Girard, O.; Silva, J.R. Monitoring the Athlete Match Response: Can External Load Variables Predict Post-match Acute and Residual Fatigue in Soccer? A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Med. Open.* **2019**, *5*, 48. [CrossRef]
41. Goulart, K.N.O.; Coimbra, C.C.; Campos, H.O.; Drummond, L.R.; Ogando, P.H.M.;

Brown, G.; Couto, B.P.; Duffield, R.; Wanner, S.P. Fatigue and Recovery Time Course After Female Soccer Matches: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med. Open.* **2022**, *8*, 2. [CrossRef]
42. Doeven, S.H.; Brink, M.S.; Kosse, S.J.; Lemmink, K.A.P.M. Postmatch recovery of physical performance and biochemical markers in team ball sports: A systematic review. *BMJ Open Sport Exerc. Med.* **2018**, *4*, 264. [CrossRef]
43. San Juan, A.F.; López-Samanes, Á.; Jodra, P.; Valenzuela, P.L.; Rueda, J.; Veiga-Herreros, P.; Pérez-López, A.; Domínguez, R. Caffeine Supplementation Improves Anaerobic Performance and Neuromuscular Efficiency and Fatigue in Olympic-Level Boxers. *Nutrients* **2019**, *11*, 2120. [CrossRef] [PubMed]
44. Esola, M.; McClure, P.W.; Fitzgerald, G.K.; Siegler, S. Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. *Spine* **1996**, *21*, 71–78. [CrossRef] [PubMed]
45. Goodnite, E.A. Strength around the hip and flexibility of soft tissues in individuals with and without patellofemoral pain syndrome. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* **2005**, *35*, 793–801. [CrossRef]
46. Russell, M.; Sparkes, W.; Northeast, J.; Cook, C.J.; Love, T.D.; Bracken, R.M.; Kilduff, L.P. Changes in acceleration and deceleration capacity throughout professional soccer match-play. *J. Strength Cond. Res.* **2016**, *30*, 2839–2844. [CrossRef] [PubMed]