ВНЕДРЕНИЕ СТРАТЕГИЙ СИЛОВЫХ ТРЕНИРОВОК ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ТРАВМАТИЗМА В ФУТБОЛЕ: НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Marco Beato, Sergio Maroto-Izquierdo, Anthony N. Turner, and Chris Bishop

В связи с тем, что травмы негативно сказываются на результатах, финансах клуба и долгосрочном здоровье игроков (постоянная инвалидность после тяжелой травмы), стратегии профилактики являются неотъемлемой частью спортивной медицины и спортивной деятельности. **Цель:** обобщить имеющиеся данные о силовых тренировках для профилактики травм в футболе и обосновать их применение в исследовательских и прикладных целях. **Выводы:** Современная литература предполагает, что силовые тренировки, предлагаемые в качестве традиционных тренировок с отягощениями, эксцентриками и маховиками, могут быть эффективным методом снижения риска травм у футболистов. Стратегии тренировок, включающие несколько компонентов (например, сочетание силовых упражнений, упражнений на баланс, плиометрических упражнений), которые включают силовые упражнения, являются эффективными для снижения бесконтактных травм у футболисток. Кроме того, опубликованные в настоящее время исследования поддерживают использование эксцентрических тренировок в спорте, которые обеспечивают уникальные физиологические реакции по сравнению с другими видами упражнений на сопротивление. Похоже, что скандинавские упражнения на подколенное сухожилие, в частности, являются жизнеспособным вариантом для уменьшения травм подколенного сухожилия у футболистов. Более того, тренировка с маховиком имеет специфические особенности и преимущества, связанные с сочетанием как концентрических, так и эксцентрических сокращений, что может сыграть важную роль в профилактике травм. По мнению авторов, тренеры по силовой подготовке должны включать предложенные здесь методы тренировок с отягощениями в свой еженедельный тренировочный режим, чтобы снизить вероятность травм у своих игроков; однако необходимы дальнейшие исследования, чтобы проверить преимущества и недостатки этих методов тренировки для профилактики травматизма с использованием конкретных групп футболистов.

Ключевые слова: футбол, командные виды спорта, маховик, тренировка с отягощениями, эксцентрик

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРАТЕГИЙ СИЛОВЫХ ТРЕНИРОВОК ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ТРАВМАТИЗМА В ФУТБОЛЕ

Высокий уровень участия в футболе с более чем 265 миллионами игроков, зарегистрированных FIFA (Международной федерацией футбольных ассоциаций) по всему миру, наряду с его сложными физическими требованиями, предполагает повышенную распространенность травматизма.[1] На самом деле, среднестатистическая профессиональная футбольная команда с составом из 25 игроков обычно получает около 50 травм (незначительных и серьезных вместе взятых) в течение сезона.[2] Для среднестатистического игрока это означает от 1 до 2 травм, что приводит к перерыву в соревнованиях и тренировках на 24-37 дней.[2,3] Из-за негативного влияния травм на результативность (низкий уровень травматизма сильно коррелирует с успехом в соревнованиях),[4] финансовой составляющей клуба,[5] и долгосрочного здоровья игрока (постоянная нетрудоспособность после тяжелой травмы),[6,7] стратегии профилактики являются неотъемлемой частью как спортивной медицины, так и спортивной результативности.[8]

Было показано, что в футболе происходит 8,1 травм на 1000 часов профессиональных занятий, причем частота травм в 10 раз выше во время соревновательных матчей, чем во время тренировок.[9] Кроме того, хорошо известно, что наиболее распространенная травма, как и ожидалось, возникает в нижней конечности, в частности на уровне мышц/сухожилий (4,5 травмы на 1000 ч занятий).[3,9] Эти травмы составляют около 40% от общего числа травм, отмечается высокая частота рецидивов (от 12% до 48%).[4,5,9] Большинство травм, связанных с футболом, имеют травматический механизм[10], причем частота в 2 раза выше, чем при травмах от чрезмерного использования.[9] Однако, наиболее серьезные травмы были зафиксированы во время бесконтактных действий, таких как спринт и изменение направления бега, что составляет примерно 30% всех случаев травматических повреждений.[10] Традиционно наличие травм в командных видах спорта было связано с внешними факторами (например, правилами, защитным и спортивным снаряжением); неизменяемыми внутренними факторами (например, возрастом, полом, историей травм).; и изменяемые внутренние факторы (например, нагрузка игрока, подготовка к разминке, мышечный дисбаланс и функции).[11,12]

Недавно Emery и Pasanen[13] установили, что первичной профилактикой травм может быть «низко висящий плод» («низко висящий плод» - наиболее легко достижимый из набора задач, мер, целей), который может оказать наибольшее влияние на снижение количества травм опорно-двигательного аппарата. В частности, в предыдущих исследованиях сообщалось, что сочетание стратегий (например, силовая тренировка [ST], тренировка на укрепление мышц корпуса (core training), баланс) может оказать положительное влияние на результативность[14] и снизить риск травм у футболистов. Более того, Brunner и соавт.[15] сообщили, что упражнения на силу мышц нижних конечностей и равновесие должны быть приоритетными в программах профилактики травм нижних конечностей для спортсменов командных видов спорта. Однако, одним из основных факторов, ограничивающих эффективность профилактических программ, является плохая долговременная приверженность игроков.[16] По этой причине практикующим специалистам может быть предложено включать нервно-мышечные упражнения и ST во время разминки, что может стать одной из основных стратегий профилактики.[13] Например, ранее сообщалось, что программа FIFA 11+ обеспечивает существенный эффект предотвращения травматизма за счет снижения травматизма в футболе на 39% по сравнению с контрольными протоколами.[17] Сообщалось, что эта программа эффективна, например, в снижении травм паха (которые составляют от 4% до 19% всех травм, связанных с потерей времени), но было показано, что другие программы (например, программа укрепления приводящих мышц с использованием копенгагенского упражнения на приведение) также эффективны.[18,19] Однако, среди всех тренировочных стратегий, традиционно используемых тренерами по силовой подготовке (S&C), ST — это метод профилактики, который показал наибольшую эффективность в снижении частоты острых спортивных травм и травм в результате чрезмерного перенапряжения в среднем на 66% и способен снизить риск спортивных травм более чем вдвое.[20] Кроме того, ранее сообщалось о положительной зависимости доза–эффект между ST и профилактикой спортивных травм.[21] Это явление может быть связано с тем фактом, что ST предполагает улучшение нервно-мышечной функции задействованной мускулатуры, улучшение координации, укрепление прилегающих тканей, снижение критических нагрузок на суставы и усиление психологического восприятия ситуаций высокого риска.[21] Следовательно, тренерам S&C (тренер по силовой и физической подготовки) следует предоставлять научную информацию и рекомендации о том, как точно

разрабатывать и прописывать стратегии ST для бесконтактной профилактики травм в футболе. Таким образом, цель данного комментария - обобщить текущие фактические данные о ST для профилактики травматизма в футболе и проинформировать о его научно обоснованном применении в научных и прикладных целях.

НАУЧНО ОБОСНОВАННЫЕ МЕТОДЫ ПРОФИЛАКТИКИ ТРАВМАТИЗМА В ФУТБОЛЕ

Традиционная тренировка с отягощениями

Важно сначала уточнить, что традиционная тренировка с отягощениями — это термин, который охватывает множество методов или упражнений. Например, упражнения, которые являются двусторонними или односторонними, с внешней нагрузкой или без нее, со свободным весом (например, со штангой, гантелями, гирями) или тренажерами с отягощениями, - все это может подпадать под эту категорию.[22]

Недавний мета-анализ исследовал эффективность тренировочных вмешательств, используемых у футболисток женского пола с целью снижения неконтактных травм.[23] Неудивительно, что в каждом вмешательстве обычно программировалось несколько компонентов (например, комбинация силы, баланса, плиометрии). Однако, из 11 исследований, включенных в окончательный анализ, сила была наиболее часто программируемым физическим компонентом, причем во всех исследованиях, кроме одного, использовались силовые упражнения. В совокупности коэффициент травматизма (IRR) благоприятствовал тренировочным вмешательствам по сравнению с соответствующими контрольными (IRR = 0,73; 95% доверительный интервал [CI], 0,59–0,91), что указывает на то, что стратегии тренировок, включающие силовые упражнения, эффективны для снижения травматизма. Кроме того, эти тренировочные стратегии были также эффективны при специфическом снижении повреждения передней крестообразной связки (IRR = 0,55; 95% CI 0,32–0,92) и подколенного сухожилия (IRR = 0,40; 95% CI 0,17–0,95). Несмотря на большинство исследований с использованием силовых упражнений и на эти многообещающие данные в пользу ST для снижения частоты травм, стоит отметить, что немногие исследования успешно соблюдают следующие критерии: минимум 2 подхода и по крайней мере одна форма прогрессирования,

реализуемая на протяжении всего вмешательства.[23] Предыдущие исследования показали, что в традиционных тренировках с отягощениями следует использовать нагрузки ≥85% от максимального значения за 1 повторение (1RM), что соответствует приблизительно 6 повторениям.[22] Таким образом, похоже, что еще есть возможность проводить тренировочные вмешательства с более тяжелыми нагрузками и некоторой формой прогрессирования у футболистов, используя традиционные форматы тренировок с отягощениями, особенно в свете недавних данных о спортсменах командных видов спорта.[24] Тем не менее, недавний систематический обзор исследовал эффективность тренировочных вмешательств для предотвращения мышечных травм у элитных игроков мужского пола[8] и, в отличие от спортсменок, обнаружил ограниченные научные данные в поддержку стратегий предотвращения мышечных травм, основанных на физических упражнениях. За дополнительной информацией читатели могут обратиться к следующей статье Fanchini и др.[8]

Эксцентричная тренировка

Большое количество эксцентричных действий в футболе, таких как замедления, смена направления и спринты, вызвало интерес к эксцентричным упражнениям среди тренеров S&C и медицинского персонала, особенно с учетом того, что большая часть травм, полученных в футболе, приходится на переходный период бега в «маховую стойку» (т. е. эксцентрическую фазу спринта).[25–28] По сравнению с традиционной концентрической тренировкой, эксцентрическая тренировка может вызывать аналогичную или большую адаптацию нервно-мышечной системы, включая функции и площадь поперечного сечения, что в конечном итоге приводит к повышению производительности и уменьшению травм.[8,29,30] Недавний метаанализ продемонстрировал, что программы профилактики травматизма, включающие скандинавские упражнения для подколенного сухожилия изолированно или в сочетании с другими упражнениями (например, силовыми, упражнения на баланс и для укрепления мышц торса), снижают риск травм подколенного сухожилия у футболистов в долгосрочной перспективе до 51%.[30] Это мнение было поддержано Buckthorpe и др.,[11], которые определили снижение эксцентрической силы подколенного сухожилия как один из 4 ключевых факторов риска возникновения травм подколенного сухожилия (наряду с предыдущими травмами подколенных сухожилий, еженедельным воздействием скорости и устойчивостью подколенных

сухожилий к усталости). Кроме того, недавно было исследовано сравнение эксцентрических тренировок с тренировкой пояснично-тазового отдела для профилактики травм подколенных сухожилий.[31] Данные в пользу пояснично-тазовой тренировки ограничены, и только одно исследование показало связь между передним наклоном таза, латеральным сгибанием туловища и повышенной травмой подколенного сухожилия.[32] И наоборот, в настоящее время ряд исследований продемонстрировал эффективность скандинавских упражнений на подколенные сухожилия для уменьшения травм подколенного сухожилия.[33-35] Таким образом, представляется, что эксцентрическая ST и, в частности, скандинавское упражнение на подколенное сухожилие являются жизнеспособными вариантами снижения травматизма у футболистов. Кроме того, в недавних обзорах Suchomel и соавторов[36,37] описаны различные методы эксцентрической тренировки, включая акцентированную эксцентрическую нагрузку (AEL), с предлагаемыми адаптациями, основанными на нагрузке и скорости эксцентрического мышечного действия. При эксцентрической тренировке тренеры могут назначать нагрузки, превышающие то, что спортсмен может поднять концентрически, что дает дополнительную возможность перегрузить нервно-мышечную систему.[38] Например, благодаря использованию системы сброса веса (или использованию корректировщика) тренировка AEL позволяет спортсмену поднимать более тяжелый груз во время эксцентрической фазы по сравнению с концентрической фазой, затем нагрузка снижается, и тогда спортсмен может выполнить концентрическую фазу.[39] Наоборот, плиометрическая тренировка, используемая в качестве альтернативы для уменьшения травм подколенного сухожилия у взрослых мужчин-футболистов-любителей, не доказала своей эффективности в недавнем испытании с участием 400 игроков. В этом исследовании не было выявлено статистически значимых различий в частоте травм подколенного сухожилия (отношение шансов = 0,89; 95% CI 0,46–1,75) или степени тяжести между группами.[40]

Тренировка с помощью маховика

Чтобы способствовать эксцентрической перегрузке во время ST, были внедрены технологии, не зависящие от силы тяжести, такие как изоинерционные маховичные устройства.[41-43] Эта технология позволяет нам усилить эксцентрические действия, используя энергию, запасенную в системе маховика

после максимального концентрического воздействия (т.е. инерционную кинетическую энергию, которая возникает в результате раскручивания маховика), когда в конце эксцентрической фазы происходит кратковременное и концентрированное торможение.[44] Тренеры S&C могут манипулировать интенсивностью упражнений, используя разные маховики, которые характеризуются разным моментом инерции.[26,42,44] Таким образом, было высказано предположение, что меньшая инерция при более высоких скоростях, меньшее время эксцентрического концентрического соединения и большая выработка энергии способствуют адаптации взрывных характеристик мышц, в то время как более высокая инерция при более низких скоростях, как было показано, требует большей эксцентрической нагрузки.[45,46] Эта технология продемонстрировала функциональные и структурные изменения, связанные с оптимизацией спортивных результатов, такие как увеличение мышечной массы, [47,48] концентрической и эксцентрической силы,[48] изменений направления движения, [41,49,50] и скорости бега[28,51], а также снижение риска травм.[26-28]

По-видимому, большая общая нагрузка и механическое напряжение, оказываемые на мышцу, вызванные максимальным характером концентрического воздействия, а также эксцентрической перегрузкой во время эксцентрической фазы, ответственны за ее уникальные физиологические реакции и вызванную тренировкой адаптацию опорно-двигательного аппарата при тренировке с помощью маховика,[41,52,53] которые могут играть важную роль в предотвращении травматизма. Askling и соавт.[28] обнаружили, что 10-недельная дополнительная программа тренировок с маховиком, состоящая из 4 подходов по 7 повторений упражнения на сгибание ног, выполняемого один или два раза в неделю, привела к увеличению концентрического и эксцентрического пикового крутящего момента у профессиональных футболистов. Таким образом, это увеличение было связано с более низким уровнем травматизма в экспериментальной группе (3/15), когда количество травм, полученных в течение сезона (10 месяцев), сравнивалось с контрольной группой (10/15), которая не выполняла никакой дополнительной программы ST. Впоследствии de Hoyo и др.27 с аналогичным дизайном исследования продемонстрировали, что 17 сеансов комбинации приседаний с маховиком и упражнений на сгибание ног с маховиком привели к снижению частоты мышечных травм во время матчей (на 23,7%) и тяжести (на 65%). Несмотря на доказательства эффективности тренировок с маховиком для

предотвращения мышечных травм, одно из ограничений для систематического внедрения этих устройств в профилактические программы в футболе может быть связано с их стоимостью и опытом пользователей в области техники безопасности. Однако эти проблемы в значительной степени связаны с любительскими клубами с ограниченными бюджетами и ограниченным количеством квалифицированных тренеров по физической культуре и спорту.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ: РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ ВЫПОЛНЕНИЮ СИЛОВЫХ УПРАЖНЕНИЙ И ТРЕНИРОВОК

Традиционная тренировка с отягощениями

1. Интенсивность тренировки: Хотя предыдущие исследования показали преимущества нагрузок, в которых используется от 6 до 15 повторений (что, вероятно, соответствует 65%-85% 1RM)[23], истинная адаптация силы, вероятно, будет достигнута при нагрузках ≥85% 1RM.[22]
2. Объем и частота тренировок: Эти факторы, вероятно, будут зависеть от времени года (например, предсезонные или межсезонные). В предсезонном периоде следует проводить минимум 2 силовые тренировки в неделю с минимум 4 рабочими подходами в 2 упражнениях (по 2 подхода в каждом упражнении).[54] Однако, во время соревновательного сезона время ограничено, и расписание меняется в зависимости от количества сыгранных матчей.[55] Таким образом, хотя для предсезонной подготовки была бы рекомендована та же минимальная доза по объему и частоте, предыдущие исследования показали, что один сеанс в неделю эффективен для выявления положительной адаптации.[56]
3. Выбор упражнения: Учитывая, что от игроков требуется владение несколькими моделями движений и во всех трех плоскостях направления,[54] предлагается использовать комбинацию как двусторонних, так и односторонних силовых упражнений (например, на двух ногах: приседания со штангой на спине и становая тяга; на одной ноге: приседание на одной ноге и вторая нога отведена назад на опору (rear-foot-elevated split squat), подъём на тумбочку на одной ноге (step ups) и приседания на одной ноге (single-leg squats - упражнение пистолетик)) . Эти предположения подтверждаются недавним эмпирическим исследованием, в котором

сравниваются двусторонние и односторонние тренировочные вмешательства у футболистов элитной академии.[57]

Эксцентричная тренировка

1. Интенсивность тренировки: Нагрузка должна быть выше «эквивалентной» концентрической 1RM во время эксцентрических упражнений (например, AEL). Используемая нагрузка будет определять скорость движения, например, более высокие нагрузки требуют более высоких скоростей. Вместо этого скандинавские упражнения на подколенные сухожилия, это упражнения с собственным весом, которые также можно выполнять с дополнительным весом (например, дисками) для усиления эксцентрической нагрузки.
2. Объем и частота тренировок: Эксцентрическая тренировка обычно входит в состав регулярных тренировок с отягощениями; следовательно, интенсивность, объем и частота эксцентрической тренировки должны учитывать планируемую концентрическую тренировку, и наоборот. При планировании правильной дозы эксцентричных тренировок необходимо учитывать опыт игроков в этом типе тренировок. Что касается профилактики травм и, в частности, растяжений подколенного сухожилия, обычно рекомендуются скандинавские упражнения, которые выполняются в течение 1-3 подходов с 3-6 повторениями.[30] Тренировку AEL лучше всего проводить с использованием кластерных подходов[58], где обычно уместен объем от 3 до 5 подходов с 3-5 повторениями.
3. Выбор упражнений: Скандинавские упражнения на подколенное сухожилие и все остальные (например, упражнения на двух ногах и на одной ноге), как правило, являются наиболее популярными видами эксцентрической тренировки, однако могут выполняться и другие упражнения (включающие сопротивление руками с акцентом на эксцентрическое сокращение).

Тренировка при помощи маховика

1. Интенсивность тренировки: Интенсивность тренировки при помощи маховика характеризуется различным моментом инерции маховика.[44] Наиболее часто используемый момент инерции (который варьируется в зависимости от выбранного упражнения) составляет от 0,05 до 0,145 кг/м^2.[26,41] Однако,

настройка инерции на максимальную концентрическую или эксцентрическую мощность каждого выбранного упражнения представляется интересным подходом к индивидуальному назначению тренировки с маховиком.[26,59,60]

2. Объем и частота тренировок: Тренировка с маховиком обычно интегрируется в целостную программу ST, которая также включает традиционные силовые тренировки, баллистические упражнения и другие методы тренировки (например, базовую тренировку).[26] Оказалось, что эффективным стимулом для профилактики травматизма является выполнение 1-2 упражнений 2 дня в неделю объемом от 3 до 6 подходов по 6-8 повторений,[27,28] хотя в межсезонье, при более высокой соревновательной нагрузке, одно еженедельное занятие может быть подходящей чатотой.[26,48]
3. Выбор упражнений: В научной литературе чаще всего упоминаются приседания, выпады, сгибания ног, приседание на одной ноге и вторая нога отведена назад на опору и махи одной ногой вперёд-вверх.[41,50] Кроме того, универсальность устройств с маховиком позволяет спортсменам выполнять функциональные упражнения в разных плоскостях (например, специфичные для футбола разнонаправленные движения)[61,62], а также возможность использования устройства в нескольких местах тренировки (например, портативность)[36,50,63] могут играть важную роль при разработке протоколов профилактики травматизма.

ОГРАНИЧЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ НА БУДУЩЕЕ

Из существующей литературы вытекают следующие ограничения и вопросы для будущих исследований:

1. В немногочисленных исследованиях, оценивающих эффективность превентивных стратегий, принимали участие профессиональные футболисты. Большинство из исследований были проведены с участием любителей и молодежных игроков. Следует использовать более надежные схемы исследований, такие как рандомизированные контролируемые испытания, в которых участвуют игроки разного уровня и сопоставимые контрольные группы, где это возможно.
2. Одним из основных факторов, ограничивающих эффективность профилактических программ, является плохое долгосрочное соблюдение правил игроками.[16] Следовательно, будущие исследования должны

подтвердить экологическую обоснованность таких протоколов в профессиональных контекстах.

3. Неясно, какую правильную частоту и объем еженедельных тренировок следует использовать для снижения риска травмирования футболистов. Более того, не совсем ясно, когда наиболее подходящий момент для включения профилактических протоколов (например, эксцентрических упражнений для предотвращения травм нижних конечностей) в микроцикл в футболе, где необходим правильный баланс между фазами восстановления и сужения.[64] Таким образом, необходимы дальнейшие исследования для проверки правильной тренировочной дозы каждого из предложенных здесь методов тренировки.
4. Будущие исследования должны проверить, дает ли конкретная методика обучения какие-либо преимущества по сравнению с другими (например, эксцентрическая тренировка против тренировки с маховиком) или комбинация методов может быть более эффективной, чем один метод обучения, используемый изолированно (например, традиционная тренировка и тренировка с маховиком против только тренировки с маховиком).
5. Некоторые упражнения (например, упражнения с маховиком или AEL) требуют правильной техники выполнения для создания эксцентрической перегрузки.[26] Таким образом, необходим надлежащий процесс ознакомления, а также мониторинг нагрузки для обеспечения правильного назначения нагрузки.[26,43,65]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этом комментарии приводится научное обоснование стратегий ST для предотвращения травматизма в футболе, некоторые методы, основанные на фактических данных, и рекомендации по их эффективному внедрению в прикладные футбольные условия. Современная литература предполагает, что ST, предлагаемые в качестве традиционных тренировок с отягощениями, эксцентриков и маховиков, могут быть эффективными методами снижения риска травм у футболистов. Тренировочные стратегии, включающие множество компонентов (например, силу, равновесие, плиометрику), которые включают силовые упражнения, эффективны для снижения неконтактных травм у

футболисток женского пола. Кроме того, опубликованные в настоящее время исследования поддерживают использование эксцентрических тренировок в спорте, которые обеспечивают уникальные физиологические реакции по сравнению с другими видами силовых упражнений. Похоже, что скандинавские упражнения на подколенное сухожилие, в частности, являются жизнеспособным вариантом для уменьшения травм подколенного сухожилия у футболистов. Кроме того, тренировка с маховиком обладает специфическими тренировочными характеристиками и преимуществами, которые связаны с сочетанием как концентрических, так и эксцентрических сокращений, что может сыграть важную роль в профилактике травматизма. По мнению авторов, тренерам S&C следует интегрировать предложенные здесь методы ST в свой еженедельный тренировочный распорядок, чтобы снизить вероятность травм у своих игроков. Однако, необходимы дальнейшие исследования, чтобы проверить преимущества и недостатки этих методов тренировки для профилактики травматизма с использованием конкретных групп футболистов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Manoel LS, Xixirry MG, Soeira TP, Saad MC, Riberto M. Identification of ankle injury risk factors in professional soccer players through a preseason functional assessment. Orthop J Sports Med. 2020;8(6):232596712092843. PubMed ID: 32637431 doi:10.1177/2325967120928434

2. Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. Br J Sports Med. 2011;45(7):553–558. PubMed ID: 19553225 doi:10.1136/ bjsm.2009.060582

3. Hawkins RD. The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. Br J Sports Med. 2001; 35(1):43–47. PubMed ID: 11157461 doi:10.1136/bjsm.35.1.43

4. Hägglund M, Waldén M, Magnusson H, Kristenson K, Bengtsson H, Ekstrand J. Injuries affect team performance negatively in professional football: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. Br J Sports Med. 2013;47(12):738–742. PubMed ID: 23645832 doi:10.1136/bjsports-2013-092215

5. Ekstrand J. Keeping your top players on the pitch: the key to football medicine at a professional level. Br J Sports Med. 2013;47(12):723–724. doi:10.1136/bjsports-2013-092771

6. Turner AP. Long term health impact of playing professional football in the United Kingdom. Br J Sports Med. 2000;34(5):332–336. PubMed ID: 11049141 doi:10.1136/bjsm.34.5.332
7. Moreno-Pérez V, Soler A, Ansa A, et al. Acute and chronic effects of competition on ankle dorsiflexion ROM in professional football players. Eur J Sport Sci. 2020;20(1):51–60. PubMed ID: 31072261 doi:10.1080/17461391.2019.1611930
8. Fanchini M, Steendahl IB, Impellizzeri FM, et al. Exercise-based strategies to prevent muscle injury in elite footballers: a systematic review and best evidence synthesis. Sports Med. 2020;50(9):1653– 1666. PubMed ID: 32185630 doi:10.1007/s40279-020-01282-z
9. Lo´pez-Valenciano A, Ruiz-Pérez I, Garcia-Go´mez A, et al. Epidemiology of injuries in professional football: a systematic review and meta-analysis. Br J Sports Med. 2020;54(12):711–718. PubMed ID: 31171515 doi:10.1136/bjsports-2018-099577
10. Wong P. Soccer injury in the lower extremities. Br J Sports Med. 2005;39(8):473–482. PubMed ID: 16046325 doi:10.1136/bjsm.2004.015511
11. Buckthorpe M, Wright S, Bruce-Low S, et al. Recommendations for hamstring injury prevention in elite football: translating research into practice. Br J Sports Med. 2019;53(7):449–456. PubMed ID: 30413424 doi:10.1136/bjsports-2018-099616
12. Bahr R. Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. Br J Sports Med. 2005;39(6):324–329. PubMed ID: 15911600 doi:10.1136/bjsm.2005.018341
13. Emery CA, Pasanen K. Current trends in sport injury prevention. Best Pract Res Clin Rheumatol. 2019;33(1):3–15. PubMed ID: 31431273 doi:10.1016/j.berh.2019.02.009
14. Silva JR, Nassis GP, Rebelo A. Strength training in soccer with a specific focus on highly trained players. Sports Med Open. 2015;1(1):17. PubMed ID: 26284158 doi:10.1186/s40798-015-0006-z
15. Brunner R, Friesenbichler B, Casartelli NC, Bizzini M, Maffiuletti NA, Niedermann K. Effectiveness of multicomponent lower extremity injury prevention programmes in team-sport athletes: an umbrella review. Br J Sports Med. 2019;53(5):282–288. PubMed ID: 30201793 doi:10.1136/bjsports-2017-098944
16. O'Brien J, Finch CF. A systematic review of core implementation components in team ball sport injury prevention trials. Inj Prev. 2014; 20(5):357–362. PubMed ID: 24706721 doi:10.1136/injuryprev- 2013-041087

17. Thorborg K, Krommes KK, Esteve E, Clausen MB, Bartels EM, Rathleff MS. Effect of specific exercise-based football injury prevention programmes on the overall injury rate in football: a systematic review and meta-analysis of the FIFA 11 and 11+ programmes. Br J Sports Med. 2017;51(7):562–571. PubMed ID: 28087568 doi:10.1136/bjsports-2016-097066
18. Harøy J, Clarsen B, Wiger EG, et al. The Adductor Strengthening Programme prevents groin problems among male football players: a cluster-randomised controlled trial. Br J Sports Med. 2019;53(3): 150–157. PubMed ID: 29891614 doi:10.1136/bjsports-2017-098937
19. Kohavi B, Beato M, Laver L, Freitas TT, Chung LH, Dello Iacono A. Effectiveness of field-based resistance training protocols on hip muscle strength among young elite football players. Clin J Sport Med. 2020;30(5):470–477. PubMed ID: 30418198 doi:10.1097/jsm.0000000000000649
20. Lauersen JB, Bertelsen DM, Andersen LB. The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. Br J Sports Med. 2014;48(11):871–877. PubMed ID: 24100287 doi:10.1136/bjsports-2013-092538
21. Lauersen JB, Andersen TE, Andersen LB. Strength training as superior, dose-dependent and safe prevention of acute and overuse sports injuries: a systematic review, qualitative analysis and metaanalysis. Br J Sports Med. 2018;52(24):1557–1563. PubMed ID: 30131332 doi:10.1136/bjsports-2018-099078
22. Bompa T, Buzzichelli C. Periodization: Theory and Methodology of Training. 6th ed. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers; 2018.
23. Crossley KM, Patterson BE, Culvenor AG, Bruder AM, Mosler AB, Mentiplay BF. Making football safer for women: a systematic review and meta-analysis of injury prevention programmes in 11 773 female football (soccer) players. Br J Sports Med. 2020;54(18):1089–1098. PubMed ID: 32253193 doi:10.1136/bjsports-2019-101587
24. Case MJ, Knudson DV, Downey DL. Barbell squat relative strength as an identifier for lower extremity injury in collegiate athletes. J Strength Cond Res. 2020;34(5):1249–1253. PubMed ID: 32084107 doi:10.1519/JSC.0000000000003554
25. Nichols AW. Does eccentric training of hamstring muscles reduce acute injuries in soccer? Clin J Sport Med. 2013;23(1):85–86. PubMed ID: 23269328 doi:10.1097/JSM.0b013e31827e9f40

26. Beato M, Dello Iacono A. Implementing flywheel (isoinertial) exercise in strength training: current evidence, practical recommendations, and future directions. Front Physiol. 2020;11:569. PubMed ID: 32581845 doi:10.3389/fphys.2020.00569
27. de Hoyo M, Pozzo M, Sanudo B, et al. Effects of a 10-week in-season ˜ eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. Int J Sports Physiol Perform. 2015;10(1):46–52. PubMed ID: 24910951 doi:10.1123/ijspp.2013-0547
28. Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. Scand J Med Sci Sports. 2003;13(4):244–250. PubMed ID: 12859607 doi:10.1034/j.1600-0838.2003.00312.x
29. del Ama Espinosa G, Pöyhönen T, Aramendi JF, Samaniego JC, Emparanza Knörr JI, Kyröläinen H. Effects of an eccentric training programme on hamstring strain injuries in women football players. Biomed Hum Kinet. 2015;7(1):125–134. doi:10.1515/bhk-2015-0019
30. Al Attar WSA, Soomro N, Sinclair PJ, Pappas E, Sanders RH. Effect of injury prevention programs that include the Nordic hamstring exercise on hamstring injury rates in soccer players: a systematic review and meta-analysis. Sports Med. 2017;47(5):907–916. PubMed ID: 27752982 doi:10.1007/s40279-016-0638-2
31. Shield AJ, Bourne MN. Hamstring injury prevention practices in elite sport: evidence for eccentric strength vs lumbo-pelvic training. Sports Med. 2018;48(3):513–524. PubMed ID: 29143267 doi:10.1007/s40279-017-0819-7
32. Schuermans J, Van Tiggelen D, Palmans T, Danneels L, Witvrouw E. Deviating running kinematics and hamstring injury susceptibility in male soccer players: cause or consequence? Gait Posture. 2017;57: 270–277. PubMed ID: 28683419 doi:10.1016/j.gaitpost.2017.06.268
33. Petersen J, Thorborg K, Nielsen MB, Budtz-Jørgensen E, Hölmich P. Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer. Am J Sports Med. 2011;39(11):2296–2303. PubMed ID: 21825112 doi:10.1177/0363546511419277
34. van der Horst N, Smits D-W, Petersen J, Goedhart EA, Backx FJG. The preventive effect of the Nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players. Am J Sports Med. 2015;43(6): 1316–1323. PubMed ID: 25794868 doi:10.1177/0363546515574057

35. Mjølsnes R, Arnason A, Østhagen T, Raastad T, Bahr R. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. Scand J Med Sci Sports. 2004;14(5):311–317. PubMed ID: 15387805 doi:10.1046/j.1600-0838.2003.367.x
36. Suchomel TJ, Wagle JP, Douglas J, et al. Implementing eccentric resistance training—part 1: a brief review of existing methods. J Funct Morphol Kinesiol. 2019;4(2):38. doi:10.3390/jfmk4020038
37. Suchomel TJ, Wagle JP, Douglas J, et al. Implementing eccentric resistance training—part 2: practical recommendations. J Funct Morphol Kinesiol. 2019;4(3):55. doi:10.3390/jfmk4030055
38. Douglas J, Pearson S, Ross A, McGuigan M. Chronic adaptations to eccentric training: a systematic review. Sports Med. 2017;47(5): 917–941. PubMed ID: 27647157 doi:10.1007/s40279-016-0628-4
39. Wagle JP, Taber CB, Cunanan AJ, et al. Accentuated eccentric loading for training and performance: a review. Sports Med. 2017;47(12): 2473–2495. PubMed ID: 28681170 doi:10.1007/s40279-017-0755-6
40. van de Hoef PAS, Brink MSM, Huisstede BMAB, et al. Does a bounding exercise program prevent hamstring injuries in adult male soccer players?—a cluster–RCT. Scand J Med Sci Sports. 2019; 29(4):515–523. PubMed ID: 30536639 doi:10.1111/sms.13353
41. Maroto-Izquierdo S, García-Lo´pez D, Fernandez-Gonzalo R, Moreira OC, González-Gallego J, de Paz JA. Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: a systematic review and meta-analysis. J Sci Med Sport. 2017;20(10):943–951. PubMed ID: 28385560 doi:10.1016/j.jsams.2017.03.004
42. Beato M, McErlain-Naylor SA, Halperin I, Dello Iacono A. Current evidence and practical applications of flywheel eccentric overload exercises as postactivation potentiation protocols: a brief review. Int J\ Sports Physiol Perform. 2020;15(2):154–161. PubMed ID: 31743092 doi:10.1123/ijspp.2019-0476
43. Beato M, Fleming A, Coates A, Dello Iacono A. Validity and reliability of a flywheel squat test in sport [published online ahead of print October 6, 2020]. J Sports Sci. doi:10.1080/02640414.2020.1827530
44. Maroto-Izquierdo S, Fernandez-Gonzalo R, Magdi HR, ManzanoRodriguez S, González-Gallego J, De Paz JA. Comparison of the musculoskeletal effects of different iso-inertial resistance training modalities: flywheel vs electric-motor. Eur J

Sport Sci. 2019;19(9):1184–1194. PubMed ID: 30957699 doi:10.1080/17461391.2019.1588920
45. Martinez-Aranda LM, Fernandez-Gonzalo R. Effects of inertial setting on power, force, work, and eccentric overload during flywheel resistance exercise in women and men. J Strength Cond Res. 2017; 31(6):1653–1661. PubMed ID: 28538317 doi:10.1519/JSC.000000 0000001635
46. Carroll KM, Wagle JP, Sato K, et al. Characterising overload in inertial flywheel devices for use in exercise training. Sports Biomech. 2019;18(4):390–401. PubMed ID: 29558854 doi:10.1080/14763141.2018.1433715
47. Suarez-Arrones L, Saez de Villarreal E, Núnez FJ, et al. In-season ˜ eccentric-overload training in elite soccer players: effects on body composition, strength and sprint performance. PLoS One. 2018; 13(10):e0205332. PubMed ID: 30325935 doi:10.1371/journal. pone.0205332 (Ahead of Print) Strength Training Strategies for Injury Prevention 5
48. Coratella AG, Beato M, Cè E, Scurati R, Milanese C. Effects of inseason enhanced negative work-based vs traditional weight training on change of direction and hamstrings-to-quadriceps ratio in soccer players. Biol Sport. 2019;36(3):241–248. PubMed ID: 31624418 doi:10.5114/biolsport.2019.87045
49. Beato M, De Keijzer KL, Leskauskas Z, Allen WJ, Dello Iacono A, McErlain-Naylor SA. Effect of postactivation potentiation after medium vs high inertia eccentric overload exercise on standing long jump, countermovement jump, and change of direction performance [published online ahead of print June 19, 2019]. J Strength Cond Res. doi:10.1519/jsc.0000000000003214
50. Beato M, Madruga-Parera M, Piqueras-Sanchiz F, Moreno-Pérez V, Romero-Rodriguez D. Acute effect of eccentric overload exercises on change of direction performance and lower-limb muscle contractile function [published online ahead of print September 2, 2019]. J Strength Cond Res. doi:10.1519/jsc.000000 0000003359
51. Fiorilli G, Mariano I, Iuliano E, et al. Isoinertial eccentric-overload training in young soccer players: effects on strength, sprint, change of direction, agility and soccer shooting precision. J Sports Sci Med. 2020;19(1):213–223. PubMed ID: 32132845
52. Norrbrand L, Pozzo M, Tesch PA. Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. Eur J Appl Physiol. 2010;110(5):997–1005. PubMed ID: 20676897 doi:10. 1007/s00421-010-1575-7

53. Tous-Fajardo J, Maldonado RA, Quintana JM, Pozzo M, Tesch PA. The flywheel leg-curl machine: offering eccentric overload for hamstring development. Int J Sports Physiol Perform. 2006;1(3):293–298. PubMed ID: 19116442 doi:10.1123/ijspp.1.3.293
54. Turner AN, Stewart PF. Strength and conditioning for soccer players. Strength Cond J. 2014;36(4):1–13. doi:10.1519/SSC.0000000000000054
55. Beato M, Bianchi M, Coratella G, Merlini M, Drust B. A single session of straight line and change-of-direction sprinting per week does not lead to different fitness improvements in elite young soccer players [published online ahead of print September 2, 2019]. J Strength Cond Res. doi:10.1519/jsc.0000000000003369
56. Gonzalo-Skok O, Moreno-Azze A, Arjol-Serrano JL, Tous-Fajardo J, Bishop C. A comparison of 3 different unilateral strength training strategies to enhance jumping performance and decrease interlimb asymmetries in soccer players. Int J Sports Physiol Perform. 2019; 14(9):1256–1264. PubMed ID: 30860411 doi:10.1123/ijspp.2018-0920
57. Stern D, Gonzalo-Skok O, Loturco I, Turner A, Bishop C. A comparison of bilateral vs unilateral-biased strength and power training interventions on measures of physical performance in elite youth soccer players. J Strength Cond Res. 2020;34(8):2105–2111. PubMed ID: 32541618 doi:10.1519/JSC.0000000000003659
58. Wagle JP, Cunanan AJ, Carroll KM, et al. Accentuated eccentric loading and cluster set configurations in the back squat [published online ahead of print June 20, 2018]. J Strength Cond Res. doi:10. 1519/jsc.0000000000002677
59. de Hoyo M, de la Torre A, Pradas F, et al. Effects of eccentric overload bout on change of direction and performance in soccer players. Int J Sports Med. 2014;36(4):308–314. PubMed ID: 25525954 doi:10.1055/s-0034-1395521
60. Raya-González J, Castillo D, Beato M. The flywheel paradigm in team sports [published online ahead of print April 2020]. Strength Cond J. doi:10.1519/ssc.0000000000000561
61. Gonzalo-Skok O, Tous-Fajardo J, Valero-Campo C, et al. Eccentricoverload training in team-sport functional performance: constant bilateral vertical versus variable unilateral multidirectional movements. Int J Sports Physiol Perform. 2017;12(7):951–958. PubMed ID: 27967273 doi:10.1123/ijspp.2016-0251
62. Tous-Fajardo J, Gonzalo-Skok O, Arjol-Serrano JL, Tesch P. Enhancing change-of-direction speed in soccer players by functional inertial eccentric overload and

vibration training. Int J Sports Physiol Perform. 2016;11(1):66–73. PubMed ID: 25942419 doi:10.1123/ijspp.2015-0010
63. Madruga-Parera M, Bishop C, Fort-Vanmeerhaeghe A, Beato M, Gonzalo-Skok O, Romero-Rodr D. Effects of 8 weeks of isoinertial vs cable- resistance training on motor skills performance and interlimb asymmetries [published online ahead of print April 29, 2020]. J Strength Cond Res. doi:10.1519/jsc.0000000000003594
64. Lovell R, Whalan M, Marshall PWM, Sampson JA, Siegler JC, Buchheit M. Scheduling of eccentric lower limb injury prevention exercises during the soccer micro-cycle: which day of the week? Scand J Med Sci Sports. 2018;28(10):2216–2225. PubMed ID: 29797592 doi:10.1111/sms.13226
65. Sabido R, Hernández-Davo´ JL, Pereyra-Gerber GT. Influence of different inertial loads on basic training variables during the flywheel squat exercise. Int J Sports Physiol Perform. 2018;13(4):482–489. PubMed ID: 28872379 doi:10.1123/ijspp.2017-0282