БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ УПРАЖНЕНИЯ ПО СРАВНЕНИЮ С ПРОТОКОЛАМИ УПРАЖНЕНИЙ С ТЯЖЁЛЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ: КАКИЕ ПРАЙМИНГ УПРАЖНЕНИЯ С СОПРАТИВЛЕНИЕМ БОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА СЛЕДУЮЩИЙ ДЕНЬ?

Takuya Nishioka[1] и Junichi Okada[2]

[1]Graduate School of Sport Sciences, Waseda University, Saitama, Japan; and [2]Faculty of Sport Sciences, Waseda University, Saitama, Japan

КРАТКИЙ ОБЗОР

Nishioka, T and Okada, J. Баллистические упражнения по сравнению с протоколами упражнений с тяжёлым сопротивлением: какие прайминг упражнения с сопротивлением более эффективны для улучшения нервно-мышечной активности на следующий день? J Strength Cond Res XX(X): 000–000, 2023. Целью этого исследования было определить, является ли подготовка с использованием баллистических упражнений (BEP - ballistic exercise priming) или подготовка с использованием упражнений с тяжёлым сопротивлением (HRP) более эффективной для улучшения баллистических характеристик через 24 часа. Десять мужчин, прошедших силовую тренировку, выполняли упражнения BEP и HRP с интервалом в 72-144 часа в рандомизированном и сбалансированном порядке. Эффективность прыжков оценивалась до и через 24 часа после сеансов BEP и HRP с использованием 0 и 40% максимального однократного повторения (1RM) прыжка вверх с положения полуприседа (SJ), 0 и 40% прыжка с противоходом (CMJ) в 1RM и индекса реактивной силы (RSI) в прыжке с падением (DJ). Статистическая значимость была принята при $p \leq 0,05$. В условиях BEP высота 0% 1RM CMJ (+3,62%), а также теоретическая максимальная скорость (+5,14%) и теоретическая максимальная сила (+2,55%), полученные от CMJ через 24 часа после тренировки с отягощениями, были значительно больше, чем в исходном режиме ($p \leq 0,05$), но показатели высоты 0% 1RM SJ ($p > 0,05$) были не больше, чем на исходном уровне. В условиях HRP показатели прыжков не улучшились ($p > 0,05$). Процентное изменение высоты 0% 1RM CMJ в состоянии BEP было значительно больше, чем наблюдалось в состоянии HRP ($p = 0,015$), но не отличалось для 0% 1RM SJ и DJ RSI ($p > 0,05$). Эти результаты свидетельствуют о том, что BEP более эффективен, чем HRP, в улучшении показателей CMJ через 24 часа. Поэтому практикующим врачам следует рассмотреть

возможность назначения силовой подготовки с использованием баллистических упражнений с низкой нагрузкой, а не традиционных упражнений с высокой нагрузкой, планируя улучшить результаты спортсмена на следующий день.

Ключевые слова

- Priming exercise – упражнение «прайминг» - это концепция, которая использует стимулирующие нервную систему эффекты физических упражнений для улучшения обучения, памяти и сохранения навыков выполнения задачи;
- Delayed potentiation – отложенная потенциация (увеличение рефлекторной реакции);
- Jump performance – прыжковая работоспособность;
- Force-velocity profiling - профилирование силы и скорости;
- Power – сила;
- 1RM (one-repetition maximum) – одно максимальное повторение;
- BEP (ballistic exercise priming) – подготовка с использованием баллистических упражнений;
- HRP (heavy resistance priming) – подготовка с использованием упражнений с большим сопротивлением;
- SJ (squat jump) – прыжок вверх с положения полуприседа;
- CMJ (countermovement jump) – прыжок вверх с противоходом;
- DJ (drop jump) – прыжок с падением (незамедлительный прыжок вверх после соскока с платформы);
- RSI (reactive strength index) - индекс реактивной силы;
- PAPE (postactivation performance enhancement) - «постактивационное повышение работоспособности»;
- RPE (rating of perceived exertion)- оценка воспринимаемой нагрузки.

ВВЕДЕНИЕ

Чтобы вызвать адаптацию, повышающую физическую работоспособность, требуется многократное воздействие конкретных тренировочных задач (39); однако одиночные упражнения также могут вызвать положительную временную реакцию на работоспособность (36). Было продемонстрировано, что низкообъемные физические нагрузки улучшают кратковременную нервно-мышечную активность, при этом термин «постактивационное повышение работоспособности» (PAPE) используется для описания этого процесса (30). Несмотря на то, что были продемонстрированы острые изменения в нервно-мышечных характеристиках, период, в течение которого результаты работы могут быть положительно изменены, относительно короток (например, 3-18,5 минуты) (2,35). В результате методы PAPE может быть трудно реализовать в полевых условиях (9). Тем не менее, недавние исследования (7,9) предположили, что эти стратегии могут обеспечить отсроченный эффект нервно–мышечного потенцирования после длительных периодов отдыха, и продемонстрировали, что сеанс стимулирующих упражнений с очень низким объемом (т.е. упражнения с сопротивлением/прайминг сопротивления) может увеличить диапазон последующих физических возможностей на срок до 48 часов. Факторы стратегии упражнений «прайминг», такие как нагрузка и тип упражнения, имеют важное значение для определения реакции после «прайминг» тренировки (9,22). Харрисон (Harrison) и др. (9) предположили, что наиболее эффективной тренировкой с сопротивлением была бы та, где применяются либо баллистические упражнения с низкой нагрузкой (максимум 30-40% за одно повторение [1RM]), либо используются традиционные упражнения с высокой нагрузкой (85% за 1RM). В этом исследовании первый вид тренировки был назван «тренировкой с баллистическими упражнениями» (BEP), а второй – «тренировкой с большим сопротивлением» (HRP). Эти упражнения «прайминг» часто выполняются в день (например, за 6 часов до) или за день до (например, за 24 часа до) соревнований (9,22). Например, Саез Саез де Вильярреал (Saez Saez de Villarreal) и др. (33) исследовали влияние BEP и HRP на нервно-мышечную работоспособность через 6 часов и обнаружили, что как BEP, так и HRP значительно повышают эффективность прыжков. Тем не менее, в ограниченных исследованиях (7,27,42) изучались BEP и HRP, которые были внедрены для улучшения производительности через 24 часа. Хотя в нескольких предыдущих исследованиях (27,42) предполагалось, что BEP эффективен в улучшении результатов прыжков через 24 часа, насколько нам известно, только в 1

исследовании (7), проведенном Harrison et al. изучалось изменение нервно-мышечной деятельности через 24 часа после HRP. Кроме того, поскольку ни в одном исследовании не проводилось прямого сравнения эффектов замедленного потенцирования HRP и BEP на нервно-мышечную работоспособность через 24 часа, остается неясным, какой из стимуляторов сопротивления более эффективен при использовании за день до соревнований. Было высказано предположение, что действия «прайминг», возможно, должны быть специфичными для последующих требований к производительности, чтобы максимизировать нервно-мышечную работоспособность (9,22). Если это так, то BEP, а не HRP, может быть более эффективной ценовой стратегией для улучшения баллистических характеристик, что является основной целью многих спортсменов. Такая информация может помочь практикующим врачам лучше понять стратегии упражнений «прайминг» для повышения спортивных результатов и решить, какой тип тренировки «прайминг» следует назначить.Таким образом, целью данного исследования было определить, является ли BEP или HRP более эффективными для улучшения баллистических характеристик через 24 часа. Мы предположили (а), что как BEP, так и HRP улучшат нервно-мышечную работоспособность на следующий день и (б) что BEP вызовет значительное повышение производительности по сравнению с HRP.

МЕТОДЫ

Экспериментальный подход к проблеме

Схема повторных измерений с рандомизированным и сбалансированным порядком была использована для исследования отсроченного эффекта усиления «прайминг» тренировок с сопротивлением на эффективность прыжков через 24 часа. Испытуемые провели 2 сеанса (BEP и HRP) с интервалом в 72-144 часа. Чтобы оценить баллистические характеристики, были оценены следующие показатели прыжков до и через 24 часа после BEP и HRP: прыжок вверх с положения полуприседа (SJ), прыжок с контрдвижением без нагрузки (CMJ) и индекс реактивной силы (RSI) при прыжке с падением (DJ). Кроме того, для профилирования силы и скорости (таблица 1) также были выполнены SJ с отягощением и CMJ с отягощением. Ранее наша лаборатория сообщала о высоких уровнях надежности переменных производительности, измеренных в этом исследовании (27). Кроме того, поскольку основной целью этого исследования было сравнить эффекты двух различных сеансов повышения резистентности, мы не включили контрольное условие. Схема эксперимента и процедуры для условий BEP и HRP подробно описаны на рисунке 1.

Испытуемые

Десять мужчин, тренированных с отягощениями, в возрасте от 19 до 25 лет вызвались добровольно принять участие в этом исследовании (возраст: 21,9 ± 1,8 лет, рост: 170,0 ± 4,3 см, масса тела [BM]: 69,6 ± 7,4 кг, приседание 1RM: 149,5 ± 16,8 кг, среднее значение ± SD). Эти испытуемые имели 13,4 ± 2,9-летний опыт спортивной подготовки, 4,2 ± 1,7-летний опыт силовых тренировок, и у них не было болей в опорно-двигательном аппарате или травм, которые могли бы поставить под угрозу тестирование. Чтобы сравнить эффекты BEP и HRP у людей, которые с большей вероятностью могли бы добиться повышения производительности с помощью «прайминг» тренировки с сопротивлением (27), были отобраны те, которые обладали достаточной силой нижней части тела (т.е. полуприседание 1RM> 1,90 X BM). После объяснения потенциальным испытуемым цели исследования, процедур, рисков и преимуществ, от каждого было получено письменное информированное согласие перед началом исследования. Чтобы свести к минимуму мешающие факторы, испытуемым перед проведением эксперимента были предоставлены инструкции, касающиеся сна и диеты. В ночь, предшествующую каждому тестовому сеансу, испытуемых просили придерживаться своих обычных привычек сна, уделяя ему минимум 7 часов. В течение периода исследования (т.е. непосредственно перед экспериментальным сеансом) испытуемых инструктировали избегать любых известных стимуляторов (например, кофеина) или депрессантов (например, алкоголя), которые могли бы усилить или нарушить бодрствование. Кроме того, испытуемых попросили поддерживать свою обычную физическую активность и избегать напряженных занятий за день до этого и на протяжении всего исследования. Это исследование было одобрено Комитетом по этическому обзору исследований на людях Университета Васэда (Ethics Review Committee on Human Research of the Waseda University) (номер утверждения: 2020-368).

Порядок действий

Ознакомление и предварительные измерения

Во время предварительной сессии, т.е. за 72-144 часа до выполнения условий BEP или HRP, испытуемых знакомили с SJ (без отягощения и с отягощением), CMJ (без отягощения и с отягощением), DJ с платформы высотой 20, 30 и 40 см и SJ с рассчитанными 40% от 1RM. Кроме того, испытуемые выполнили 3 повторения DJ с платформы высотой 20, 30 и 40 см с достаточным отдыхом (60-90 секунд), чтобы определить оптимальную высоту «падения» для первичных испытаний. Оптимальная высота «падения» была определена как высота с наибольшим RSI (т.е. высота DJ или время контакта с землей). Этот подход был выбран на основе имеющейся литературы, в которой подчеркивалась важность определения индивидуальной оптимальной высоты «падения» для максимальной нервно-мышечной адаптации (32). Соответственно, средняя оптимальная высота «падения» составила 33,0 ± 9,0 см. После 3-минутного отдыха измеряли полуприседание в 1RM каждого испытуемого. Максимальная сила нижней части тела измерялась с использованием угла сгибания колена 90°, поскольку сила полуприседания сильно коррелировала с эффективностью прыжка (45). Тестирование на полуприседание 1RM проводилось путем выполнения испытуемыми серии разминочных подходов (5 повторений при расчётных 30% 1RM, 3 повторения при расчётных 50% 1RM, 2 повторения при расчётных 70% 1RM и 1 повторение при расчётных 90% 1RM), каждое из которых разделялось 3-х минутным периодом восстановления, после которого была выполнена серия попыток максимального подъема до получения 1RM. Испытуемые выполняли движение вниз в упражнении «полуприседание» до достижения самой низкой точки, которая определялась звуковым сигналом, активируемым, когда луч фотоэлемента прерывался задней частью бедра при достижении угла наклона колена 90°. Угол наклона колена измеряли в нижней точке движения при полуприседании с помощью видеокамеры смартфона, настроенной на частоту 240 Гц (iPhone 12, Apple Inc., Купертино, Калифорния). Двумерный анализ движения данных был выполнен с использованием программного обеспечения для анализа видео Kinovea (версия 0.8.15, www.kinovea.org). Угол наклона колена был рассчитан путем оцифровки отражающих маркеров, которые были прикреплены к большому вертелу, латеральному надмыщелку бедренной кости и латеральной лодыжке. Линия, соединяющая большой вертел с латеральным надмыщелком

бедренной кости, и линия, соединяющая латеральный надмыщелок бедренной кости с латеральной лодыжкой, создавали угол, который использовался для определения угла колена. Испытания, в которых испытуемые не достигли угла сгибания колена менее 90°, были исключены из анализа.

Переменная	Определение и вычисление	Практическая интерпретация
F_0 (N/kg)	Теоретическая максимальная выработка силы нижними конечностями, полученная экстраполяцией соотношения сила-скорость в прыжках из полуприседа с линейной нагрузкой; y-пересечение зависимости линейной силы от скорости	Максимальное выходное концентрическое усилие (на единицу массы тела), которое теоретически могут производить нижние конечности спортсмена во время баллистического отталкивания. Определяемый по всему спектру сила-скорость, он дает более полную информацию о силовых возможностях, чем, например, концентрические приседания 1 повторение с максимальной нагрузкой.
V_0 (m/s)	Теоретическая максимальная скорость разгибания нижних конечностей, полученная путем экстраполяции соотношения сила-скорость в прыжках из полуприседа с линейной нагрузкой; x-пересечение линейной зависимости сила-скорость	Максимальная скорость разгибания нижних конечностей спортсмена при баллистическом отталкивании. Определяется по всему спектру сила-скорость, и его очень трудно, если не невозможно, достичь и измерить экспериментально. Он также представляет собой способность создавать силу при очень скорость разгибания.
P_{max} (W/kg)	Максимальная выходная механическая мощность, вычисляемая как $P_{max=}F_0 \times V_0 /4$ или как вершина полиномиальной зависимости мощность-скорость 2-й степени.	Максимальная выходная мощность нервно-мышечного аппарата нижних конечностей спортсмена (на единицу массы тела) в концентрическом и баллистическом разгибании
S_{Fv} (N·s·kg/m)	Наклон линейной зависимости сила-скорость, вычисляемый как $S_{Fv} = 2\ F_0/ V_0$	Показатель индивидуального баланса спортсмена между силовыми и скоростными возможностями. Чем круче наклон, тем более отрицательное его значение, тем более «ориентированный на силу» профиль сила-скорость, и наоборот.

Таблица 1. Определения и практические интерпретации переменных профиля силы и скорости в прыжке с полуприседа и прыжке с контрдвижением (24).

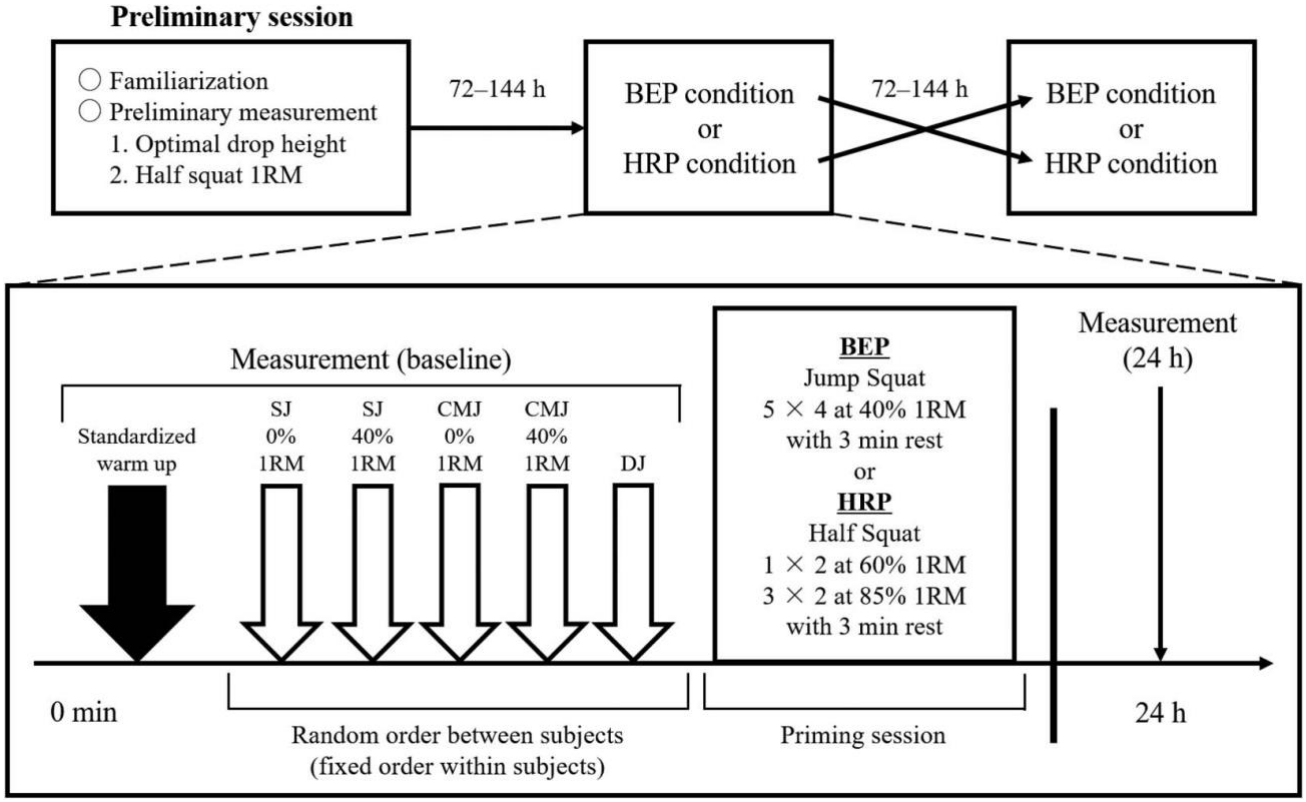

Рисунок 1. Экспериментальный структура и процедуры, связанные с тренировкой с баллистическими упражнениями (BEP) и тренировкой с большим сопротивлением (HRP). SJ = прыжок из полуприседа; CMJ = прыжок с контрдвижением; DJ = прыжок с падением; RM = максимальное повторение.

Измерение показателей прыжков из полуприседа, прыжков с контрдвижением и прыжков с падением

В SJ и CMJ испытуемые держали пластиковую штангу весом 0,1 кг для оценки 0% 1RM и штангу весом 20 кг, нагруженную соответствующими весовыми дисками для оценки 40% 1RM. Во время SJ испытуемых инструктировали опуститься в положение «полуприсед» с желаемым углом сгибания колена, о чем сигнализировал звуковой сигнал, как обсуждалось ранее. Затем они удерживали это положение в течение 2 секунд, а затем прыгали как можно выше по инструкции, не выполняя никаких предыдущих встречных движений. Данные сигнала, полученные с силовой пластины во время испытания, были проверены, чтобы подтвердить, что контрдвижение не использовалось. Для CMJ испытуемых инструктировали выполнять движение вниз как можно глубже, встречное движение как можно быстрее и прыжок как можно выше. Для DJ испытуемых попросили сойти с деревянного ящика заданной высоты, не поднимая центра тяжести и затем приземлиться на силовую пластину обеими ногами. Кроме того, им было дано указание сделать подскок и немедленно подпрыгнуть как можно выше после контакта, сведя к минимуму время контакта с землей. Их руки были прижаты к груди на протяжении всего прыжка, хотя во время приземления и взлета поощрялось прямое положение тела. Они также должны были приземлиться обратно на силовую плиту.

Условия выполнения баллистических упражнений «прайминг» и упражнений «прайминг» с большим сопротивлением (Ballistic Exercise Priming and Heavy Resistance Priming Conditions)

Испытуемые выполнили стандартную разминку, которая включала 3 минуты бега трусцой, 10 минут динамической растяжки (43) и по 2 повторения SJ и CMJ с субмаксимальным усилием (т.е. примерно 80% от максимального усилия). За этим последовало по 2 повторения SJ и CMJ с 0% 1RM, 20 кг, 30% 1RM и 40% 1RM с адекватными периодами отдыха (60-90 секунд). После завершения стандартной разминки испытуемые выполнили по 3 повторения SJ и CMJ при 0% 1RM с 90 секундами отдыха, по 3 повторения SJ и CMJ при 40% 1RM с 2 минутами отдыха и 3 повторения DJ с 90 секундами отдыха. Порядок измерения эффективности прыжков был рандомизирован для каждого испытуемого и сохранялся для всех последующих сеансов измерения. После дополнительных 3 минут отдыха испытуемые выполняли подготовительные упражнения (BEP: 5 подходов прыжков из полуприседа по 4

непрерывных повторения в каждом подходе и 40% 1RM с 3-минутным отдыхом; HRP: 1 подход полуприседаний по 2 повторения за подход и 60% 1RM, затем 3 подхода полуприседаний по 2 повторения за подход и 85% 1RM с 3-минутным отдыхом). Наличие разницы в упражнениях BEP и HRP (например, прыжки из полуприседа по сравнению с полуприседами) затрудняло идеальное соответствие общим нагрузкам, в этом исследовании использовались «прайминг» протоколы, рекомендованные в предыдущем исследовании (9). Испытуемых проинструктировали выполнять прыжки из полуприседа и полуприседание с контрдвижением до угла в коленом суставе 90° и отталкиваться от земли «как можно сильнее и быстрее» во время фаз спуска и подъема. Однако на сеансе HRP испытуемых проинструктировали не допускать даже кратковременного отрыва штанги после фазы подъема. Испытуемым не разрешалось прыгать после фазы подъема. Эффективность прыжков испытуемых измерялась через 24 часа после тренировки. Все измерения эффективности прыжков проводились в одно и то же время суток, между 14:30 и 19:00 часами, чтобы избежать суточных колебаний. Чтобы предотвратить обезвоживание, разрешалось пить неограниченное количество воды, а условия окружающей среды контролировались (18-22°C и влажность 20-60%) во время всех сеансов тестирования.

Чтобы количественно оценить внутреннюю нагрузку каждого «прайминг» сеанса (т.е. оценку воспринимаемой нагрузки во время сеанса [RPE]), через 15 минут после окончания BEP или HRP испытуемых спрашивали: «Как прошла ваша «прайминг» тренировка?» Испытуемые отвечали на вопрос по шкале CR-10 (15,38,40). Им было предложено выбрать дескриптор и соответствующее ему число от 0 до 10 (0 =отдых; 1 = очень легкая; 2 = легкая; 3 = умеренная; 4 = несколько жесткая; 5-6 = жесткая; 7-9 = очень жесткая; и 10 = максимум) (38,40).

Визуальные аналоговые шкалы

Испытуемые заполняли визуальные аналоговые шкалы (VAS, шкала 100 мм) для регистрации восприятия усталости и болезненности мышц во время сеансов BEP и HRP (27,41). Сразу после прибытия, каждому испытуемому, которого попросили оценить свое общее ощущение «усталости и изнеможения», был предоставлен VAS для оценки усталости, привязанный к словесным описаниям в диапазоне от «совсем не утомлен» до «чрезвычайно утомлен». Были собраны все результаты VAS для определения мышечной болезненности, подкрепленный словесными описаниями в

диапазоне от «нет болезненности» до «очень болит», по которому испытуемых просили оценить их «мышечную болезненность и боль во всех нижних конечностях во время выполнения CMJ с весом собственного тела» сразу после того, как они выполнили 2 повторения CMJ при 0% 1RM во время стандартизированной разминки.

Измерительное оборудование и анализ данных

Все прыжки (SJ, CMJ и DJ) выполнялись на единой силовой платформе (0625, ACP, AccuPower; AMTI, Watertown, Массачусетс), для отбора данных о силе вертикальной реакции грунта (GRF) на частоте 1000 Гц с использованием аналого-цифрового преобразователя (EIRBZ22002369; CONTEC Co. Ltd., Осака, Япония) и впоследствии эти данные записывались на персональный компьютер. Сигналы от силовой пластины фильтровались фильтром конечных импульсных характеристик с нижними частотами частотой 50 Гц с нулевой задержкой по фазе. Перед каждым прыжком, оценивающим SJ и CMJ, испытуемых взвешивали в течение 3 секунд с внешней нагрузкой, возложенной на их плечи, чтобы определить общий вес системы (сумма массы тела и внешней массы). Начало прыжка было определено как момент времени за 30 миллисекунд до того, как вертикальный GRF превысил пороговое значение (общий вес системы ±5 SD) (28). Для каждого прыжка скорость центра масс системы (COM) вычислялась с использованием правила трапеции (17), тогда как чистый GRF вычислялся как величина силы, превышающая вес системы, деленная на массу системы для определения ускорения. Ускорение было численно интегрировано для обеспечения мгновенной скорости COM, которая, в свою очередь, была численно интегрирована для обеспечения мгновенного перемещения COM. Начало концентрической фазы было определено как момент, в который вертикальная скорость COM превысила 0 м/с после начала нисходящей фазы. Окончание концентрической фазы было определено как момент, в который вертикальная GRF уменьшилась до < 20 N после начала концентрической фазы (10). Для DJ контакт и взлет были определены как моменты времени, в которые вертикальная GRF превышала или опускалась ниже порогового значения (т.е. 20 N) соответственно. Высота полета DJ была определена с использованием метода времени полета (26,42).

Для профилирования силы и скорости SJ и CMJ средняя вертикальная сила, создаваемая нижними конечностями во время отталкивания (т.е. концентрическая фаза), и соответствующая средняя вертикальная скорость COM были определены с

использованием уравнений, подтвержденных Самозино (Samozino) и др. (34) и Хименес-Рейес (Jimenez-Reyes) и др. (11). Данные об общем весе системы, расстоянии отталкивания и высоте прыжка, замененные уравнениями Самозино (Samozino) (34), были получены из вертикальной GRF. Расстояние отталкивания было определено как расстояние вертикального перемещения COM от начала до конца концентрической фазы. Высота прыжка была рассчитана с использованием процедуры определения скорости взлета (17). Данные о силе и скорости, полученные при 2 различных нагрузках (0 и 40% 1RM), были смоделированы с использованием линейной регрессионной модели наименьших квадратов для определения профиля силы и скорости: $F_{(v)}$ = F_0 2 a· v, где F_0 представляло теоретическую максимальную силу (т.е. перехват силы), а V_0 - теоретическую максимальную скорость (т.е. перехват скорости), соответствующую наклону линейной зависимости сила-скорость (S_{Fv} = - F_0/ V_0) (24). В анализе использовалось среднее расстояние отталкивания в течение 0 и 40% 1RM. Теоретическая максимальная мощность (P_{max}) была рассчитана как P_{max} = F_0· V_0/4. Этот двухточечный метод использовался для минимизации раздражителей и усталости во время тестирования производительности, основанного на дистанционных нагрузках, и был подтвержден Гарсией-Рамосом (Garcıa-Ramos) и др. (5) в качестве быстрой и менее вызывающей усталость процедуры тестирования профиля скорости усилия.

Все значения силы и мощности были приведены к массе тела испытуемого. Средние значения за 3 повторения прыжка были проанализированы, потому что средняя высота CMJ обеспечивает лучшую чувствительность для мониторинга нервно-мышечного статуса по сравнению с самой высокой высотой CMJ (3).

Статистический анализ

Нормальность была проверена с помощью теста Шапиро–Уилка (Shapiro–Wilk test). Для попарных сравнений использовались t-тесты для парных выборок или непараметрические тесты Уилкоксона (Wilcoxon), когда не наблюдалось нормальных распределений. Величина эффекта определялась с помощью коэффициента Коэна для параметрических данных (малый: 0,20–0,49, средний: 0,50–0,79, большой: >0,8) и дельты Клиффа (Cliff) (20) для непараметрических данных (малый: 0,15–0,32, средний: 0,33–0,46, большой: >0,46). Кроме того, наименьшее стоящее изменение было рассчитано с использованием 0,2 x межсубъектное SD (7) для выявления индивидуальных изменений в переменных перехода. «Положительно или отрицательно реагирующие» и «не отвечающие» индивиды были идентифицированы, когда индивидуальное изменение было меньше или больше наименьшего стоящего изменения по каждой переменной. Значения были представлены в виде средних значений ± SD. Статистический анализ проводился с использованием статистического программного обеспечения SPSS (SPSS Statistics, версия 27; IBM, Armonk, Нью-Йорк), при $p \leq 0,05$, указывающем на статистическую значимость.

		BER		HRP	
Прыжок	**Переменная**	**Исходный показатель**	**24 часа**	**Исходный показатель**	**24 часа**
SJ	F0 (N/kg)	35.13 ± 3.22	34.43 ± 3.17	35.52 ± 3.09	35.14 ± 3.08
	v0 (m/s)	2.76 ± 0.79	2.86 ± 0.80	2.71 ± 0.46	2.67 ± 0.29
	Pmax (W/kg)	24.00 ± 5.66	24.38 ± 5.59	23.97 ± 4.29	23.41 ± 3.37
	SFv (N/s/kg·m)	−13.47 ± 3.40	−4.38 ± 5.59	−3.97 ± 4.29	−13.33 ± 1.86
CMJ	F0 (N/kg)	35.09 ± 3.21	34.21 ± 2.62	34.90 ± 3.02	34.53 ± 4.36
	v0 (m/s)	2.84 ± 0.60	2.98 ± 0.60‡	2.88 ± 0.51	2.90 ± 0.64
	Pmax (W/kg)	24.78 ± 4.98	2.98 ± 0.60‡	25.07 ± 4.68	2.90 ± 0.64
	SFv (N/s/kg·m)	−12.83 ± 2.72	−11.88 ± 2.32‡	−12.46 ± 2.36	−12.39 ± 3.02

Таблица 2. Изменения переменных профиля силы и скорости во время прыжка с из полуприседа (SJ) и прыжка с контрдвижением (CMJ).*†

*F_0 = теоретическая максимальная сила; V_0 = теоретическая максимальная скорость; P_{max} = теоретическая максимальная сила ($F_0 \cdot V_0/4$); S_{Fv} = наклон зависимости силы от скорости ($2\ F_0/V_0$); BEP = тренировкой с баллистическими упражнениями.

†Значения представлены в виде средних значений ± SD.

‡Достоверно отличается от исходного уровня в состоянии BEP ($p \leq 0,05$)

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исходные значения для всех переменных производительности существенно не отличались между условиями BEP и HRP (p> 0,05). В условиях BEP 0% 1RM CMJ высоты (+3,62%, +0,013 м, 95% доверительный интервал [CI]: 0,006–0,019 м, p = 0,002, d = 0,201), CMJ V_0 (+5,14%, +0,138 м/с, 95% CI: 0,066–0,211 м/1, p = 0,009, дельта Клиффа = 0,220) и CMJ P_{max} (+2,55%, +0,600 Вт/кг, 95% CI: 0,338–0,863 Вт/кг, p = 0,009, дельта Клиффа = 0,160) через 24 часа после сеанса «прайминг» были выше, чем исходные показатели (рис. 2, Таблица 2). Кроме того, CMJ S_{Fv} через 24 часа после сеанса BEP был ниже, чем в исходном периоде (-6,77%, +0,951 N/s/kg·m, 95% CI: 0,240–1,662 N/s/kg·m, p = 0,028, d = 0,376) (таблица 2). Однако, сеанс HRP существенно не улучшил результаты прыжков (p > 0,05). Показатели прыжков из полуприседа (рис. 2 и таблица 2) и DJ RSI (рис. 2), а также высота DJ и время контакта с землей существенно не изменились в условиях BEP и HRP (p > 0,05). При анализе процентных изменений высота 0% 1RM CMJ в состоянии BEP показала большее улучшение, чем в состоянии HRP (15,62%, 95% CI: 1,22–10,02%, p = 0,015, d = 1,418), при этом различий по другим переменным между BEP и HRP не наблюдалось (p > 0,05). Показатели прыжков из полуприседа (рис. 2 и таблица 2) и DJ RSI (рис. 2), а также высота DJ и время контакта с землей существенно не изменились в условиях BEP и HRP (p > 0,05). При анализе процентных изменений высота 0% 1RM CMJ в состоянии BEP показала большее улучшение, чем в состоянии HRP (+5,62%, 95% CI: 1,22–10,02%, p = 0,015, d = 1,418), при этом различий по другим переменным между BEP и HRP не наблюдалось (p > 0,05).

Исходные значения по восприятию усталости и болезненности мышц достоверно не различались между состояниями BEP и HRP (p > 0,05). В условиях BEP и HRP восприятие болезненности мышц (+11,4 мм, 95% CI: 3,08–19,72 мм, p = 0,031, дельта Клиффа (Cliff) = 0,600 и +15,4 мм, 95% CI: 4,01–26,79 мм, p = 0,033, d = 1,122 соответственно) через 24 часа после «прайминг» тренировок было значительно больше, чем наблюдалось в исходном состоянии (таблица 3), хотя восприятие усталости не увеличивалось через 24 часа после тренировок «прайминг» в обоих условиях (p <0,05). Сессия RPE для условий BEP и HRP была одинаковой (3,70 ± 0,78 и 3,70 ± 0,64, p= 1,000).

ОБСУЖДЕНИЕ

Это исследование было направлено в первую очередь на изучение того, были ли BEP или HRP более эффективными в улучшении баллистических характеристик через 24 часа. Основные результаты этого исследования предполагают, что будут эффективно улучшены характеристики CMJ (т.е. высота CMJ без нагрузки, CMJ V_0 и CMJ P_{max}) через 24 часа. Напротив, для HRP не наблюдалось существенного влияния на эффективность прыжков на следующий день. Кроме того, улучшение высоты CMJ без нагрузки при использовании BEP было значительно больше, чем при использовании HRP. Хотя эти результаты подтвердили гипотезу о том, что BEP эффективен для улучшения нервно-мышечной деятельности на следующий день и что его эффект был больше, чем HRP, гипотеза о том, что HRP также эффективен для улучшения нервно-мышечной деятельности через 24 часа, не подтвердилась.

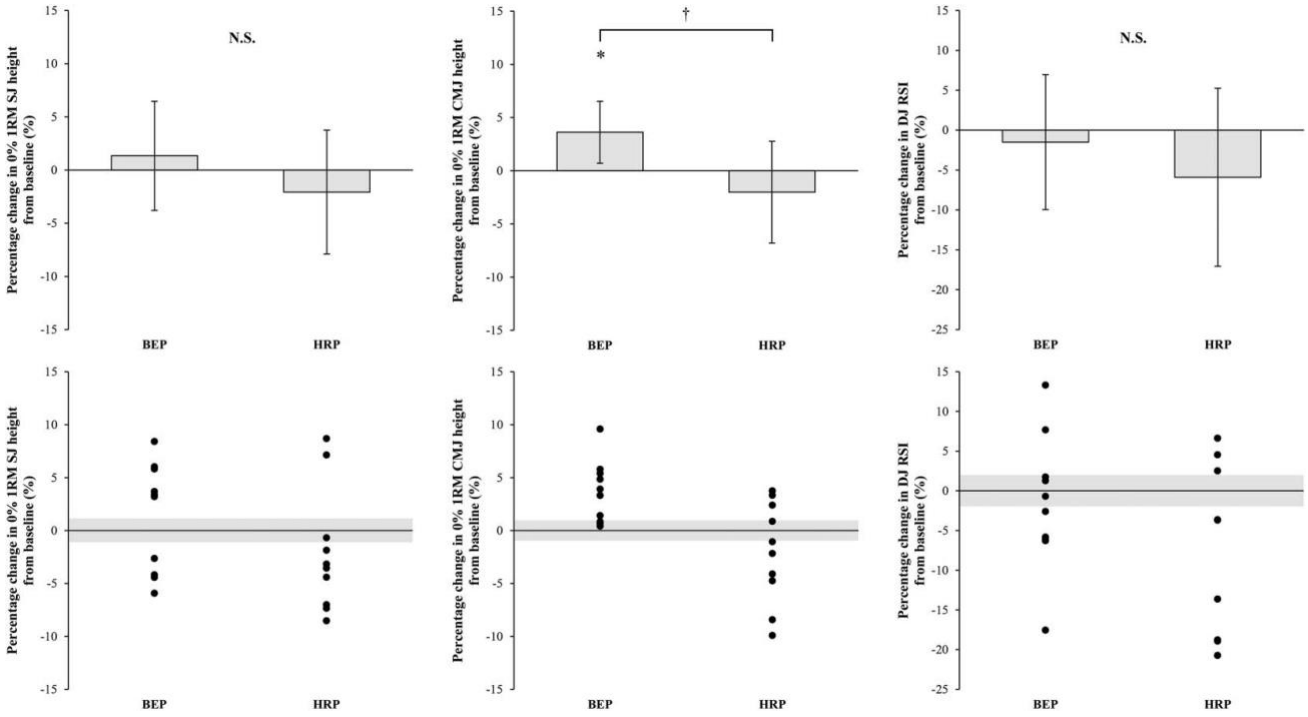

Рисунок 2. Процентные изменения (среднее значение ± SD) по сравнению с соответствующим базовым значением в 0%-ном максимальном (1RM) прыжке из полуприседа (SJ), 0%-ном прыжке с контрдвижением (CMJ) в 1RM и индексе реактивной силы (RSI) в прыжке с падением (DJ). Индивидуальные данные для каждого показателя снабжены комментариями внизу. Заштрихованные области представляют наименьшее значимое изменение (0,2 x межсубъектное SD). *p ≤ 0,05 от соответствующего базового значения; †p ≤ 0,05 между тренировкой с баллистическими упражнениями (BEP) и тренировкой с большим сопротивлением (HRP); N.S. = не значимо.

Это исследование показало, что BEP определенно улучшил показатели CMJ (т.е. 0% 1RM высоты CMJ, CMJ V_0 и CMJ P_{max}) на следующий день (рис. 2 и таблица 2), в то время как показатели SJ, DJ RSI и CMJ F_0 (т.е. способность к выходной силе на низких скоростях) не улучшились. Прыжок из полуприседа в рамках BEP, кажется более похожим на CMJ с использованием цикла растяжки и большим вкладом момента разгибания бедра (1,44). Кроме того, поскольку BEP выполнялся с низкой нагрузкой, скорость движения во время «прайминг» упражнения была относительно высокой (23). Следовательно, BEP, возможно, был более специфичным и эффективным стимулом для увеличения силы на высоких, а не на низких скоростях (12). Это согласуется с результатами предыдущих исследований (27,42). Основываясь на этих выводах, результаты данного исследования могут предоставить дополнительные убедительные доказательства гипотезы о том, что отложенное потенцирование происходит в зависимости от специфичных движений и скорости, связанных «прайминг» упражнениями. Кроме того, поскольку степень улучшения высоты CMJ без нагрузки, связанная с состоянием BEP, была выше, чем при состоянии HRP (рис. 2), BEP можно считать более эффективной начальной стратегией для улучшения нервно-мышечной работоспособности на следующий день.

Примечательно, что при оценке индивидуальных ответов на состояние BEP с высотой 0% 1RM CMJ ни у одного из испытуемых не было отрицательного ответа (рис. 2). Сессия BEP характеризовалась «прайминг» упражнениями, выполняемыми с максимальным двигательным намерением, но с низкими внешними нагрузками (т.е. 40% в 1RM). Линнамо (Linnamo) и др. (16) предположили, что тяжелая силовая нагрузка может привести к большей усталости центрального и периферического происхождения со снижением электрической активности мышц, сопровождающейся накоплением лактата в крови, чем взрывная и более легкая нагрузка. Кроме того, использование меньших внешних нагрузок может уменьшить повреждение мышц, вызванное выполнением упражнений (31). Основываясь на этих наблюдениях, BEP представляется подходящей «прайминг» стратегией для минимизации негативных факторов, которые ухудшают последующую нервно-мышечную работоспособность.

Это первое исследование, в котором изучалось влияние ЧСС, выполняемой во второй половине дня, на нервно-мышечную работоспособность через 24 часа. Харрисон (Harrison) и др. (7) сообщили, «прайминг» с высокой нагрузкой (т.е. 1 x 3

при 67% 1RM, 1 x 3 при 77% 1RM и 2 x 2 при 87% 1RM), выполненная утром, не улучшила высоту SJ и CMJ без нагрузки через 24 часа. Поскольку это исследование также не выявило какого-либо улучшения производительности через 24 часа после HRP, HRP может быть неэффективна для улучшения производительности через 24 часа, независимо от того, когда она выполняется в течение дня. Хотя сообщалось, что физические показатели, такие как максимальная сила, во второй половине дня выше, чем утром (13), учитывая эти результаты, это суточное изменение может незначительно повлиять на стимул или пользу, получаемую от «прайминг» упражнений.

Учитывая, что BEP улучшил эффективность прыжков, в то время как HRP этого не сделал, это может быть связано с двигательными характеристиками каждого начального упражнения. Подготовка к баллистическому упражнению характеризуется намерением выполнить движение с максимальной скоростью и ускорением массы на протяжении всего движения (21,25). Такие баллистические движения обеспечивают большую отдачу силы и возбуждение мышц во время упражнений с отягощениями (25). Однако в HRP, выполняемом с небаллистическим упражнением (например, приседанием со штангой на плечах), фаза торможения наступает в конце движения упражнения (14). Во время этой фазы торможения в упражнениях с отягощениями, когда прилагается не больше силы, чем масса системы, задействование двигательных единиц на протяжении всего движения может быть не максимальным (14,21,25). Наличие этой фазы торможения может ослабить начальный стимул, что важно для улучшения результатов прыжка.

	BER		HRP	
	Исходный показатель	**24 часа**	**Исходный показатель**	**24 часа**
Усталость (мм)	12.9 ± 8.9	16.7 ± 9.3	20.8 ± 13.8‡	21.0 ± 10.6
Болезненность в мышцах (мм)	9.4 ±12.8	20.8 ± 13.8‡	12.0 ± 7.6	27.4 ± 17.9§

Таблица 3. Изменения в восприятии усталости и болезненности мышц измерялись с помощью визуальных аналоговых шкал (100-миллиметровая шкала). *†

* BEP = тренировка с баллистическими упражнениями; HRP = тренировка с большим сопротивлением

†Значения представлены в виде средних значений ± SD.

‡Достоверно отличается от исходного уровня в состоянии BEP ($p \leq 0,05$).

§ Значительно отличается от исходного уровня в состоянии HRP ($p \leq 0,05$)

Отсутствие улучшения показателей в состоянии HRP также может быть объяснено потенциальным повреждением мышц. Фактически, HRP индуцировала усиление ощущения мышечной болезненности через 24 часа (таблица 3). Предыдущие исследования (28,30) показали, что упражнения с отягощениями более высокой интенсивности с эксцентрическими сокращениями вызывают большее повреждение мышц. Как HRP, так и BEP выполнялись с эксцентрическими сокращениями, но HRP выполнялась с более высокой интенсивностью, чем BEP (60-85% 1RM против 40% 1RM соответственно). Следовательно, использование высоких нагрузок во время «прайминг» упражнений (например, HRP) может увеличить потенциальное повреждение мышц и препятствовать повышению производительности. Однако верно и то, что предыдущие исследования предполагали, что HRP может быть эффективным «прайминг» упражнением. Например, Кук (Cook) и др. (4) сообщили, что выполнение 3-кратных жимов лежа и приседаний утром улучшило пиковую мощность CMJ, время спринта на 40 м и показатели 3-кратного жима лежа и приседаний во второй половине того же дня. Кроме того, Гонсалес-Гарсия (Gonzalez-Garcia) и др. (6) обнаружили, что 80% 1RM полуприседаний, выполненных утром, значительно улучшили показатель высоты CMJ во второй половине того же дня. Хотя другие исследования показали, что HRP является эффективной ценовой стратегией, все они показали преимущества для нервно-мышечной деятельности во второй половине того же дня (например, через 6 часов) (4,6,9,22). Основываясь на приведенных выше выводах и результатах этого исследования, вполне вероятно, что HRP эффективен при выполнении утром в день соревнований, в то время как он может быть неэффективен при выполнении днем ранее. Это может быть объяснено особенностями процесса восстановления работоспособности после тренировки. Раастад (Raastad) и Халлен (Hallen) (31) заметили, что показатели SJ снизились сразу (т.е. в течение 5 минут) после выполнения высокоинтенсивных упражнений с отягощениями (например, приседаний 3RM), после чего восстановились во второй половине дня, причем второе снижение произошло через 22 часа. Сообщалось, что после эксцентрической тренировки четырехглавой мышцы инфильтрация лейкоцитов постепенно увеличивается и достигает пика концентрации через 20-25 часов после тренировки (19). Кроме того, было высказано предположение, что фагоцитарная инфильтрация через 24 часа после тренировки связана с усиленной деградацией белка у мышей (18). Такие физиологические механизмы могут быть связаны с наблюдаемым отсутствием улучшения работоспособности через 24 часа после HRP. В будущих исследованиях необходимо будет выяснить, как HRP влияет

на последующую нервно-мышечную работоспособность, включая физиологические маркеры.

Интересно, что сеансы RPE для BEP и HRP были схожими, что указывает на то, что общая интенсивность упражнений (≈нагрузка x подхода x повторения x время отдыха между повторениями) (15) для обоих протоколов были примерно эквивалентны. Несколько исследований (15,29,37) показали, что более высокая общая интенсивность упражнений приводит к большему повреждению мышц. Это предполагает, что отсутствие прироста производительности, связанного с HRP, не связано с различиями в общей интенсивности упражнений. Кроме того, учитывая тот факт, что BEP значительно улучшил показатели CMJ, представляется, что общая интенсивность упражнений HRP была подходящей в качестве начального стимула. Действительно, как HRP, так и BEP существенно не увеличивали восприятие усталости (таблица 3). Тем не менее, HRP не была эффективной для улучшения нервно-мышечной деятельности через 24 часа. Это говорит о том, что стратегия использования высоких нагрузок сама по себе может быть неоптимальной, когда проводится «прайминг» тренировка с сопротивлением для улучшения нервно-мышечной работоспособности на следующий день. Кроме того, RPE для BEP и HRP, выполненные в этом исследовании, были аналогичны общей интенсивности упражнений, фактически предписанной за день до соревнований практикующими, которые использовали «прайминг» стратегии (8). Таким образом, результаты этого исследования будут иметь значительные практические последствия для тренеров и спортсменов в этой области.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Эти результаты свидетельствуют о том, что BEP является эффективной стратегией для улучшения характеристик CMJ (т.е. высоты CMJ без нагрузки, CMJ V_0 и CMJ P_{max}) через 24 часа. В частности, для увеличения высоты CMJ без нагрузки, BEP может быть более эффективной «прайминг» стратегией, чем HRP. Кроме того, HRP может оказаться неэффективным для улучшения нервно-мышечной деятельности через 24 часа. Таким образом, при планировании повышения производительности спортсмена на следующий день практикующим врачам следует рассмотреть возможность назначения силовой подготовки с использованием баллистических упражнений с низкой нагрузкой, а не традиционных упражнений с высокой нагрузкой.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят всех испытуемых за сотрудничество и Enago (www.enago.jp) за обзор на английском языке. Эта работа была поддержана исследовательским грантом от Национальной ассоциации силы и физической подготовки Японии. Результаты этого исследования не являются одобрением продукта авторами или National Strength and Conditioning Association. Ни один из авторов не заявил о конфликте интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bobbert MF, Huijing PA, van Ingen Schenau GJ. Drop jumping. I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. Med Sci Sports Exerc 19: 332–338, 1987.
2. Chiu LZ, Fry AC, Weiss LW, et al. Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. J Strength Cond Res 17: 671–677, 2003.
3. Claudino JG, Cronin J, Mezencio B, et al. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. J Sci Med Sport 20: 397–402, 2017.
4. Cook CJ, Kilduff LP, Crewther BT, Beaven M, West DJ. Morning based strength training improves afternoon physical performance in rugby union players. J Sci Med Sport 17: 317–321, 2014.
5. Garcıa-Ramos A, Perez-Castilla A, Jaric S. Optimisation of applied loads when using the two-point method for assessing the force-velocity relationship during vertical jumps. Sports Biomech 20: 274–289, 2021.
6. Gonzalez-Garc ıa J, Giraldez-Costas V, Ruiz-Moreno C, Gutierrez-Hellın J, Romero-Moraleda B. Delayed potentiation effects on neuromuscular performance after optimal load and high load resistance priming sessions using velocity loss. Eur J Sport Sci 21: 1617–1627, 2021.
7. Harrison PW, James LP, Jenkins DG, et al. Time course of neuromuscular, hormonal, and perceptual responses following moderate- and high-load resistance priming exercise. Int J Sports Physiol Perform 16: 1472–1482, 2021.
8. Harrison PW, James LP, McGuigan MR, Jenkins DG, Kelly VG. Prevalence and application of priming exercise in high performance sport. J Sci Med Sport 23: 297–303, 2020.
9. Harrison PW, James LP, McGuigan MR, Jenkins DG, Kelly VG. Resistance priming to enhance neuromuscular performance in sport: Evidence, potential mechanisms and directions for future research. Sports Med 49: 1499–1514, 2019.
10. Harry JR, Barker LA, Paquette MR. A joint power approach to define countermovement jump phases using force platforms. Med Sci Sports Exerc 52: 993–1000, 2020.
11. Jimenez-Reyes P, Samozino P, Pareja-Blanco F, et al. Validity of a simple method for measuring force-velocity-power profile in countermovement jump. Int J Sports Physiol Perform 12: 36–43, 2017.

12. Kawamori N, Newton RU. Velocity specificity of resistance training: Actual movement velocity versus intention to move explosively. Strength Cond J 28: 86–91, 2006.
13. Knaier R, Qian J, Roth R, et al. Diurnal variation in maximum endurance and maximum strength performance: A systematic review and metaanalysis. Med Sci Sports Exerc 54: 169–180, 2022.
14. Kubo T, Hirayama K, Nakamura N, Higuchi M. Influence of different loads on force-time characteristics during back squats. J Sports Sci Med 17: 617–622, 2018.
15. Lea JWD, O'Driscoll JM, Hulbert S, Scales J, Wiles JD. Convergent validity of ratings of perceived exertion during resistance exercise in healthy participants: A systematic review and meta-analysis. Sports Med Open 8:2, 2022.
16. Linnamo V, Hakkinen K, Komi PV. Neuromuscular fatigue and recovery in maximal compared to explosive strength loading. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 77: 176–181, 1997.
17. Linthorne NP. Analysis of standing vertical jumps using a force platform. Am J Phys 69: 1198–1204, 2001.
18. Lowe DA, Warren GL, Ingalls CP, Boorstein DB, Armstrong RB. Muscle function and protein metabolism after initiation of eccentric contractioninduced injury. J Appl Physiol (1985) 79: 1260–1270, 1995.
19. MacIntyre DL, Reid WD, Lyster DM, Szasz IJ, McKenzie DC. Presence of WBC, decreased strength, and delayed soreness in muscle after eccentric exercise. J Appl Physiol (1985) 80: 1006–1013, 1996.
20. Macbeth G, Razumiejczyk E, Ledesma RD. Cliff's delta calculator: A nonparametric effect size program for two groups of observations. Univ Psychol 10: 545–555, 2011.
21. Maloney SJ, Turner AN, Fletcher IM. Ballistic exercise as a pre-activation stimulus: A review of the literature and practical applications. Sports Med 44: 1347–1359, 2014.
22. Mason B, McKune A, Pumpa K, Ball N. The use of acute exercise interventions as game day priming strategies to improve physical performance and athlete readiness in team-sport athletes: A systematic review. Sports Med 50: 1943–1962, 2020.
23. Moir GL, Gollie JM, Davis SE, Guers JJ, Witmer CA. The effects of load on system and lower-body joint kinetics during jump squats. Sports Biomech 11: 492–506, 2012.

24. Morin JB, Samozino P. Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. Int J Sports Physiol Perform 11: 267–272, 2016.
25. Newton RU, Kraemer WJ, Hakkinen K, Humphries BJ, Murphy AJ. Kinematics, kinetics, and muscle activation during explosive upper body movements. J Appl Biomech 12: 31–43, 1996.
26. Nishioka T, Okada J. Associations of maximum and reactive strength indicators with force-velocity profiles obtained from squat jump and countermovement jump. PLoS One 17: e0276681, 2022.
27. Nishioka T, Okada J. Influence of strength level on performance enhancement using resistance priming. J Strength Cond Res 36: 37–46, 2022.
28. Owen NJ, Watkins J, Kilduff LP, Bevan HR, Bennett MA. Development of a criterion method to determine peak mechanical power output in a countermovement jump. J Strength Cond Res 28: 1552–1558, 2014.
29. Paschalis V, Koutedakis Y, Jamurtas AZ, Mougios V, Baltzopoulos V. Equal volumes of high and low intensity of eccentric exercise in relation to muscle damage and performance. J Strength Cond Res 19: 184–188, 2005.
30. Prieske O, Behrens M, Chaabene H, Granacher U, Maffiuletti NA. Time to differentiate postactivation "potentiation" from "performance enhancement" in the strength and conditioning community. Sports Med 50: 1559–1565, 2020.
31. Raastad T, Hallen J. Recovery of skeletal muscle contractility after high-and moderate-intensity strength exercise. Eur J Appl Physiol 82: 206–214, 2000.
32. Ramirez-Campillo R, Alvarez C, Garc´ıa-Pinillos F, et al. Optimal reactive strength index: Is it an accurate variable to optimize plyometric training effects on measures of physical fitness in young soccer players? J Strength Cond Res 32: 885–893, 2018.
33. Saez Saez de Villarreal E, Gonzalez-Badillo JJ, Izquierdo M. Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and longterm acute jumping performance. Eur J Appl Physiol 100: 393–401, 2007.
34. Samozino P, Morin JB, Hintzy F, Belli A. A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. J Biomech 41: 2940–2945, 2008.
35. Seitz LB, de Villarreal ES, Haff GG. The temporal profile of postactivation potentiation is related to strength level. J Strength Cond Res 28: 706–715, 2014.
36. Seitz LB, Haff GG. Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper-body ballistic performances: A systematic review with meta-analysis. Sports Med 46: 231–240, 2016.

37. Senna GW, Dantas EHM, Scudese E, et al. Higher muscle damage triggered by shorter inter-set rest periods in volume-equated resistance exercise. Front Physiol 13: 827847, 2022.
38. Singh F, Foster C, Tod D, McGuigan MR. Monitoring different types of resistance training using session rating of perceived exertion. Int J Sports Physiol Perform 2: 34–45, 2007.
39. Suchomel TJ, Nimphius S, Bellon CR, Stone MH. The Importance of muscular strength: Training considerations. Sports Med 48: 765–785, 2018.
40. Sweet TW, Foster C, McGuigan MR, Brice G. Quantitation of resistance training using the session rating of perceived exertion method. J Strength Cond Res 18: 796–802, 2004.
41. Thomas K, Brownstein CG, Dent J, et al. Neuromuscular fatigue and recovery after heavy resistance, jump, and sprint training. Med Sci Sports Exerc 50: 2526–2535, 2018.
42. Tsoukos A, Veligekas P, Brown LE, Terzis G, Bogdanis GC. Delayed effects of a low-volume, power-type resistance exercise session on explosive performance. J Strength Cond Res 32: 643–650, 2018.
43. Turki O, Chaouachi A, Drinkwater EJ, et al. Ten minutes of dynamic stretching is sufficient to potentiate vertical jump performance characteristics. J Strength Cond Res 25: 2453–2463, 2011.
44. Van Hooren B, Zolotarjova J. The difference between countermovement and squat jump performances: A review of underlying mechanisms with practical applications. J Strength Cond Res 31: 2011–2020, 2017.
45. Wisløff U, Castagna C, Helgerud J, Jones R, Hoff J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. Br J Sports Med 38: 285–288, 2004.