

Модуль 3. Применение микротехнологий в предотвращении травм в командных видах спорта

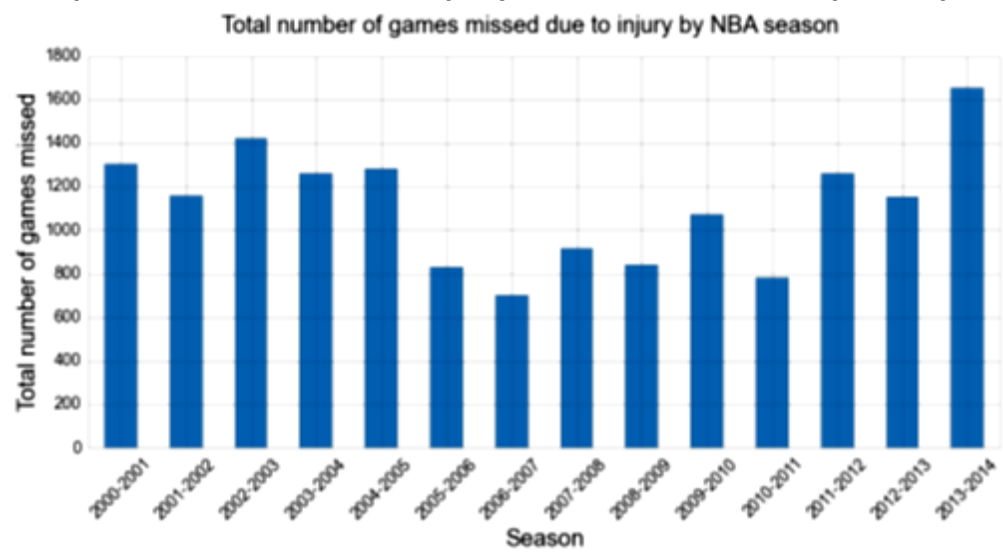
В этом модуле мы предлагаем теоретическую основу, исходящую из научных данных, которая позволит разработать стратегии и практические применения, которые бы сводили к минимуму риск травм в командных видах спорта.

Для работы над этим вопросом нам необходимо установить, прежде всего, взаимосвязь между тренировочной и/или соревновательной нагрузкой и риском получения травмы. Это очень важный факт для способствования пониманию этого явления. С одной стороны, один из эффектов, которые появляются, когда спортсмены получают травмы является экономический ущерб, который это представляет для клуба, а в некоторых случаях, также и для игрока. Например, премьер-лига потратила 243 миллиона евро на зарплату травмированных игроков в сезоне 2017/18. Расходы на этот сезон были на 21% больше, чем расходы предыдущего сезона. Команда, в которой было больше всего травм в этом сезоне был Арсенал с 54 травмами. Но больше всего денег потратила команда «Манчестер Сити», которой пришлось заплатить около 23 миллионов евро, рассчитанных на основе зарплаты игроков. Кроме этого, в период, когда спортсмены не могли заниматься спортом, каждая травма обошлась в среднем около 362 000 евро на игрока. Наиболее обычные травмы были связаны с коленами и мышцами (BBC Sport, 2018).

Еще один фактор, который мы можем использовать для количественной оценки влияния травм на команды, это подсчет количества пропущенных матчей, из-за этой причины в разных командах. На изображении 1 мы видим, как количество игр, пропущенных каждой из команд НБА, изменилось с сезона 2000 года до сезона 2014 года. Самый низкий показатель был в сезоне 2006-2007, в котором было только 700 пропущенных матчей среди всех, достигнув более 1600 в сезоне 2013-2014.



Изображение 1: Общее число пропущенных матчей из-за травм игроков

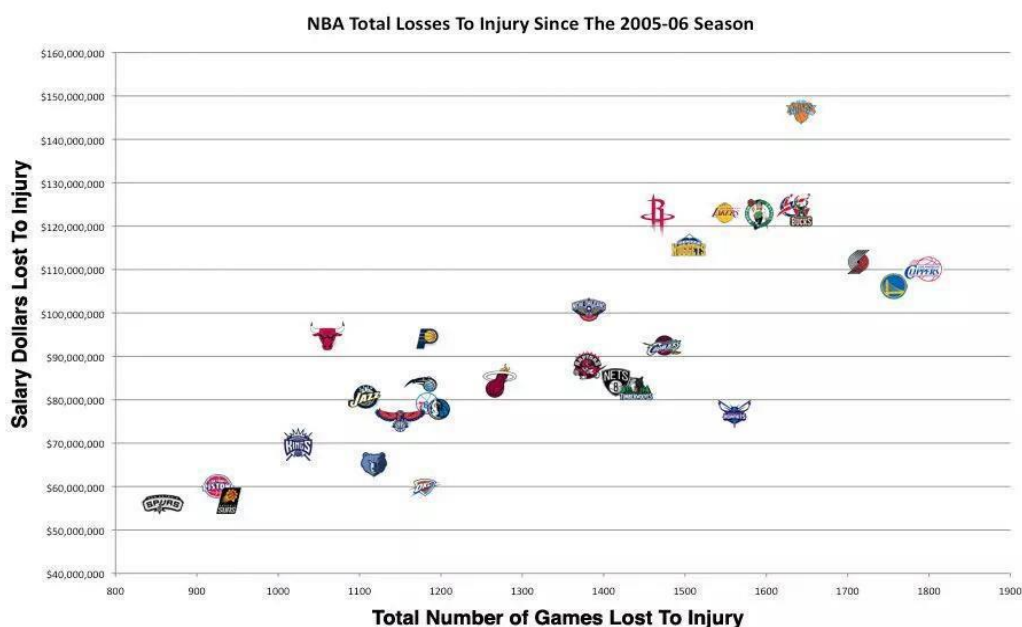


Источник: Hisham и др. 2016, стр. 7.

Total number of games missed	Общее количество пропущенных матчей
Total number of games missed due to injury	Общее количество пропущенных матчей из-за травмы
Season	Сезон

Другой анализ определяет общее количество пропущенных матчей, из-за травм, и их отношение к зарплате, которую травмированные игроки получают во время отсутствия из-за травмы. Изображение 2 показывает команды, которые меньше всего потратили денег по этой причине в течение 2005 и 2006 сезона НБА (Финикс Санз и Сан-Антонио Спёрс).

Изображение 2: НБА: Общие потери из-за травм после сезона 2005-2006



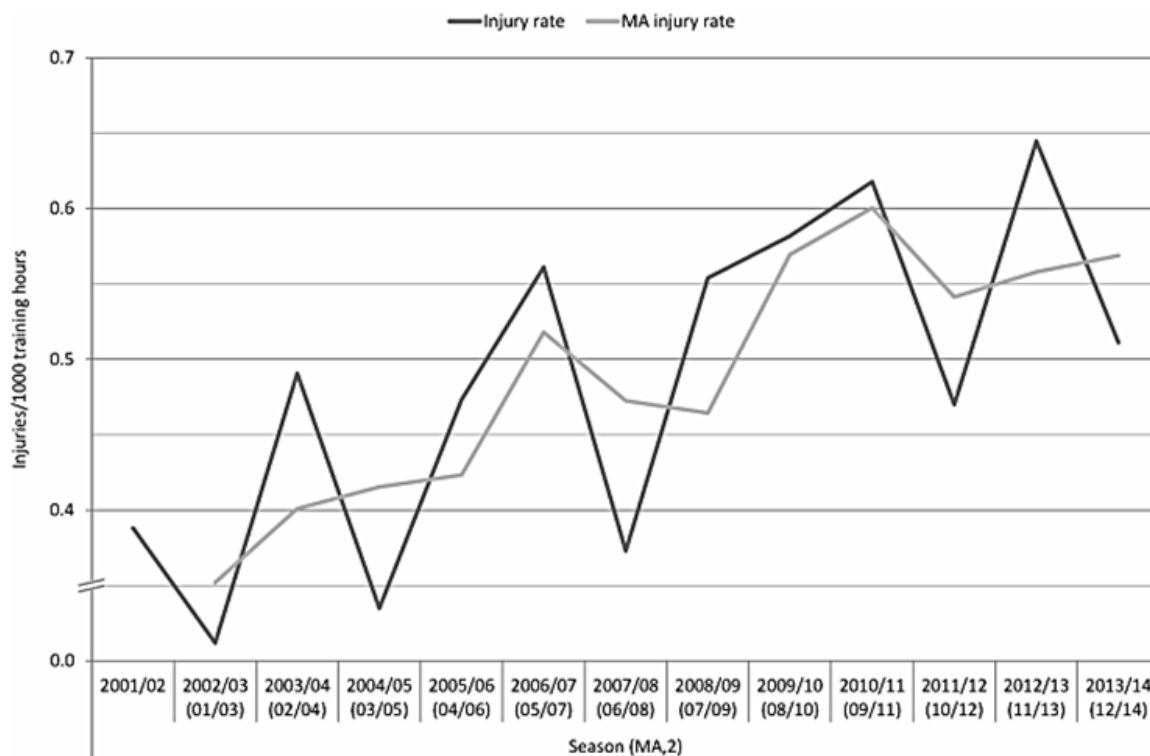
Источник: Морено, Х., 2015 г., <http://www.move2thrive.com/kinein-blog/2015/5/9/hey-nbacant-you-get-your-athletes-bigger-chairs>

Salary dollars lost to injury	Доллары зарплаты, потерянные из-за травм
Nba total losses to injury since the 2005-06	Общие потери NBA из-за травм после 2005-06 Сезона
Total number of games lost to injury	Общее количество пропущенных матчей из-за травм

Одна из травм, которая больше происходит в футболе является травма подколенного сухожилия. Эта травма в среднем вызывает отсутствие семнадцати дней в тренировках и матчах. Кроме того, спортсмен, получивший травму, снижает последующую производительность, и его восстановление стоит в среднем около 280 000 евро. Чтобы понять травмы и возможные стратегии для их предотвращения, мы можем начать с анализа данных на изображении 3. Эта публикация показывает, как ежегодные травмы, полученные на уровне подколенного сухожилия, увеличились на 4% во время тренировок, обхватывая период с 2001 по 2013 - 2014 сезона.



Изображение 3: Ежегодное увеличение травм подколенного сухожилия в тренировках профессиональных футболистов

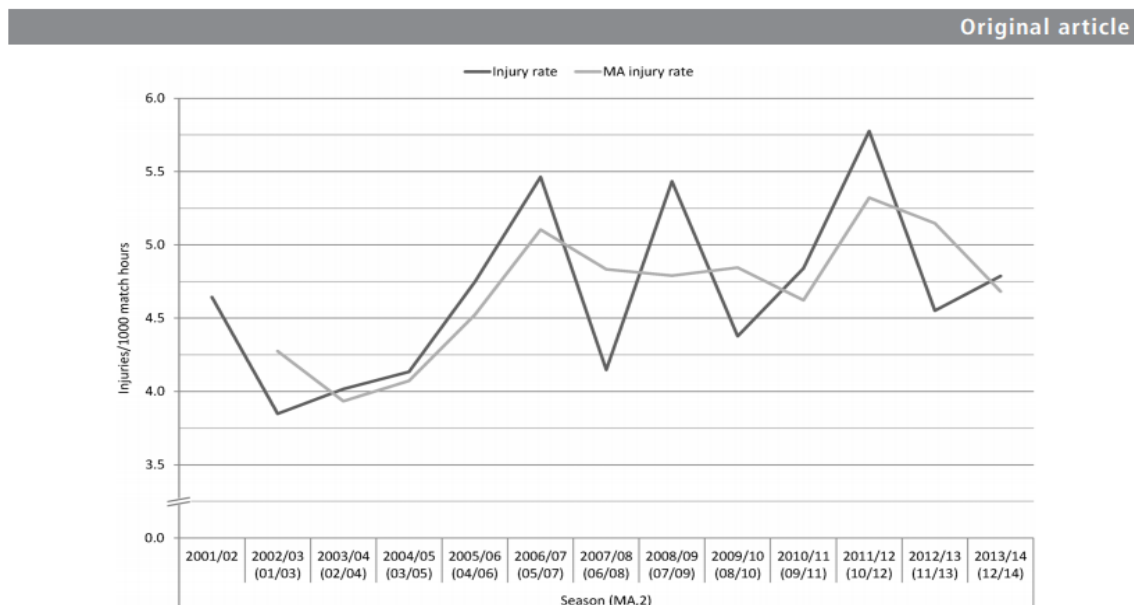


Источник: Ekstrand и др., 2016 г., стр. 4.

Injuries/1000 training hours	Травм/1000 тренировочных часов
Injury rate	Ставка травм
Ma injury rate	Скользкая средняя ставки травм
Season (Ma,2)	Сезон (Скользкая средняя,2)

Аналогичная тенденция с увеличением на 1,5% была обнаружена во время матчей.

Изображение 4: Ежегодное увеличение травм подколенного сухожилия в матчах профессиональных футболистов



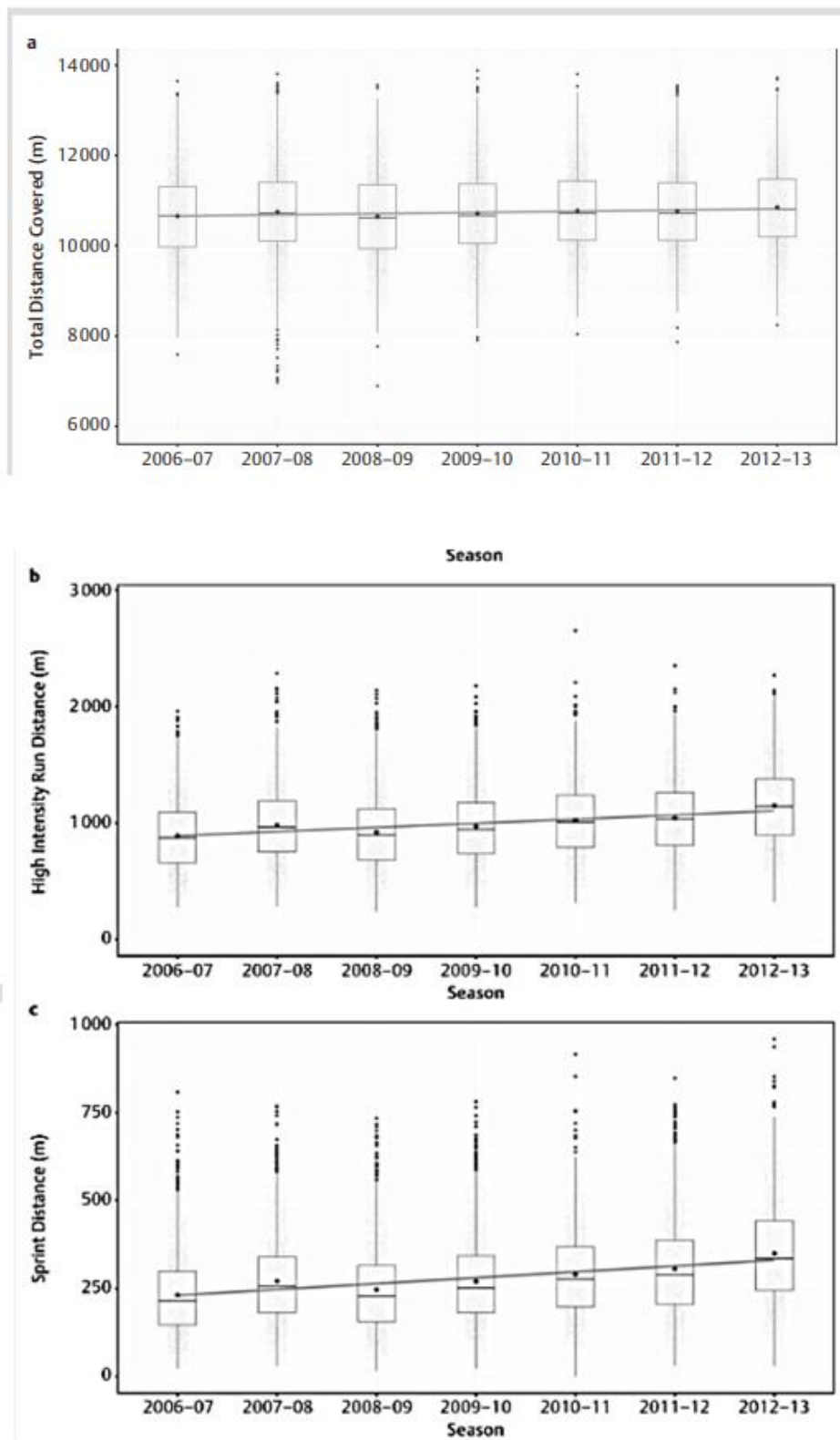
Источник: Ekstrand и др., 2016 г., стр. 5.

Injuries/1000 training hours	Травм/1000 тренировочных часов
Injury rate	Ставка травм
Ma injury rate	Скользящая средняя ставки травм
Season (Ma,2)	Сезон (Скользящая средняя,2)

Продолжая анализ предотвращения травм, важно цитировать публикацию Barnes, Archer, Hogg, Bush и Bradley (2014 г.), в которой они количественно оценили технические и физические требования, которые имели место в Премьер-лиге. В этом исследовании была рассмотрена переменная объема (общее пройденное расстояние), и было обнаружено, что не было слишком много различий, что свидетельствует лишь о незначительной тенденции к увеличению. Однако, если проанализировать высокоинтенсивное расстояние и расстояние, пройденное спринтом, тенденция указывает на более крутой склон. Эти данные были взяты с 2006 – 2007 сезона по 2012 – 2013 сезона.



Изображение 5: Количественная оценка технических требований и физических требований в Премьер-лиге



Источник: Barnes, 2014 г., стр. 1097.



Total distance covered (m)	Общее пройденное расстояние (м)
High intensity run distance (m)	Расстояние высокоинтенсивного бега (м)
Sprint distance (m)	Расстояние спринтом (м)
Season	Сезон

В этом же направлении важно проанализировать публикацию Nassis, Brito, Figueiredo и Gabbett (2019), в которой они показывают, что, проводя игры неполными составами (small side games) в футболе, только 22% игроков достигает требований, которые им нужны в соревновании, имея в виду повторные спринты (изображение 6).

Изображение 6: Сравнение количества между контактами и повторными спринтами в играх неполными составами



Источник: Nassis и др., 2019 г., стр. 1.

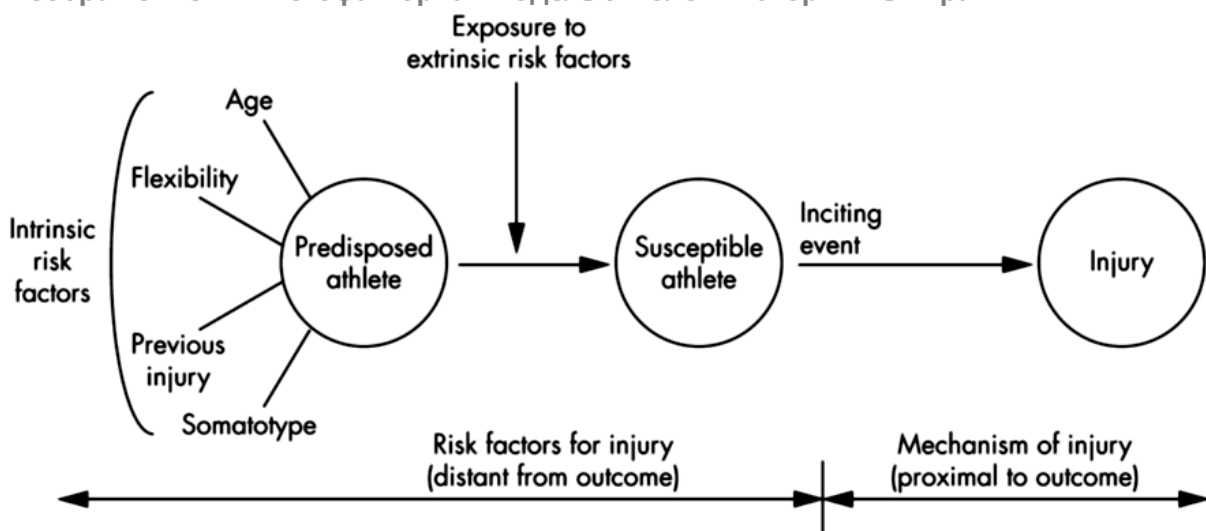
Touches	Контакты
Repeated-Sprints	Повторные Спринты
89% of players exceeded the maximum	89% игроков превысило максимальное количество контактов в матчах
22% of players achieved both	22% игроков достигло обеих
22% of players met the average	22% игроков дошло до средней частоты матч-плей повторных спринтов

Однако, если посмотреть на игры неполными составами, мы увидим, что 89% игроков сделали больше контактов, чем они могли бы сделать во время матча. И, наконец, в связи с этими данными, только 22% проанализированных игроков смогло достичь требования повторных спринтов и контактов на техническом уровне, которые они бы выполнили в матче. Таким образом, с этой информацией мы можем заключить, что мы должны ценить использование задач игр неполными составами, но мы должны дополнить это другими типами задач, которые бы позволили нам достичь, в данном случае, физические требования спринтов как в количестве, так и в пройденном расстоянии.

С другой стороны, очень важно проанализировать модели этиологии травм. Так, например, в 1994 году Meeuwisse опубликовал исследование, в котором установилось изменение в анализе. Был переход от выполнения анализа единого фактора в качестве причины травмы до анализа большего количества факторов, которые могли бы повлиять на травму (многофакторный анализ), а также было предложено использовать многовариантный, а не одномерный анализ. Это позволило нам немного лучше понять происхождение травм.

На изображении 7 кратко излагаются факторы, которые использовались для понимания риска получения травмы. С одной стороны, изучались внутренние факторы риска, т. е. те, которые собственные самого игрока (возраст, гибкость, предыдущие травмы и телосложение каждого из них). Но эти игроки участвовали в среде, и также были проанализированы внешние факторы риска, которые их склоняли к получению травм. Таким образом, мы в основном дифференцируем две зоны: зона риска травмы (индивидуальные факторы риска и воздействие внешних факторов) и зона травматического механизма (возможная причина травмы).

Изображение 7: Многофакторная модель этиологии спортивных травм



Источник: Meeuwisse, 1994, стр. 168.



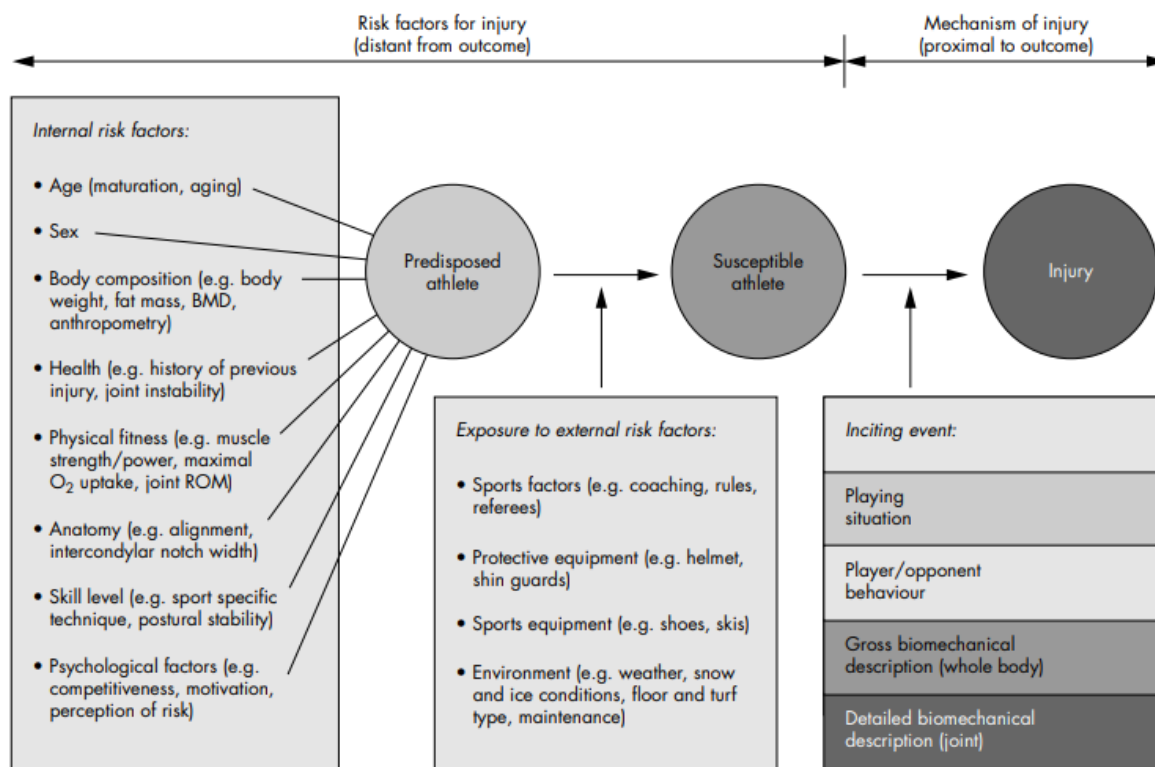
Exposure to extrinsic risk factors	Подверженность к внешним факторам риска
Predisposed athlete	Предрасположенный спортсмен
Age	Возраст
Flexibility	Гибкость
Previous injury	Предыдущие травмы
Somatotype	Телосложение
Intrinsic risk factors	Внутренние факторы риска
Susceptible athlete	Склонный к травмам спортсмен
Inciting event	Провоцирующие происшествие
Injury	Травма
Risk factors for injury (distance from outcome)	Факторы риска получения травм (далеко от результата)
Mechanism of injury (proximal to outcome)	Механизм травмы (близко от результата)

Эта публикация была расширена несколько лет спустя авторами Vahr и Krosshaug (2005 г.). Основываясь на этой формулировке, авторы показали ряд более подробных внутренних факторов: возраст, пол, состав тела, жировые отложения, общий вес, здоровье, уровень навыков субъектов и психологические факторы, такие как конкурентоспособность, мотивация и стресс. Они добавили возможную нестабильность суставов, фитнес - потребление кислорода, диапазон движения - и были ли различия в линейном расположении суставов, среди других факторов. Кроме того, были дополнительно проанализированы внешние факторы окружающей среды, о которых говорилось ранее. Некоторые из внешних факторов риска, которые были приняты во внимание, были: спортивные факторы (правила, судьи, участвующие в соревнованиях), защита команды (если используется шлем, тип поверхности пола), спортивное оборудование (тип обуви, например) и окружающая среда (если происходит в наружных условиях, если был снег, дождь и т.д.). И, наконец, подробно определились травматические механизмы, включая таким образом, ситуацию игры, поведение игрока и его противника, а также полный биомеханический анализ движения (на глобальном уровне тела, но и на местном уровне). Все это привело к лучшему анализу травматического механизма.



Рисунок 8: Всеобъемлющая модель причинности травм

Факторы риска получения травм (далеко от результата)



Источник: Bahr и Krosshaug, 2005 год, стр. 327.

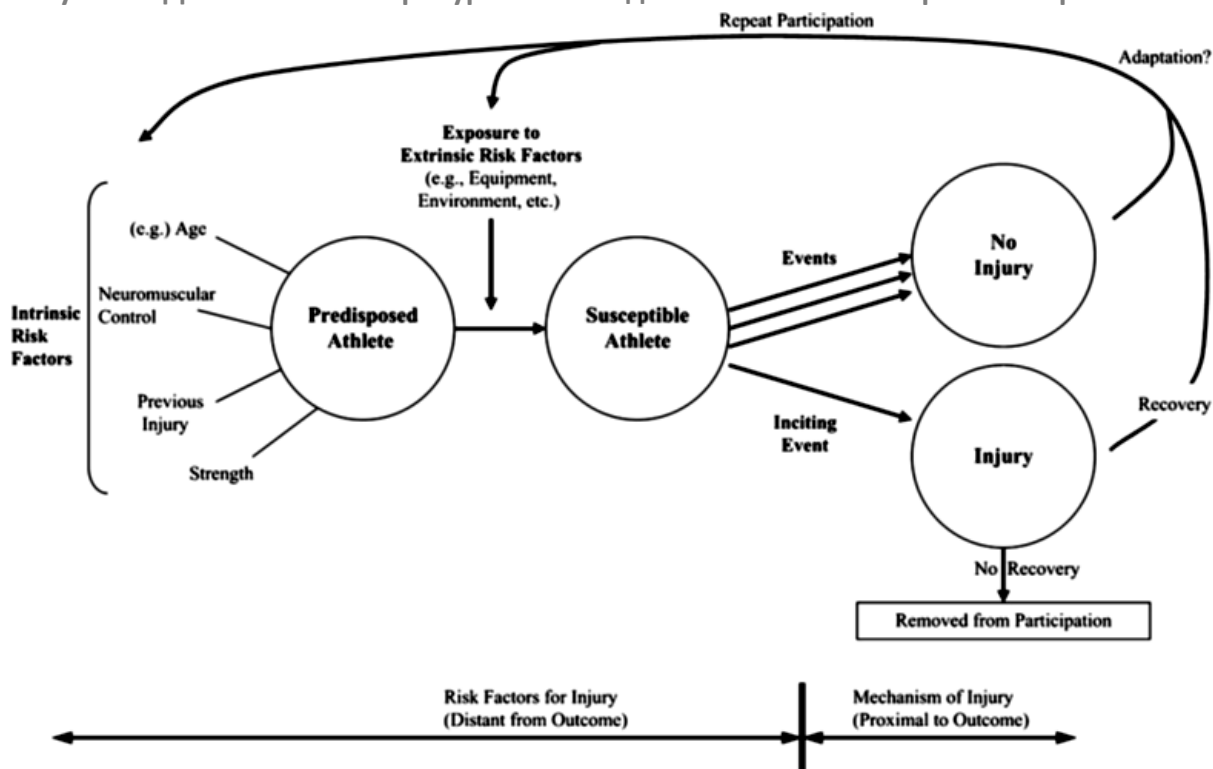
Risk factors to injury (distant form outcome)	Факторы риска получения травм (далеко от результата)
Mechanism of injury (proximal to outcome)	Механизм травмы (близко от результата)
Internal risk factors:	<p>Внутренние факторы риска:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Возраст (зрелость, старение) • Пол • Состав тела (например, вес, жировая масса, минеральная плотность кости, антропометрия) • Здоровье (например, история предыдущих травм, нестабильность суставов) • Физическая подготовка (например, мышечная сила/мощность, максимальное потребление кислорода, диапазон движения суставов) • Анатомия (например, соблюдение линии суставов, ширина межмышцелковой вырезки)



	<ul style="list-style-type: none"> • Уровень навыка (например, специфическая техника спорта, стабильность положения тела) • Психологические факторы (например, конкурентоспособность, мотивация, восприятие риска)
Exposure to external risk factors)	<p>Подверженность внешним факторам риска:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Факторы спорта (например, тренеры, правила, арбитры) • Защитное оборудование (например, шлем, наколенники) • Спортивное оборудование (например, обувь, лыжи) • Окружающая среда (например, погода, снежно-ледовые условия, тип пола и дерна, обслуживание)
Inciting event:	Провоцирующие событие:
Playing situation	Игровая ситуация
Player/opponent behaviour	Поведение игрока/противника
Gross biomechanical description	Общее биомеханическое описание (целого тела)
Detailed biomechanical description	Подробное биомеханическое описание (суставы)
Predisposed athlete	Предрасположенный спортсмен
Susceptible athlete	Склонный к травмам спортсмен
Injury	Травма

Третий шаг, открытый Meeuwisse, Tyreman, Hagel и Emery (2007 г.), можно описать как динамический линейный подход к процессу. До сих пор у нас был ряд внутренних, внешних факторов риска, травматического механизма, и только учитывалась травма. После этой статьи началось учитывать, что механизм может привести к травме или нет. Если это не произойдет, то та «не травма» сможет генерировать положительные адаптации во внутренних факторах риска игрока из-за тренировки. Например, тренировка может улучшить нервно-мышечный контроль игрока. И, с другой стороны, если травма произойдет, она потребует восстановления непосредственно влияя на внутренние факторы риска, поскольку спортсмен будет иметь в качестве одного из факторов риска, эту предыдущую травму.

Рисунок 9: Динамическая и рекурсивная модель этиологии в спортивных травмах



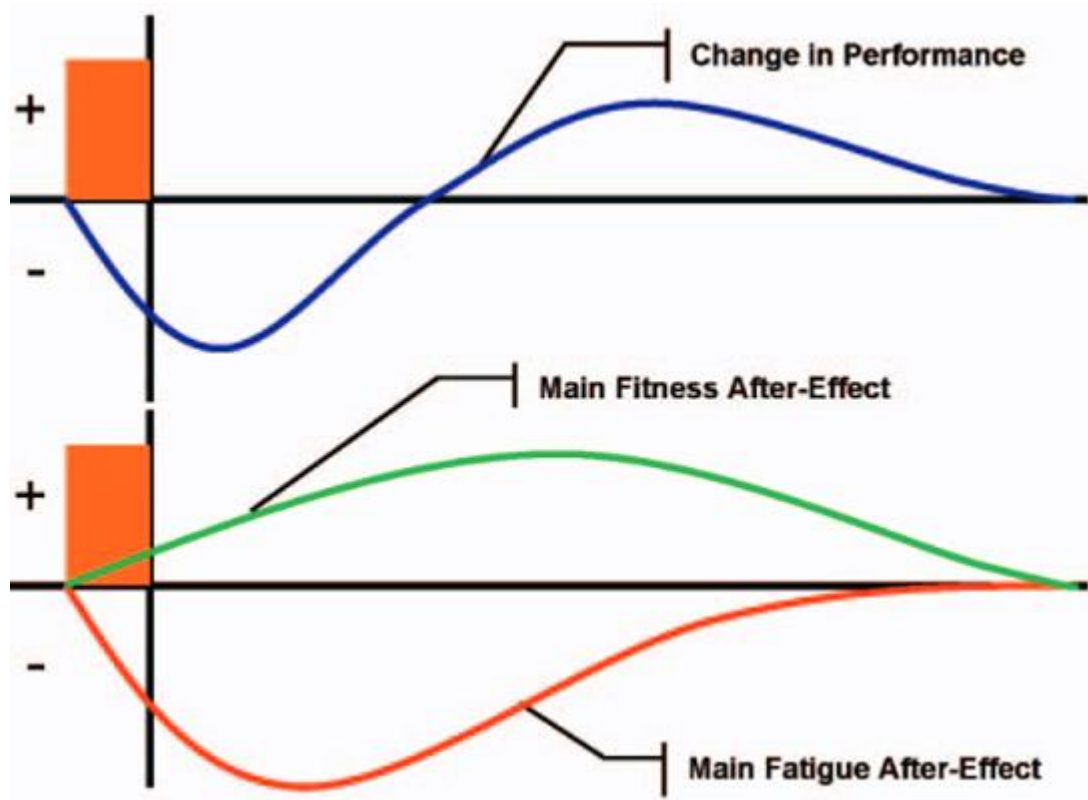
Источник: Мееuwisse и др., 2007 г., стр. 217.

Repeat participation	Повторное участие
Adaptation	Адаптация?
Exposure to extrinsic risk factors	Подверженность Внешним Факторам Риска (например, Оборудование, Окружающая Среда, и т. д.)
Predisposed athlete	Предрасположенный спортсмен
Age	Возраст
Neuromuscular control	Нейромышечный Контроль
Previous injury	Предыдущие травмы
Strength	Сила
Intrinsic risk factors	Внутренние факторы риска
Susceptible athlete	Склонный к травмам спортсмен
Events	Происшествия
Inciting event	Провоцирующие происшествие
No injury	Нет травмы
Injury	Травма
Recovery	Восстановление
No recovery	Нет восстановления
Removed from participation	Отстранён от Участия
Risk factors for injury (distance from outcome)	Факторы риска получения травм (далеко от результата)
Mechanism of injury (Proximal to outcome)	Механизм травмы (близко от результата)



После рассмотрения различных моделей мы должны сосредоточить внимание на тренировочной нагрузке. Публикация Loren и Bradford (2003 г.) восстанавливает исследование Банистера (Banister), в котором он проанализировал дозу и ответ в тренировке, но только с видением производительности, но не анализируя и предсказывая её влияние на вероятность получения травм. Изображение 10, в соответствии с бифакторной теорией, показывает как происходит стресс (тренировочная нагрузка), которая производит ряд негативных эффектов, проявляемых в виде усталости и ряд положительных эффектов, связанных с фитнесом, которые могут привести к чрезмерной компенсации, что позволяет нам находиться выше предварительного уровня до получения стимула. Есть момент, в который положительные эффекты перевешивают негативные, и это, когда проявляется "суперкомпенсация", так как Banister показал в его моделях анализа производительности.

Изображение 10: Теория фитнес-усталость



Источник: Loren, 2003 год, стр. 43.

Change in performance	Изменение Производительности
Main fitness after-effect	Основной Фитнес После-Эффект
Main fatigue after-effect	Основная Усталость После-Эффект

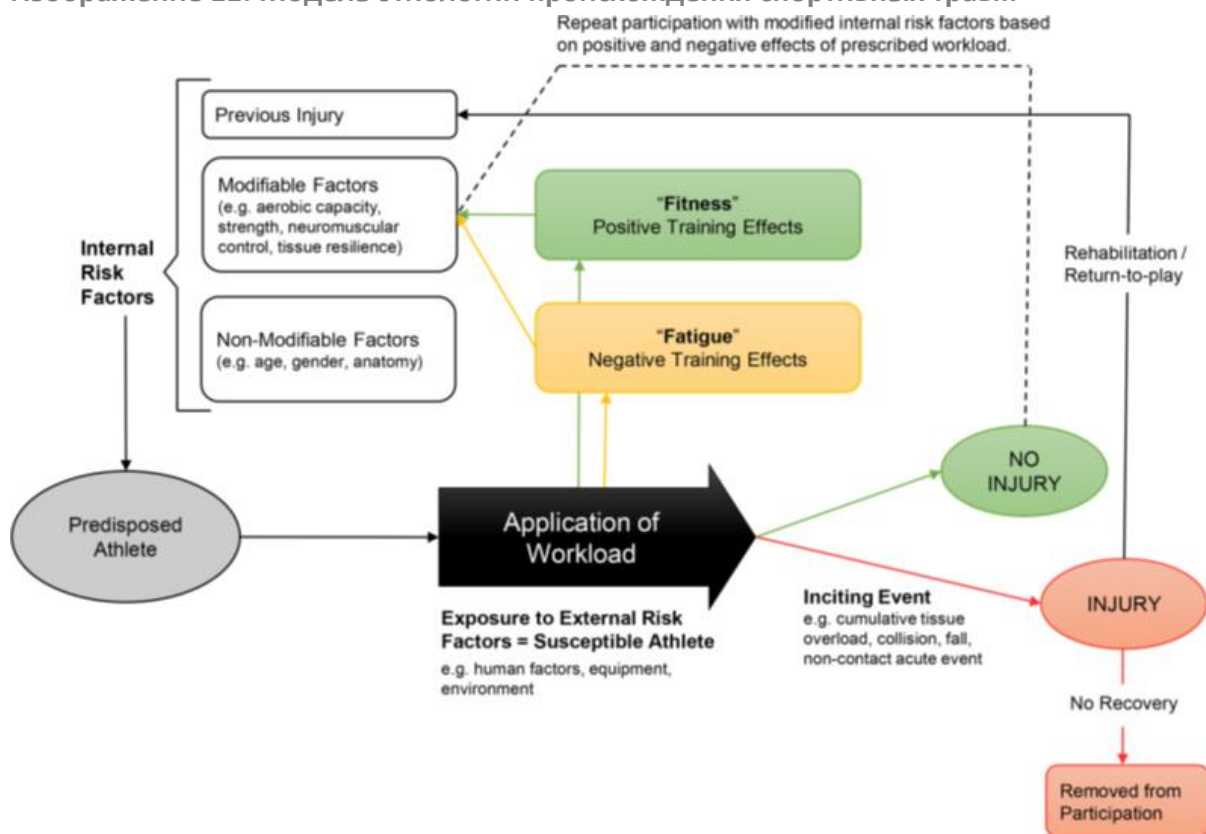
Однако, травмы не были проанализированы с этим подходом. Когда происходит травма передней крестообразной связки, принято думать о травматическом механизме в



первую очередь. Тем не менее не учитывается то, что могло произойти в предыдущие моменты, то есть какую нагрузку перенёс спортсмен накануне, на прошлой неделе и т. д. Эти аспекты, связанные с тренировочной нагрузкой, также могут иметь значение. Тренировочная нагрузка не является внутренним фактором риска или внешним фактором, но является средством, посредством которого могут возникнуть спортивные травмы.

Windt и Gabbett (2016) создали предложение о проведении тренировок и/или соревнований в рамках анализа модели этиологии спортивных травм. Эти авторы также различают внутренние и внешние факторы риска и, кроме того, эффекты (положительные и отрицательные), которые нагрузка будет производить на спортсмене. Если травма не произойдёт, внутренние факторы риска будут затронуты так или иначе после этой нагрузки. Если травма произойдёт, как и в предыдущей модели, будет последствие, так как спортсмен будет более подвержен к получению новой травмы.

Изображение 11: Модель этиологии происхождения спортивных травм



Источник: Windt и Gabbett, 2006, стр. 6.



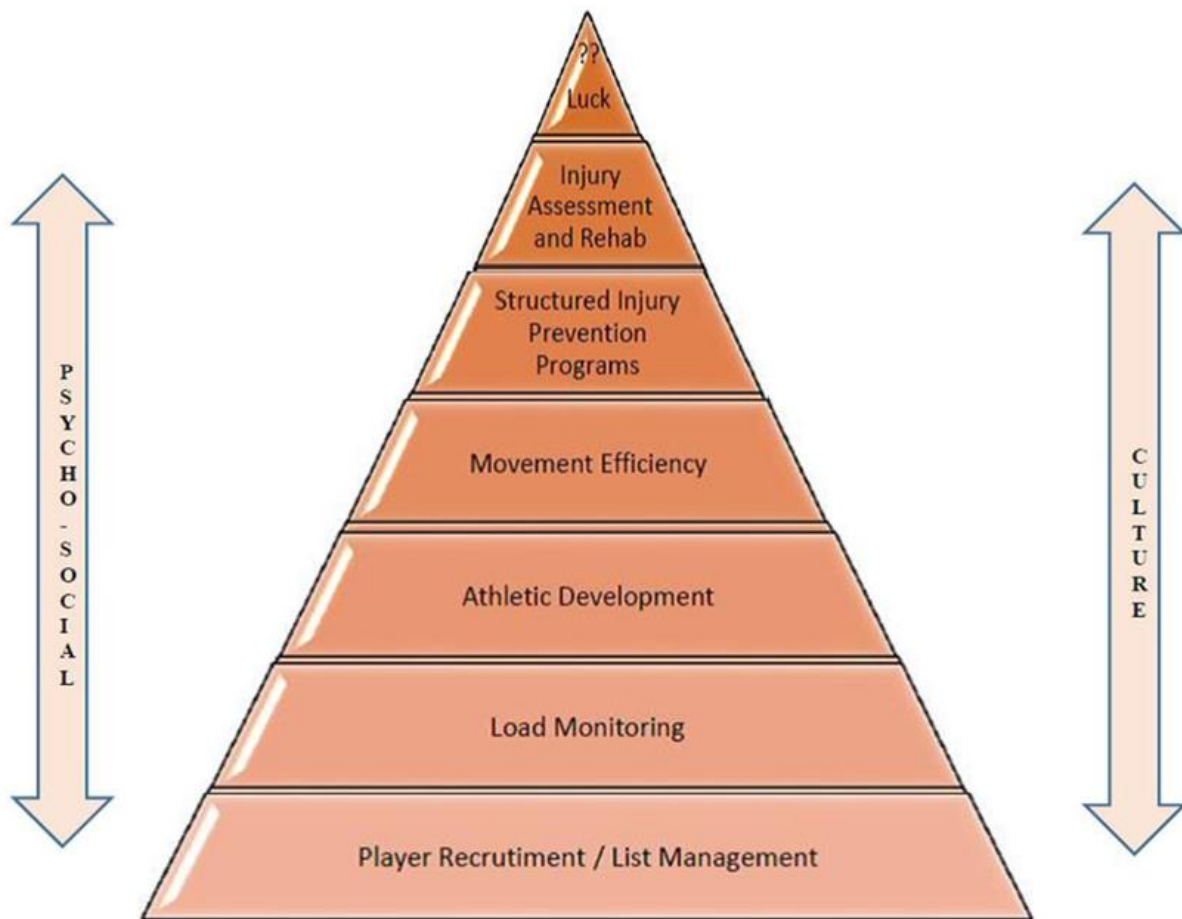
Repeat participation with modified internal risk factors...	Повторное участие с модифицированными внутренними факторами риска, основанное на положительных и отрицательных эффектах назначенной нагрузки.
Previous injury	Предыдущая Травма
Modifiable factors	Модифицируемые Факторы (например, аэробная способность, сила, нейромышечный контроль, сопротивляемость ткани организма)
Non.modifiable factors	Не Модифицируемые Факторы (например, возраст, пол, анатомия)
Internal risk factors	Внутренние Факторы Риска
Predisposed athlete	Спортсмен, Предрасположен к Травмам
Fitness	«Фитнес» Положительные Тренировочные Эффекты
Fatigue	«Усталость» Отрицательные Тренировочные Эффекты
Rehabilitation/ return to play	Восстановление/ Возвращение к игре
No injury	НЕТ ТРАВМЫ
Application of workload	Применение Нагрузки
Exposure to external risk factors=Susceptible A	Подверженность Внешним Факторам Риска = Спортсмен, Склонных к Получению Травм Например, человеческий фактор, оборудование, окружающая среда
Inciting event	Провоцирующие Происшествие Например, кумулятивная перегрузка ткани, столкновение, падение, острое событие без контакта
Injury	ТРАВМА
No recovery	Нет восстановления
Removed from participation	Отстранён от Участия

Физическая подготовка может создать положительные адаптации в физическом состоянии игрока. Адаптации будут связаны с улучшением модифицируемых внутренних факторов риска, таких как аэробная способность игрока, уровень квалификации или состав тела. Наконец, негативные последствия тренировочных

нагрузок, т. е. их негативные последствия, связанные с тренировками в основном из-за усталости, повлияют на модифицируемые факторы риска. Это приведет к снижению некоторых функций (таких как нервно-мышечный контроль), что приведет к большей уязвимости к потенциально травматической ситуации. Важно отметить, что, хотя происхождение травм рассматривается с многофакторной точки зрения, научные данные свидетельствуют о том, что нагрузка является фактором, который следует учитывать при предотвращении травм, и поэтому мы должны её учитывать так, как это уже было представлено в модели Уиндта и Габбетта.

Для определения риска получения травмы обычно устанавливаются пирамиды, которые показывают такие понятия, как уровень силы спортсмена, мониторинг нагрузки, среди других. Однако до настоящего времени ни одно предложение не показало информацию, которую видно на изображении 12.

Изображение 12: Пирамида предотвращения травм



Источник: Coles, 2017 г., стр. 2.



Psycho social	ПСИХО-СОЦИАЛЬНОЕ
Culture	КУЛЬТУРА
Luck	?? Удача
Injury assessment and rehab	Оценка Травмы и Реабилитация
Structured injury prevention programs	Структурированные Программы Предотвращения Травм
Movement efficiency	Эффективность Движений
Athletic development	Спортивное Развитие
Load monitoring	Мониторинг Нагрузки
Player recruitment/ list magement	Подбор Игроков/ Управление Списанием

Изображение взято из публикации одного из врачей Сан-Антонио Спёрс НБА. Предложение показывает, что основой пирамиды являются игроки, которые у нас есть в команде. Будет ли вероятность травмы футбольной команды со средним возрастом 40 лет такой же, как у команды, в которой средний возраст 23 лет? Поскольку возраст является одним из внутренних факторов риска, молодой состав будет иметь меньший риск. Создание команды игроков является одним из основных элементов в предотвращении травм, который не был отражен с такой ясностью, как эта статья показывает.

Пирамида продолжается в восходящем порядке с мониторингом нагрузки, развитием физической подготовки, эффективностью в паттернах различных движений, которые игрок мог бы выполнять на поле, структурированные планы предотвращения травм, адаптация после травм и, наконец, фактор удачи.

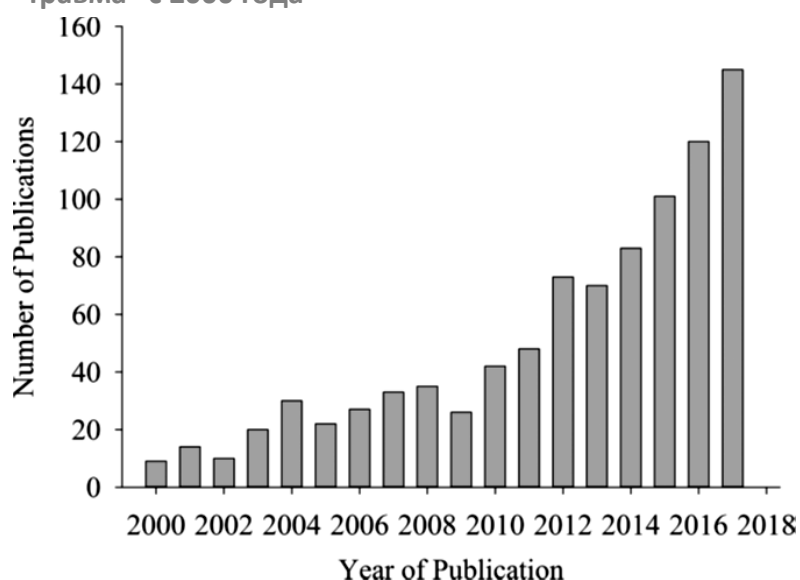
Основываясь на вышеупомянутой публикации, можно отметить, что работа тренера по физподготовке может существенно повлиять на следующие уровни пирамиды: программы предотвращения травм, развитие силы через физическую подготовку, эффективность паттернов движения и мониторинг тренировочных и/или соревновательных нагрузок.

Для разработки стратегии предотвращения травм нам нужен вклад всех: тренера, медицинского штаба, тренера по физподготовке и, конечно же, самого игрока, кто должен быть частью этого процесса. Работа и взаимодействие этого набора лиц позволит лучший подход к снижению вероятности получения травм.

Точно так же, как научная литература экспоненциально выросла в публикации статей, связанных с системами ИДУ и позиционирования GPS, в публикациях, связанных с вероятностью получения травм с 2000 года по настоящее время, происходит экспоненциальный рост. Все указывает на то, что они будут продолжать расти.



Изображение 13: Рост исследований, включая ключевые слова "тренировка" и "травма" с 2000 года



Источник: Габбетт, 2018, стр. 1.

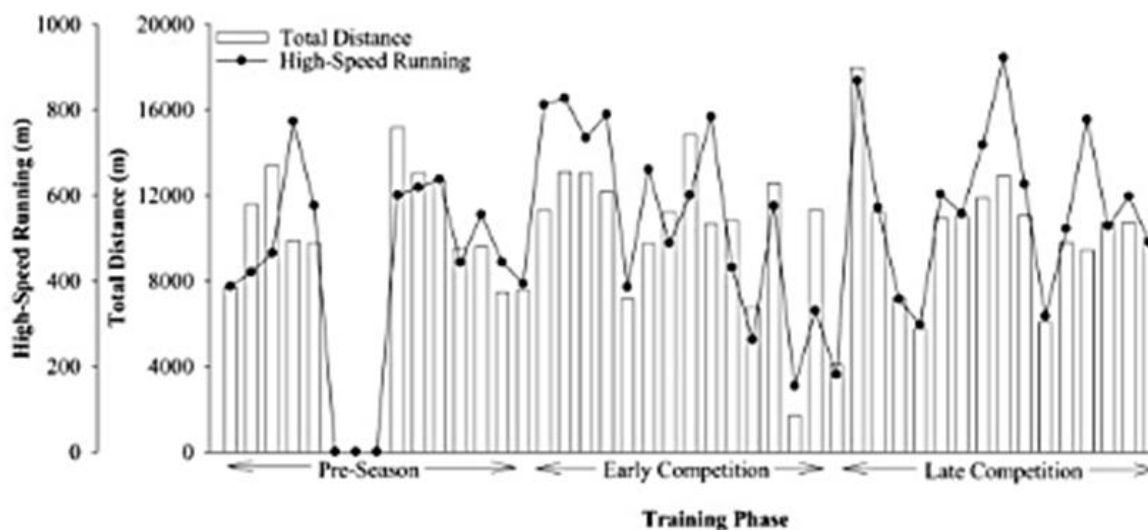
Number of publications	Количество Публикаций
Year of publication	Год Публикации

Чтобы более эффективно и строго способствовать понятию вероятности получения травмы, мы должны найти оптимальную дозу тренировки, которая бы производила желаемые эффекты производительности. В целом элита тренируется, чтобы улучшить производительность и победить в соревновании. Таким образом, цель — это увеличить производительность для достижения победы, но мы всегда должны попытаться использовать оптимальную дозу для ее достижения, потому что избыток может привести к более высокой вероятности получения травмы. Поэтому, это уже является практическим применением мониторинга тренировочных и/или соревновательных нагрузок. Мы должны найти эту правильную, оптимальную нагрузку.

Продолжая с мониторингом нагрузки, Тим Габбетт (2012 г.) установил общее расстояние и расстояние высокой интенсивности, пройденное регбистами на различных микроциклах в течение одного сезона. Результаты показали, что, когда игроки бегали девять метров больше за сессию на более чем 25 км/ч, они увеличивали вероятность получения травмы без контакта в мягких частях в 2,7 раза.



Изображение 14: Общее еженедельное расстояние тренировок и расстояние, пройденное в скоростных гонках в течение профессионального сезона лиги регби



Источник: Габбетт, 2012, стр. 956.

Total distance	Общее Расстояние
High speed running	Бег Высокой Скоростью
High speed running (m)	Бег Высокой Скоростью (м)
Total distance (m)	Общее Расстояние (м)
Pre-Season	Предсезон
Early Competition	Ранние Соревнования
Late Competition	Поздние Соревнования
Training pase	Тренировочный Этап

По этой же линии стоит упомянуть публикацию в австралийском футболе Колби, Доусона, Хисмана, Рогальски и Габбетта (2014). Авторы пришли к выводу, что вероятность получения травмы увеличивалась до 5,5, когда накапливалось большое расстояние каждые три недели на предсезонном этапе и что соотношение было 3,7, когда это расстояние было больше в спринте. В течение сезона вероятность получения травмы увеличивалась на 2,5, когда переменная силовой нагрузки была больше в течение трех недель, а вероятность умножалась на 2, когда процент изменения скорости рос каждые четыре недели.



Изображение 15: Данные о тренировочной нагрузке на разные годы опыта работы в австралийской футбольной системе на различных этапах сезона

	Preseason	In-season	Whole-season
Distance (m)			
1-2 y	350,674 (313,731-387,616)	344,088 (299,321-388,855)	694,762 (629,839-759,685)
3-6 y	375,136 (339,277-410,995)	373,924 (354,243-393,605)	749,060 (705,808-792,312)
>7 y	356,431 (316,662-396,200)	‡320,417 (262,034-378,800)	676,848 (597,150-756,547)
V1 distance (m)			
1-2 y	§99,883 (90,090-109,676)	99,574 (81,572-117,577)	199,458 (180,025-218,890)
3-6 y	§120,903 (111,984-129,822)	106,281 (96,846-115,716)	227,184 (211,123-243,245)
>7 y	§113,757 (100,480-127,034)	92,534 (78,612-106,457)	206,292 (182,857-229,727)
Sprint distance (m)			
1-2 y	¶4,322 (2,756-5,888)	5,753 (3,770-7,735)	10,075 (6,645-13,506)
3-6 y	7,480 (6,048-8,930)	7,170 (6,330-8,010)	14,660 (12,649-16,671)
>7 y	5,848 (4,900-6,796)	¶4,076 (2,819-5,332)	9,924 (8,393-11,454)
Force load (AU)			
1-2 y	26,890 (23,474-30,307)	26,787 (23,090-30,483)	53,677 (47,792-59,563)
3-6 y	28,043 (25,370-30,716)	29,814 (27,067-32,560)	57,857 (53,445-62,269)
>7 y	27,613 (23,322-31,904)	26,798 (20,973-32,622)	54,411 (45,668-63,154)
Velocity load (AU)			
1-2 y	31,608 (27,192-36,025)	31,446 (27,078-35,814)	63,055 (56,000-70,109)
3-6 y	36,475 (33,386-39,565)	36,117 (34,011-38,224)	72,593 (68,545-76,641)
>7 y	35,898 (31,536-40,260)	32,281 (26,404-38,159)	68,180 (59,331-77,029)
RVC (AU)			
1-2 y	365 (324-407)	385 (321-450)	751 (663-839)
3-6 y	386 (321-452)	440 (396-384)	827 (733-920)
>7 y	345 (290-399)	¶347 (251-443)	692 (567-817)

*AU = arbitrary units; RVC = relative velocity change.
 †Data are expressed as mean (95% confidence intervals).
 §Preseason load significantly greater than in-season ($p \leq 0.05$).
 ¶1-2 y significantly lower load than 3-6 y ($p \leq 0.05$).
 †‡>7 years significantly lower load than 3-6 y ($p \leq 0.05$).

Источник: Colby и др., 2014 г., стр. 2247.

Preseason	Предсезон
In-season	В Сезоне
Whole-season	Целый Сезон
Distance (m)	Расстояние (м)
V1 distance (m)	V1 Расстояние (м)
Sprint distance (m)	Расстояние спринтом (м)
Force load (Au)	Нагрузка силы (у. е.)
Velocity load (Au)	Нагрузка скорости (у. е.)
Rvc (au)	RVC (у. е.)
Au= arbitrary units; Rvc=relative velocity change	*у. е. = условная единица; RVC = относительное изменение скорости.
Data are expressed as mean (95% confidence intervals)	Данные выражаются как среднее значение (95% доверительный интервал)
Preseason load significantly greater than in season ($p \leq 0.05$)	Предсезонная нагрузка значительно выше, чем в сезоне ($p \geq 0.05$)
1-2 y significantly lower load than 3-6 ($p \leq 0.05$)	1-2 у нагрузка значительно ниже, чем 3-6 у ($p \geq 0.05$)
>7 years significantly lower than 3-6 y ($p \leq 0.05$)	> 7 лет нагрузка значительно ниже, чем 3-6 у ($p \geq 0.05$)

Для предотвращения травм также важно подготовить наших игроков к требованиям, самих соревнований.

Изображение 16 предоставляет практические и реальные данные нашей команды. Данные относятся к различным сессиям одного сезона. Первая колонка указывает пройденное расстояние за минуту (средний показатель команды), а вторая колонка соответствует конкретному игроку в этой сессии.

Изображение 16: Сравнение данных собственной команды с данными конкретного игрока

35,93	34,39	-1	-0,62	-1	-0,75	-4%
32,41	32,57	-1	-1,08	-1	-0,96	0%
37,26	42,49	-1	-0,45	0	0,16	14%
33,45	34,79	-1	-0,95	-1	-0,71	4%
35,97	34,99	-1	-0,62	-1	-0,68	-3%
31,55	34,65	-1	-1,20	-1	-0,72	10%
57,78	49,97	1	2,24	1	0,99	-14%
37,63	33,65	-1	-0,40	-1	-0,83	-11%
40,84	38,57	0	0,02	-1	-0,28	-6%
51,51	55,36	1	1,42	1	1,60	7%
46,48	37,4	1	0,76	-1	-0,41	-20%
37,58	32,12	-1	-0,41	-1	-1,01	-15%
42,62	22,89	1	0,25	-1	-2,04	-46%
41,88	37,75	0	0,16	-1	-0,38	-10%
47,45	43,36	1	0,89	1	0,25	-9%
32,94	30,23	-1	-1,01	-1	-1,22	-8%
38,28	36,02	-1	-0,31	-1	-0,57	-6%
40,47	41,42	0	-0,03	0	0,04	2%
44,71	40,43	1	0,53	0	-0,07	-10%
31,39	27,29	-1	-1,22	-1	-1,55	-13%

Источник: Собственная разработка.

В этом исследовании данные были проанализированы через минимальные обнаруживаемые изменения между всеми сессиями для того, чтобы установить, произошли ли значительные изменения в переменной в этой сессии по сравнению с другими днями, которые учитывались. Но этого было недостаточно, поскольку мы должны были знать масштаб этого изменения. Для этого было рассчитано значение Z. Так, например, наблюдается, что мы можем перейти от 0,62 до 1,08 (четвертая колонка), а где-то до 2,24. Шестая колонка показала значение Z для индивидуального лица. Последняя колонка относится к расчету коэффициента вариации.

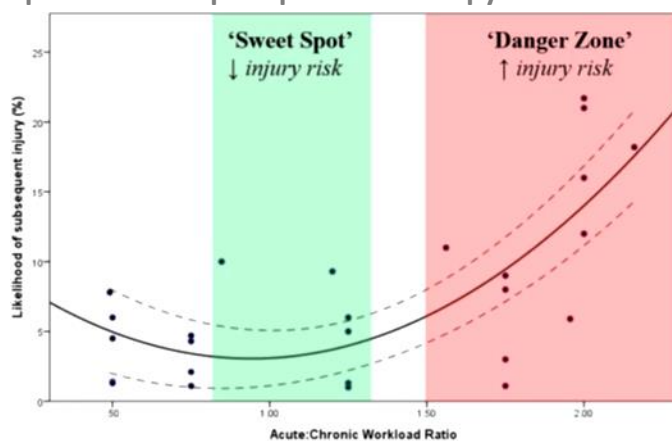
Изображение 17: Анализ значения Z во время различных сессий для одного игрока и для среднего значения проанализированной команды



Источник: Собственная разработка.

Другие важные понятия, которые следует учитывать, являются острая нагрузка (короткий период времени) и кумулятивная или хроническая (более длительный период времени). Взаимосвязь между этими двумя понятиями, острая и хроническая нагрузка через коэффициент между острой нагрузкой и хронической нагрузкой, обеспечивает соотношение острой-хронической нагрузки. Из этого можно сделать вывод, что установление определенного соотношения (изображение 18) отграничивает зону с более низким риском получения травмы (зеленая зона). С другой стороны, увеличивается вероятность получения травмы (красная зона) при превышении определенного соотношения.

Изображение 18: Руководство по интерпретации и применению данных об острой-хронической тренировочной нагрузке

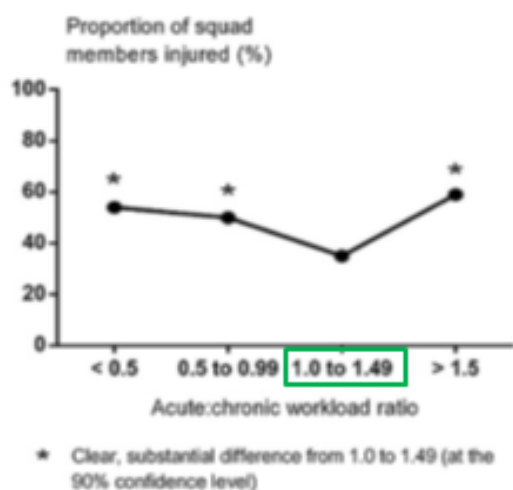


Источник: Габбетт, 2016 г., стр. 6.

Sweet sport	«Золотая Середина»
Injury risk	Риск травмы
Danger zone	«Зона Опасности»
Injury risk	Риск травмы
Likelihood of subsequent injury (%)	Вероятность последующей травмы (%)
Acute: Chronic workload ratio	Соотношение Острой Хронической Тренировочной Нагрузки

Если мы хотим проанализировать эту связь в баскетболе, мы можем просмотреть публикацию Weiss, Allen, McGuigan, и Whatman (2017 г.). В этом исследовании авторы указали, что процент игроков, травмированных в проанализированной команде, варьировался соответственно с изменением соотношений нагрузки. Появлялись зоны повышенного риска получения травмы по сравнению с оптимальной зоной, которая была установлена между соотношением 1 до 1,49.

Изображение 19: Соотношение острой-хронической нагрузки в баскетболистах

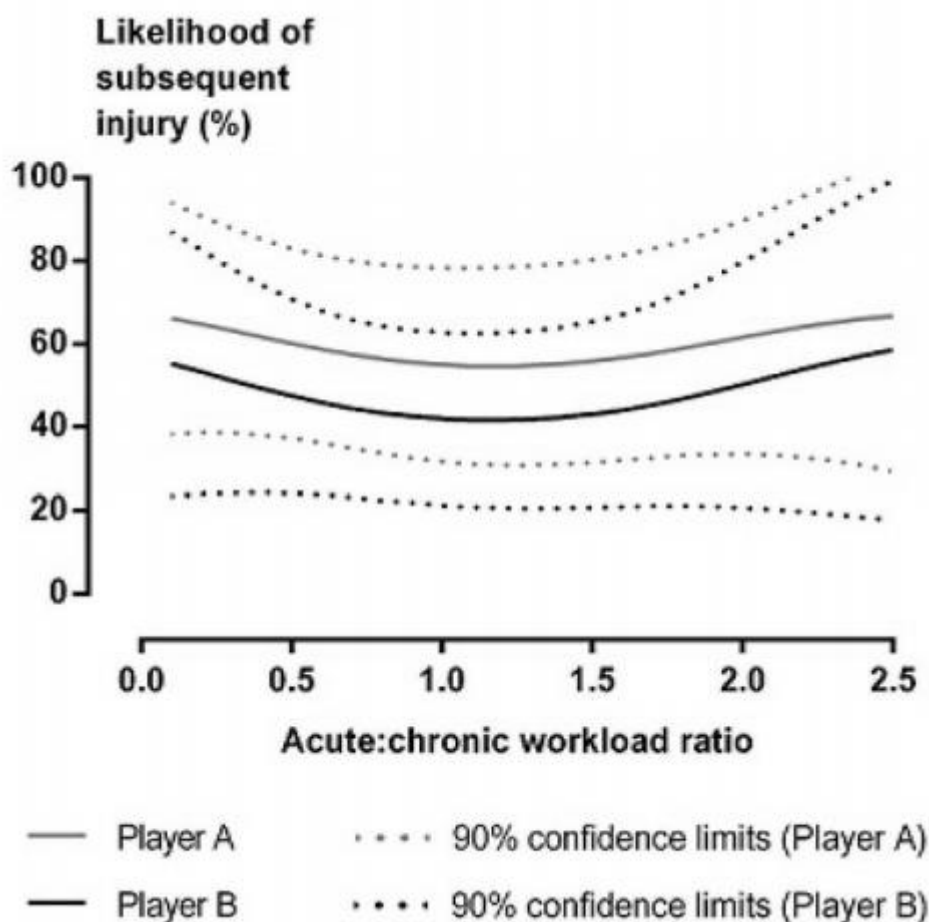


Источник: Адаптировано из Weiss и др., 2017 г.

Proportion of squad members injured (%)	Пропорция травмированных членов команды (%)
Acute: chronic workload ratio	Соотношение Острой Хронической Тренировочной Нагрузки
Clear, substantial difference from 1.0 to 1,49 (at the 90% confidence level)	*Чёткая, существенная разница от 1.0 до 1.49 (на 90% уровня доверия)

В этом смысле мы должны уделить особое внимание индивидуализации. На изображении 20 показано, как два игрока из одной команды имеют разную вероятность получения травмы при одном и том же соотношении острой-хронической нагрузки.

Изображение 20: Сравнение двух спортсменов при вероятности получения травмы



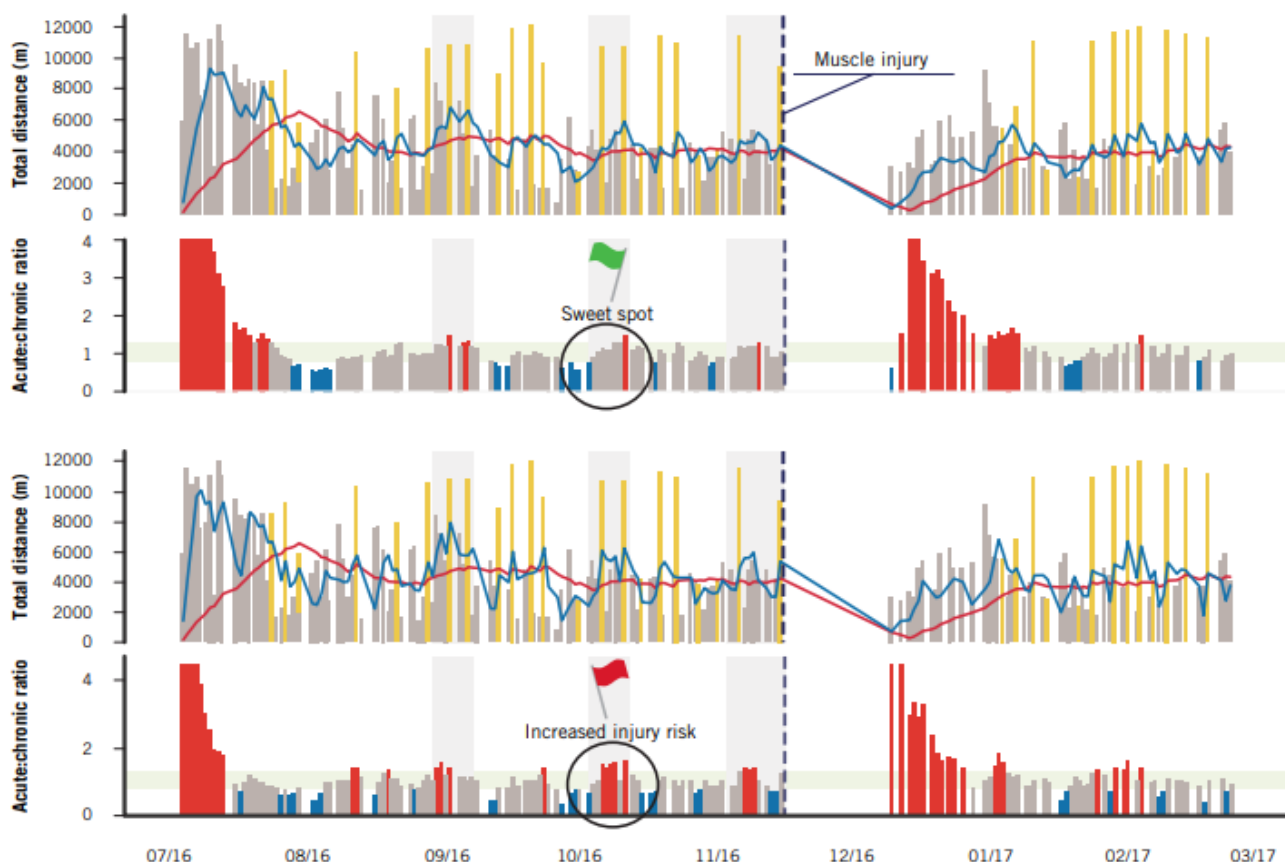
Источник: Weiss и др., 2017 г., стр. 20.

Likelihood of subsequent injury (&)	Вероятность последующей травмы (%)
Acute:chronic workload ratio	Соотношение Острой Хронической Тренировочной Нагрузки
Player A	Игрок А
Player B	Игрок Б
90% confidence limits (player A)	90% границы доверительности (Игрок А)
90% confidence limits (player B)	90% границы доверительности (Игрок Б)

То есть соотношение острой-хронической нагрузки тоже является индивидуальным, но имеют ли значение соотношения, которые мы выбираем? Это то же самое выбрать в качестве острой нагрузки четыре дня или неделю и в качестве хронической нагрузки три недели или пять недель? Публикация Lacombe, Simpson и Buchheit (2018 г.) показывает, как четырехдневная острая нагрузка и восемнадцатидневная хроническая нагрузка были более чувствительны для того, чтобы предвидеть более высокий риск получения травмы, чем семидневное соотношение для острой нагрузки и двадцать восемь для

хронической нагрузки. Таким образом, мы могли бы также использовать этот инструмент в качестве стратегии для предотвращения травм.

Изображение 21: Изменения в общем расстоянии (в метрах) для элитного футболиста в течение семи месяцев

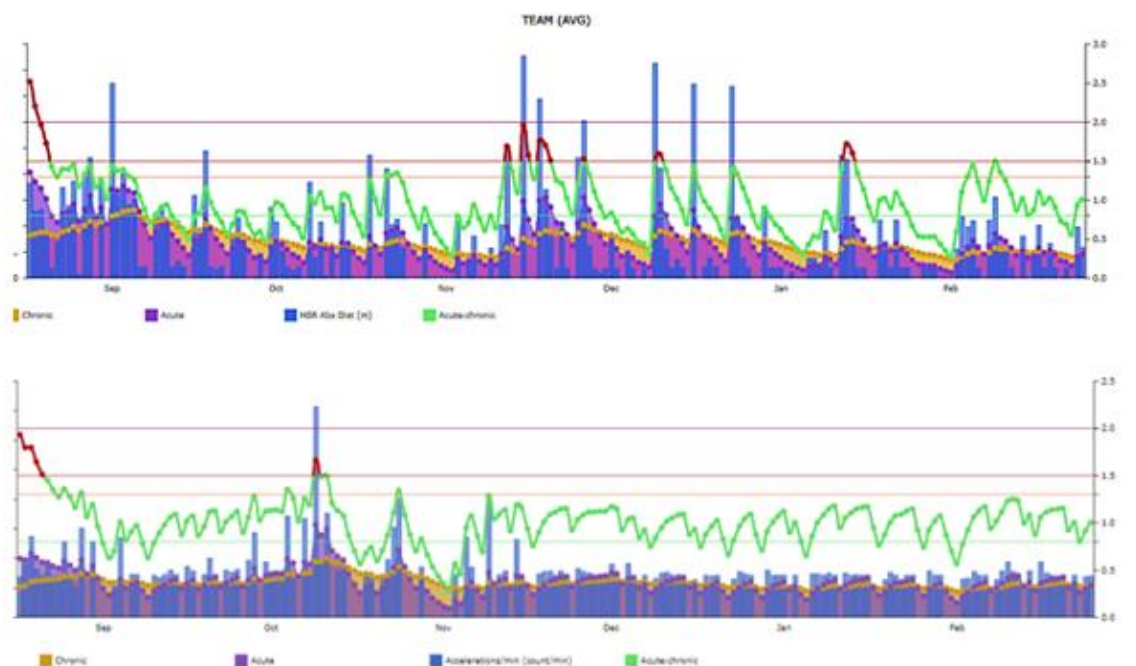


Источник: Lacome и др., 2018 г., стр. 55.

Total distance (m)	Общее расстояние (м)
Acute: chronic ratio	Соотношение острой-хронической
Total distance (m)	Общее расстояние (м)
Acute: chronic ratio	Соотношение острой-хронической
Muscle injury	Травма мышцы
Sweet spot	Золотая середина
Increases injury risk	Повышенный риск травмы

На изображении 22 показаны данные, принадлежащие нашей команде. В нем появляется соотношение острой нагрузки, установленное на семи днях, и хронической (двадцать восемь дней) для переменных пройденного расстояния >18 км/ч и для количества ускорений в течение нескольких месяцев сезона.

Изображение 22: Контроль нагрузки и соотношение острой-хронической нагрузки первой баскетбольной команды ФК Барселона

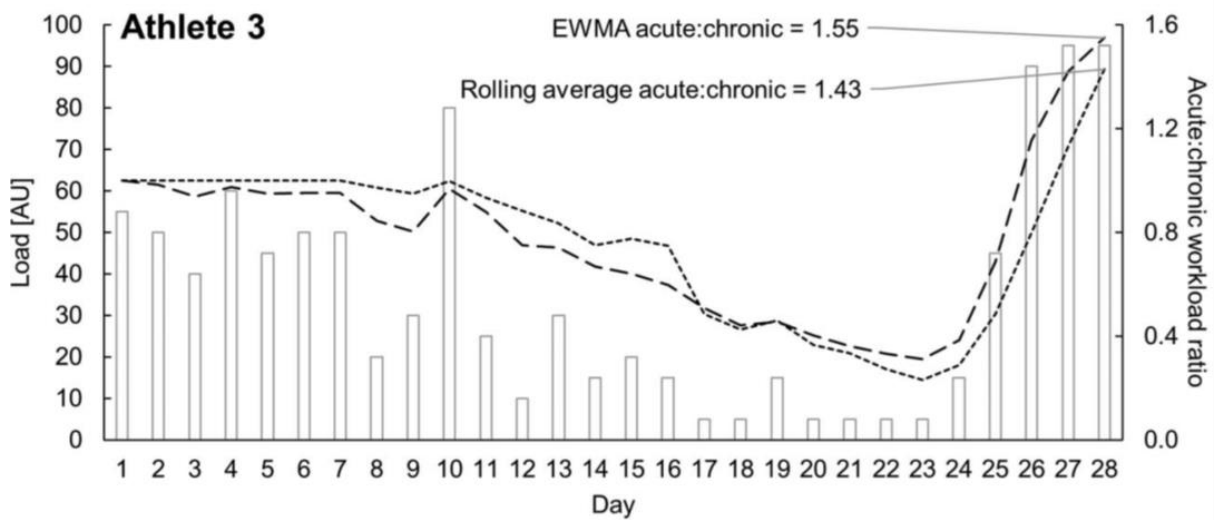
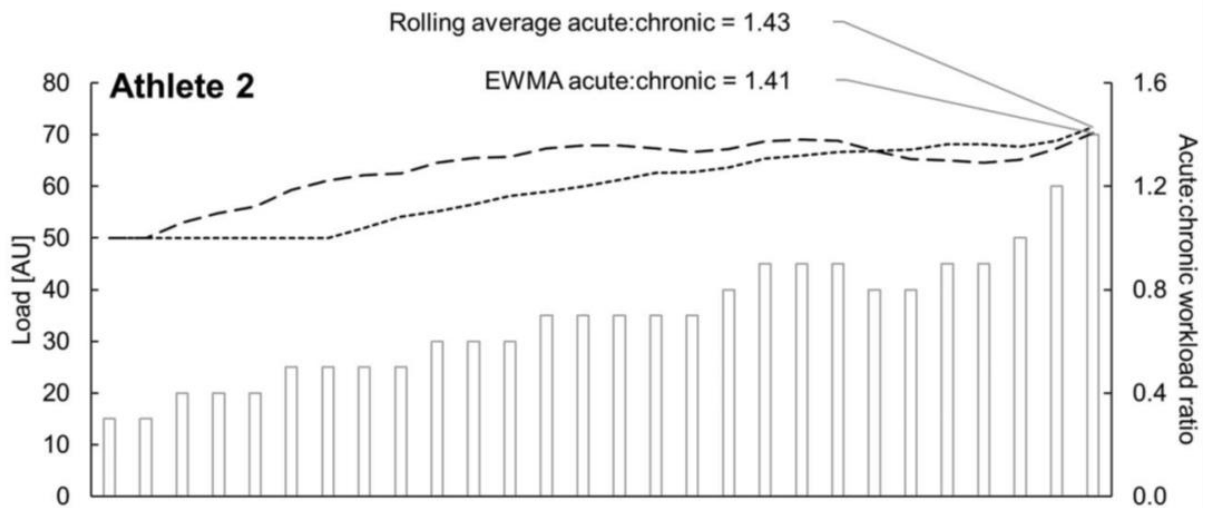
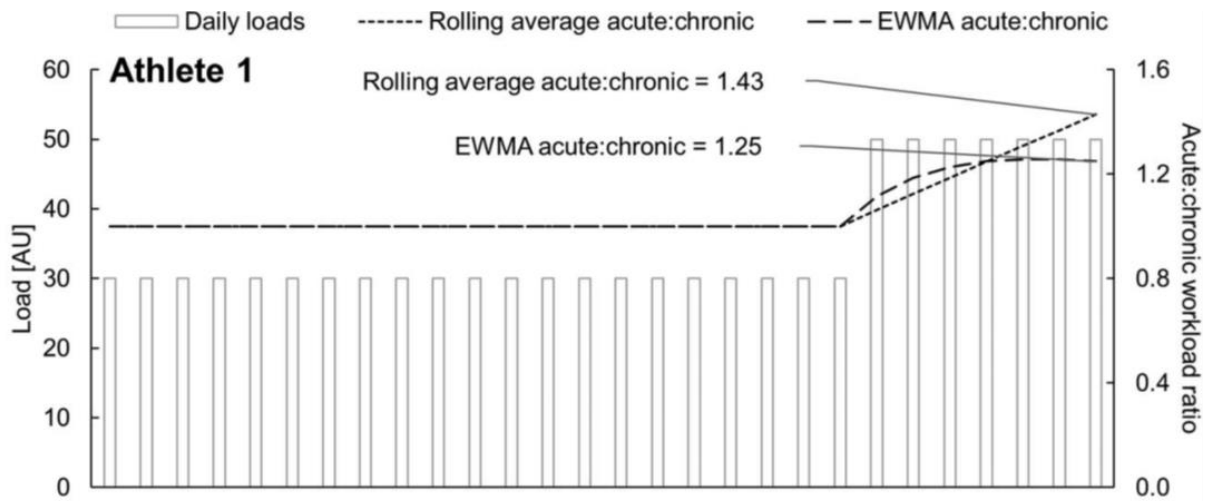


Источник: Разработано автором с помощью устройств WIMU, Realtrack Systems S.L.

Team (avg)	КОМАНДА (СРЕДНЯЯ)
Chronic	Хроническая
Acute	Острая
ILEGIBLE	Не читаемо
ILEGIBLE	Не читаемо
Acute: chronic	Острая-хроническая

Другим аспектом, который следует учитывать, в связи с этим соотношением, является расчет, используемый для его получения: «rolling average» или скользящая средняя. Но это не единственный способ расчета соотношения – его также можно рассчитать, в отличие от данных, представленных выше, на основе экспоненциального анализа скользящих средних. Этот процесс позволяет придать больший взвешенный вес последним данным, то есть ближайшим тренировкам во времени. Следующая фигура показывает эволюцию соотношения у трех спортсменов, сравнивая анализ простой скользящей средней (rolling average) и экспоненциальной скользящей средней (EWMA).

Фигура 23: Различные значения соотношения острой-хронической тренировочной нагрузки, производимые с использованием экспоненциально скользящих средних и метода скользящих средних



Источник: Williams, 2017 г., стр. 210.



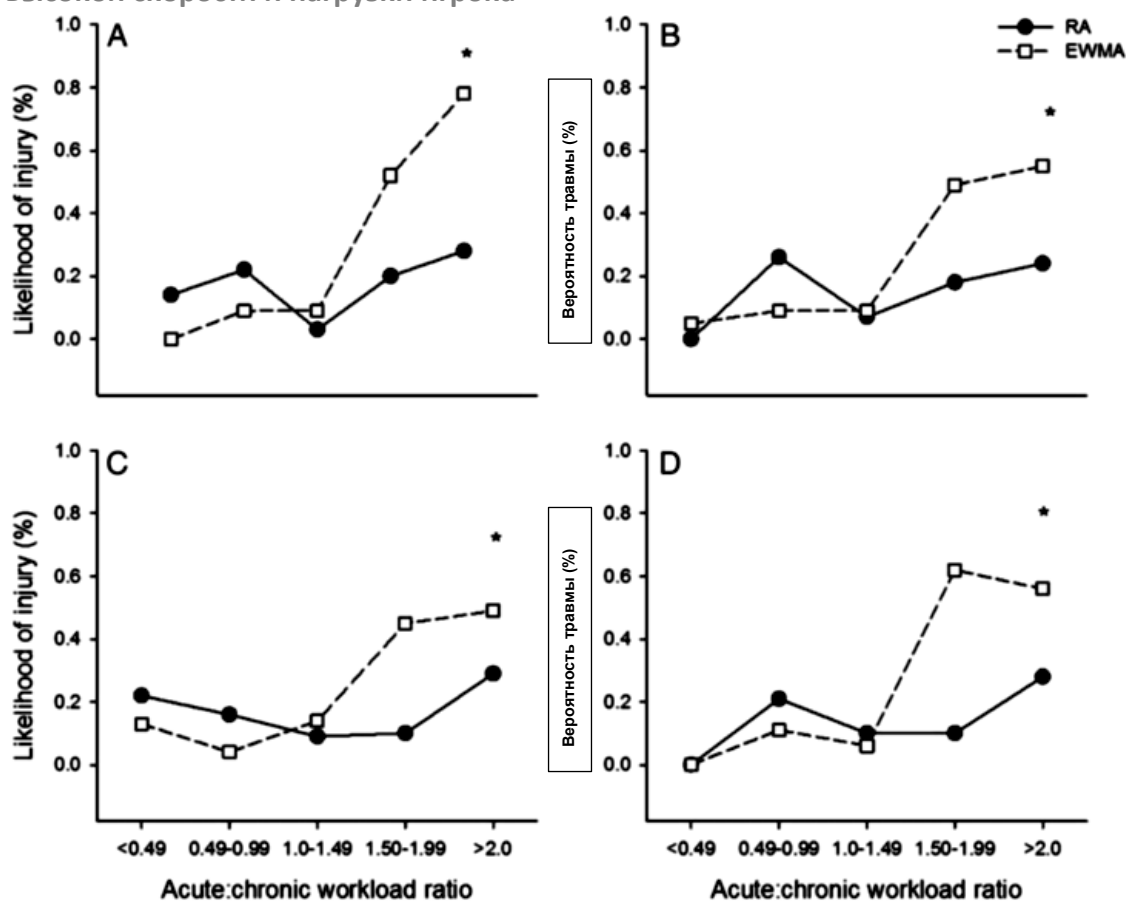
Athlete 1	Спортсмен 1
Daily loads	Ежедневные нагрузки
Rolling average acute: chronic	Скользящая средняя острая-хроническая
EWMacute: chronic	Экспоненциальная скользящая средняя острая -хроническая
Rolling average acute: chronic= 1.43	Скользящая средняя острая-хроническая = 1.43
EWMA acute: chronic= 1.25	Экспоненциальная скользящая средняя острая-хроническая = 1.25
Load (Au)	Нагрузка [у.е.]
Acute: chronic workload ratio	Соотношение остро-хронической тренировочной нагрузки
Athlete 2	Спортсмен 2
Rolling average acute: chronic= 1.43	Скользящая средняя остро-хроническая = 1.43
EWMA acute: chronic= 1.41	Экспоненциальная скользящая средняя остро-хроническая = 1.41
Load (Au)	Нагрузка [у.е.]
Acute: chronic workload ratio	Соотношение остро-хронической тренировочной нагрузки
Athlete 3	Спортсмен 3
Rolling average acute: chronic= 1.55	Экспоненциальная скользящая средняя острая-хроническая = 1.55
EWMA acute: chronic= 1.43	Скользящая средняя острая-хроническая = 1.43
Load (Au)	Нагрузка [у.е.]
Acute: chronic workload ratio	Соотношение остро-хронической тренировочной нагрузки
Day	День

На изображении 23 показана разница между двумя анализами, достигая значения 1,25 и 1,43 в случае спортсмена 1. У спортсмена 2 данные показывают 1.41 и 1.43. И, наконец, динамика нагрузки Спортсмена 3, в которой есть большие колебания между последними и предыдущими проанализированными данными: экспоненциальный анализ генерирует соотношение 1,55, выше, чем было обнаружено ранее. Таким образом, мы могли бы установить, что анализ экспоненциальных скользящих средних является более чувствительным, особенно в высоких соотношениях.

В публикации Murray, Gabbett, Townshend и Blanch (2016 г) рассчитано соотношение для общего пройденного расстояния, высокой умеренной и нагрузки игрока. Исследование дало значительные различия между этими двумя методами в четырех переменных, когда соотношение было высоким (изображение 24). Эти данные соответствовали предсезону и такое же поведение произошло на этапе самого сезона.



Изображение 24: Вероятность травмы в каждом диапазоне соотношения острой-хронической тренировочной нагрузки (ACWR) в течение предсезонного периода на текущий день в общем расстоянии, расстоянии умеренной скорости, расстоянии на высокой скорости и нагрузки игрока



Источник: Murray и др., 2016 г., стр. 4.

Likelihood of injury (%)	Вероятность травмы (%)
EWMA	Экспоненциальная скользящая средняя
Ra	Скользящая средняя
Acute: chornic workload ratio	Соотношение острой-хронической тренировочной нагрузки
A	А
B	Б
C	В
D	Г

Третьим является метод связанного и не связанного анализа (coupling analysis). Связанный анализ означает, что для примера четырёх недель, остро-хронический расчет учитывает эти четыре недели в качестве хронической нагрузки и, в качестве острой, последнюю неделю. Тем не менее, не связанный метод берёт как хроническую

нагрузку первые три недели и, как острую, последнюю неделю. То есть, он устраняет последнюю неделю проанализированной хронической нагрузки.

В целом мы можем установить, что следует избегать острые пики тренировочной нагрузки для нескольких переменных, поскольку они связаны с повышенным риском получения травм. Модель скользящей средней основана на научных данных и поддерживается литературой с целью количественной оценки вероятности риска получения травмы. Тем не менее, модель экспоненциальной скользящей средней имеет более высокую чувствительность к обнаружению увеличения риска получения травм в более высоких диапазонах остро-хронических соотношений.

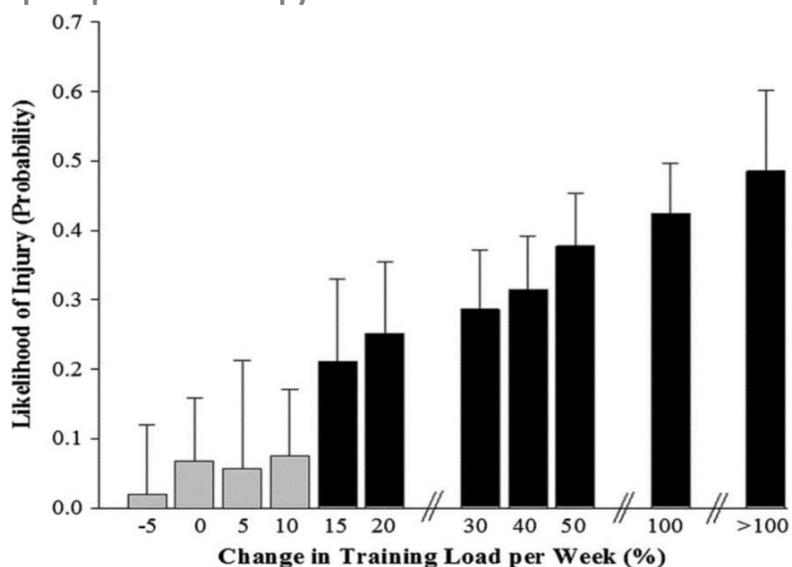
Вместе с тем следует представить дополнительные данные о различных методах острой хронической нагрузки и о расчете риска получения травм. Это позволит профессионалам, участвующим в физической подготовке элитных игроков, систематически и более эффективно назначать тренировочные нагрузки для улучшения физических качеств, необходимых для соревнований, минимизируя при этом риск получения травм, связанных с нагрузкой.

Эти публикации обычно указывают на то, что высокие хронические нагрузки позволяют спортсмену лучшую подготовку и предрасположенность выдерживать некоторые пики острой тренировки, отчасти благодаря адекватному физическому состоянию, что позволяет лучше выдерживать требования соревнований. Таким образом, хороший уровень физической подготовки может помочь лучше выдерживать нагрузки и, следовательно, уменьшить вероятность травмы.

Процент изменения нагрузки между различными неделями также должен быть проанализирован. Например, если происходит определенное процентное увеличение по отношению к предыдущей неделе, вероятность получения травмы также возрастает (изображение 25).



Изображение 25: Вероятность получения травмы с различными изменениями в тренировочной нагрузке

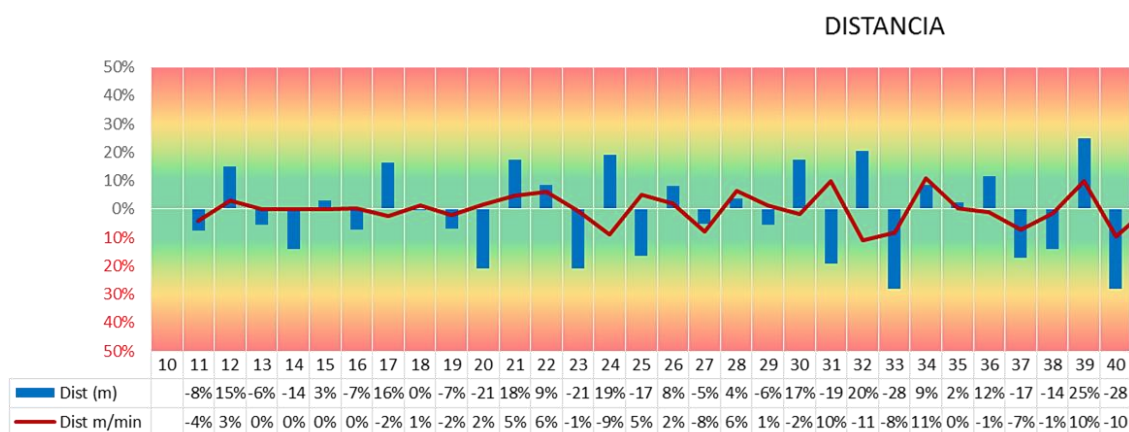


Источник: Габбетт, 2016 г., стр. 5.

Likelihood of injury (Probability)	Вероятность Травмы (Вероятие)
Change in training load per week (%)	Изменение в Тренировочной Нагрузке за Неделю (%)

На изображении 26 показан процент пройденного расстояния нашей командой.

Изображение 26: Эволюция процента изменений расстояния между неделями в ФК Барселона



Источник: Собственная разработка.

Distancia	РАССТОЯНИЕ
Dist (m)	Рас (м)
Dist m/min	Рас (м/мин)

Другим аспектом, который следует учитывать, чтобы свести к минимуму риск получения травмы, является контроль расстояния высокой интенсивности, которому подвергаются наши игроки. Давайте обратим внимание на то, что показывает публикация Уильямса, Треварты, Кросса, Кемп и Стокса (2017 г.). При анализе нагрузки авторы стремились установить наиболее важные переменные. Для этого они провели анализ основных компонентов десяти переменных в четырех командах. Таким образом, они установили, что существует три основных компонента, которые объясняют 57% дисперсии как острую, 24% хронической нагрузки и 9% изменения между микроциклами. Из этого анализа они пришли к выводу, что острая нагрузка в основном представляла собой выдержанную нагрузку за один день.

Еще один очень важный аспект, который нужно подчеркнуть это усталость. Различные публикации сравнивали различные физические требования между первой и второй частью в футболе и между различными четвертями в баскетболе. Linke, Link, Weber и Lames (2018 г.) показали, что футболисты пробежали 99 метров в минуту в первом тайме против 78 метров в минуту во втором тайме. Это означало сокращение на 21% между первой и второй частью. Но если мы проконтролируем и нормализуем паузы, разница уменьшается всего лишь до 6,6%. Поэтому мы должны задаться вопросом или, по крайней мере, подумать о том, является ли усталость причиной такого незначительного уменьшения пройденного расстояния или контекстуальные факторы могут повлиять на этот результат.

Наконец, следует отметить, что машинное обучение может способствовать лучшему пониманию для того, чтобы справиться с предотвращением травм в лучших условиях. С другой стороны, не стоит забывать о внутренних реакциях игрока на внешнюю нагрузку (например, частота сердечных сокращений и изменчивость сердечного ритма). Важно будет также это рассмотреть с точки зрения сложных динамических систем для лучшего понимания стратегий в области предотвращения травм.

Вся эта информация должна быть учтена, чтобы снизить риск получения травм в командных видах спорта.



Ссылки

Bahr, R. & Krosshaug, T. (2005 г.). Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 39(6), 324–329. doi: <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.018341>

Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., Bush, M. & Bradley, P. S. (2014 г.). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *International Journal of Sports Medicine*, 35(13), 1095–1100. doi: <https://doi.org/10.1055/s-0034-1375695>

British Broadcasting Corporation (2018). Premier League clubs paid £217m in wages to injured players in 2017-18. Взято из <https://www.bbc.com/sport/football/45045561>

Colby, M. J., Dawson, B., Heasman, J., Rogalski, B. & Gabbett, T. J. (2014 г.). Accelerometer and GPS-Derived Running Loads and Injury Risk in Elite Australian Footballers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(8), 2244–2252. doi: [doi:10.1519/jsc.0000000000000362](https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000362)

Coles, P. A. (2017 г.). An injury prevention pyramid for elite sports teams. *British Journal of Sports Medicine*, 52(15), 1008–1010. doi: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096697>

Edwards, W. B. (2018 г.). Modeling overuse injuries in sport as a mechanical fatigue phenomenon. *Exerc. Sport Sci. Rev.*, 46(4), 224–231.

Ekstrand, J., Walden, M. & Hagglund, M. (2016 г.). Hamstring injuries have increased by 4% annually in men’s professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 50(12), 731–737. doi: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095359>

Gabbett, T. J. & Ullah, S. (2012 г.). Relationship Between Running Loads and Soft-Tissue Injury in Elite Team Sport Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 953–960. doi: [10.1519/jsc.0b013e3182302023](https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3182302023)

Gabbett, T. J. (2016 г.). The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*. doi: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095788>

Gabbett, T. J. (2018 г.). Debunking the myths about training load, injury and performance: empirical evidence, hot topics and recommendations for practitioners. *British Journal of Sports Medicine*. doi: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099784>



Hisham, T., Thomas, V., Geoff, F., Camden, H., Juan, H., Aparna, K. & Shawn, S. (2016 г.). Preventing in-game injuries for NBA players. Paper presentado en la Sports Analytics Conference. Paper ID: 1590.

Lacome, M., Simpson, B. & Buchheit, M. (2018a г.). Monitoring training status with player-tracking technology. Still on the road to Rome. Part 1: Traditional practices and new concepts. ASPETAR: Sports Medicine Journal, 7, 55-63. Взято из https://www.researchgate.net/publication/327142176_2018_Monitoring_training_status_with_player-tracking_technology_Still_on_the_road_to_Rome_Part_1

Lacome, M., Simpson, B. & Buchheit, M. (2018b г.). Monitoring training status with player-tracking technology. Still on the road to Rome. Part 2: Increasing coach "buy-in" with good data visualization. ASPETAR: Sports Medicine Journal, 7, 64-66. Взято из https://www.researchgate.net/publication/327142262_Monitoring_training_status_with_player-tracking_technology_Still_on_the_road_to_Rome_Part_2

Linke, D., Link, D., Weber, H. & Lames, M. (2018 г.). Decline in Match Running Performance in Football is affected by an Increase in Game Interruptions. Journal of Sports Science & Medicine, 17(4), 662–667. Взято из https://www.researchgate.net/publication/329247433_Decline_in_Match_Running_Performance_in_Football_is_affected_by_an_Increase_in_Game_Interruptions

Loren, Z. F. Chiu, L. & Bradford, J. (2003 г.). The Fitness-Fatigue Model Revisited: Implications for Planning Short- and Long-Term Training. Strength & Conditioning Journal, 25, 42–51. doi: [https://doi.org/10.1519/1533-4295\(2003\)025<0042:TFMRIF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4295(2003)025<0042:TFMRIF>2.0.CO;2)

Meeuwisse, W. H. (1994 г.). Assessing Causation in Sport Injury: A Multifactorial Model. Clinical Journal of Sport Medicine, 4(3). Взято из https://journals.lww.com/cjsportsmed/Fulltext/1994/07000/Assessing_Causation_in_Sport_Injury__A.4.aspx

Meeuwisse, W. H., Tyreman, H., Hagel, B. & Emery, C. (2007 г.). A dynamic model of etiology in sport injury: the recursive nature of risk and causation. Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine, 17(3), 215–219. doi: <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e3180592a48>

Moreno, J. (2015 г.). NBA Total Losses To Injury Since The 2005-2006 Season. Взято из <http://www.move2thrive.com/kinein-blog/2015/5/9/hey-nbacant-you-get-your-athletes-bigger-chairs>



Murray, N. B., Gabbett, T. J., Townshend, A. D. & Blanch, P. (2016 r.). Calculating acute: chronic workload ratios using exponentially weighted moving averages provides a more sensitive indicator of injury likelihood than rolling averages. *British Journal of Sports Medicine*, 51(9), 749–754. doi: 10.1136/bjsports-2016-097152

Nassis, G. P., Brito, J., Figueiredo, P. & Gabbett, T. J. (2019 r.). Injury prevention training in football: let's bring it to the real world. *British Journal of Sports Medicine*, bjsports-2018-100262. doi: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100262>

Weiss, K. J., Allen, S. V., McGuigan, M. R. & Whatman, C. S. (2017 r.). The Relationship Between Training Load and Injury in Men's Professional Basketball. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(9), 1238–1242. doi: <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0726>

Williams, S., West, S., Cross, M. J. & Stokes, K. A. (2017 r.). Better way to determine the acute: chronic workload ratio? *British Journal of Sports Medicine*, 51(3), 209 LP – 210. doi: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096589>

Williams, S., Trewartha, G., Cross, M. J., Kemp, S. P. T. & Stokes, K. A. (2017 r.). Monitoring What Matters: A Systematic Process for Selecting Training-Load Measures. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 2101–2106. doi: <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0337>

Windt, J. & Gabbett, T. J. (2016 r.). How do training and competition workloads relate to injury? The workload—injury aetiology model. *British Journal of Sports Medicine*, 51(5), 428–435. doi: 10.1136/bjsports-2016-096040

