

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

АО «ПФК ЦСКА»



/ Бабаев Роман Юрьевич/

«15» сентября 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА - ЛЕКЦИЯ

по Дополнительной профессиональной программе –
программе повышения квалификации
«Медицина спорта высших достижений»

Тема 2. Основные принципы лечения острых и перегрузочных повреждений опорно-двигательного аппарата, реабилитация после травм и операций.

Тип: лекция – 7 ч.

Тип: Практические занятия – 3 ч.

Объем часов: 10 ч.

П Л А Н

1. Эпидемиология спортивного травматизма, видоспецифичность
2. Консервативное лечение при повреждении опорно-двигательного аппарата (ОДА): концепция PEACE and LOVE, мышечные повреждения, травмы капсульно-связочного аппарата, тендиниты, стрессовые изменения костной ткани, пубалгии и др
3. Особенности оперативного лечения повреждений ОДА у спортсменов высокого уровня: показания к оперативным вмешательствам, виды вмешательств, отдалённые результаты
4. Реабилитация после травм и операций: этапность, основные принципы, критерии восстановления функции
5. Инновационные технологии в спортивной медицине (стволовые клетки, БТП, БОС и др.).

Тема 2. Основные принципы лечения острых и перегрузочных повреждений опорно-двигательного аппарата, реабилитация после травм и операций.

2.1. Эпидемиология спортивного травматизма, видоспецифичность

Эпидемиология спортивного травматизма представляет собой фундаментальный раздел спортивной медицины, который изучает распространенность, частоту, причины, механизмы и последствия повреждений и заболеваний у спортсменов. Без точных эпидемиологических данных невозможно эффективно планировать профилактические программы, распределять медицинские ресурсы, разрабатывать правила соревнований и оценивать безопасность различных видов спорта. Ключевая особенность спортивной эпидемиологии заключается в том, что риск повреждения не является универсальным: он существенно различается в зависимости от вида спорта, пола, возраста, уровня квалификации, типа воздействия, механизма травмы и множества других факторов. Именно поэтому современная спортивная медицина отходит от представления о травме как о случайном событии и рассматривает ее как результат взаимодействия внутренних и внешних факторов, поддающихся измерению и, в определенной степени, управлению.

Спортивные травмы наносят значительный ущерб как отдельным спортсменам, так и командам и обществу в целом. Исследования показывают, что травмы негативно влияют на производительность команды, снижают вероятность успеха и увеличивают финансовые затраты. Например, в профессиональном футболе травмы ежегодно обходятся клубам в миллионы долларов, а в бейсболе одна травма задней группы бедра может стоить около 330 тысяч долларов. Разрыв передней крестообразной связки связан с семикратным увеличением риска терминальной стадии остеоартрита, требующей эндопротезирования коленного сустава, а стоимость одной такой травмы может превышать 90 тысяч долларов на один год качественной жизни. Помимо физических и финансовых последствий, травмы вызывают серьезные психологические проблемы, включая страх повторного повреждения, снижение уверенности, тревогу и депрессию, что может затруднять возвращение в спорт и повышать риск повторной травмы.

Основные понятия и определения

В соответствии с современными международными консенсусными документами, под спортивной травмой понимается повреждение тканей или иное нарушение нормальной физической функции, возникшее в результате участия в спорте и связанное с быстрой или повторяющейся передачей кинетической энергии. Заболевание, в отличие от травмы, определяется как жалоба или расстройство, не связанное с повреждением, включая нарушения физического, психического или социального благополучия, а также удаление или потерю жизненно важных элементов. Более широким понятием является «проблема со

здоровьем», которое охватывает любые состояния, снижающие нормальное состояние полного здоровья спортсмена, независимо от того, повлияли ли они на участие в спорте или потребовали ли медицинской помощи.

Важно различать несколько категорий проблем со здоровьем по их последствиям. Проблема, потребовавшая медицинского внимания, называется проблемой с медицинским вниманием. Проблема, из-за которой спортсмен не может завершить текущую или будущую тренировку или соревнование, называется проблемой с потерей времени. Однако не все проблемы со здоровьем ограничивают участие или требуют медицинской помощи, поэтому более широкие определения, основанные на самоотчете, симптомах или производительности, позволяют выявить большее число состояний. Это принципиально важно для понимания истинного бремени травматизма, поскольку многие хронические и перегрузочные повреждения не приводят к пропуску соревнований, но существенно снижают качество жизни и спортивный результат.

Связь проблемы со здоровьем со спортивной деятельностью может быть прямой, когда повреждение возникает непосредственно во время соревнования или тренировки, косвенной, когда проблема связана с участием в спорте, но возникает вне соревновательной или тренировочной деятельности, например при падении в олимпийской деревне или заболевании после международного перелета, или не связанной со спортом, когда состояние возникло бы и без участия в спортивной деятельности, например автомобильная авария или внезапная остановка сердца дома. В зависимости от целей исследования эти категории могут регистрироваться отдельно.

Классификация механизмов и режима начала

Режим начала проблемы со здоровьем традиционно классифицировался как внезапный или постепенный. Внезапные проблемы возникают в результате特定 идентифицируемого события, например столкновения, вызывающего перелом. Постепенные проблемы не имеют определенного внезапного пускового события, например тендинопатия, вызванная повторяющимися движениями. Однако современные рекомендации предлагают отказаться от простой дихотомии и учитывать острые, повторяющиеся и смешанные механизмы. Например, стрессовый перелом может проявиться остро, но в его основе лежит накопление повторяющейся нагрузки. Гимнаст может получить перелом большеберцовой и малоберцовой костей при приземлении, а компьютерная томография выявляет предсуществующие морфологические изменения, соответствующие стрессовому повреждению. Пловец может испытывать постепенное нарастание боли в плече в течение сезона, и магнитно-резонансная томография выявляет тендинопатию вращательной

манжеты. Во всех этих случаях понимание истинного механизма имеет решающее значение для выбора профилактических и лечебных стратегий.

Механизм травмы также классифицируется по наличию контакта. Прямой контактный механизм означает, что сила непосредственно прикладывается к поврежденной области, например удар по колену. Непрямой контактный механизм означает, что сила прикладывается не к поврежденной области, но вносит вклад в причинную цепь, например толчок в плечо во время борьбы за мяч изменяет траекторию приземления и приводит к разрыву передней крестообразной связки. Неконтактный механизм означает отсутствие какого-либо внешнего контакта, например разрыв связки при резкой смене направления или приземлении. Постепенные повреждения по своей природе являются неконтактными. Понимание этих различий критически важно, поскольку программы профилактики, основанные на упражнениях, наиболее эффективны в отношении неконтактных повреждений. Метаанализы показывают, что такие программы снижают риск неконтактных разрывов передней крестообразной связки в большей степени, чем контактных.

Измерение риска и экспозиции

Ключевым элементом эпидемиологии является правильное измерение риска. Частота новых случаев повреждений описывается показателем заболеваемости, который рассчитывается как число новых травм, деленное на сумму экспозиции за определенный период. Распространенность отражает долю спортсменов, имеющих данную проблему на момент времени или в течение определенного периода, и лучше подходит для хронических и перегрузочных состояний. Например, при тендинопатии надколенника число новых случаев за сезон может быть низким, но распространенность может достигать сорока процентов, поскольку многие спортсмены уже имели это состояние до начала наблюдения. Период распространенности расширяет понятие единичного момента времени на окно времени, например один сезон или год, и относится к доле спортсменов, сообщивших о состоянии в любой момент в течение этого окна.

Экспозиция может измеряться в игровых часах, в количестве участия, в расстоянии, в количестве特定 действий, таких как захваты в регби, прыжки в волейболе или броски в бейсболе. Для травм обычно предпочтительны показатели, основанные на времени, поскольку они позволяют сравнивать виды спорта с разной продолжительностью и структурой нагрузки. Результаты всех индивидуумов суммируются для получения экспозиции на уровне команды или вида спорта. Раздельный учет соревновательной и тренировочной экспозиции обязателен, поскольку риск травмы в соревнованиях, как правило, значительно выше, чем на тренировках. Соревнование определяется как

организованная запланированная игра между противостоящими спортсменами или командами, или соревнование против времени или для получения оценки. Тренировка определяется как физическая активность, направленная на поддержание или улучшение навыков, физического состояния или производительности. В многих видах спорта принято имитировать соревнование в рамках тренировки, например предсезонные товарищеские матчи или разделение команды на группы, которые соревнуются друг с другом. В целом это должно учитываться как тренировочная экспозиция. Разминка и заминка должны учитываться отдельно и регистрироваться как тренировочные травмы, даже если они происходят вокруг соревнования.

Для заболеваний использование игровых часов неуместно, так как спортсмены подвержены риску заболевания и вне спортивной деятельности. В таких случаях используют дни или годы наблюдения. Риск заболевания рекомендуется выражать как число новых случаев заболевания, деленное на период времени, например заболевания на 365 дней спортсмена, или как период распространенности, то есть долю спортсменов, которые были больны в течение определенного периода.

Бремя повреждений объединяет частоту и последствия. Оно может выражаться как число дней потери времени на тысячу часов экспозиции или как число дней нетрудоспособности на 365 дней наблюдения. Визуализация бремени с помощью матрицы риска, где по одной оси откладывается частота, а по другой — тяжесть, позволяет сравнивать различные повреждения и определять приоритеты профилактики. Однако показатели, основанные на потере времени, недооценивают перегрузочные повреждения и хронические заболевания, поэтому в современных исследованиях все чаще используется опросник Oslo Sports Trauma Research Center, который учитывает симптомы, снижение участия и снижение производительности. Этот инструмент позволяет рассчитывать cumulative severity score, который отражает общее бремя проблемы со здоровьем с течением времени.

Тяжесть проблем со здоровьем

Тяжесть проблем со здоровьем в спорте может описываться с использованием различных критериев. Наиболее широко используемым показателем является длительность периода, в течение которого спортсмен не может тренироваться или играть, что называется потерей времени. При использовании этого подхода рекомендуется регистрировать тяжесть как число дней, в течение которых спортсмен недоступен для тренировок и соревнований, с даты начала до момента, когда спортсмен полностью доступен для тренировок и соревнований. Число дней потери времени должно считаться с дня, следующего за началом, когда спортсмен не может участвовать, до дня, предшествующего полной доступности. Случаи, когда спортсмен не завершает特定 соревнование или тренировку, но возвращается

на следующий день, должны регистрироваться как ноль дней потери времени. В некоторых случаях потеря времени не следует непосредственно после возникновения проблемы и может быть отсроченной или перемежающейся. Например, спортсмен может получить травму в воскресенье, но быть в состоянии тренироваться в понедельник и вторник, затем пропустить среду и вернуться в воскресенье. В таких случаях потеря времени считается только за пропущенные дни. При агрегировании данных по спортсменам тяжесть рекомендуется сообщать как общее число дней потери времени вместе с медианой и квартилями, поскольку распределение дней потери времени, вероятно, имеет правостороннюю асимметрию. При сообщении данных по категориям тяжести рекомендуется использовать следующие интервалы: ноль дней, от одного до семи дней, от восьми до двадцати восьми дней, более двадцати восьми дней.

Однако потеря времени имеет ограничения. Во-первых, граница между окончанием потери времени и возобновлением нормальной тренировочной и соревновательной деятельности не всегда является четкой. В некоторых видах спорта спортсмены могут участвовать до полного разрешения травмы или заболевания, например, адаптируя технику, принимая более низкий уровень производительности или играя другую роль в команде. Участие до полного разрешения проблемы будет недооценивать абсолютную тяжесть, если рассматривать полное заживление как золотой стандарт. И наоборот, спортсмены могут выбирать не возобновлять нормальные тренировки и соревнования в течение длительного периода после клинического разрешения проблемы, чтобы восстановить полную физическую форму, что переоценивает тяжесть. Во-вторых, потеря времени недооценивает тяжесть проблем, которые ограничивают производительность, но не останавливают участие. Многие постепенные повреждения, такие как тендинопатия надколенника, подпадают под эту категорию. Аналогично, спортсмены с рецидивирующим или хроническим заболеванием, таким как астма или воспалительный артрит, могут иметь относительно низкую потерю времени, но значительно страдать в содержании и интенсивности тренировок. В-третьих, потеря времени непригодна для описания наиболее тяжелых типов проблем, таких как уход из спорта, постоянная нетрудоспособность или смерть, поскольку данные о потере времени в этих случаях подвергаются цензурированию. Для измерения симптомов и последствий, которые не достигают порога потери времени, используются инструменты, такие как опросник Oslo Sports Trauma Research Center. Этот инструмент предлагает спортсменам регистрировать снижение спортивного участия, модификации тренировок, снижение производительности и симптомы. На основе ответов на эти вопросы исследователи могут рассчитать оценку тяжести от нуля до ста в特定 моменты времени. Эти оценки могут быть агрегированы как площадь под кривой для

мониторинга травм и заболеваний с течением времени, что называется cumulative severity score. Ограничением этого метода является то, что оценка тяжести является произвольным числом и не была тщательно валидирована как показатель тяжести травмы.

Тяжесть также может регистрироваться на основе клинических исходов, таких как необходимость госпитализации или операции, уход из спорта, постоянная нетрудоспособность или смерть. Степень и срочность медицинского внимания также могут использоваться для регистрации тяжести, что лучше всего подходит для острых состояний и часто используется в массовых мероприятиях и общественном спорте. Все состояния, приводящие к постоянной нетрудоспособности или смерти, должны сообщаться отдельно. Катастрофическая травма относится к подтвержденному повреждению спинного мозга или травматическому повреждению головного мозга, приводящему к постоянной функциональной нетрудоспособности. Летальный исход определяется как любой случай смерти спортсмена, связанный с тренировкой или соревнованием.

Классификация последующих, рецидивирующих и обострений проблем со здоровьем

Важным аспектом спортивной эпидемиологии является классификация последующих проблем со здоровьем. Была ли последующая проблема связана с предыдущими? Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо правильно классифицировать обе проблемы с использованием согласованной терминологии. Индексная травма или заболевание — это первая зарегистрированная травма или заболевание. Последующая травма или заболевание — это любая травма или заболевание, возникающие после индексной. Последующая травма может затрагивать другую локализацию, чем индексная травма, или ту же локализацию, но другую ткань. Последующая рецидивирующая травма — это травма той же локализации и того же типа, что и индексная травма. Последующие травмы той же локализации и ткани, что и индексная травма, являются рецидивами, если индексная травма была заживлена или полностью восстановлена, и обострениями, если индексная травма еще не была заживлена или полностью восстановлена. Аналогично для заболеваний: последующее заболевание той же системы и типа, что и индексное заболевание, является рецидивом, если индивидуум полностью выздоровел от индексного заболевания, и обострением, если индивидуум еще не выздоровел.

Для иллюстрации рассмотрим спортсмена, который после разрыва передней крестообразной связки и хирургической реконструкции испытывает отек и боль в колене после падения, приводящего к разрыву трансплантата, до возвращения в спорт. Это повреждение классифицируется как обострение индексной травмы. В отличие от этого, спортсмен, успешно реабилитированный после реконструкции передней крестообразной связки и вернувшийся в спорт, предстает с болью и отеком в том же колене. Если диагноз

— разрыв трансплантата передней крестообразной связки, это классифицируется как рецидивирующая травма. Если диагноз — разрыв мениска при интактном трансплантате, это локальная последующая травма. Для иллюстрации классификации последующего заболевания рассмотрим спортсмена, который выбыл из спортивного участия из-за инфекции верхних дыхательных путей, вызванной вирусом гриппа типа А, которая затем прогрессировала до инфекции нижних дыхательных путей, приведшей к диагнозу вирусной пневмонии. Поскольку у спортсмена диагностирована пневмония до выздоровления и возвращения в спорт, диагноз пневмонии является обострением рецидивирующего заболевания. В отличие от этого, спортсмен после полного выздоровления от инфекции верхних дыхательных путей и возвращения в спорт получает диагноз пневмонии; это заболевание является последующим новым заболеванием. Время до рецидива или обострения должно регистрироваться в днях.

Для мониторинга множественных и последующих травм и заболеваний рекомендуется собирать и сообщать следующие ключевые данные: уникальный идентификатор для связи всех травм и заболеваний у одного участника, временная последовательность травм и заболеваний, детали множественных травм и заболеваний, детали травм и заболеваний, включая диагноз, и детали обстоятельств и времени, прошедшего между ними.

Классификация диагнозов травм и заболеваний

Системы классификации травм и заболеваний используются в спортивной медицине для точной классификации и группировки диагнозов для исследований или отчетности, что позволяет легко группировать их в родительские классификации для мониторинга тенденций травматизма с течением времени или сравнения частоты травм или заболеваний между группами, такими как разные команды, лиги, виды спорта или полы, что потенциально может привести к исследованиям факторов риска и профилактики. Они также используются для создания баз данных, из которых можно извлекать случаи для исследований特定 или конкретных типов травм и заболеваний.

В конце 1980-х годов клиницисты и исследователи использовали девятое издание Международной классификации болезней. Система МКБ является важным международным стандартом, однако даже одиннадцатое издание, выпущенное в 2018 году, не содержит некоторых классификаций, важных для эпидемиологического надзора за спортивными травмами и заболеваниями. Растяжение задней группы бедра и postural гипотензия, связанная с физической нагрузкой, являются двумя примерами. В начале 1990-х годов в Канаде и Австралии были разработаны две альтернативные системы диагностического кодирования специально для спортивной медицины, которые стали наиболее широко используемыми системами в эпидемиологическом надзоре за

спортивными травмами в мире. Эти системы диагностического кодирования — это Sport Medicine Diagnostic Coding System и Orchard Sports Injury Classification System. Обе основаны на начальных кодах для обозначения области тела и дополнительных кодах для обозначения типа повреждения или патологии. Преимущество этих систем кодирования заключается в том, что они менее громоздки в применении, чем коды МКБ, особенно когда встроены в электронные системы с выпадающими меню, использующими категории области тела и типа ткани или патологии.

При сообщении агрегированных данных о травмах рекомендуется использовать категории для областей тела и типов тканей и патологий. Категории областей тела включают голову и шею, верхнюю конечность, туловище, нижнюю конечность и неуточненные области. Категории типов тканей включают мышцы и сухожилия, нервы, кости, хрящи и синовиальную оболочку, связки и суставную капсулу, поверхностные ткани и кожу, сосуды, внутренние органы и неспецифические повреждения. Для заболеваний рекомендуются категории органных систем и регионов, включая сердечно-сосудистую, дерматологическую, стоматологическую, эндокринологическую, желудочно-кишечную, мочеполовую, гематологическую, мышечно-скелетную, неврологическую, офтальмологическую, отоларингологическую, психиатрическую и психологическую, респираторную, терморегуляторную и множественные системы. Категории этиологии заболеваний включают аллергическую, экологическую, связанную с физической нагрузкой, экологическую, не связанную с физической нагрузкой, иммунологическую и воспалительную, инфекционную, неопластическую, метаболическую и нутритивную, тромботическую и геморрагическую, дегенеративную или хроническую, аномалию развития, связанную с лекарствами и позиционированием, множественную и неизвестную.

Эпидемиология неконтактных повреждений передней крестообразной связки в командных видах спорта

Неконтактные повреждения передней крестообразной связки представляют собой особый интерес, поскольку они потенциально предотвратимы с помощью программ нервно-мышечной тренировки. Систематический обзор и метаанализ сорока пяти исследований, охватывающих тринадцать командных видов спорта, показал, что общая доля неконтактных повреждений среди всех разрывов передней крестообразной связки составляет пятьдесят пять процентов. Это означает, что более половины всех разрывов передней крестообразной связки возникают без прямого контакта и, следовательно, могут быть предотвращены. У женщин доля неконтактных повреждений составляет шестьдесят три процента, у мужчин — пятьдесят процентов. Общая частота неконтактных повреждений передней крестообразной связки составляет 0,07 на 1000 игровых часов и 0,05

на 1000 случаев участия. Частота у женщин-спортсменок составляет 0,14 на 1000 игровых часов, у мужчин — 0,05 на 1000 игровых часов, и это различие является статистически значимым. Частота во время соревнований составляет 0,48 на 1000 игровых часов и 0,32 на 1000 случаев участия, тогда как во время тренировок — 0,04 на 1000 игровых часов и 0,02 на 1000 случаев участия, и эти различия также значимы.

При анализе по видам спорта частота неконтактных повреждений передней крестообразной связки составляет 0,06 на 1000 игровых часов в регби-юнион, 0,08 на 1000 игровых часов и 0,05 на 1000 случаев участия в футболе, 0,17 на 1000 игровых часов во флорболе, 0,05 на 1000 случаев участия в баскетболе и 0,06 на 1000 случаев участия в американском футболе. По ряду видов спорта, включая хоккей на траве, австралийский футбол, регби-7, лакросс, волейбол, бейсбол, софтбол и гэльский футбол, данных недостаточно для метаанализа. При анализе по возрастным группам частота у взрослых составляет 0,07 на 1000 игровых часов и 0,08 на 1000 случаев участия, у подростков — 0,19 на 1000 игровых часов и 0,02 на 1000 случаев участия. При анализе по уровню квалификации частота у элитных спортсменов составляет 0,06 на 1000 игровых часов, у спортсменов промежуточного уровня — 0,10 на 1000 игровых часов и 0,10 на 1000 случаев участия, у любителей — 0,13 на 1000 игровых часов и 0,03 на 1000 случаев участия.

Эти данные имеют важные практические implications. Во-первых, они подтверждают, что женский пол является значимым фактором риска неконтактных повреждений передней крестообразной связки в командных видах спорта. Это согласуется с предыдущими исследованиями, которые показали, что женщины в два-девять раз чаще страдают от разрывов передней крестообразной связки по сравнению с мужчинами в том же виде спорта. Во-вторых, они подчеркивают важность соревновательной экспозиции как фактора риска, поскольку частота травм в соревнованиях значительно выше, чем на тренировках. В-третьих, они указывают на необходимость дальнейших исследований в видах спорта, где данных недостаточно, особенно в тех, где оба пола участвуют на высоком уровне.

Половые различия в эпидемиологии травматизма в командных видах спорта

Метаанализ двадцати исследований, включавших спортсменов обоего пола в шести командных видах спорта, показал, что общая частота травм у мужчин выше, чем у женщин: отношение частот составляет 0,86 при доверительном интервале от 0,76 до 0,98. Это означает, что мужчины в целом травмируются чаще. Однако при анализе отдельных локализаций выявляются более сложные закономерности. У мужчин выше частота повреждений верхних конечностей, области тазобедренного сустава и паха, бедра и стопы. В то же время у женщин в 2,15 раза выше частота разрывов передней крестообразной связки. По таким показателям, как травмы на соревнованиях, травмы на тренировках,

тяжелые травмы, сотрясения мозга и растяжения голеностопного сустава, значимых половых различий выявлено не было.

Важно подчеркнуть, что вид спорта выступает модератором половых различий. Например, в футболе и гандболе мужчины травмируются чаще, тогда как в баскетболе и регби половые различия могут быть иными. Это означает, что пол не следует рассматривать как универсальный фактор риска; его влияние необходимо оценивать в контексте конкретного вида спорта. Кроме того, существуют данные о том, что женщины чаще сообщают о незначительных травмах без потери времени, что может отражать различия в готовности сообщать о симптомах, а не в истинной частоте повреждений. Это подчеркивает важность учета поведенческих и культурных факторов при интерпретации эпидемиологических данных.

При анализе по видам спорта общая частота травм у мужчин выше, чем у женщин, в футболе и гандболе, но не в других командных видах спорта. В баскетболе, волейболе и хоккее на траве было доступно только два или менее исследований, что ограничивает обобщаемость результатов. Данные отдельных эпидемиологических исследований сильно зависят от методов надзора и обстоятельств и имеют ограниченную сопоставимость. Методологическая гетерогенность в исследованиях спортивного травматизма и низкая сопоставимость данных были критически обсуждены в литературе.

Видоспецифичность спортивного травматизма

Вид спорта является одним из наиболее мощных факторов, определяющих частоту, локализацию и тип повреждений. Различия между видами спорта обусловлены характером движений, наличием контакта, скоростью, высотой прыжков, резкостью смены направления, плотностью соревновательного календаря и многими другими параметрами. Например, в волейболе общая частота травм составляет от 2,4 до 3,8 на 1000 часов, тогда как в регби она достигает 40,8–45,0 на 1000 часов. Футбол занимает промежуточное положение: от 4,6 до 9,9 на 1000 часов у женщин и от 6,4 до 9,5 у мужчин. В гандболе частота травм на соревнованиях может достигать 110 на 1000 часов, что отражает высокую интенсивность контактной борьбы и резких движений.

Видоспецифичность проявляется не только в частоте, но и в локализации и типе повреждений. В футболе преобладают повреждения задней группы бедра, передней крестообразной связки и голеностопного сустава. В регби высока частота сотрясений мозга, повреждений плечевого сустава и колена. В баскетболе часто встречаются растяжения голеностопного сустава и разрывы передней крестообразной связки. В волейболе характерны тендинопатия надколенника и повреждения голеностопного сустава. В гандболе преобладают повреждения колена и голеностопного сустава. В хоккее на траве и

на льду значительную роль играют повреждения поясницы, задней группы бедра и плеча. Эти различия определяют необходимость разработки видоспецифичных профилактических программ и критериев возвращения в спорт.

Метарегрессионный анализ показал, что тип спорта является значимым модератором для половых различий в частоте повреждений верхних конечностей, туловища и области тазобедренного сустава и паха. Например, в отличие от объединенных данных, в одном исследовании баскетболистов общая частота травм была значительно выше у женщин, чем у мужчин. Кроме того, половые различия отсутствовали в исследованиях регби, тогда как большинство других исследований, включавших футболистов, подтверждали более высокую частоту травм у мужчин. Хотя некоторые командные виды спорта были явно недостаточно представлены в метаанализе, результаты указывают на то, что пол не следует рассматривать как общий фактор риска для общих спортивных травм, а следует рассматривать во взаимодействии с типом спорта. Тем не менее, необходимы дополнительные исследования в видах спорта, отличных от футбола и регби, чтобы укрепить доказательную базу.

Возрастные и квалификационные различия

Возраст и уровень квалификации также влияют на эпидемиологию травматизма. В отношении неконтактных разрывов передней крестообразной связки в командных видах спорта частота у взрослых составляет 0,07 на 1000 игровых часов, тогда как у подростков — 0,19 на 1000 игровых часов. Однако при расчете на случаи участия картина меняется: у взрослых этот показатель выше, чем у подростков. Это может отражать различия в интенсивности и продолжительности участия, а также в уровне физической подготовленности и навыков. Исследования показывают, что дети и подростки могут быть более восприимчивы к травмам из-за более низкого уровня навыков, физических качеств и способности принимать решения. Однако ни одно из включенных исследований не изучало детей.

По уровню квалификации частота неконтактных разрывов передней крестообразной связки составляет 0,06 на 1000 часов у элитных спортсменов, 0,10 у спортсменов промежуточного уровня и 0,13 у любителей. Доля неконтактных повреждений среди всех разрывов передней крестообразной связки также различается: 61 процент у элитных, 55 процентов у промежуточных и 56 процентов у любителей. Эти данные свидетельствуют о том, что уровень квалификации не является линейным фактором риска: любители могут иметь более высокую частоту на час экспозиции, но элитные спортсмены подвергаются более интенсивным и частым нагрузкам, что также повышает риск. В одном исследовании было обнаружено, что спортсмены промежуточного уровня обоего пола чаще страдали от

неконтактных повреждений передней крестообразной связки, чем любители. Однако метарегрессионный анализ показал, что только различие между любителями и спортсменами промежуточного уровня на 1000 случаев участия было значимым.

Соревновательная и тренировочная экспозиция

Одной из наиболее устойчивых закономерностей спортивной эпидемиологии является более высокая частота травм в соревнованиях по сравнению с тренировками. Для неконтактных разрывов передней крестообразной связки частота в соревнованиях составляет 0,48 на 1000 игровых часов, тогда как на тренировках — 0,04 на 1000 игровых часов. Аналогичная закономерность наблюдается и для других типов повреждений. Это объясняется несколькими факторами: более высокой интенсивностью, психологическим стрессом, невозможностью контролировать внешние условия, а также тем, что спортсмены могут скрывать симптомы, чтобы продолжить участие. Тренировочный процесс, напротив, более контролируем, что создает возможности для снижения риска через обучение технике, управление нагрузкой и использование профилактических программ.

Соревновательные условия часто связаны с дополнительными внутренними и внешними стрессорами, и неспособность управлять этими стрессорами может увеличить риск травмы. Тренировочные занятия обычно проводятся в более контролируемой среде, чем соревнования, поэтому должно быть легче снизить частоту неконтактных повреждений на тренировках. Для этого представляется логичным использовать такие стратегии, как обучение технике, оптимизация рабочей нагрузки и программы профилактики травм, основанные на упражнениях. Однако цель тренировки — подготовить спортсменов к физическим требованиям спорта, и снижение частоты травм за счет производительности команды может быть неприемлемо для тренеров. Пока продолжается поиск неуловимой тренировочной «золотой середины» для снижения риска травм при одновременном улучшении производительности, заинтересованные стороны должны рассмотреть анализ затрат и выгод и системные подходы для оценки возможностей и проблем снижения риска травм, поскольку они обычно уникальны для каждого вида спорта и условий.

Механизмы повреждений и профилактический потенциал

Понимание механизмов повреждений имеет решающее значение для профилактики. Неконтактные повреждения передней крестообразной связки часто возникают при приземлении, резкой смене направления или торможении. Контактные повреждения могут быть неизбежны, например при столкновении в единоборстве. Однако даже контактные повреждения можно частично предотвратить, если изменить правила, ограничить опасные действия или обучить спортсменов безопасному выполнению технических приемов. Примером успешной профилактики на основе эпидемиологических данных является

изменение правил в австралийском футболе, которое вдвое снизило частоту повреждений задней крестообразной связки, поскольку было установлено, что большинство таких травм возникает при контакте колена с коленом. Ограничив разбег игроков при вбрасывании, удалось снизить импульс и высоту подъема коленей во время этих единоборств, что привело к снижению частоты повреждений.

Программы профилактики, основанные на упражнениях, наиболее эффективны в отношении неконтактных повреждений. Метаанализы показывают, что такие программы снижают риск неконтактных разрывов передней крестообразной связки в большей степени, чем контактных. Это подчеркивает важность точной регистрации механизма травмы в эпидемиологических исследованиях. К сожалению, многие исследования не сообщают механизм повреждения, что ограничивает возможность оценки предотвратимой доли травматизма. В одном систематическом обзоре почти в четыре раза больше исследований было исключено из-за отсутствия данных о механизме, чем включено в анализ. Кроме того, авторы двадцати двух из сорока шести включенных исследований должны были быть contacted, поскольку данные о неконтактных повреждениях передней крестообразной связки не были доступны в опубликованной рукописи. Это подчеркивает важность сообщения механизма травмы в будущих эпидемиологических исследованиях.

Неконтактные механизмы в большинстве включенных исследований определялись как отсутствие прямого контакта между игроками или между игроком и поверхностью. Однако эти определения были неясны в отношении того, рассматривались ли не прямые контактные механизмы. Непрямой контакт определяется как физический контакт, который не применяется непосредственно к колену, но вносит вклад в причинную цепь событий, приводящих к повреждению передней крестообразной связки. Например, контакт плечом между футболистами, борющимися в воздухе за мяч, может привести к внешнему возмущению центра масс, которое влияет на кинематику приземления колена и приводит к разрыву передней крестообразной связки. До сорока четырех процентов повреждений передней крестообразной связки могут быть обусловлены непрямыми контактными механизмами, и эти повреждения, возможно, можно предотвратить с помощью тщательного планирования упражнений, которые воспроизводят контактные события в спорте, и обучения правильной технике. Включение повреждений передней крестообразной связки, вызванных непрямыми контактными механизмами, вероятно, обеспечило бы более точную оценку частоты и доли повреждений, которые поддаются профилактике с помощью программ упражнений.

Последствия травм и бремя для спортсмена и общества

Травмы опорно-двигательного аппарата имеют серьезные последствия. Разрыв передней крестообразной связки связан с семикратным увеличением риска терминальной стадии остеоартрита, требующей эндопротезирования коленного сустава, а стоимость одной такой травмы может превышать 90 тысяч долларов на один год качественной жизни. Кроме того, травмы сопровождаются психологическими последствиями: страхом повторного повреждения, снижением уверенности, тревогой и депрессией, что может затруднять возвращение в спорт и повышать риск повторной травмы. Бремя травматизма включает не только прямые медицинские расходы, но и потерю игрового времени, снижение производительности команды, финансовые потери клуба и долгосрочные последствия для здоровья спортсмена. В профессиональном футболе команды могут нести пять-шесть травм задней группы бедра в год, что финансово выражается в потере 300 тысяч долларов ежегодного дохода клуба. В профессиональном бейсболе команды несут финансовое бремя в размере 330 тысяч долларов за одну травму задней группы бедра, исходя из средней зарплаты в лиге и 30-дневной потери времени. В австралийском футболе финансовые затраты на одну травму задней группы бедра увеличились на 56 процентов за девять лет, с 25 603 австралийских долларов в 2003 году до 40 021 австралийского доллара в 2012 году, несмотря на небольшую изменчивость в измеримой частоте травм. Это составило увеличение затрат для клуба на 71 процент за девятилетний период. В женском регби-юнионе в Новой Зеландии средняя стоимость травмы задней группы бедра составила 705 ± 49 долларов за случай, что связано с более низкими зарплатами, которые в настоящее время получают женщины-спортсменки.

Игроки-любители мужского пола в футболе, использовавшие программу «11» для профилактики травм, получали меньше травм задней группы бедра и менее тяжелые травмы. Средняя стоимость травмы задней группы бедра на игрока, использовавшего «11» в качестве динамической разминки, была значительно ниже: 742 евро по сравнению с контрольной группой 1271 евро.

Методологические ограничения эпидемиологических исследований

Эпидемиологические исследования спортивного травматизма имеют ряд методологических ограничений, которые необходимо учитывать при интерпретации результатов. Во-первых, существует значительная гетерогенность между исследованиями, что неизбежно в метаанализах эпидемиологических исследований, но не лишает их силы. Исследователи пытаются изучать источники гетерогенности с помощью методов случайных эффектов и анализа подгрупп. Будущие исследования должны изучать потенциальные источники гетерогенности, не исследованные в обзорах.

Во-вторых, предыдущие травмы колена и передней крестообразной связки увеличивают риск последующих повреждений, но подробная информация о медицинской истории не была доступна в большинстве включенных исследований и поэтому не учитывалась. Подгруппировка по индексным и повторным травмам может улучшить обобщаемость результатов. В-третьих, неконтактные механизмы повреждений в большинстве включенных исследований определялись как отсутствие прямого контакта между игроками или между игроком и поверхностью, однако эти определения были неясны в отношении того, рассматривались ли не прямые контактные механизмы. В-четвертых, вероятно, что данные о повреждениях передней крестообразной связки могут не сообщаться в исследованиях, где не было повреждений передней крестообразной связки; эти исследования должны сообщать о нулевых случаях, чтобы предотвратить переоценку размера эффекта. В-пятых, обзор включал только исследования командных игровых видов спорта, и результаты не должны обобщаться на все виды спорта. В-шестых, включение неопубликованных данных может повлиять на валидность и воспроизводимость обзора, поэтому использовались систематические и детальные критерии и процессы для поддержания прозрачности.

Другим ограничением является то, что в почти половине включенных исследований футбол доминировал в метаанализе и сообщаемых результатах. Это может смещать выводы для командных видов спорта в целом и указывает на настоятельную необходимость дальнейших исследований с участием как женщин, так и мужчин в видах спорта, отличных от футбола. Кроме того, гетерогенность некоторых оценок была значительной. Например, для общих травм I^2 составил 73 процента, а для травм на соревнованиях — 80 процентов. Для других исходов травм была выявлена незначительная или умеренная гетерогенность. Хотя ряд модераторов был протестирован на их потенциальное влияние на половые различия, могли быть другие влияющие факторы, не учтенные в метарегрессии из-за отсутствия информации. Например, было показано, что частота травм различается между женщинами и мужчинами-футболистами на разных игровых поверхностях. Также следует отметить, что доля соревновательной экспозиции в общем объеме экспозиции была несколько выше у женщин, чем у мужчин (27 процентов против 23 процентов), что могло повлиять на общую частоту травм.

Практические implications и рекомендации

Полученные эпидемиологические данные имеют важные практические implications для спортивных врачей, тренеров, физиотерапевтов и организаторов соревнований. Во-первых, необходимо признать, что не все травмы preventable. Некоторые травмы, такие как возникающие в результате захвата, могут быть неизбежны. Однако неконтактные травмы,

такие как возникающие при скручивании и повороте в отсутствие внешнего контакта, могут быть более предотвратимы. Программы профилактики, основанные на упражнениях, должны быть направлены в первую очередь на неконтактные механизмы, поскольку они демонстрируют более сильный эффект в снижении риска неконтактных повреждений по сравнению с контактными.

Во-вторых, необходимо учитывать видоспецифичность при разработке профилактических программ. Универсальные программы могут быть менее эффективны, чем программы, адаптированные к конкретному виду спорта и его типичным механизмам повреждений. Например, в футболе программы должны быть сосредоточены на предотвращении повреждений задней группы бедра и передней крестообразной связки, в то время как в регби — на предотвращении сотрясений мозга и повреждений плечевого сустава. В баскетболе и волейболе акцент должен быть на предотвращении растяжений голеностопного сустава и тендинопатии надколенника.

В-третьих, необходимо учитывать половые различия. Женщины-спортсменки имеют значительно более высокий риск разрывов передней крестообразной связки, что требует целенаправленных профилактических стратегий, включающих нервно-мышечную тренировку, укрепление мышц нижних конечностей и обучение правильной технике приземления и смены направления. Мужчины-спортсмены имеют более высокий риск повреждений верхних конечностей, области тазобедренного сустава и паха, бедра и стопы, что также требует специфических профилактических мер.

В-четвертых, необходимо учитывать уровень квалификации и возраст. Хотя элитные спортсмены имеют более низкую частоту травм на час экспозиции, они подвергаются более интенсивным и частым нагрузкам, что повышает общий риск. Любители и спортсмены промежуточного уровня могут иметь более высокую частоту на час экспозиции, что требует особого внимания к профилактике в этих группах. Подростки могут быть более восприимчивы к 某些 типам травм из-за незавершенного физического развития и недостаточного уровня навыков.

В-пятых, необходимо улучшить регистрацию механизмов травм в эпидемиологических исследованиях. Многие исследования не сообщают механизм повреждения, что ограничивает возможность оценки предотвратимой доли травматизма и разработки целенаправленных профилактических программ. Будущие исследования должны следовать консенсусным рекомендациям и сообщать не только величину травматизма, но и механизмы повреждений и их определения.

В-шестых, необходимо учитывать соревновательную и тренировочную экспозицию отдельно. Поскольку частота травм в соревнованиях значительно выше, чем на

тренировках, профилактические программы должны быть адаптированы к условиям соревнований, включая управление стрессом, обучение технике в условиях усталости и моделирование соревновательных ситуаций на тренировках.

Эпидемиология спортивного травматизма является основой для научно обоснованной профилактики и управления рисками. Современные данные свидетельствуют о выраженной видоспецифичности повреждений: частота, локализация и тип травм существенно различаются между видами спорта, что требует дифференцированного подхода к профилактике и реабилитации. Половые различия также не являются универсальными: мужчины в целом травмируются чаще, но женщины имеют значительно более высокий риск разрывов передней крестообразной связки. Возраст, уровень квалификации и тип экспозиции дополнительно модифицируют риск. Соревновательная экспозиция связана с более высоким риском травм по сравнению с тренировочной. Неконтактные повреждения передней крестообразной связки составляют более половины всех разрывов этой связки в командных видах спорта, что указывает на значительный потенциал профилактики. Для дальнейшего прогресса необходимы стандартизированные методы сбора данных, обязательная регистрация механизма повреждения, отдельный учет соревновательной и тренировочной экспозиции, а также более широкое включение спортсменов обоего пола в эпидемиологические исследования. Только на основе качественных эпидемиологических данных можно разрабатывать эффективные программы профилактики, снижать бремя травматизма и обеспечивать безопасность спортсменов на всех уровнях спортивной деятельности.

2.2. Консервативное лечение при повреждении опорно-двигательного аппарата (ОДА): концепция PEACE and LOVE, мышечные повреждения, травмы капсульно-связочного аппарата, тендиниты, стрессовые изменения костной ткани, пубалгии и др.

Консервативное лечение повреждений опорно-двигательного аппарата у спортсменов представляет собой сложный и многогранный процесс, который выходит далеко за рамки простого ограничения нагрузки и применения холода. За последние десятилетия понимание патофизиологии повреждений мягких тканей, костной ткани и суставных структур значительно углубилось, что привело к пересмотру традиционных подходов к реабилитации. Современная концепция консервативного лечения базируется на комплексном биопсихосоциальном подходе, учитывающем не только физические аспекты повреждения, но и психологические, социальные и поведенческие факторы, влияющие на процесс восстановления. Важнейшим сдвигом в парадигме стало понимание того, что

пассивные методы лечения, такие как длительный покой, иммобилизация и агрессивное подавление воспаления, могут оказывать негативное влияние на долгосрочные результаты, тогда как активный подход с ранней контролируемой нагрузкой и образованием пациента демонстрирует превосходные исходы.

Концепция PEACE and LOVE

Традиционные акронимы, направляющие management острых повреждений мягких тканей, прошли эволюцию от ICE к RICE, затем к PRICE и POLICE. Однако все эти подходы фокусировались исключительно на острой фазе, игнорируя подострые и хронические стадии заживления тканей. Современная концепция PEACE and LOVE охватывает весь реабилитационный континуум от немедленной помощи до последующего управления, подчеркивая важность образования пациентов и учета психосоциальных факторов для оптимизации восстановления. Принципиальным отличием нового подхода является отказ от рутинного использования противовоспалительных средств и холода в стандартном управлении повреждениями мягких тканей, поскольку эти методы могут негативно влиять на оптимальное заживление тканей.

Непосредственно после повреждения необходимо руководствоваться принципами PEACE, которые включают защиту, возвышенное положение, отказ от противовоспалительных методов, компрессию и образование. Защита подразумевает разгрузку или ограничение движений в течение одного-трех дней для минимизации кровотечения, предотвращения растяжения поврежденных волокон и снижения риска усугубления повреждения. Однако покой должен быть минимизирован, поскольку длительный покой может компрометировать прочность и качество тканей, а болевые сигналы должны служить ориентиром для прекращения защиты. Возвышенное положение конечности выше уровня сердца способствует оттоку интерстициальной жидкости из тканей, и хотя доказательства его эффективности ограничены, соотношение риска и пользы оценивается как благоприятное.

Отказ от противовоспалительных методов представляет собой наиболее значимое изменение в современной парадигме. Различные фазы воспаления помогают восстанавливать поврежденные мягкие ткани, поэтому ингибирование воспаления с помощью медикаментов может негативно влиять на долгосрочное заживление тканей, особенно при использовании высоких доз. Стандарт лечения повреждений мягких тканей не должен включать противовоспалительные препараты. Также ставится под сомнение использование криотерапии: несмотря на широкое применение среди клиницистов и населения, нет высококачественных доказательств эффективности льда для лечения повреждений мягких тканей. Даже если лед оказывает преимущественно анальгетическое

действие, он потенциально может нарушать воспаление, ангиогенез и ревазуляризацию, задерживать инфильтрацию нейтрофилов и макрофагов, а также увеличивать количество незрелых миофибрилл, что может привести к нарушению восстановления тканей и избыточному синтезу коллагена.

Компрессия с использованием тейпов или бандажей помогает ограничить внутрисуставной отек и тканевое кровоизлияние, и хотя исследования противоречивы, компрессия после растяжения связок голеностопного сустава, по-видимому, уменьшает отек и улучшает качество жизни. Образование пациентов является критически важным компонентом: терапевты должны информировать пациентов о преимуществах активного подхода к восстановлению, поскольку пассивные методы, такие как электротерапия, мануальная терапия или акупунктура, в ранние сроки после повреждения оказывают незначительное влияние на боль и функцию по сравнению с активным подходом и могут быть даже контрпродуктивными в долгосрочной перспективе. Воспитание внешнего локуса контроля или потребности быть «исправленным» может привести к терапийно-зависимому поведению, тогда как лучшее образование о состоянии и управлении нагрузкой поможет избежать избыточного лечения, снизить вероятность ненужных инъекций или операций и уменьшить расходы на здравоохранение. В эпоху высокотехнологичных терапевтических опций необходимо устанавливать реалистичные ожидания относительно сроков восстановления вместо погони за «волшебным лечением».

После того как первые дни прошли, мягкие ткани нуждаются в LOVE, что включает нагрузку, оптимизм, васкуляризацию и упражнения. Нагрузка представляет собой активный подход с движением и упражнениями, который приносит пользу большинству пациентов с мышечно-скелетными расстройствами. Механический стресс должен добавляться рано, и нормальная активность возобновляться, как только симптомы позволяют. Оптимальная нагрузка без обострения боли способствует восстановлению, ремоделированию и построению толерантности тканей и способности сухожилий, мышц и связок через механотрансдукцию. Оптимистичные ожидания пациентов связаны с лучшими исходами и прогнозом, тогда как психологические факторы, такие как катастрофизация, депрессия и страх, могут представлять барьеры для восстановления. Убеждения и эмоции, как полагают, объясняют большую часть вариаций симптомов после растяжения связок голеностопного сустава, чем степень патофизиологии.

Васкуляризация через сердечно-сосудистую активность представляет собой краеугольный камень в управлении мышечно-скелетными повреждениями. Безболезненные аэробные упражнения должны начинаться через несколько дней после повреждения для повышения мотивации и увеличения кровотока к поврежденным структурам. Ранняя мобилизация и

аэробные упражнения улучшают физическую функцию, поддерживают возвращение к работе и снижают потребность в обезболивающих препаратах у лиц с мышечно-скелетными состояниями. Упражнения имеют сильный уровень доказательности для лечения растяжений связок голеностопного сустава и снижения распространенности рецидивирующих повреждений, помогая восстанавливать подвижность, силу и проприоцепцию в ранние сроки после повреждения. Боль должна избегаться для обеспечения оптимального восстановления в подострой фазе, и должна использоваться как ориентир для прогрессии упражнений.

Мышечные повреждения

Мышечные повреждения, особенно повреждения задней группы бедра, являются одними из наиболее распространенных травм в спорте. Частота повреждений задней группы бедра продолжает расти, особенно в футболе, где она увеличивается на 2,3% ежегодно и составляет 12% всех травм в команде. Механизм повреждения задней группы бедра включает комбинацию высоких сил мышечно-сухожильного комплекса, растяжения мышечно-сухожильного комплекса за пределы умеренных длин и высокоскоростных движений. Наиболее распространенным механизмом является высокоскоростной бег, при котором в терминальной фазе маха задняя группа бедра активно растягивается и поглощает энергию для замедления конечности перед контактом стопы с землей. Сила мышц задней группы бедра увеличивается примерно в 1,3 раза при увеличении скорости бега с 80% до 100% от максимальной, а наибольшее растяжение мышечно-сухожильного комплекса приходится на длинную головку двуглавой мышцы бедра, что объясняет, почему эта мышца повреждается наиболее часто.

Клиническое обследование при подозрении на повреждение задней группы бедра включает сбор анамнеза, пальпацию, оценку диапазона движений и тестирование силы. Спортсмены обычно сообщают о внезапном появлении боли в задней области бедра, иногда сопровождаемой слышимым или ощущаемым щелчком, что приводит к немедленному прекращению активности. Боль при пальпации, расположенная ближе к седалищному бугру или имеющая большую общую протяженность, связана с увеличенной продолжительностью реабилитации. Оценка диапазона движений включает тестирование сгибания бедра и разгибания колена для определения гибкости задней группы бедра и толерантности к растяжению мышцы. Тестирование силы обычно проводится при изометрических сокращениях, и спортсменов просят оценить боль по числовой шкале. Поскольку задняя группа бедра является двусторонней, сила сгибания колена и разгибания бедра должна тестироваться как в положении лежа на животе, так и в положении лежа на

спине, идеально с задней группой бедра в растянутом положении, что представляется наиболее полезным для прогноза возвращения в спорт.

Магнитно-резонансная томография может использоваться для подтверждения диагноза повреждения задней группы бедра путем идентификации локализации и степени повреждения тканей. Продолжительное возвращение в спорт после повреждения задней группы бедра может происходить, когда МРТ показывает признаки повреждения тканей по сравнению с отсутствием повреждения или когда проксимальное сухожилие повреждено по сравнению с интактным. Однако дальнейшая детальная классификация или градация повреждения задней группы бедра на основе находок МРТ, по-видимому, предлагает незначительную прогностическую ценность сверх рутинного клинического обследования. Появляющаяся рекомендация заключается в том, что реабилитация повреждения задней группы бедра должна быть более консервативной, когда МРТ выявляет нарушение внутримышечного сухожилия, хотя неясно, действительно ли необходимо задерживать прогрессию эксцентрической нагрузки и интенсивности бега при таких повреждениях.

Реабилитация повреждений задней группы бедра должна начинаться немедленно после подтверждения диагноза и включает прогрессивный бег, эксцентрические упражнения для задней группы бедра, укрепление разгибателей бедра, упражнения на гибкость, прогрессивные упражнения на ловкость и стабильность туловища, а также технические упражнения для бега. Прогрессивное возвращение к высокоскоростному бегу и спринту, вероятно, является наиболее важным аспектом реабилитации, учитывая, что это фундаментально для производительности во многих видах спорта и является общим механизмом повреждения задней группы бедра. Трехэтапный протокол прогрессивного бега включает медленный бег трусцой (примерно 25% от максимальной скорости) с прогрессией до умеренной скорости (примерно 50% от максимальной), затем постепенное продвижение через второй этап и переход к третьему этапу только тогда, когда высокоскоростной бег (примерно 80% от максимальной скорости) может выполняться без боли. Во время третьего этапа прогрессия к максимальному спринту (100% от максимальной скорости) должна происходить относительно небольшими increments (примерно 5%), чтобы учесть существенное увеличение негативной (эксцентрической) работы, требуемой задней группой бедра при интенсивности бега выше 80% от максимальной скорости.

Эксцентрические упражнения для задней группы бедра являются общим реабилитационным вмешательством для подготовки спортсменов к требованиям высокоскоростного бега и устранения дефицитов силы и структуры мышц. Хотя эксцентрическая нагрузка часто рекомендуется, задача практикующего заключается в

знании того, как и когда безопасно вводить такие упражнения, как скандинавское упражнение для задней группы бедра. Эксцентрические упражнения для задней группы бедра часто избегаются в ранних стадиях реабилитации и вводятся только после разрешения боли и дефицитов силы между конечностями при изометрическом сгибании колена. Тем не менее, эксцентрическая нагрузка может безопасно прогрессировать на основе индивидуальной производительности упражнения, независимо от боли и дефицитов силы между конечностями при изометрическом сгибании колена после острого повреждения. Например, субмаксимальное двустороннее эксцентрическое упражнение со слайдером может быть введено в самом начале реабилитации, и когда спортсмены могут выполнять это упражнение через полный диапазон движений, они могут прогрессировать до односторонней вариации и начать скандинавское упражнение.

Укрепление разгибателей бедра должно использоваться для нагрузки задней группы бедра при более длинных длинах мышц. Субмаксимальные упражнения, такие как упражнение «ныряльщик» из протокола Асклинга, могут быть введены в начале реабилитации перед прогрессией до мостиков для задней группы бедра, разгибаний бедра под углом 45 градусов или румынской становой тяги. Помимо задней группы бедра, односуставные разгибатели бедра, такие как большая ягодичная мышца и большая приводящая мышца, должны быть targeted, если клиническое обследование показывает слабость в этих мышцах, поскольку они являются ключевыми contributors к производству горизонтальной силы во время спринтерского ускорения. Эти односуставные мышцы могут быть предпочтительно нагружены по сравнению с поврежденной задней группой бедра во время реабилитации путем выполнения упражнений на разгибание бедра с большими углами сгибания колена. Двусторонние ягодичные мостики с весом тела могут быть введены в начале реабилитации и прогрессированы до односторонних, нагруженных и взрывных вариаций, которые были связаны с увеличенной силой разгибателей бедра и улучшенной спринтерской производительностью у неповрежденных спортсменов.

Упражнения, направленные на улучшение гибкости задней группы бедра, регулярно назначаются во время реабилитации для устранения дефицитов диапазона движений сгибания бедра и разгибания колена, наблюдаемых сразу после повреждения. Однако эти острые дефициты диапазона движений обычно восстанавливаются в течение первых двух недель после повреждения и могут не требовать прямого вмешательства. Тем не менее, упражнения на гибкость задней группы бедра могут потребоваться, если дефициты сохраняются во время реабилитации, поскольку большие дефициты активного диапазона разгибания колена при возвращении в спорт были связаны с увеличенным риском последующего повреждения задней группы бедра. Восстановление активного диапазона

разгибания колена может быть слегка ускорено путем реализации пассивного растяжения задней группы бедра четыре раза в день по сравнению с одним разом в день, начиная через 48 часов после повреждения.

Прогрессивные упражнения на ловкость и стабильность туловища came to prominence после того, как было показано, что они приводят к меньшему количеству повторных повреждений по сравнению с относительно консервативным вмешательством, включающим укрепление задней группы бедра и растяжение. В последующем исследовании время возвращения в спорт и частота повторных повреждений не различались между прогрессивными упражнениями на ловкость и стабильность туловища и вмешательством, подчеркивающим прогрессивный бег и эксцентрическое укрепление. Предполагаемые преимущества упражнений на ловкость и стабильность туловища заключаются в том, что они promote контролируемую раннюю нагрузку через движения во фронтальной плоскости, избегая растяжения задней группы бедра до конечной длины. Также утверждалось, что эти упражнения targeting другие мышцы пояснично-тазовой области, что могло бы уменьшить растяжение, накладываемое на заднюю группу бедра во время высокоскоростного бега. Хотя эти потенциальные преимущества не были непосредственно исследованы, относительный успех в достижении своевременного возвращения в спорт и приемлемых показателей повторных повреждений усиливает эту в остальном теоретическую обоснованность их включения в реабилитацию.

Травмы капсульно-связочного аппарата

Повреждения передней крестообразной связки являются одними из наиболее распространенных ортопедических травм среди спортсменов. Хотя небольшая часть пациентов с изолированными разрывами может вернуться в спорт после завершения неоперативной реабилитационной программы, реконструкция передней крестообразной связки часто рекомендуется для молодых спортсменов, особенно с сопутствующими повреждениями колена или симптоматической нестабильностью колена. Влияние предреабилитации до операции на окончательное возвращение в спорт emerging как важный компонент: предоперационная нервно-мышечная функция является предиктором функции колена и возвращения в спорт. Более высокий максимальный крутящий момент четырехглавой мышцы, меньшее послеоперационное снижение показателей симметрии конечностей при тестах на прыжки, более высокая самооценка функции колена и быстрое общее улучшение исходов возвращения в спорт были зарегистрированы при предреабилитации.

Стандарт послеоперационной физиотерапии передней крестообразной связки включает контроль боли, диапазон движений, укрепление четырехглавой мышцы, опорную нагрузку,

послеоперационное шинирование и динамическую стабилизацию и контроль конечности. Ранний реабилитационный период включает упражнения без опорной нагрузки и пассивный диапазон движений, за которым следует более длительный период постепенного укрепления, направленного на восстановление предтравматической силы, проприоцепции и контроля с progressively более требовательными динамическими движениями. Общий период реабилитации, как ожидается, займет около девяти месяцев, в течение которых пациент должен оцениваться с частыми интервалами лицензированным физиотерапевтом в дополнение к ежедневной программе домашних упражнений. Перед выпиской из реабилитационной программы пациенты должны быть оценены как хирургом, так и физиотерапевтом.

Послеоперационное шинирование является спорным вопросом. Есть доказательства, что шинирование после реконструкции передней крестообразной связки не требуется, и многие хирурги избегают использования шинирования после рутинной реконструкции. Однако нет доказательств того, что шинирование вредно, и некоторые хирурги предпочитают курс послеоперационного шинирования для защиты и помощи в раннем восстановлении разгибания. Если шинирование назначено, оно может быть разблокировано и впоследствии прекращено физиотерапевтом, как только пациент демонстрирует защитный контроль четырехглавой мышцы. Добавление восстановления мениска обычно требует шинирования в течение шести недель.

Восстановление силы четырехглавой мышцы было связано с возвращением к прежнему уровню функции многочисленными исследованиями, и дефициты силы четырехглавой мышцы считаются основным ограничивающим фактором для возвращения в спорт. Эта слабость четырехглавой мышцы напрямую связана с плохими функциональными исходами после реконструкции передней крестообразной связки. Асимметричная сила четырехглавой мышцы связана с измененной механикой прыжков, а дефициты четырехглавой мышцы менее 15% связаны с уменьшенными расстояниями при тестах на прыжки. Изокинетическое тестирование на машине является клиническим стандартом для тестирования силы. Существуют доказательства того, что слабость четырехглавой мышцы может привести к неудаче трансплантата.

Опорная нагрузка при реконструкции передней крестообразной связки не involves осевую нагрузку на сустав, поэтому послеоперационная опорная нагрузка поощряется. Однако полная защитная жесткая шина должна использоваться в качестве меры предосторожности для минимизации повреждений, поскольку пациенты могут страдать от падений и осевой ротационной силы в ранний период опорной нагрузки. Как только контроль конечности достаточен, пациент может переключиться на разблокированную шину с поддержкой

костылей и прогрессировать до полной опорной нагрузки, как только сила четырехглавой мышцы восстановлена. Динамический вальгус колена и внутренняя ротация бедра должны избегаться во время периода опорной нагрузки, поскольку они могут напрягать заживающий трансплантат, что может быть особенно вредным для пациентов с предрасполагающими пателлофemorальными расстройствами. В течение 8-12 недель заживления сухожилия к кости важно минимизировать стресс на заживающий трансплантат для предотвращения соскальзывания трансплантата.

Возвращение в спорт после реконструкции передней крестообразной связки требует комплексной оценки, включающей перцептивные, субъективные, объективные, нервно-мышечные, функциональные, спортивно-специфические и критерии управления нагрузкой. Пациенты могут быть допущены к возвращению в спорт, когда у них полный диапазон движений, нет боли, нет отека и нет выпота. Они также должны иметь удовлетворительный и симметричный проксимальный односторонний динамический контроль и 90% силы четырехглавой мышцы, задней группы бедра и мышц бедра по сравнению с неповрежденной ногой. Решение о возвращении в спорт также зависит от личной готовности пациента, и любые психологические барьеры должны быть устранены перед допуском. Большинство пациентов возвращаются к повседневной активности без ограничений через 9-12 месяцев, и возвращение в спорт ранее девяти месяцев после операции может увеличить вероятность повторного повреждения.

Психологические соображения включают множество вариантов тестовых форм, включая шкалу IKDC, шкалу психологической готовности к возвращению в спорт I-PRRS, шкалу возвращения в спорт после реконструкции передней крестообразной связки ACL-RSI и шкалу кинезиофобии TSK. Шкала ACL-RSI, состоящая из 12 вопросов, оценивающих эмоции, уверенность в производительности и оценку риска, вероятно, является лучшей мерой в отношении возвращения в спорт при повреждении передней крестообразной связки. Спортсмены, набравшие менее 56 баллов, вряд ли вернутся к предтравматическому уровню игры, тогда как те, кто набрал 65 баллов и выше, имеют высокие показатели возвращения к игре, а набравшие 78 баллов и выше возвращаются на предтравматический уровень. Шкала TSK и ее короткая версия TSK-11 были разработаны для оценки связанного с болью страха у пациентов с болью в спине. Оценка TSK выше 37 или TSK-11 17 и выше считаются кинезиофобическими. Пациенты с оценкой TSK 17 и выше при возвращении в спорт в четыре раза чаще имели более низкие уровни активности, в шесть раз чаще имели симметрию силы четырехглавой мышцы менее 90% и в семь раз чаще имели симметрию при тестах на прыжки менее 95%. Если оценка была 19 и выше при возвращении в спорт, они в 13 раз чаще страдали от второго повреждения передней крестообразной связки.

Тендиниты и тендинопатии

Тендинопатии представляют собой распространенную группу состояний, характеризующихся болью и дисфункцией сухожилия, часто возникающих в результате хронической перегрузки. Современное понимание патофизиологии тендинопатии вышло за рамки простого воспалительного процесса, и термин «тендинит» был в значительной степени заменен термином «тендинопатия», отражающим дегенеративные и дезорганизационные изменения в сухожилии. Консервативное лечение тендинопатий базируется на прогрессивной нагрузке, которая стимулирует адаптацию сухожилия через механотрансдукцию. Изометрические упражнения могут использоваться в 特定的 фазах, когда динамические сокращения могут быть противопоказаны, и хотя эффект зависит от анализируемого состояния, изометрические сокращения способны индуцировать гипоалгезию при хронических повреждениях кисти, колена и плеча, в том числе в соревновательный период. Гипоалгезический эффект, однако, вариабелен и не всегда последователен, что может зависеть от анализируемой популяции, свойств тканей, уровня физической активности и профиля модуляции боли субъектов.

Изометрические сокращения при длинных длинах мышц и высоких объемах более эффективны для индукции мышечной гипертрофии, чем при коротких длинах мышц, потенциально из-за большей окклюзии кровотока, скоростей потребления кислорода и накопления метаболитов. Хотя это может не быть эффективной стратегией для прямого улучшения спортивной производительности, изометрическая тренировка показывает наибольшие улучшения при тренируемых углах, что имеет значение для спортсменов, реабилитирующихся после повреждения. Например, у субъектов, перенесших разрыв передней крестообразной связки, дефициты крутящего момента четырехглавой мышцы между конечностями были очевидны при углах менее 40 градусов сгибания колена, в отличие от пикового крутящего момента, что может выявить потенциальную полезность реализации позиционных изометрий в реабилитационной программе для пациентов с дефицитом передней крестообразной связки.

Эксцентрическая нагрузка является ключевым компонентом лечения тендинопатий. Скандинавское упражнение для задней группы бедра показало значительное снижение риска повреждений задней группы бедра, и даже низкий объем тренировки может стимулировать увеличение длины фасцикул и улучшение эксцентрической силы сгибателей колена. Копенгагенское упражнение на приведение обычно назначается из-за его превосходной способности увеличивать эксцентрическую силу приведения бедра, а эксцентрическое упражнение для трехглавой мышцы голени показало увеличение не только максимальной силы, жесткости сухожилия, модуля Юнга и поперечного сечения

сухожилия, но также тыльного сгибания голеностопного сустава и поведения цикла растяжения-укорочения.

Питательная поддержка при тендинопатиях включает коллагеновые пептиды и специфические желатиновые продукты, которые в сочетании с прерывистой программой упражнений могут усиливать синтез коллагена, что может играть благоприятную роль в профилактике повреждений и восстановлении тканей. Исследования показали, что добавление гидролизованного коллагена (около 10 г в день) может увеличить толщину хряща у пациентов с остеоартритом и уменьшить боль в колене у спортсменов. Систематический обзор пришел к выводу, что коллагеновые пептиды и специфические желатиновые продукты имеют сильные доказательства улучшения боли в суставах и функциональности, особенно при дозах 15 г в день. Данные предполагают пользу желатина вместе с витамином С и/или гидролизированным коллагеном, поэтому ожидается, что будущие клинические исследования подтвердят эту рекомендацию в специфических для повреждений условиях.

Стрессовые изменения костной ткани

Стрессовые переломы представляют собой повреждения костной ткани, возникающие в результате повторяющейся нагрузки, превышающей способность кости к адаптации. Витамин D играет критическую роль в метаболизме костной ткани и мышечной функции, и его дефицит широко распространен среди спортсменов. Низкие уровни 25-гидроксивитамина D в сыворотке крови были связаны с увеличенным риском стрессовых переломов в 3,6 раза у финских военнослужащих. Аналогично, недостаточность витамина D приводит к 1,86-кратному риску мышечного растяжения нижних конечностей и 3,86-кратному риску повреждения задней группы бедра у спортсменов Национальной футбольной лиги. Недостаточность витамина D устанавливается при уровне менее 80 нмоль/л, а дефицит — при уровне менее 50 нмоль/л. Было также задокументировано, что добавление 800 МЕ витамина D3 в дополнение к 2 г в день кальция снизило стрессовые переломы у женщин-новобранцев на 20%.

В дополнение к связи с риском повреждения, витамин D может также влиять на восстановление после некоторых типов операций. Было обнаружено, что субъекты с низкими уровнями витамина D имели задержку восстановления силы после операции на передней крестообразной связке. Поскольку низкие уровни связаны с риском повреждения, добавление витамина D спортсменам с низкими концентрациями 25-гидроксивитамина D в сыворотке крови было бы показано в качестве адъювантной стратегии для снижения частоты повреждений. У спортсменов с повреждением спинного мозга были зарегистрированы преимущества перорального добавления витамина D (6000 МЕ в день) в

течение 12 недель для коррекции дефицитов. Несмотря на вышеупомянутые исследования, были найдены противоречивые результаты, которые не позволяют сделать четкий вывод из-за разнообразия в дизайне этих исследований, поэтому необходимы дополнительные исследования с solid интервенционными дизайнами для оценки добавления витамина D в процессе восстановления после спортивной травмы.

Пубалгия

Пубалгия, или спортивная грыжа, представляет собой состояние, характеризующееся болью в паховой области, которая нарушает спортивную производительность. Пубалгия распространена среди мужчин и футболистов, и может быть вызвана острой травмой или хронической перегрузкой. Учитывая многофакторный этиопатогенез, подход к управлению пубалгией является сложной задачей. Управление пубалгией включает программы физиотерапии, фармакологические treatments и хирургическое вмешательство. Пубалгия негативно влияет на производительность спортсмена, вызывая продолжительное отсутствие или даже преждевременное завершение спортивной карьеры.

Консервативное лечение пубалгии должно рассматриваться до того, как будет указано хирургическое вмешательство. Время возвращения в спорт при консервативном лечении варьирует от 9,14 недель до 18,5 недель, а процент спортсменов, способных вернуться в спорт, колеблется от 14% до 100%. Четыре исследования сообщили критерии для выписки. Данные относительно консервативного управления показывают, что эти спортсмены возвращаются в спорт на три недели позже, чем те, кто перенес операцию. Однако исследования консервативного управления более артикулированы и включают больше и лучше валидированных measures исходов.

Наиболее распространенной формой операции является тотальная эндоскопическая экстраперитонеальная пластика спортивной грыжи. В исследованиях, где эта процедура выполнялась, спортсмены возвращались в спорт в среднем через 12 недель. Другие хирургические процедуры приводили к возвращению в спорт через шесть-двенадцать недель. Время от начала симптомов до операции варьировало от шести недель до шести месяцев. Тот факт, что пациенты с короткой продолжительностью симптомов перенесли операцию, мог быть фактором, способствующим их быстрому возвращению в спорт, в среднем через 4,3 недели. Эти спортсмены, вероятно, перенесли менее инвазивную или менее обширную операцию. В любом случае, рекомендуется, чтобы консервативное лечение было испробовано до того, как будет рекомендована операция, хотя неясно, как долго консервативное управление должно осуществляться.

Частота возвращения в спорт у спортсменов, перенесших операцию, составляла от 90% до 100%, в то время как при консервативном управлении она колебалась от 14% до 100%,

показывая большие различия в показателях возвращения в спорт между различными режимами консервативного управления. Исследования продемонстрировали, как важна терапия упражнениями для увеличения показателя возвращения в спорт. Активное лечение обеспечивает более быстрое возвращение в спорт, а активная реабилитационная тренировка приводит к более высокому показателю возвращения в спорт и уменьшению боли, связанной со спортивной грыжей.

Явные критерии для допуска индивидуума к возвращению в спорт были описаны в пяти исследованиях, все из которых сообщали результаты консервативного управления. За исключением двух исследований, все использовали различные критерии для возвращения в спорт. Функциональные тесты, такие как тесты на прыжки и тест звездного эксцентрического баланса, должны быть частью процесса оценки. Однако нормативные значения неясны, и спортсмены могут показывать хорошие результаты, но при этом иметь симптомы. Возможно, что функциональные тесты в этой области не engaging соответствующие мышцы, вовлеченные в пубалгию. Добавление клинических тестов должно выполняться для мониторинга готовности спортсмена к возвращению в спорт. Отсутствие боли при таких тестах, как копенгагенский тест сжатия пяти секунд, тест FADIR, тест FABER, абдоминальный тест и отсутствие боли при пальпации, должно, например, рассматриваться. Только два исследования использовали клинический тест (тест сжатия). Спортсмены с пубалгией часто демонстрируют сниженную подвижность и силу в тазобедренном суставе. При допуске к возвращению в спорт разница в диапазоне движений тазобедренного сустава должна быть менее пяти градусов, различия в мышечной силе не должны превышать 10-15%, а соотношение между агонистической и антагонистической контракцией должно быть выше 80%. Соотношение между приводящими и отводящими мышцами ниже 80% связано с 17-кратным увеличением риска травмы приводящих мышц.

Психосоциальные факторы в реабилитации

Психосоциальные факторы играют критическую роль в исходах реабилитации после спортивных травм. Исследования показывают, что психосоциальные факторы, включая то, как спортсмен думает, чувствует и действует, связаны с исходами его реабилитации. Психологическая готовность спортсмена к возвращению в игру представляется продуктом страха, тревоги, уверенности в хорошей производительности и отсутствии повреждений. Быть женщиной, молодой возраст, ограниченный опыт повреждений, негативные эмоции и восприятие изоляции являются факторами, связанными с менее успешными исходами реабилитации. Наше текущее понимание успешной реабилитации является чрезмерно упрощенным и связано со многими биопсихосоциальными, техническими и тактическими факторами.

Три основные темы emerge из исследований: эмоции, связанные с исходами реабилитации, познания, связанные с исходами реабилитации, и поведение, связанное с исходами реабилитации. Связанные с повреждением страха, тревога и уверенность были связаны с исходами реабилитации. Существует гендерная, возрастная и связанная с повреждением предвзятость в reviewed литературе. Практикующие должны осознавать, что травмированные спортсмены эмоционально уязвимы и что их эмоциональная целостность может быть questionable во время реабилитационного процесса. Практикующие должны обеспечить, чтобы травмированные спортсмены были физически, психологически, социально, тактически и технически готовы вернуться в спорт. Практикующие не должны предполагать, что физическое и психосоциальное восстановление после повреждения происходит в одни и те же сроки.

Страх повторного повреждения является одним из наиболее распространенных эмоциональных факторов, связанных с исходами реабилитации после тяжелой травмы. В количественных исследованиях страх рассматривается как единый конструкт, однако доказательства показывают, что травмированные спортсмены испытывают множество тревог и страхов во время реабилитации, которые проявляются в двух формах: связанные с повторным повреждением и связанные с производительностью. Это открытие важно для информирования любого вмешательства, используемого во время реабилитации травмированных спортсменов. Восстановление самоуверенности было ключевым подмножеством, emerge из исследований. Уверенность в себе происходит из двух элементов: уверенности в месте повреждения и уверенности в производительности. Уверенность может оказывать moderating эффект на эмоцию страха, поскольку обе определяются связанными с повреждением и производительностью inputs. Развитие уверенности как в поврежденной части тела, так и в способности выполнять на удовлетворительном уровне может действовать как «буфер» от связанной с повреждением тревоги и страха.

Переживание невзгод имеет потенциал приносить положительные результаты, хотя важно отметить, что связанный со стрессом рост не неизбежен. Статьи, reviewed в исследованиях, показали, что способность воспринимать реабилитацию после спортивной травмы как возможность для развития и роста была связана с более положительными исходами реабилитации. Восприятие опыта, связанного с повреждением, как положительного может способствовать возвращению в спорт, позволять более целостное восстановление и развивать устойчивость в преодолении невзгод. Предыдущие исследования показали различные формы роста, которые могут происходить через повреждение: личностный, психологический, социальный и физический. Это предполагает, что практикующие должны

поощрять спортсменов размышлять об опыте повреждения как о возможности для роста, чтобы способствовать положительным исходам реабилитации.

Эмоциональная целостность emerge как важное подмножество. Эмоциональная целостность относится к сознательному решению спортсмена либо скрывать, либо раскрывать ложные связанные с повреждением эмоции. Исследования показали, что это была обычная практика, усугубляющая восприятие изоляции и препятствующая психологическим исходам реабилитации. Эмоциональная целостность или ее отсутствие у некоторых травмированных спортсменов может иметь profound эффект на способность собирать точные данные. Если существует высокая частота отсутствия эмоциональной целостности, это может оспорить валидность некоторых уже опубликованных исследований и бросает вызов исследователям разрабатывать методологии для преодоления этой проблемы. Как исследователи, так и практикующие должны дать травмированным спортсменам возможность использовать нетрадиционные формы коммуникации, такие как блоги и дневники.

Питательные стратегии в реабилитации

Питательные стратегии играют важную роль в качестве не pharmacological стратегий во время различных стадий воспаления и заживления мышечно-скелетных повреждений у спортсмена. Спортивные травмы представляют собой крупные экономические расходы с более чем 9 миллиардами долларов, ежегодно расходуемыми на восстановление и реабилитацию молодых взрослых спортсменов. Питательные стратегии были показаны эффективными в оптимизации управления воспалением, связанным с повреждением окислительным стрессом и, в целом, процессом восстановления мышечно-скелетных тканей. В целом, результаты исследований согласны с важностью мониторинга доступности энергии и потребления диетического белка, поскольку они играют фундаментальную роль в процессе восстановления во время спортивной травмы. Тем не менее, в свете текущих доказательств невозможно сделать окончательные выводы и рекомендовать добавление других нутриентов, таких как коллаген, омега-3 жирные кислоты, креатин, витамин D, HMB, глюкозамин, пробиотики и другие микронутриенты, учитывая небольшое количество контролируемых клинических испытаний.

Доступность энергии определяется как количество энергии, доступной для поддержания метаболической функции после вычитания энергетических затрат на упражнения из потребления энергии. Оценка доступности энергии используется в качестве диагностического инструмента для управления относительным энергетическим дефицитом в спорте и выражается как доступность энергии равна потреблению энергии минус энергетические затраты на упражнения, деленные на свободную от жира массу.

Существуют доказательства, что для здоровой физиологической функции у спортсменов, engaged в подготовительной или соревновательной деятельности, доступность энергии должна составлять примерно 45 ккал/кг свободной от жира массы в день. Недостаточное потребление энергии может вызвать доступность энергии ниже предыдущего рекомендованного значения, что известно как низкая доступность энергии. Это может серьезно компрометировать функции организма, необходимые для поддержания оптимального здоровья и физической производительности. Фактически, нарушения здоровья могут возникнуть после всего лишь пяти дней низкой доступности энергии у женщин. Большинство статей, включенных в этот интегративный обзор, согласны с этой рекомендацией для спортивных практикующих: избегать значений доступности энергии ниже 30 ккал/кг свободной от жира массы в день. Низкая доступность энергии может вызвать сильные нарушения в эндокринной системе, которые охватывают нарушение гипоталамо-гипофизарно-гонадной оси, щитовидной железы, регулирующих аппетит и половых гормонов, снижение инсулина и инсулиноподобного фактора роста 1, увеличение резистентности к гормону роста и повышение кортизола. Кроме того, были зарегистрированы profound нарушения костного здоровья, метаболического профиля и сердечно-сосудистой, желудочно-кишечной, иммунной и психологической функции в дополнение к расстройствам пищевого поведения и снижению спортивной производительности.

Потеря мышечной массы во время иммобилизации оценивается примерно в 0,5-0,6% в день. Этот worrisome loss мышечной массы сопровождается еще большей потерей силы. В результате могут возникать не только структурная атрофия мышц, но и нервно-мышечная дегенерация. Периоды иммобилизации также связаны с потерей минеральной плотности костной ткани в большинстве частей тела, что увеличивает риск переломов, особенно у пожилых или у субъектов, которые из-за питательных дефицитов и высоких нагрузок генерируют значительную костную деминерализацию. Кроме того, сердечно-сосудистая и кардиореспираторная системы в значительной степени affected этим состоянием иммобилизации. Была зарегистрирована ежедневная потеря 0,99% и 1,6% в максимальном потреблении кислорода и сердечном выбросе соответственно после всего лишь двух недель постельного режима. Продольное исследование Dallas Bedrest and Training показало, что максимальное потребление кислорода снизилось больше после трех недель постельного режима, чем за 30 лет старения.

В отношении потери мышечной массы известно, что чистый белковый баланс представляет собой разницу между синтезом мышечного белка и распадом мышечного белка. Следовательно, распад мышечного белка, превышающий синтез, вызовет снижение

мышечной массы, особенно если присутствует низкая доступность энергии. Различные исследования показали, что в первые дни повреждения распад мышечного белка временно повышен. Это временное увеличение может быть причиной высокой потери мышечной массы, которая происходит в первые дни после повреждения. Однако в настоящее время считается, что связанное с энергией снижение синтеза мышечного белка является основной причиной атрофии мышц от *disuse*, наблюдаемой в течение периодов более двух недель. Другим фактором, способствующим потере мышечной массы во время периода иммобилизации, является ранее упомянутая анаболическая резистентность, которая определяется как неспособность анаболического стимула стимулировать синтез мышечного белка, вызванная старением, периодами неактивности или во время критических заболеваний. В этом отношении было показано, что синтез мышечного белка в ответ на потребление 20 г белка был примерно на 31% ниже после иммобилизации, что указывает на снижение чувствительности тканей к аминокислотам.

Учитывая все вышесказанное, фундаментальным нутриентом для восстановления после повреждения у спортсменов является диетический белок. Неадекватное потребление белка приведет к увеличенной потере мышечной массы, снижению восстановления тканей и заживления, воспалению и нарушению заживления, все из которых являются зависимыми от синтеза мышечного белка процессами. В то же время анаболическая резистентность, продуцируемая во время процесса иммобилизации, генерирует увеличение потребностей в этом макронутриенте. Исследования *in vitro* продемонстрировали действие аминокислот на динамику сателлитных клеток, показывая, что добавление белка, по-видимому, ускоряет ответы сателлитных клеток после острого мышечного повреждения. Это может быть важно в процессах ремоделирования мышц и восстановления после повреждения. С другой стороны, исследования на людях предполагают, что диетический белок может оказывать важное влияние на активность сателлитных клеток после упражнений у нетренированных людей, где существует большее мышечное повреждение после упражнений. Дополнительно, в качестве защитной меры было показано, что включение потребления белка перед сном может быть другой стратегией для улучшения сохранения мышечной массы во время периодов повреждения, как было показано в исследованиях с энергетическим ограничением.

Относительно потребления белка существуют три фундаментальных фактора: количество, качество белка (источник) и время и частота потребления, все с учетом общего потребления энергии индивидуумом. В программах питания с энергетическим ограничением было замечено, что более высокое потребление белка приводит к меньшей потере мышечной массы. Например, в двухнедельном исследовании участники были подвергнуты 40%

энергетическому ограничению и разделены на две группы: одна группа получала 1 г белка на кг в день, в то время как другая получала 2,3 г/кг в день. Субъекты в группе, потреблявшей меньше белка, сообщили о потере мышечной массы 1,6 кг по сравнению с 0,3 кг в группе, потреблявшей более высокобелковую диету. Большинство reviewed статей в этом интегративном обзоре рекомендуют высокобелковую диету (от 1,6 до 3 г/кг в день) с 20-30 г богатого лейцином белка (примерно 3 г) на прием пищи в течение дня, включая потребление перед сном. Эта дозировка на прием пищи (0,3 г белка на кг на прием пищи) была показана эффективной для увеличения синтеза мышечного белка у молодых и пожилых взрослых. Необходимо отметить, что равномерное распределение белков в течение 24-часового периода более благоприятно, чем когда количества распределены неравномерно. Действительно, было показано, что гомогенное распределение потребления белка увеличивает синтез мышечного белка более чем на 25% по сравнению с распределением, где белок в основном сконцентрирован в вечернем приеме пищи. Основываясь на этом физиологическом ответе, представляется, что травмированный спортсмен также выиграет от употребления 4-6 белковых приемов пищи в течение дня для предотвращения потери мышечной массы.

Креатин моногидрат является наиболее широко изученной и безопасной питательной добавкой, особенно в форме креатина моногидрата. Его введение приводит к увеличению общего мышечно-скелетного пула креатина примерно на 25% (до примерно 37%, если сопровождается физическими упражнениями), что благоприятствует времени восстановления спортсмена и улучшает спортивную производительность. Было предложено, что увеличение мышечного креатина после добавления креатина моногидрата может оптимизировать функцию системы креатинкиназа/фосфокреатин и, следовательно, благоприятствовать зависящим от энергии и механики процессам в различных тканях. Потенциальные эффекты потребления креатина моногидрата в качестве терапевтического питательного агента при клинических состояниях были предложены для некоторых хронических и травматических заболеваний, включая острые повреждения, повреждение спинного мозга, послеоперационное ортопедическое восстановление, мышечную дистрофию, иммобилизацию и атрофию из-за мышечного заболевания. Периоды экстремальной неактивности, такие как периоды иммобилизации, показали не только потерю мышечной массы и силы, но также 24% снижение запасов мышечного креатина. Следовательно, поддержание или увеличение уровней мышечного креатина во время периодов неактивности или восстановления после повреждения может предложить преимущества. Несколько исследований оценили потенциальные эффекты добавления креатина моногидрата во время периодов иммобилизации, выявив: поддержание мышечной

массы или площади поперечного сечения, мышечной силы и выносливости; поддержание или увеличение общей концентрации мышечного креатина; поддержание концентрации GLUT-4; увеличение мышечного гликогена; и увеличение экспрессии факторов роста (IGF-1) и миогенных регуляторных факторов. Однако трудно сделать окончательные выводы из-за гетерогенности в дизайнах исследований. В частности, представляется, что добавление креатина моногидрата может быть эффективным не в течение коротких, а в течение более длительных периодов времени, хотя общее влияние на снижение потери мышц остается inconclusive. Рандомизированное контролируемое клиническое исследование пришло к выводу, что добавление креатина моногидрата (20 г в течение 5 дней, затем 5 г в течение остальной части исследования) в сочетании с терапевтической стратегией эффективно поддерживает реабилитацию тендинопатии от перегрузки у подростков-пловцов. Недавний систематический обзор, оценивший пред- и послеоперационное питание для сохранения мышечной массы, силы и функциональности, также пришел к выводу, что добавление креатина моногидрата заслуживает рассмотрения в общей популяции. Соглашаясь с совокупным объемом доказательств, reviewed в этом систематическом интегративном обзоре, мы придерживаемся этой рекомендации, учитывая очень хороший профиль безопасности креатина моногидрата в дозах 0,1 г/кг в день. Тем не менее, немногочисленные клинические исследования эффектов креатина моногидрата в элитной спортивной популяции оправдывают дополнительные исследования.

Омега-3 жирные кислоты, особенно эйкозапентаеновая кислота и докозагексаеновая кислота, были показаны для снижения концентраций некоторых воспалительных маркеров, интенсивности боли и использования нестероидных противовоспалительных препаратов при некоторых воспалительных заболеваниях. Более того, другие молекулы, производные как от эйкозапентаеновой кислоты (например, резольвины E), так и от докозагексаеновой кислоты (например, резольвины D, марезины и протектины), были показаны для индукции разрешения воспаления. Наконец, эти молекулы, а также эйкозапентаеновая и докозагексаеновая кислоты, как известно, прямо или косвенно влияют на факторы транскрипции, которые регулируют экспрессию генов, кодирующих воспалительные белки. Клинические испытания роли омега-3 жирных кислот в спортивно-индуцированном воспалении были сосредоточены в первую очередь на вызванном упражнениями мышечном повреждении и его соответствующих последствиях. Однако доказательства не согласуются и не позволяют извлечь четкие рекомендации относительно количеств и сроков из-за противоречивых результатов и методологических ограничений. В отношении их роли в спортивных травмах большинство исследований было сосредоточено на травматическом повреждении мозга и предполагает, что докозагексаеновая кислота может иметь

положительные эффекты. С другой стороны, было описано, что острое воспаление, генерируемое мышечным повреждением, является необходимой физиологической реакцией, и, следовательно, его снижение или блокирование компрометирует процесс восстановления и регенерации мышечной ткани. В результате было предложено, что высокое потребление эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот может иметь негативные эффекты в первые дни после повреждения. Учитывая отсутствие четких доказательств для установления руководящих принципов потребления этих жирных кислот у спортсменов, когда цель состоит в том, чтобы предотвратить или помочь в лечении мышечного повреждения, считается более благоразумным рекомендовать, чтобы диета спортсмена имела низкое соотношение омега-6/омега-3.

Консервативное лечение повреждений опорно-двигательного аппарата у спортсменов представляет собой комплексный, многофазный процесс, основанный на современных научных доказательствах и учитывающий биопсихосоциальную природу восстановления. Концепция PEACE and LOVE обеспечивает framework для управления повреждениями мягких тканей от острой фазы до полного восстановления, подчеркивая важность активного подхода, образования пациентов и учета психосоциальных факторов. Реабилитация мышечных повреждений, особенно задней группы бедра, требует прогрессивной нагрузки, включающей эксцентрические упражнения, высокоскоростной бег и укрепление разгибателей бедра. Травмы капсульно-связочного аппарата, такие как повреждения передней крестообразной связки, требуют структурированной программы реабилитации продолжительностью не менее девяти месяцев с акцентом на восстановление силы четырехглавой мышцы, проприоцепции и динамического контроля. Тендинопатии лечатся прогрессивной нагрузкой, изометрическими и эксцентрическими упражнениями, а также потенциально коллагеновыми добавками. Стрессовые изменения костной ткани требуют оптимизации уровней витамина D и кальция. Пубалгия требует консервативного подхода до рассмотрения хирургического вмешательства, с акцентом на активную реабилитацию и функциональные критерии возвращения в спорт. Психосоциальные факторы, включая страх повторного повреждения, уверенность в себе и эмоциональную целостность, играют критическую роль в исходах реабилитации и должны быть addressed как часть комплексной программы восстановления. Питательные стратегии, включающие адекватное потребление энергии, высокобелковую диету и потенциально креатин моногидрат, омега-3 жирные кислоты и коллаген, могут поддерживать процесс восстановления. Возвращение в спорт должно быть основано на комплексной критериально-ориентированной оценке, учитывающей физические, функциональные, психологические и спортивно-специфические факторы, а не только время, прошедшее с момента повреждения.

PEACE AND LOVE

Наиболее актуальная концепция лечения мягких тканей
в профессиональном спорте [Dubois, Esculier, 2020]



ЭВОЛЮЦИЯ КОНЦЕПЦИИ



КОГДА ПРИМЕНЯЕТСЯ КОНЦЕПЦИЯ PEACE AND LOVE?

С первых минут после получения травмы мягких тканей до возобновления тренировок без ограничений.

P – PROTECTION (ЗАЩИТА)

(использование костылей, брейсов, ортезов для снижения осевой нагрузки и защиты)

Этот период должен длиться не более трех суток, в течение которых будет минимизирован риск усугубления травмы. В то же время, чрезмерно длительный покой может оказывать негативное влияние на прочностные характеристики капсульно-связочного аппарата и различных отделов мышц.

E – ELEVATION (ВОЗВЫШЕННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ)

Первые три дня по 3–4 раза по 60–90 минут выше уровня сердца.

A – AVOID (ИСКЛЮЧЕНИЕ)

- Нет необходимости использовать в стандартных ситуациях нестероидные противовоспалительные средства.
- Нет необходимости использовать локальную криотерапию после шести часов после получения травмы.

C – COMPRESSION (КОМПРЕССИЯ)

Первые 3–5 дней. Бинтование эластичными бинтами и использование компрессионного трикотажа.

E – EDUCATION (ОБРАЗОВАНИЕ)

Является принципиально новым пунктом и в нем отражается важность информирования пациентов врачами и реабилитологами о преимуществах активного подхода к процессу реабилитации.

L – LOAD (НАГРУЗКА)

Необходимость использования у большинства пациентов активного подхода в отношении своевременного возобновления механического воздействия на поврежденную область.

O – OPTIMISM (ОПТИМИЗМ)

Внимание врачей и реабилитологов акцентируется на необходимости формирования у пациентов оптимистичных ожиданий в отношении результата и прогноза, связанных с процессом восстановления.

V – VASCULARIZATION (ВАСКУЛЯРИЗАЦИЯ)

Акцент должен делаться на поддержании активности работы сердечно-сосудистой системы при лечении травм скелетно-мышечной системы.

E – EXERCISE (УПРАЖНЕНИЯ)

С самого раннего этапа реабилитации в нее необходимо включать упражнения, выполняемые в безболевого диапазоне в первые дни после получения травмы и в соответствии с принципом «до боли» на более поздних этапах.



ВАЖНО ПОМНИТЬ:

Реализация концепции PEACE and LOVE в указанных объемах возможна только при исключении острой патологии костной ткани!

При любом повреждении капсульно-связочного аппарата гипсовая иммобилизация не используется!

2.3. Особенности оперативного лечения повреждений ОДА у спортсменов высокого уровня: показания к оперативным вмешательствам, виды вмешательств, отдалённые результаты

Хирургическое лечение повреждений опорно-двигательного аппарата у спортсменов высокого уровня представляет собой отдельную область спортивной медицины, требующую учета множества факторов, выходящих за рамки стандартной клинической практики. В отличие от общей популяции пациентов, для элитных спортсменов критически важны не только восстановление функции и купирование болевого синдрома, но и сроки возвращения в спорт, способность вернуться к прежнему уровню соревновательной нагрузки и минимизация риска рецидива. Существует фундаментальное различие между общей ортопедической хирургией и хирургией спортивных повреждений у элитных атлетов: в первом случае целью является восстановление повседневной функции, во втором — восстановление способности переносить экстремальные физические нагрузки, характерные для профессионального спорта. Именно это различие определяет как показания к операции, так и выбор хирургической техники и критерии возвращения в спорт.

Показания к оперативным вмешательствам у элитных спортсменов

Показания к хирургическому лечению у спортсменов высокого уровня определяются несколькими ключевыми факторами, которые необходимо рассматривать в совокупности, а не изолированно. Первым и наиболее значимым фактором является неэффективность консервативного лечения. При большинстве повреждений опорно-двигательного аппарата у атлетов исходно применяются консервативные методы, включающие структурированные программы физиотерапии, эксцентрические и концентрические упражнения, тренировки на стабильность и контроль движения. Однако если после адекватного курса консервативной терапии симптомы сохраняются и препятствуют спортивной деятельности, хирургическое вмешательство становится обоснованным. В частности, при динамической лобковой остеопатии, характеризующейся хронической локализованной болью в области прикрепления длинной приводящей мышцы к лобковой кости, операция рассматривается у тех спортсменов, у которых сохраняются симптомы, несмотря на структурированное неоперативное лечение, включающее работу над гибкостью и модификацию тренировочной нагрузки.

При пабалгии, или спортивной грыже, рекомендуется, чтобы консервативное лечение было испробовано до того, как будет предложена операция, хотя продолжительность консервативного лечения до констатации его неэффективности остается неопределенной. Ожидается, что консервативная терапия должна улучшить симптомы в течение четырех-шести недель при структурированной реабилитации, а возвращение в спорт прогнозируется

в течение восьми-двенадцати недель при условии достижения функциональных результатов. Хирургическое вмешательство рекомендуется, когда консервативное лечение оказывается неэффективным или когда визуализация выявляет болезненную структурную патологию, требующую восстановления. Операция должна рассматриваться после двух-трех месяцев безуспешного консервативного лечения, когда визуализация выявляет повреждение четвертой-пятой степени. У спортсменов, выступающих в соревновательном сезоне, операция может рассматриваться в тех случаях, когда спортсмен не может продолжать выступления, несмотря на неоперативные меры.

Вторым важным фактором является характер и локализация повреждения. При разрывах проксимального сухожилия подколенной мышцы показания к операции определяются локализацией и тяжестью разрыва. При полных разрывах и отрывах с формированием значительного дефекта консервативное лечение не позволяет восстановить полноценную функцию, и хирургическое восстановление становится методом выбора. Хирургическое восстановление приводит к возвращению в спорт в 95,6% случаев со сроками от трех до семи месяцев. При повреждениях передней крестообразной связки показания к реконструкции у элитных спортсменов практически безальтернативны, поскольку нестабильность коленного сустава делает невозможным участие в видах спорта с прыжками, резкими остановками и сменой направления. Реконструкция передней крестообразной связки позволяет достичь возвращения в спорт у 69% спортсменок в общей популяции и у 79% элитных спортсменок.

Третий фактор — это требования конкретного вида спорта. Виды спорта с высокой нагрузкой на определенные анатомические структуры предъявляют повышенные требования к хирургическому восстановлению. В футболе, где преобладают спортсмены с пабалгией, требуется восстановление структур, участвующих в беге, ударах по мячу и резких изменениях направления. В баскетболе и гандболе преобладают повреждения передней крестообразной связки, требующие реконструкции связки для восстановления стабильности коленного сустава при прыжках и приземлениях. В хоккее на льду высокие требования предъявляются к стабильности тазобедренного сустава и мышц-приводящих бедра.

Виды оперативных вмешательств

Спектр хирургических вмешательств при повреждениях опорно-двигательного аппарата у элитных спортсменов включает несколько основных категорий, каждая из которых имеет свои технические особенности и показания.

При пабалгии и спортивной грыже применяются два основных подхода: восстановление прямой мышцы живота и укрепление задней стенки с использованием сетки. Обе

процедуры демонстрируют сходные результаты с показателями успеха в диапазоне от 70% до 90%. Частота успеха составляет от 76% до 96% для восстановления прямой мышцы живота и от 72% до 98% для укрепления задней стенки с сеткой. У тщательно отобранных пациентов укрепление сеткой приводит к более раннему возвращению в спорт. Однако отсутствие стандартизации клинических исходов затрудняет определение того, какая процедура действительно превосходит другую.

При хронической тендинопатии длинной приводящей мышцы применяется тенотомия приводящей мышцы. У профессиональных футболистов, перенесших двустороннюю открытую тенотомию длинной приводящей мышцы, медианное время возвращения к неограниченной соревновательной игре составляет 87 дней (межквартильный диапазон от 62 до 128 дней), при этом 98% спортсменов возвращаются к своему предтравматическому соревновательному уровню. Возраст не связан со временем возвращения в спорт. Серьезных осложнений не наблюдается, и только 2% спортсменов требуется повторная операция. Тенотомия длинной приводящей мышцы обеспечивает хорошее симптоматическое и функциональное улучшение при хронической боли в области приводящих мышц, рефрактерной к консервативному лечению.

Эндоскопическая полностью экстраперитонеальная техника с релизом и укреплением представляет собой усовершенствованный метод лечения спортивной грыжи и пабалгии. Техника включает эндоскопический экстраперитонеальный доступ, тщательный релиз спаек лобкового комплекса и воспаленной паховой связки, ответственных за невральную компрессию, с последующим предбрюшинным укреплением сеткой средней массы. При использовании данной техники 98,5% спортсменов возвращаются в спорт после завершения программы реабилитации и остаются активными в течение периода наблюдения от шести месяцев до девяти лет. Большинство возобновляют полную активность в течение восьми недель, и почти все — в течение двенадцати недель. Рецидивов не наблюдается.

При разрывах проксимального сухожилия подколенной мышцы применяется хирургическое восстановление, которое у элитных спортсменов демонстрирует превосходные результаты. Элитные спортсмены имеют общую частоту возвращения в спорт 95,6% со сроками от трех до семи месяцев и возвращением к предтравматическому уровню в 90-98,4% случаев. Для сравнения, у неэлитных спортсменов частота возвращения в спорт составляет 64,8%. Общая частота осложнений у элитных спортсменов составляет 11,6%, причем неврологические симптомы являются наиболее распространенным осложнением с частотой 2,9%.

При повреждениях передней крестообразной связки у элитных спортсменов применяется реконструкция связки, которая остается стандартом лечения. Современные подходы к послеоперационной реабилитации предполагают использование критериально-ориентированных программ, где прогрессия определяется достижением объективных показателей, а не просто временем, прошедшим с момента операции. Ключевыми критериями являются сила нижних конечностей не менее 90% индекса симметрии конечностей, прохождение оценок психологической готовности и достижение показателей производительности, таких как скорость бега и метрики прыжков.

Отдаленные результаты и возвращение в спорт

Отдаленные результаты хирургического лечения повреждений опорно-двигательного аппарата у элитных спортсменов оцениваются по нескольким ключевым параметрам: частота возвращения в спорт, время до возвращения, способность вернуться к предтравматическому уровню и долгосрочная сохранность карьеры.

При пабалгии хирургическое лечение демонстрирует высокие показатели возвращения в спорт. При двусторонней тенотомии длинной приводящей мышцы у профессиональных футболистов 98% возвращаются к предтравматическому соревновательному уровню при медианном времени 87 дней. При эндоскопической технике с релизом и укреплением 98,5% спортсменов возвращаются в спорт и остаются активными в течение всего периода наблюдения. Спортсмены, перенесшие операцию по поводу пабалгии, могут вернуться в спорт раньше, чем те, кто получал консервативное лечение. Однако важно подчеркнуть, что консервативное лечение должно рассматриваться до того, как будет указано хирургическое вмешательство.

При разрывах проксимального сухожилия подколенной мышцы отдаленные результаты у элитных спортсменов превосходят таковые у неэлитных. Частота возвращения в спорт у элитных спортсменов составляет 95,6% против 64,8% у неэлитных. Время до возвращения в спорт у элитных спортсменов составляет от трех до семи месяцев, что существенно быстрее, чем у неэлитных. Частота возвращения к предтравматическому уровню у элитных спортсменов составляет 90-98,4%. Средние баллы по шкале функциональности нижних конечностей составляют 77,9-78,0 у элитных спортсменов и 73,8-89,0 у неэлитных. Эти данные позволяют проводить предоперационное консультирование на основе спортивного статуса пациента и его желания вернуться в спорт.

При повреждениях передней крестообразной связки у женщин-спортсменок 69% могут вернуться в спорт после реконструкции. При рассмотрении только элитных спортсменок этот показатель возрастает до 79%. Среднее время до возвращения в спорт составляет 10,8 месяцев, а у элитных спортсменок — 9,96 месяцев. Что касается возвращения к

предтравматическому уровню, показатели варьируют от 26% до 100% со средним значением 73,6%, а у элитных спортсменок этот показатель достигает 87,7%. Более высокий процент возвращения среди элитных спортсменок объясняется большими инвестициями времени в спорт, более высокими ожиданиями от производительности, финансовыми выгодами от игры и доступом к интенсивной структурированной поддержке реабилитационных специалистов и исключительной медицинской помощи.

Причины невозвращения в спорт в основном не связаны с функцией коленного сустава. К ним относятся страх повторной травмы, недостаточное доверие к колену, плохая функция колена (боль, скованность, нестабильность), невозможность поддерживать производительность на предтравматическом уровне, изменения в команде и другие не связанные с коленом причины. Психологическая готовность является важным фактором: пациенты с боязнью повторного повреждения прооперированного колена демонстрируют более скованную механику прыжков и приземлений, что повышает риск повторной травмы. Самооценка психологической готовности была идентифицирована как наиболее важный фактор прогнозирования последующей спортивной производительности.

Критерии возвращения в спорт

Современная парадигма возвращения в спорт после хирургического лечения у элитных спортсменов отвергает чисто временной подход в пользу комплексной критериально-ориентированной оценки. Современные консенсусные рекомендации подчеркивают необходимость избегания исключительно временных решений в пользу более комплексного подхода, включающего функциональные и психологические оценки, а также требования конкретного вида спорта. Консенсус определил несколько ключевых рекомендаций, включая одобрение мануальных тестов стабильности (Лакмана и Pivot Shift) как важных компонентов оценки стабильности колена, критическую роль психологической готовности и важность многофакторного подхода с участием различных заинтересованных сторон в процессе принятия решения о возвращении в спорт.

Для реконструкции передней крестообразной связки у элитных спортсменов рекомендуются следующие объективные критерии: сила нижних конечностей не менее 90% индекса симметрии конечностей, прохождение оценок психологической готовности и достижение показателей производительности, таких как скорость бега и метрики прыжков. Критериально-ориентированная прогрессия предполагает, что спортсмен должен продемонстрировать mastery простых контролируемых задач и движений прежде, чем переходить к сложным и хаотичным.

При пабалгии возвращение в спорт после лечения должно включать многофакторный процесс оценки. Ни один из подходов — ни оперативный, ни консервативный — не может

гарантировать, что данный спортсмен вернется в спорт. Если консервативное лечение оказывается неэффективным, следует рассмотреть хирургическое вмешательство, которое позволяет относительно быстро вернуться в спорт при условии введения хорошо контролируемого и активного послеоперационного реабилитационного режима. Постоперационная реабилитация должна быть хорошо структурирована и описана, поскольку она является частью успеха лечения.

Функциональные тесты, такие как тесты на прыжки и тест звездного эксцентрического баланса, должны быть частью процесса оценки. Однако нормативные значения неясны, и спортсмены могут показывать хорошие результаты, но при этом иметь симптомы. Добавление клинических тестов должно выполняться для мониторинга готовности спортсмена к возвращению в спорт. Отсутствие боли при таких тестах, как копенгагенский тест сжатия пяти секунд, тест FADIR, тест FABER, абдоминальный тест и отсутствие боли при пальпации, должно рассматриваться. Спортсмены с пабалгией часто демонстрируют сниженную подвижность и силу в тазобедренном суставе. При допуске к возвращению в спорт разница в диапазоне движений тазобедренного сустава должна быть менее пяти градусов, различия в мышечной силе не должны превышать 10-15%, а соотношение между агонистической и антагонистической контракцией должно быть выше 80%. Соотношение между приводящими и отводящими мышцами ниже 80% связано с 17-кратным увеличением риска травмы приводящих мышц.

Профилактика и снижение риска повторных травм

Профилактика повторных травм является критически важным аспектом ведения элитных спортсменов после хирургического лечения. Программы профилактики травм должны быть сосредоточены на укреплении мышц задней группы бедра, включении упражнений на пояснично-тазовую стабильность, оптимальном контроле движений и нервно-мышечном контроле, развитии физической подготовленности спортсмена, тщательном мониторинге и оптимальных стратегиях восстановления.

Эксцентрические упражнения для подколенных сухожилий доказали свою эффективность в снижении частоты травм. Программы профилактики, включающие скандинавские эксцентрические упражнения для подколенных сухожилий, снижают частоту травм задней группы бедра до 51%. Внедрение программы эксцентрических тренировок для подколенных сухожилий снижает травмы нижних конечностей на 28%, частоту травм задней группы бедра — на 46% и частоту травм колена — на 34%, причем программа наиболее эффективна для профилактики травм у элитных спортсменов и взрослых любителей по сравнению с подростками.

Программа «11+» и ее модификации доказали эффективность в снижении частоты травм задней группы бедра. В исследовании с участием мужчин-футболистов колледжей, где применялась программа «11+», включавшая партнерское эксцентрическое упражнение для подколенных сухожилий с правильным пояснично-тазовым контролем, в конце сезона было зарегистрировано 55 травм задней группы бедра в контрольной группе (8%, частота травм 1,244) по сравнению с 16 в интервенционной группе (6%, частота травм 0,454), что составило 2,74-кратное снижение частоты травм задней группы бедра.

Несмотря на доказанную эффективность этих программ, 83% профессиональных футбольных команд были признаны несоблюдающими программу профилактики травм задней группы бедра. Как и в случае с программами профилактики травм передней крестообразной связки, соблюдение и приверженность программе профилактики травм задней группы бедра критически важны для снижения риска. Снижение частоты травм задней группы бедра зависит от правильного внедрения программы профилактики, точности программы и соблюдения ее спортсменом.

Заключение

Оперативное лечение повреждений опорно-двигательного аппарата у спортсменов высокого уровня представляет собой сложную область, требующую интеграции хирургических, реабилитационных и спортивно-специфических знаний. Показания к операции определяются неэффективностью консервативного лечения, характером и локализацией повреждения, а также требованиями конкретного вида спорта. Хирургические техники варьируют от малоинвазивных эндоскопических процедур до открытых восстановительных операций, и выбор метода определяется индивидуальными особенностями повреждения и профилем спортсмена. Отдаленные результаты демонстрируют высокие показатели возвращения в спорт у элитных спортсменов — от 69% после реконструкции передней крестообразной связки у женщин до 98,5% после хирургического лечения пабалгии. Критерии возвращения в спорт сместились от чисто временных к комплексным критериально-ориентированным подходам, учитывающим функциональные, психологические и спортивно-специфические факторы. Профилактика повторных травм с использованием эксцентрических упражнений и структурированных программ профилактики остается важнейшим компонентом долгосрочного успеха хирургического лечения у элитных спортсменов.

2.4. Реабилитация после травм и операций: этапность, основные принципы, критерии восстановления функции

Реабилитация после травм и операций на опорно-двигательном аппарате представляет собой непрерывный, поэтапный и индивидуально ориентированный процесс, целью которого является не просто устранение боли и восстановление повседневной активности, но и возвращение спортсмена к прежнему уровню спортивной производительности с минимальным риском повторного повреждения. Современная парадигма реабилитации отвергает пассивное выжидание и длительную иммобилизацию, заменяя их активным подходом с ранней контролируемой нагрузкой, образованием пациента и учётом психосоциальных факторов. В основе этого подхода лежит понимание того, что ткани нуждаются в дозированной механической стимуляции для полноценного заживления, а физическое и психологическое восстановление не всегда совпадают по срокам.

Этапность реабилитационного процесса

Первый этап — острый период — начинается непосредственно после травмы или операции и длится от одного до нескольких дней. Его основная задача состоит в защите повреждённых тканей, минимизации кровотечения, отёка и дальнейшего повреждения. В этот период применяется концепция PEACE: защита, возвышенное положение, отказ от противовоспалительных методов, компрессия и образование. Защита подразумевает разгрузку или ограничение движений на один-три дня, однако длительный покой не рекомендуется, поскольку он снижает прочность тканей. Возвышенное положение конечности способствует оттоку интерстициальной жидкости. Важно избегать рутинного использования противовоспалительных препаратов и холода, поскольку они могут нарушать естественный воспалительный ответ, необходимый для заживления. Компрессия помогает ограничить отёк, а образование пациента формирует активную позицию и реалистичные ожидания. Боль служит ориентиром для прекращения защиты.

Второй этап — ранний восстановительный — начинается после стихания острого воспаления и продолжается от нескольких дней до нескольких недель. Здесь вступает в силу концепция LOVE: нагрузка, оптимизм, васкуляризация и упражнения. Нагрузка должна добавляться рано и прогрессировать в пределах болевого порога. Оптимизм и положительные ожидания связаны с лучшими исходами, тогда как катастрофизация, депрессия и страх являются барьерами. Васкуляризация через безболезненную аэробную активность улучшает кровоток и мотивацию. Упражнения направлены на восстановление подвижности, силы и проприоцепции. В этот период после операций особенно важно контролировать отёк, восстанавливать диапазон движений и активировать мышцы, например четырёхглавую мышцу после реконструкции передней крестообразной связки. Электромиостимуляция и произвольные сокращения помогают предотвратить атрофию.

Третий этап — промежуточный — характеризуется прогрессивным укреплением и функциональной тренировкой. После повреждений мышц, таких как растяжение задней группы бедра, реабилитация включает прогрессивный бег, эксцентрические упражнения и укрепление разгибателей бедра. Эксцентрическая нагрузка может вводиться рано, если она переносится без боли, начиная с субмаксимальных двусторонних упражнений и переходя к односторонним и скандинавским упражнениям. При тендинопатиях используются изометрические, а затем эксцентрические упражнения, которые стимулируют адаптацию сухожилия. При стрессовых изменениях костной ткани ключевое значение имеют постепенное увеличение нагрузки, оптимизация уровня витамина D и кальция, а также устранение энергетического дефицита. При пубалгии консервативное лечение должно предшествовать операции и включать активную реабилитацию, работу над гибкостью, силой приводящих мышц и стабильностью таза.

Четвёртый этап — поздний функциональный — направлен на восстановление специфических для вида спорта навыков, плиометрику, бег на высокой скорости, изменение направления и динамическую стабильность. После реконструкции передней крестообразной связки этот этап включает прыжковые упражнения, тренировку контроля приземления, спортивно-специфические drills и управление нагрузкой. Важно избегать резких скачков объёма высокоскоростного бега, поскольку это повышает риск повторного повреждения. Нейромышечный контроль, стабильность туловища и таза, а также правильная техника движений становятся приоритетом.

Пятый этап — возвращение в спорт — предполагает комплексную оценку готовности и постепенную реинтеграцию в тренировочный и соревновательный процесс. Возвращение в спорт не должно основываться только на времени, прошедшем с момента травмы или операции. Решение принимается по совокупности критериев, включающих отсутствие боли и отёка, полный диапазон движений, силу, функциональные тесты, психологическую готовность и способность переносить соревновательные нагрузки.

Основные принципы реабилитации

Первый принцип — активный подход и ранняя контролируемая мобилизация. Пассивные методы, такие как электротерапия, мануальная терапия или акупунктура в ранние сроки, имеют незначительный эффект и могут формировать зависимость от лечения. Вместо этого пациент должен быть вовлечён в активный процесс через упражнения, образование и управление нагрузкой.

Второй принцип — индивидуализация. Программа реабилитации должна учитывать вид повреждения, локализацию, тяжесть, механизм, возраст, пол, уровень спортивной

квалификации, предыдущий опыт травм и психологические особенности. Один и тот же протокол не подходит всем.

Третий принцип — прогрессивная нагрузка и болевой мониторинг. Нагрузка должна увеличиваться постепенно, с учётом реакции тканей. Боль не всегда является запретом, но она служит ориентиром. Допускается нагрузка при боли не выше четырёх баллов по десятибалльной шкале, если она не усиливается после занятия. Полное отсутствие боли не всегда означает готовность к прогрессии.

Четвёртый принцип — мультидисциплинарность и психосоциальная поддержка. В реабилитации участвуют врач, физиотерапевт, тренер, психолог и сам спортсмен. Страх повторного повреждения, снижение уверенности, тревога и депрессия могут замедлять восстановление и повышать риск повторной травмы. Психологическая готовность должна оцениваться наряду с физической.

Пятый принцип — питательная поддержка. Достаточное потребление энергии и белка необходимо для синтеза мышечного белка и заживления тканей. Низкая доступность энергии нарушает восстановление и повышает риск стрессовых повреждений костей. Рекомендуется высокобелковая диета с равномерным распределением белка в течение дня, а при необходимости — креатин моногидрат, омега-3 жирные кислоты, коллаген и витамин D.

Критерии восстановления функции

Критерии восстановления функции делятся на клинические, функциональные, силовые, психологические и спортивно-специфические. Клинические критерии включают отсутствие боли, отёка и выпота, полный диапазон движений, отсутствие признаков нестабильности сустава. После операций на коленном суставе важно достичь полного разгибания и сгибания, сравнимого с контрлатеральной конечностью.

Силовые критерии предполагают восстановление силы до уровня не менее девяноста процентов от интактной конечности по данным изокинетического или динамометрического тестирования. Для задней группы бедра и четырёхглавой мышцы разница между конечностями не должна превышать десяти-пятнадцати процентов. Соотношение агонист-антагонист должно быть в пределах физиологической нормы.

Функциональные критерии включают прыжковые тесты, тест звездного эксцентрического баланса, тесты на изменение направления, бег на высокой скорости и спортивно-специфические задания. Симметрия при прыжковых тестах должна составлять не менее девяноста процентов. Для повреждений задней группы бедра важным критерием является способность выполнять спринт на максимальной скорости без боли и страха.

Психологические критерии оцениваются с помощью опросников готовности к возвращению в спорт, например шкалы ACL-RSI, I-PRRS и TSK. Низкие показатели готовности связаны с повышенным риском повторной травмы и снижением производительности. Психологическая готовность включает уверенность в повреждённой конечности, отсутствие страха повторного повреждения и мотивацию вернуться на прежний уровень.

Спортивно-специфические критерии предполагают завершение полного курса реабилитации, участие в командных тренировках без ограничений, способность переносить соревновательные нагрузки и успешное прохождение тестов, моделирующих требования конкретного вида спорта. Возвращение в спорт ранее девяти месяцев после реконструкции передней крестообразной связки связано с повышенным риском повторного повреждения, поэтому сроки должны рассматриваться в совокупности с критериями.

Таким образом, реабилитация после травм и операций строится на этапности, активном подходе, индивидуализации, прогрессивной нагрузке и комплексной оценке готовности. Только сочетание клинических, функциональных, силовых и психологических критериев позволяет безопасно вернуть спортсмена к тренировкам и соревнованиям и снизить риск повторных повреждений.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ И РЕАБИЛИТАЦИИ



► МАЛОЕ ОБОРУДОВАНИЕ (ПОРТАТИВНОЕ)

- перкуссионные массажеры: не менее пяти единиц на команду
- миостимуляторы: не менее пяти единиц на команду
- аппараты циклической прессотерапии: не менее трех единиц на команду
- аппараты для портативной магнитотерапии: не менее трех единиц на команду
- холодокомпрессионные бандажы на крупные суставы: не менее пяти единиц на каждый из суставов



► БОЛЬШОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- аппарат контактной диатермии: не менее двух на команду
- аппарат ультразвуковой терапии: не менее одного на команду
- высокоинтенсивный лазер: не менее одного на команду
- аппарат ударно-волновой терапии: не менее одного на команду
- антигравитационная дорожка: не менее одной на команду
- аппарат магнитотерапии с большим и малым соленоидами: не менее одного на команду



«DO NOT HARM!» – «НЕ НАВРЕДИ»



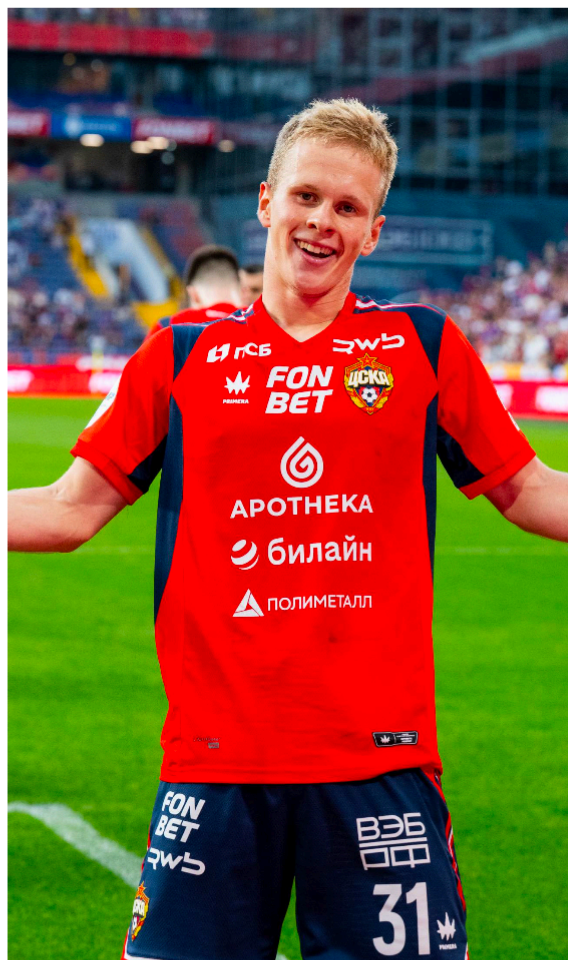
ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ТРАВМЫ МЫШЦ ЕСТЬ ЦЕЛЫЙ РЯД ДЕЙСТВИЙ, КОТОРЫЙ ДЕЛАТЬ В ПЕРВЫЕ ДНИ ПОСЛЕ ПОЛУЧЕНИЯ ТРАВМЫ МЯГКИХ ТКАНЕЙ НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ.

H – HEAT AND HEAT RUBS

Воздействие высоких температур (баня, сауна, компрессы) – локальное повышение температуры в области повреждения может привести к увеличению площади повреждения.

A – ALCOHOL

Даже умеренное употребление алкоголя уменьшает «прочность» мышц как в статическом, так и динамическом режимах. Также он может снижать ощущение боли и, таким образом, провоцировать избыточную нагрузку, что приводит к повышению риска усугубления повреждения.



R – RUNNING/MODERATE ACTIVITY

Бег и другие формы активности в первые дни после получения травмы.

M – MASSAGE/VIGOROUS SOFT TISSUE THERAPY

В связи с потенциально негативным влиянием на поврежденную область в первые дни после получения таких травм должны быть исключены интенсивный массаж и бег любой интенсивности-это может привести к увеличению гематомы и отека в месте повреждения.

2.5. Инновационные технологии в спортивной медицине (стволовые клетки, БТП, БОС и др.)

Спортивная медицина переживает период стремительной технологической трансформации, обусловленной глубоким пониманием биологических механизмов заживления тканей, развитием регенеративной медицины, цифровых технологий и персонализированных подходов к лечению. Традиционные методы реабилитации, основанные преимущественно на физиотерапии, фармакологической поддержке и хирургическом вмешательстве, постепенно дополняются инновационными стратегиями, направленными не только на купирование симптомов, но и на восстановление структуры и функции поврежденных тканей, ускорение возвращения в спорт и снижение риска повторных травм. Ключевыми направлениями инновационного развития являются регенеративная медицина с использованием стволовых клеток и клеточных продуктов, биологическая терапия на основе аутологичных биопрепаратов, технологии биоуправления с обратной связью, носимые сенсорные системы, искусственный интеллект и машинное обучение, виртуальная реальность и телемедицина, а также тканевая инженерия и трехмерная биопечать.

Стволовые клетки и регенеративная медицина

Стволовые клетки представляют собой недифференцированные клетки, обладающие способностью к самообновлению и дифференцировке в различные типы специализированных клеток. В спортивной медицине наибольший интерес вызывают мезенхимальные стволовые клетки, которые могут быть выделены из костного мозга, жировой ткани, сухожилий, пуповинной крови и других источников. Мезенхимальные стволовые клетки обладают широким спектром терапевтических эффектов, включая дифференцировку в хондроциты, тендогенные клетки и миобласты, модуляцию воспалительного ответа, стимуляцию ангиогенеза и секрецию паракринных факторов роста.

Современные данные систематизируют знания о применении стволовых клеток в ортопедии и спортивной травматологии. Стволовая клеточная терапия представляет собой смену парадигмы в ортопедической медицине, предлагая регенеративные решения для широкого спектра мышечно-скелетных состояний и спортивных травм, от восстановления поврежденных тканей до улучшения спортивной производительности и восстановления. Механизмы действия стволовых клеток включают дифференцировку в целевые клеточные линии, паракринную секрецию биоактивных молекул, модуляцию иммунного ответа и рекрутирование эндогенных клеток-предшественников.

Современные обзоры предоставляют всестороннее понимание исследований по применению стволовых клеток в спортивной медицине, обсуждая типы используемых

стволовых клеток, их механизмы действия и клинические исходы при различных спортивных травмах. Затрагиваются также вопросы этических соображений и будущих направлений применения стволовых клеток.

Клинические применения стволовых клеток в спортивной медицине включают лечение остеоартрита, повреждений сухожилий, мышечных повреждений и костных дефектов, хотя результаты остаются гетерогенными. В частности, совокупность гидрогелей гиалуроновой кислоты, хондроитинсульфата и карбоксиметилхитозана с мезенхимальными стволовыми клетками жирового происхождения использовалась в качестве субстрата для инженерии хрящевой ткани.

Перспективным направлением является использование бесклеточных подходов, основанных на стволовых клетках. Исследования показывают, что внеклеточные везикулы и кондиционированная среда, полученные из мезенхимальных стволовых клеток, представляют собой перспективные бесклеточные регенеративные терапии для спортивных мышечно-скелетных повреждений. Этот подход позволяет избежать рисков, связанных с имплантацией живых клеток, включая иммуногенность и потенциальную туморогенность, сохраняя при этом терапевтические преимущества.

Биологическая терапия: PRP, BMAC и экзосомы

Биологическая терапия представляет собой группу методов, использующих аутологичные или аллогенные биологические материалы для стимуляции заживления тканей. Наиболее изученным и широко применяемым биопрепаратом в спортивной медицине является обогащенная тромбоцитами плазма.

Обогащенная тромбоцитами плазма получается путем центрифугирования аутологичной крови с целью концентрации тромбоцитов и факторов роста. Тромбоциты содержат множество биологически активных молекул, включая трансформирующий фактор роста бета, фактор роста тромбоцитов, фактор роста эндотелия сосудов и инсулиноподобный фактор роста, которые играют ключевую роль в процессах заживления тканей. Метаанализ, включивший девять рандомизированных контролируемых исследований с участием 474 пациентов, показал, что обогащенная тромбоцитами плазма обеспечивает более быстрое возвращение в спорт как в общем анализе, так и в подгруппах, со средней разницей 7,5 дней. В подгруппе пациентов с повреждениями задней группы бедра обогащенная тромбоцитами плазма также продемонстрировала статистически значимое превосходство в облегчении боли. Частота повторных повреждений и осложнений не различалась между группами, что свидетельствует о сопоставимом профиле безопасности.

Систематический обзор и метаанализ, включивший шесть рандомизированных контролируемых исследований с участием 277 пациентов, подтвердил, что обогащенная

тромбоцитами плазма сокращает время возвращения в спорт при острых повреждениях задней группы бедра со средней разницей 8,6 дней (21,4 дня против 30,0 дней). Частота повторных повреждений составила 15 процентов в группе обогащенной тромбоцитами плазмы и 16 процентов в контрольной группе, а частота нежелательных явлений — 1 процент и 0 процентов соответственно. Эффективность может быть выше при использовании ультразвуковой навигации при введении препарата.

Костномозговой аспират-концентрат представляет собой ^另биологический продукт, содержащий мезенхимальные стволовые клетки, гемопоэтические клетки-предшественники и факторы роста. Костномозговой аспират-концентрат используется для лечения повреждений сухожилий, связок и хряща, хотя доказательная база остается ограниченной.

Экзосомы представляют собой небольшие внеклеточные везикулы, секретируемые различными типами клеток, включая мезенхимальные стволовые клетки. Они содержат белки, липиды, мРНК и микроРНК, которые опосредуют межклеточную коммуникацию и регенеративные сигнальные пути. Экзосомы модулируют фазу ремоделирования, уточняя архитектуру коллагена зажившей ткани в направлении функционального матрикса, а не рубца. Систематические обзоры демонстрируют, что терапия на основе внеклеточных везикул безопасна, с низкой частотой серьезных нежелательных явлений. Экзосомы, полученные из жировой ткани, костного мозга и сухожильных стволовых клеток, различаются по регенеративным путям, но все они снижают воспаление и улучшают заживление сухожилий с минимальными побочными эффектами. Однако клинические данные по экзосомальной терапии у людей остаются скудными, и необходимы дальнейшие исследования для подтверждения их эффективности.

Биоуправление и технологии с обратной связью

Биоуправление представляет собой терапевтический метод, позволяющий пациентам или спортсменам осознавать и контролировать ^{特定}физиологические реакции, такие как паттерны дыхания, мышечное напряжение, температуру тела, кожную проводимость и вариабельность сердечного ритма. Эти реакции регистрируются с помощью датчиков и представляются индивиду через визуальную, слуховую или вербальную обратную связь, что повышает восприятие и саморегуляцию.

Систематический обзор рандомизированных контролируемых исследований оценил эффективность биоуправления для управления болью и реабилитации у спортсменов. Были включены девять рандомизированных контролируемых исследований. Биоуправление применялось при пателлофemorальном болевом синдроме, импинджмент-синдроме плеча, хронической нестабильности голеностопного сустава, подошвенном фасциите,

посттравматическом остеоартрите, хронической боли в пояснице, повреждениях менисков и других мышечно-скелетных спортивных травмах. Использовались такие модальности, как электромиография, вариабельность сердечного ритма, нейрофидбэк, виртуальная реальность и визуальная обратная связь в реальном времени при переобучении походки. Биоуправление было связано со снижением боли, улучшением мышечной активации и силы, улучшением функционального восстановления и лучшими исходами реабилитации. Биоуправление может быть ценным дополнением к традиционной реабилитации для спортсменов, поскольку оно улучшает нервно-мышечный контроль, вовлеченность пациента и функциональные результаты в мультимодальных программах. Однако уверенность в доказательствах оценивается как низкая, и необходимы дальнейшие высококачественные исследования.

Систематический обзор и метаанализ специально оценил использование электромиографического биоуправления в реабилитации после реконструкции передней крестообразной связки. Электромиографическое биоуправление позволяет спортсменам визуализировать активность特定 мышц и целенаправленно ее модулировать, что особенно важно в послеоперационном периоде, когда нормальные проприоцептивные сигналы нарушены.

Нейробиоуправление по альфа-ритму головного мозга также находит применение в спортивной практике. Исследования показывают, что курсовое нейробиоуправление способствует снижению показателей системного артериального давления у спортсменов, что может отражать优化 вегетативной регуляции и снижение стрессовой нагрузки. Игровое биоуправление используется для коррекции предстартовых состояний, психорелаксации и улучшения когнитивных функций у спортсменов.

Носимые сенсорные системы и мониторинг в реальном времени

Носимые сенсорные технологии произвели революцию в мониторинге спортсменов, обеспечивая непрерывный, неинвазивный сбор биомеханических и физиологических данных в реальных условиях тренировок и соревнований. Систематический обзор клинических применений носимых сенсоров для анализа походки у спортсменов показал, что носимые датчики демонстрируют появляющиеся доказательства полезности для выявления биомеханических изменений, указывающих на риск повреждения, мониторинга усталости и управления реабилитационными протоколами.

Современные носимые системы интегрируют инерциальные измерительные блоки и поверхностную электромиографию для оценки риска повреждений и отслеживания реабилитации в реальном времени. Инерциальные измерительные блоки включают

акселерометры, гироскопы и магнитометры, которые позволяют количественно оценивать движения сегментов тела, углы суставов и паттерны походки. Поверхностная электромиография регистрирует электрическую активность мышц, позволяя оценивать мышечную активацию, усталость и координацию.

Гибкие носимые сенсоры давления и деформации представляют собой новое поколение устройств для мониторинга движений в ортопедической спортивной медицине. В отличие от традиционных систем, которые отслеживают только базовые характеристики, такие как количество шагов, легкие, полностью гибкие и беспроводные устройства для обнаружения походки способны мониторить более сложные параметры. Например, умные носки, оснащенные датчиками давления и инерциальными измерительными блоками, отслеживают распределение подошвенного давления и центр давления, что в сочетании с обратной связью на основе смешанной реальности открывает новые возможности для профилактики травм.

Двухмасштабные бионические сенсоры с высокой растяжимостью демонстрируют стабильность при деформации до 200 процентов и выдерживают более 1000 циклов. Байесовски оптимизированное дерево решений предсказывает углы сгибания колена с точностью 99,9 процентов, а трехслойная нейронная сеть классифицирует паттерны ошибок приседаний с точностью 100 процентов.

Искусственный интеллект и машинное обучение

Искусственный интеллект и машинное обучение становятся мощными инструментами в спортивной медицине, обеспечивая прогнозирование риска травм, диагностику, анализ изображений и оценку исходов лечения. Обзор подчеркивает потенциал искусственного интеллекта в спортивной медицине, прокладывающий путь к более точным, интерпретируемым и адаптивным системам управления травмами. Искусственный интеллект не только повышает точность и скорость диагностики, но и позволяет разрабатывать прогностические модели для профилактики травм.

В ортопедии искусственный интеллект применяется в трех основных областях: прогнозирование травм, диагностическая визуализация и анализ видео, а также оценка исходов после реконструкции связок. Прогностические модели используют данные о тренировочной нагрузке, GPS-трекинге, дневники самочувствия и клинические реестры для прогнозирования повреждений передней крестообразной связки, мышечных растяжений и времени возвращения в спорт.

Модель на основе трансформерного энкодера, использующая самоотчеты спортсменов, достигла F1-показателя 0,6753 с чувствительностью 0,8500 для классификации травм. Гибридные модели машинного обучения, объединяющие различные алгоритмы,

демонстрируют улучшенную обобщаемость и интерпретируемость при прогнозировании риска травм. Системы предупреждения на основе носимых сенсоров и искусственного интеллекта обеспечивают раннее выявление риска и оптимизацию восстановления.

Виртуальная реальность и телемедицина

Виртуальная реальность представляет собой иммерсивную технологию, которая создает контролируемую среду для реабилитации и тренировки. Метаанализ рандомизированных контролируемых исследований показал, что виртуальные спортивные игры значительно улучшают когнитивные функции, координацию и скорость реакции у пациентов с повреждениями головного мозга, повышая их мотивацию к обучению и вовлеченность.

В спортивной реабилитации виртуальная реальность позволяет моделировать спортивно-специфичные задачи с регулируемой сложностью и дополненной обратной связью, сохраняя безопасность. Спортивно-симуляционные парадигмы виртуальной реальности в подостром периоде инсульта улучшили сидячую досягаемость и снизили неустойчивость сверх обычной терапии, с одновременным улучшением проксимальной функции верхних конечностей. Виртуальная реальность также используется для облегчения боли в спортивной реабилитации молодых взрослых.

Телемедицина и телереабилитация обеспечивают дистанционное предоставление медицинской помощи и мониторинг спортсменов, особенно в условиях ограниченного доступа к специалистам. Пилотное исследование телемедицины для оказания помощи на боковой линии на спортивных мероприятиях в сельской местности показало, что это осуществимая и хорошо воспринимаемая модель для оценки острых травм при отсутствии медицинских работников на месте. Телереабилитация, включающая виртуальную реальность, отслеживание движений и телемониторинг, предлагает инновационный подход к управляемому восстановлению, хотя доказательства эффективности у элитных спортсменов остаются ограниченными.

Тканевая инженерия и трехмерная биопечать

Трехмерная биопечать представляет собой технологию послойного создания трехмерных тканевых конструкций с использованием биочернил, содержащих живые клетки, биоматериалы и факторы роста. В спортивной медицине эта технология открывает возможности для создания персонализированных имплантатов для восстановления хряща, мениска и костно-хрящевых дефектов. Трехмерная печать превратилась из экспериментальной технологии в инструмент с практическими применениями в спортивной медицине, а появляющиеся работы в области биопечати мягких тканей открывают потенциал для создания жизнеспособных хрящевых, менисковых и костно-хрящевых конструкций.

Европейский проект TriAnkle разрабатывает персонализированные трехмерные биопечатные биоматериалы для регенерации хряща и сухожилий в голеностопном суставе. Проект создает персонализированные трехмерные печатные коллагеновые и желатиновые имплантаты для восстановления сухожилий и хряща. Трехмерные печатные остеохондральные двухфазные каркасы с линейной специфичностью для функционального восстановления полнослойных дефектов суставного хряща в весовой зоне демонстрируют многообещающие результаты в экспериментальных исследованиях.

Тканевая инженерия также развивается в направлении создания биоактивных каркасов, которые не только обеспечивают механическую поддержку, но и активно стимулируют регенерацию тканей через контролируемое высвобождение факторов роста, модуляцию воспалительного ответа и рекрутирование эндогенных клеток-предшественников.

Перспективы и ограничения

Несмотря на значительный прогресс, многие инновационные технологии в спортивной медицине остаются на стадии экспериментальных исследований или требуют дальнейшего подтверждения эффективности в крупных рандомизированных контролируемых исследованиях. Для стволовой клеточной терапии остаются открытыми вопросы оптимальных источников клеток, дозировок, способов доставки и долгосрочной безопасности. Для обогащенной тромбоцитами плазмы сохраняется гетерогенность протоколов приготовления и отсутствие стандартизации, что затрудняет сравнение результатов разных исследований.

Биоуправление демонстрирует многообещающие результаты, но уверенность в доказательствах остается низкой из-за гетерогенности исследований, малых выборок и отсутствия стандартизированных протоколов. Носимые технологии сталкиваются с проблемами валидации датчиков, обработки больших данных и интеграции в клиническую практику. Искусственный интеллект требует качественных и репрезентативных наборов данных для обучения моделей, а также решения этических вопросов, связанных с конфиденциальностью и ответственностью за клинические решения.

Тем не менее, интеграция этих технологий в спортивную медицину имеет потенциал существенно улучшить результаты лечения, ускорить возвращение в спорт, снизить риск повторных травм и оптимизировать производительность спортсменов. Будущее спортивной медицины лежит в персонализированном, предиктивном и профилактическом подходе, основанном на интеграции биологических, цифровых и инженерных инноваций. Инновационные технологии в спортивной медицине представляют собой быстро развивающуюся область, которая трансформирует подходы к лечению травм, реабилитации и профилактике. Стволовые клетки и продукты на их основе открывают возможности для

истинной регенерации поврежденных тканей. Биологическая терапия, включая обогащенную тромбоцитами плазму, костномозговой аспират-концентрат и экзосомы, демонстрирует убедительные доказательства ускорения возвращения в спорт при определенных типах повреждений. Биоуправление и технологии с обратной связью улучшают нервно-мышечный контроль и функциональные исходы. Носимые сенсоры и искусственный интеллект обеспечивают непрерывный мониторинг и предиктивную аналитику. Виртуальная реальность и телемедицина расширяют доступ к реабилитации и повышают вовлеченность пациентов. Тканевая инженерия и трехмерная биопечать открывают перспективы создания персонализированных тканевых конструкций. Для полной реализации потенциала этих технологий необходимы дальнейшие исследования, стандартизация протоколов и интеграция в клиническую практику.