

МОДУЛЬ 4. ИНСТРУМЕНТЫ МОНИТОРИНГА ВНЕШНЕЙ НАГРУЗКИ И ИХ ПЕРЕМЕННЫЕ

Введение

Мероприятия, проведенные спортсменом, представляют внешнюю нагрузку. Однако физиологическая адаптация происходит из-за внутренней нагрузки, в основном из-за биохимического стресса (Vanrenterghem, Nedergaard, Robinson and Drust, 2017). В дополнение к биохимическим стрессам, деятельность, проведенная спортсменом, также вызывает механические напряжения в различных тканях, включающих опорно-двигательную систему (хрящ, кости, мышцы и сухожилия). Сегодня мы знаем через тканевую инженерию, что напряженность напрямую связана с повреждением и ремонтом тканей (Vanrenterghem et al., 2017). Поэтому нам необходимо стимулировать структуры для содействия их адаптации через узкое окно интенсивности продолжительности и/или нагрузки. Это не стоит никакой нагрузки, применяется в любое время и любой интенсивности, но мы должны тонкой настройки в нагрузке рецепт применяется на спортсмена. Это означает, что в результате механических напряжений возникают структурные и функциональные адаптации опорно-двигательного повреждения. Vanrenterghem et al. (2017) недавно предложили модель, в которой физиологические и биомеханические процессы рассматриваются отдельно. Чтобы проинстифицировать этот процесс, авторы используют аналогию с автомобилем, где физиологические адаптации обслуживают автомобильное машиностроение, ориентируясь на бензин и потребление воздуха, в то время как биомеханические адаптации сосредоточены на системе подвески, ориентируясь на сохранение механических свойств нетронутыми.



Анализ движения (внешняя нагрузка) включает количественную оценку перемещений спортсменов, предоставляющих информацию о действиях, скоростях, продолжительности и расстояниях во время тренировок или соревнований (Casamichana, 2011; Добсон и Кеог, 2007). Оценка моделей движения позволяет узнать физические требования, к которым игроки подвергаются во время соревнований (Barbero-Alvarez et al., 2005; Hughes and Franks, 1997), которая предоставляет знания спортивным техникам, чтобы иметь возможность вмешиваться конкретно в обучение и оценивать результаты соревнований (Barros et al., 2007). В этом смысле существуют различные системы записи передвижения спортсменов (Castellano и Casamichana, 2014a), но мы сосредоточимся только на GPS-устройствах, которые являются наиболее распространенными в обучении (Casamichana, 2011). Тем не менее, мы знаем, что существуют и другие интересные системы мониторинга переменных, которые характеризуют внешний спрос, налагаемый на спортсменов, такие как видео, фотограмметрические системы, или локальные системы позиционирования или LPMs, среди других (для получения дополнительной информации по этому вопросу, читатель направлен на Castellano и Casamichana 2014a и b). Кроме того, следует отметить, что, хотя мы будем называть их УСТРОЙСТВАМИ GPS, мы фактически ссылаемся на системы, которые интегрируют различные типы датчиков (GPS, триаксиальные акселерометры, гироскопы, магнитометры, барометры). Хотя существуют различия в зависимости от сделать и модели, многие из имеющихся в настоящее время имеют дополнительные датчики, что и GPS. Эти устройства легкие, маленькие, не слишком дорогие, и позволяют регистрации даже в режиме реального времени (Aughey и Фэллон, 2010). Информация, которую они предоставляют, имеет отношение к движению игрока: частоты, продолжительности и расстояния, удары, скорости, повороты и положительные и отрицательные ускорения. Buchheit и Simpson (2016) классифицируют переменные на три различных типа:

Тип/уровень 1. Общее количество расстояний и расстояний, преодолеваемых в различных диапазонах скорости движения. Эти типы переменных наиболее классически используются для мониторинга активности спортсменов, ссылаясь на них как на анализы старой школы. Они являются переменными, предоставляемыми всеми



устройствами, на основе информации о положении в зависимости от времени, полученного через сигнал GPS. Например, общее расстояние, пройденное на расстоянии 10500 м, с расстоянием, пройденным до 21,0 км h^{-1} из 250 м, что составляет 2,3% от общего пройденного расстояния.

Тип/уровень 2. Они относятся ко всем событиям, связанным с изменениями скорости: ускорения, замедления и изменения направления. Эта информация предоставляется с более высоким или более низким уровнем надежности и достоверности многими устройствами, которые сегодня будут продаваться на рынке.

Тип/уровень 3. Вся информация, полученная от инерционных датчиков/акселерометров. Эта информация недоступна, когда игроки контролируются с помощью полуавтоматических систем слежения, таких как Amisco^{®®} или Mediacoach[®], но датчик должен быть размещен на теле игрока.

Далее мы будем рассматривать некоторые из наиболее часто используемых переменных, следуя предлагаемой классификации, и подробно те аспекты, которые мы рассмотрели наиболее важными и полезными, которые благоприятствуют правильному использованию в повседневной практике.



4.1 Переменные типа/уровня 1

По словам Бухейта и Симпсона (2016), эта группа переменных охватывает общие расстояния, расстояния, преодолеваемые в различных диапазонах скорости перемещения. Они являются переменными, предоставляемыми всеми устройствами, на основе информации о положении в зависимости от времени, полученного через сигнал GPS. Например, общее расстояние, пройденное на расстоянии 10500 м, с расстоянием, пройденным до $21,0 \text{ км h}^{-1}$ из 250 м, что составляет 2,3% от общего пройденного расстояния.

4.1.1. Общие расстояния

Среди переменных, предоставляемых устройствами GPS, расстояния, расстояния, расстояния, проехав в общей или в различных диапазонах скорости, обычно используются в литературе для описания конкуренции (Casamichana, 2011; Казамичана и Каstellано, 2011; Casamichana et al., 2013c) или обучение (Castellano et al., 2013b). Следует уточнить, что не все физические переменные, полученные от устройств глобального позиционирования, одинаково надежны (Jennings et al., 2010), снижая их надежность по мере повышения скорости или ускорения (Akenhead et al., 2014; Каstellано и др., 2011). Общее расстояние (DT), расстояние, пройденное выше 15 км^{-1} или высокая скорость бега, выраженная относительно как процент от DT, кажется надежным (Jennings et al., 2010), но это будет зависеть от характеристик модели и версии используемого устройства (Castellano and Casamichana, 2014b).

4.1.2. Расстояния, пройденные в категориях скорости

Расстояние, пройденное в разных полосах или скоростных зонах, время, затраченное на этих полосах, или количество усилий, предпринимаемых в рамках этих полос, являются формами, которые часто используются для выражения таких требований.

Абсолютные диапазоны скорости



Особое внимание уделяется скоростным дистанциям, так как они имеют решающее значение в коллективных видах спорта. Мы должны опасаться использования устройств GPS, зная, точность ошибки, existe которая существует, когда скорость превышает 21 км^{-1} (Кастеллано и др., 2011), и realizar что следует учитывать, когда она предназначена для количественной оценки перемещений в этом типе интенсивности. С увеличением диапазона скорости увеличивается ошибка, связанная с мерой, так что, как представляется, определенная связь между спортивным значением и полезности, на болеевысоких диапазонах скорости (очень важно со спортивной точки зрения) больше ошибка мер и, следовательно, меньше решений должно быть принято (всегда с учетом погрешности меры в этом типе перемещения). Наиболее часто используемые диапазоны для сортировки ритмов работы (Barros et al., 2007; Ди Сальво и кол., 2007; Ди Сальво и др., 2009; Rampinini et al., 2007): стоячая ходьба ($0-6,9 \text{ км/ч}^{-1}$), мягкая гонка ($7,0-12,9 \text{ км/ч}^{-1}$), умеренная гонка ($13,1 \times 0-17,9 \text{ км/ч}^{-1}$), быстрая гонка ($18,0-20,9 \text{ км/ч}^{-1}$) и спринт (21 км/ч^{-1}), хотя есть и аналогичные альтернативы и, другие, более радикальным.

Относительные диапазоны скорости.

Использование произвольно определенных абсолютных скоростных диапазонов (км/ч^{-1}) является обычной практикой в исследованиях, проводимых в контексте коллективных видов спорта (Cummins, Orr, O'Connor, and West, 2013). Однако несоответствие в этих скоростных диапазонах вызывает трудности в сравнении результатов, полученных на различных должностях, включая принадлежность к одному и тому же виду спорта или соревновательному уровню (Cummins et al., 2013; Свитинг, Кормак, Морган, И Оуи, 2017).

Dwyer et al. (2012) сообщают о методе стандартизации протоколов коллективного спортивного анализа, рекомендуют спортивные диапазоны скорости (Dwyer and Gabbett, 2012). Однако основным ограничением абсолютных скоростных диапазонов, применимых ко всему виду спорта или команде, является то, что в нем не учитываются индивидуальные различия между игроками (Sweeting et al., 2017). Например, полученные результаты могут зависеть от скачка скорости, достигнутого каждым игроком. Затем, у игроков с более высоким пиком скорости, порог скорости,



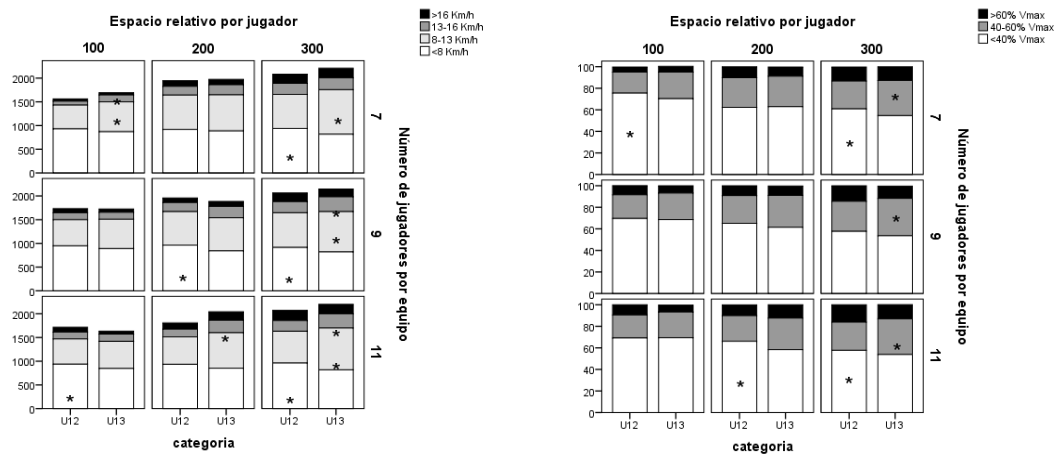
используемый для классификации действия как высокоскоростная дистанция или спринт, представляет собой более низкий процент от индивидуального максимума, имея большую емкость/легкость для достижения этого порога. Использование индивидуальных диапазонов скорости вместо абсолютных диапазонов скорости увеличивает дистанцию, пройденную на высокой скорости у медленных спортсменов, при одновременном снижении активности быстрых спортсменов (Buchheit, Simpson, and Mendez-Villanueva, 2013; Габбетт, 2015).

У футболистов в тренировочные периоды релятивизация имеет больше смысла, особенно если цель состоит в том, чтобы купить требования игроков на разных стадиях созревания. Таким образом, молодые футболисты выполняют больше последовательностей повторных спринтов при использовании индивидуальных порогов скорости (61% от индивидуального пика скорости) по сравнению более старыми футболистами, в то время как, когда мы используем абсолютные пороги скорости ($No^{19} км - 1$), пожилые спортсмены имеют больше повторных последовательностей спринта, чем молодые футболисты (Buchheit, Мендес-Вильянуэва, Симпсон, и Бурдон, 2010).

Аналогичные результаты показывают работы, проведенные Castellano et al. (2015, 2016). В этих работах личные ценности, применяемые на стадии становления футбола, позволяют нам по-настоящему узнать, что требуется от каждого игрока или что сработало (рисунок 4.1). Эти цифры показывают, как интерпретация требований варьируется в зависимости от того, считаете ли вы абсолютные или относительные значения: в то время как у старых игроков (U13) требования выше, когда эти требования оцениваются в относительном выражении, требования ниже, чем у более молодых игроков (U12).

Рисунок 4.1. Средние значения расстояния, пройденного игроками (U12 и U13) в абсолютных (а) и относительных рядах (b) при их индивидуальной максимальной скорости в девяти различных задачах: три относительных пространства (100, 200 и 300 м²) с тремя возможностями с точки зрения количества участвующих игроков в команде (7, 9 и 11). Взятые из Кастеллано и Касамичана (2016).





Что еще более важно, использование индивидуальных порогов скорости снижает индивидуальную изменчивость и демаркацию во время соревнований в футболе, таким образом, является наиболее стабильным индикатором активности на высокой скорости, по сравнению с тем, когда такая активность изучается на основе абсолютных критериев скорости (Carling, Bradley, McCall, and Dupont, 2016).

Наконец, было постулировано, что достижение более высокого пикового процента скорости (98 против 85%) в течение тренировочной недели он имеет защитный эффект, уменьшая вероятность получения травмы (Malone, Roe, Doran, Gabbett, and Collins, 2017). Кроме того, существует U-образная связь между числом еженедельных воздействий отдельных высокоскоростных действий и вероятностью травмы в футболе (Malone et al., 2017), что оправдывает использование индивидуальных пороговых значений скорости.

Мы считаем необходимым подчеркнуть важность релятивизации требований, особенно когда речь идет о количественной оценке тренировочной нагрузки. Другими словами, мы должны заниматься особенностью личности (Jastrzbski и Radzimi-ski, 2015). Для того, чтобы это было сделано, мы должны определить диапазоны интенсивности индивидуально на основе одного или нескольких критериев. В этом смысле в литературе существуют подходы, пропагандирующие использование физических

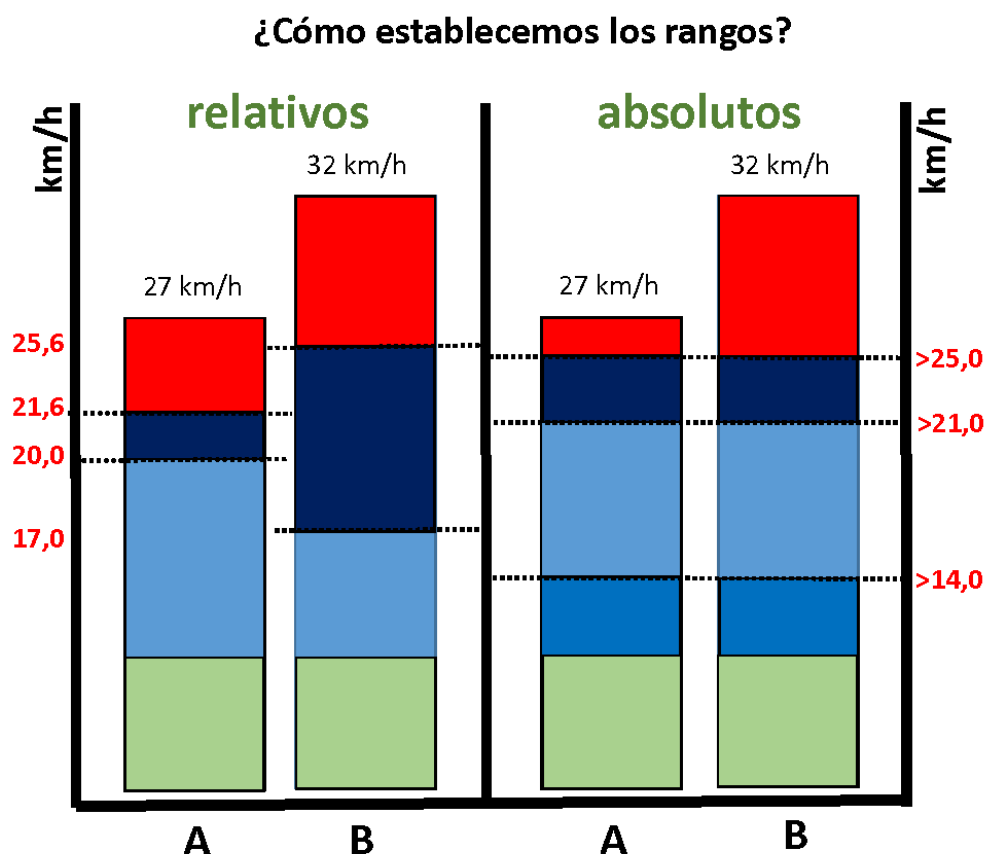


переменных (например, максимальная скорость) использования физиологических переменных (таких как пороги вентиляции легких, (Lovell and Abt, 2013) или максимальная аэробная скорость), или результат сочетания обоих критериев для установления различных категорий интенсивности перемещения игроков (Buchheit and Laursen, 2013). Jastrzbski и Radzimi-ski (2015) предлагают анаэробную пороговую скорость и 80% максимальной скорости, достигнутой в линейных гоночных тестах, для определения интенсивности диапазонов индивидуальных перемещений для каждого спортсмена. Таким образом, в этом предложении рассматриваются как механическая, так и физическая переменная (максимальная скорость, достигнутая в тесте спортсменом) и физиологическая переменная (анаэробный порог). В его предложении, 5 областей интенсивности установлены, первые два (стоячей ходьбе и ходьбе работает) общий и независимо от характеристик спортсмена, и которые на рисунке 2.4 были сгруппированы в зеленый цвет. Как видно из источников энергии, запрошенных у игроков при рассмотрении абсолютных значений, можно сбить с толку нагрузку, поддерживаемую игроком. Напротив, при рассмотрении значений, связанных с максимумами и порогами игроков, запрашиваемые требования будут отвечать требуемым энергетическим процессам. Хотя это не единственный подход, сделанный в этой связи, это первое приложение для мониторинга футбольных тренировочных задач в этой перспективе.

На данный момент читатель может признать важность релятивизации порогов скорости на основе характеристик спортсменов, мы должны знать, что он имеет свои практические ограничения / трудности. Эти трудности четко проявляются в том, что из 41 клуба, изучаемого в работе Akenhead et al. (2016), только два клуба использовали релятивизацию скоростного порога, в одном случае используя соответствующую скорость с молочного порога и в другом случае используя максимальную аэробную скорость в качестве критерия.

Рисунок 4.2. Диапазоны скорости двух игроков (А и В) с учетом критериев, касающихся их максимальной скорости и 80% ее, а также их скорости на пороге (левая сторона) и

абсолютных критериев, произвольно установленных (25, 21 и $14 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$) (правая часть).
 Взятые из Кастеллано и Касамичана (2016).



Поэтому в отношении использования различных полос или скоростных зон при мониторинге/количественной оценке обучения мы должны учитывать:

- Использование зон абсолютной интенсивности позволяет легко сравнивать различные задания. Тем не менее, существует несоответствие между диапазонами скорости, используемыми различными заданиями.
- Мы не должны забывать, что игра в футболе связана с абсолютными, но относительными проблемами, так как необходимо дотянуться до мяча перед соперником, независимо от того, сколько индивидуального максимума игрок использует. Тем не менее, в футболе, иногда вы получите там рано, потому что вы выходите рано. Мы настаиваем, в футболе «больше не всегда лучше».

- Однако, как представляется, релятивизация внешнего спроса на отдельные ссылки является интересной альтернативой количественной оценке

4.1.3 Частота акций

В последние годы часто проводится исследование выявления высокоинтенсивных действий во время мероприятия (соревнования, подготовка и/или подготовка кадров). Процесс, который должен осуществлять техник, чтобы знать действия высокой интенсивности (с приближением на основе скорости) можно обобщить следующими шагами:

- Определите переменную критерия для использования в качестве фильтра. В этом случае скорость движения.
- Установите порог, с которого мы будем рассматривать действия как высокую интенсивность. Например, абсолютная или относительная скорость ($19\text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$ или 70% от индивидуальной максимальной скорости).
- Рассчитайте работу, выполненную выше выбранного порога.
- Опишите каждое действие, принятое выше выбранного порога.

Например, используя скорость в качестве переменной критерия, на рисунке ниже показаны действия, выполняемые выше скорости, используемой в качестве порога. За это время изучаемый игрок проехал общее расстояние в X метров. Легко определить время, в котором скорость превышает этот порог, и обобщить действие, выполненное выше этого порога.

Рисунок 3. Скорость в зависимости от времени, указывающая количество действий, превышающих порог $19,8 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$. Взяты из <https://www.gpex.com/how-detect-high-intensity/>

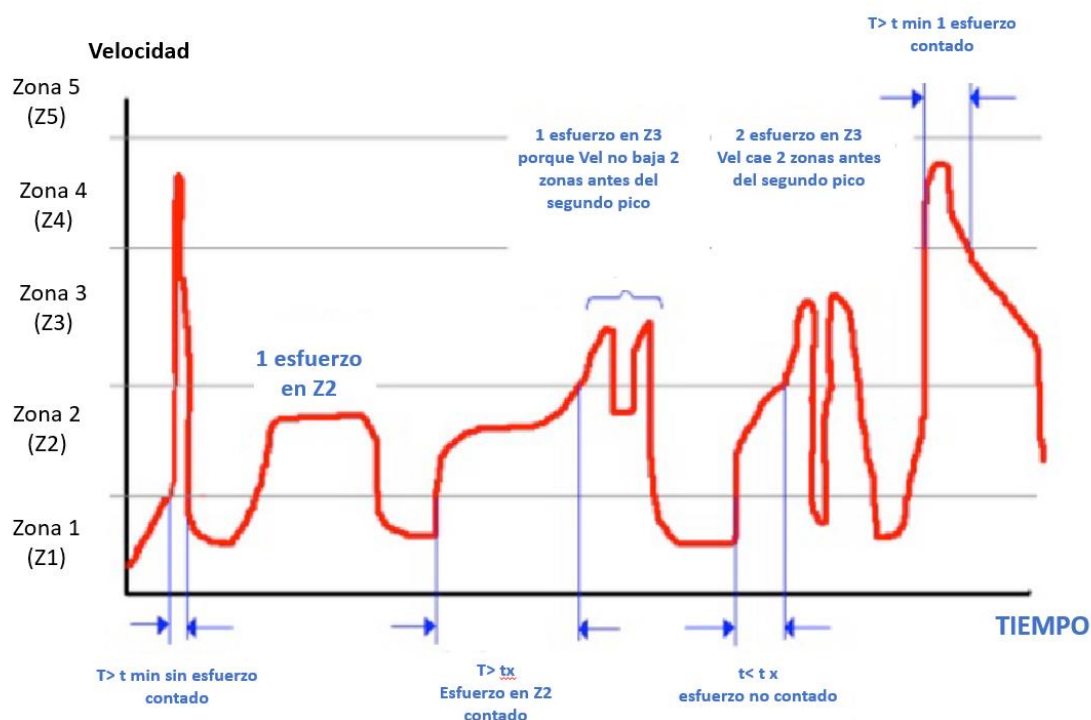




Однако следует отметить, дебчто программное обеспечение использует временные окна, из которых рассматриваются усилия или нет. На рисунке ниже показано на левой стороне действие, достигаемое зоны 4 скорости, но поскольку продолжительность действия меньше, чем продолжительность времени, используемого в качестве фильтра, не рассматривается. Кроме того, они устанавливают ряд критериев для двух последовательных действий, которые должны быть размещены или нет. Например, его можно рассматривать как момент, когда достигнут No3 и скорость не падает две зоны (в данном конкретном примере до No 1), его возвращение к No3 не считается новым действием, а продолжением предыдущего действия. Потому что критерии и временные окна, используемые программным обеспечением различных брендов, которые высасывной этот тип продукции не являются постоянными, что позволяет в некоторых из них модификации пользователями. Поэтому важно, чтобы пользователи знали эти критерии, применяемые используемым программным обеспечением. *software*

Рисунок 4.4. Скорость времени с примерами использования тайм-окна и критериями, связанными с усилиями по размещению. Взятые из руководства *catapult Sprint*..

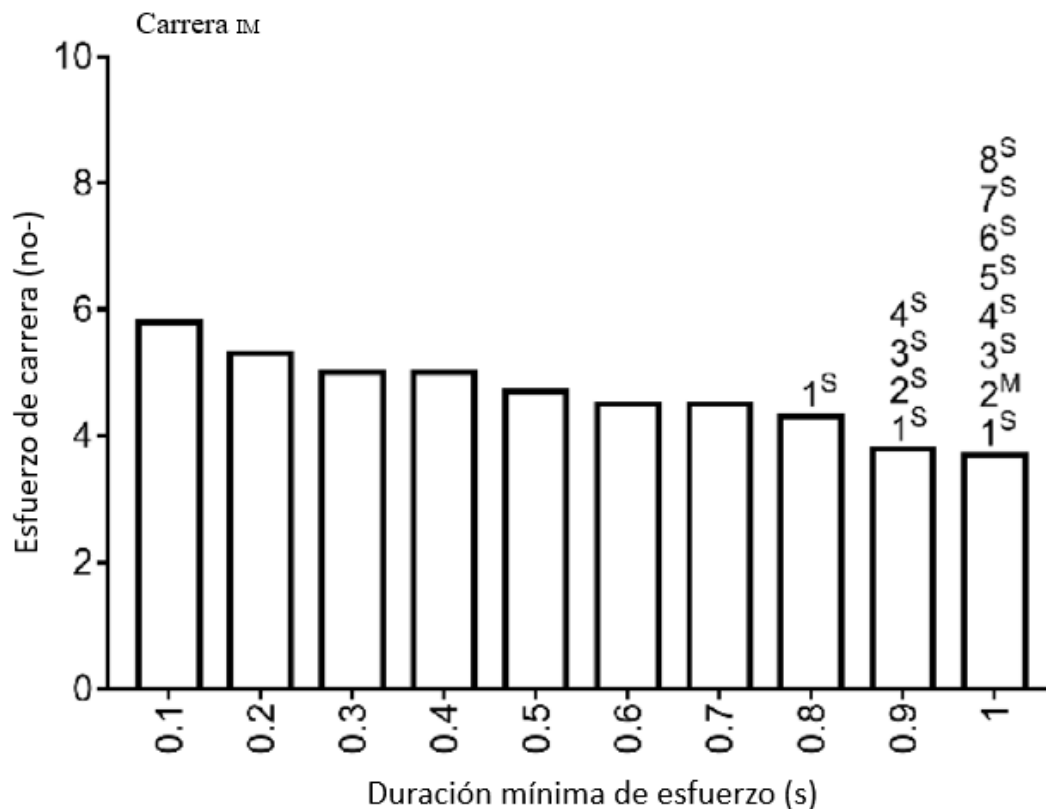




Таким образом, на следующей цифре видно, что, когда время (минимальная продолжительность усилий, которые должны быть рассмотрены) увеличивается, количество акций, зарегистрированных в данный период времени (например, во время матча) уменьшается. registradas В этом смысле важно быть последовательным в применении временных окон, особенно если datos de deportistas мы собираем проводить сравнения с данными спортсменов, анализируемых на другом компьютере (чье программное обеспечение *может* быть настроено по-разному), полученных с другой модели устройства и / или с другой маркой устройств. Даже обновления одного и того же программного обеспечения могут изменить сроки, установленные для эффекта, что приведет к изменениям полученных результатов.

Рисунок 5. Количество спринтерских действий, выполняемых игроками во время матча, используя различную минимальную продолжительность усилий. Взятые из Varley et al., 2017).





Подход только к скорости был самым традиционным. Однако следует принять во внимание некоторые вопросы:

- Только при превышении определенного уровня скорости действия будут считаться высокой интенсивностью. Таким образом, короткие усилия в пространстве и времени, сделанные спортсменом на максимальной интенсивности не будут классифицированы, если он не достигнет этого уровня скорости. Давайте подумаем о 5-метровом ускорении, сделанном с остановки футболистом, не так ли, высокоинтенсивная акция?

- Является ли порог скорости для классификации действий как высокая интенсивность (с точки зрения скорости), общим для других? Индивидуализация диапазонов скорости была рассмотрена в его конкретном пункте.

Учет того, как часто повторяются определенные виды усилий, является обычной практикой (Buchheit et al., 2010), особенно те, которые связаны с неоднократными



высокоинтенсивных действиями (AAIR или англосаксонский термин RHE или *повторная высокоинтенсивная активность* усилий). Полученная информация о частоте, продолжительности усилий или частоте возникновения может быть использована для характеристики профилей игроков или демаркаций (Buchheit et al., 2010), требований задач (Casamichana et al., 2013b), среди прочих. Принято считать, что для того, чтобы серия AAIR считалась таковой, игрок должен выполнить как минимум 3 действия скорости, больше установленной (например, 13 км/ч^{-1}) с менее чем 21 секундой восстановления между ними (Spencer et al., 2004), хотя существуют альтернативы в установлении этих требований (Buchheit et al., 2010). В других случаях вы можете думать о релятивизации процент от индивидуального максимума игрока, а не удовлетворение абсолютных критериев или званий, т.е. повторные последовательности действий выше 75-80% от максимума, например. Кроме того, максимальная или пиковая скорость, средняя скорость или время обитываемого времени в определенном диапазоне скорости могут быть включены в этот раздел.

4.1.4 Глобальные индикаторы со скоростью 1

Среди показателей глобальной интенсивности, обычно описывающих физические требования соревнований или учебных задач (в частности, JR), является расстояние, пройденное в метрах в *минуту* (мин^{-1}) один из наиболее часто используемых в литературе (Boullousa, Abreu, Накамура, Муньос, Домингес, и Лейхт, 2013). Он реагирует на ритм (средняя скорость перемещения) и собирает надежность, необходимую для использования в описании физических требований (Jennings et al., 2010). Этот показатель очень практично для сравнения видов деятельности, которые имеют различную продолжительность.

Соотношение *работы:отдых* является показателем, который соотносится с тем, в какой степени работа и отдых были распределены по всем задачам, тренировкам или соревнованиям (Casamichana and Castellano, 2010). Данный показатель является результатом соотношения между расстоянием, пройденным игроком в категориях скорости $> 4 \text{ км-ч}^{-1}$ (период активности или работы) и расстоянием, пройденным в более низком диапазоне скорости ($0-3,9 \text{ км/ч}^{-1}$), которое рассматривается как период восстановления или отдыха, это переменная, которая предоставляет информацию о характере деятельности (Barbero-Alvarez



et al., 2007). Возможности конфигурации этой скорости резки безграничны, и поэтому могут быть изменены в соответствии с оцениваемым контекстом (уровень производительности, пол, возраст, спорт), с предложениями умеренно удалены из этого значения. Например, Casamichana и Каstellано (2010) используют $6,9^{\text{км-ч}^{-1}}$ для расчета соотношения работы:отдых. para calcular el ratio

Индекс напряжения (EI) является глобальным индикатором (Wisbey et al., 2010), которая получена с учетом скорости (V) смещений, сделанных из формулы, подробно описанной ниже, где $EI^1(V^4 \times 0.000009) - (V^3 \times 0.001) (V^2 \times 0.0356) - (V \times 0.0596) - 0.0172$, $EI^{10}(V10^4 \times 0.00003) - (V10^3 \times 0.0004) - (V10^2 \times 0.0477) - (V10 \times 0.0476) 0.1056$, $EI^{60}(V60^4 \times 0.00003) - (V60^3 \times 0.0004) - (V60^2 \times 0.0477) - (V60 \times 0.0476) 0,1056$, где V-скорость в км-ч ⁻¹ захвачена на 10 Гц (1 секунда), V10-средняя скорость в 10 секунд, V60-средняя скорость в 60 секунд:

Индекс напряжения (Сумма Sum of EI¹ и Сумма EI¹⁰ и Сумма EI⁶⁰)/300

Этот показатель уже используется в коллективных видах спорта, таких как австралийский футбол (Wisbey et al., 2010) и в футбольных тренировках (Casamichana и Castellano, 2010), для количественной оценки усталости или требований в зависимости от размера задачи, соответственно.



4.2 Переменные типа/уровня 2

Они относятся ко всем событиям, связанным с изменениями скорости: ускорения, замедления и изменения направления. Эта информация предоставляется с более высоким или более низким уровнем надежности и достоверности многими устройствами, которые сегодня можно проработать (Buchheit and Simpson, 2016).

4.2.1 Ускорения и замедления

Ускорение является метаболически требовательной деятельностью, которая увеличивает расход энергии деятельности и мышечной усталости по сравнению с когда по сравнению с постоянной скорости путешествия (Osgnach и др., 2010). В коллективных видах спорта, таких как футбол, ускорения, замедления и изменения направления имеют высокую частоту. В конкретном случае футбола, более 85% максимальных ускорений не достигают высоких категорий скорости движения (Nogt; 4.17 плюс²; Варли и Оуи, 2013).

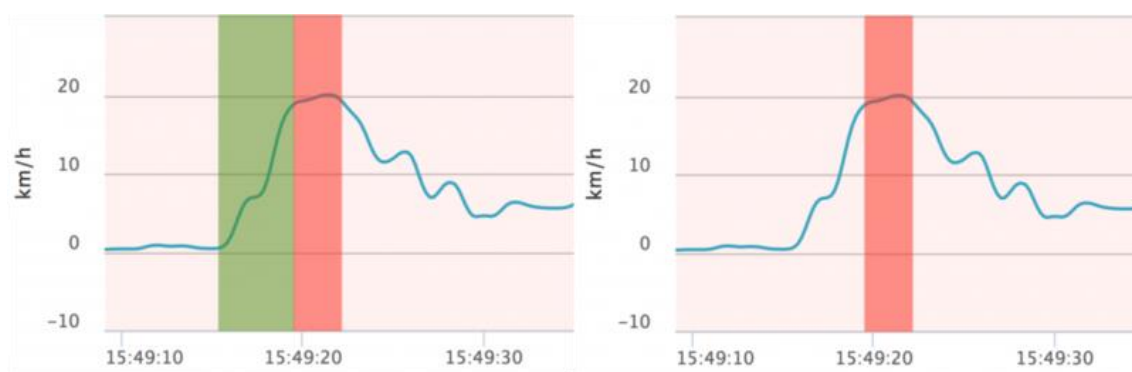
Таким образом, эти действия не будут рассматриваться как высокая интенсивность в традиционном и упрощенном анализе, который предусматривает скорость передвижения спортсменов, недооценивая высокую интенсивность действий, проведенных спортсменами.

Максимальные ускорения (2,78 больше 2)^{происходят} более чем в 8 раз чаще по сравнению с спринтерских действий (Varley и Aughey, 2013). Поэтому необходимо углубленно изучить эти виды действий во время футбольных тренировок и/или матчей (применимых к коллективным видам спорта в целом). Это новое измерение становится актуальным при описании требований футболистов, так как действия выполняются с максимальным ускорением, но на низкой скорости могут быть недооценены, поэтому некоторые авторы уже начали обращать на них внимание (Castellano et al., 2013a; Varley et al., 2011).

Рисунок 6. График времени скорости футболиста во время матча. На графике слева показана фаза ускорения зеленым цветом, а в красном - фаза высокоскоростного



смещения. На рисунке справа обслуживается только фаза, где скорость движения составляет $19,8 \text{ км/ч}^{-1}$. Взяты из <https://www.gpex.com/how-detect-high-intensity/>



В усилиях, изученных выше, зеленая фаза представляет собой фазу ускорения, которая не рассматривается как часть высокой интенсивности, когда обслуживается только параметр скорости перемещения. Однако, как видно из прилагаемой таблицы, энергия, требуемая этим действием, даже выше, чем спрос на спортсмена при движении на высокой скорости (красная фаза движения).

Таблица 1. Пройденное расстояние и энергия, требуемая действием ускорения и перемещением, сделанным на высокой скорости. Взяты из <https://www.gpex.com/how-detect-high-intensity/>

#Evento de velocidad	Distancia (m)	Energía (J.Kg -1)	#evento acc	Distancia (m)	Energía (J.Kg -1)
1	14	64	1	11	101

При определении категорий интенсивности ускорений и замедлений различные пороги абсолютной интенсивности использовались различными авторами. Далее мы обобщили некоторые из предложений, которые использовались чаще всего:

- Максимальные ускорения интенсивности были установлены от значений 2.78 м.с^{-2} (Varley et al., 2013), 3 больше^2 (Hodgson et al., 2014) и 4 м'с^{-2} (Farrow et al., 2008).
- Умеренно-интенсивность действий была установлена между 2 и 4 м.с.^{-2} (Higham et al., 2012).



- Другие авторы предпочитают устанавливать диапазоны низкой интенсивности (1,5-3,0 м^{в 2}), умеренной интенсивности (3,0-4,0 м^{в 2}) и высокой интенсивности (4,0 м^{в 2}; Buchheit et al., 2014).

Рисунок 7. Ускорение в зависимости от времени, когда указаны три действия, превышающие порог, определяемый как высокая интенсивность, который в приведенной примере отмечен интенсивностью 2,5 м.с.². Взятые из <https://www.gpexe.com/how-detect-high-intensity/>

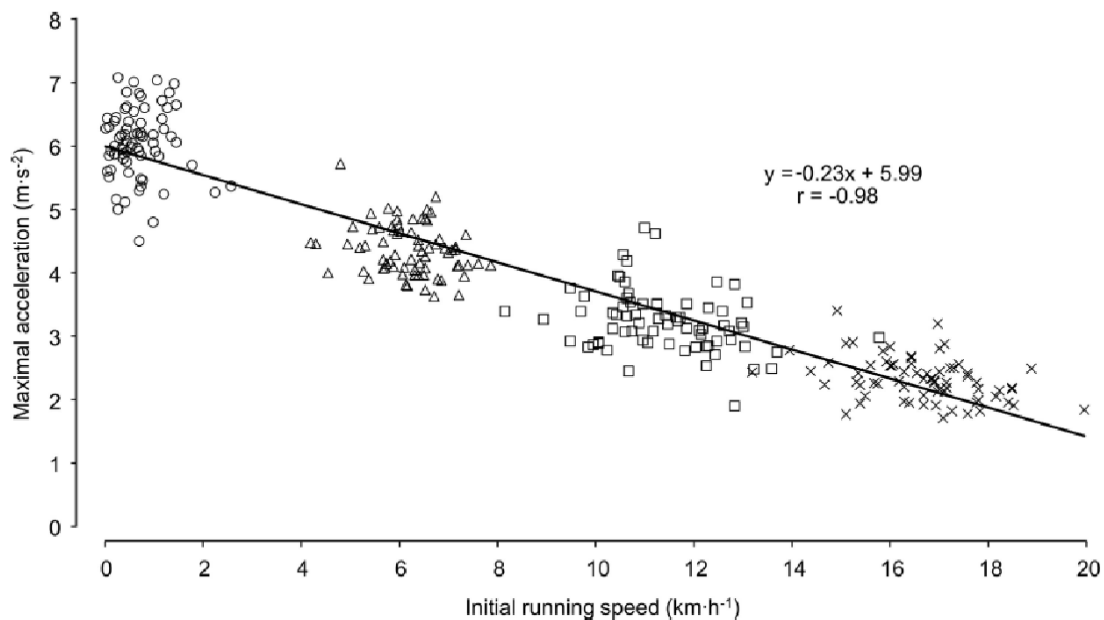


Когда мы определим порог, с которого можно классифицировать действия как высокую интенсивность, мы изучим эти действия в глубину. Прилагаемый пример использует порог 2,5^{больше}, чем 2 и -2.5 ^{больше}², чтобы классифицировать ускорения и замедления как высокую интенсивность. Мы должны иметь в виду, что высокоскоростному смещению не всегда предшествует действие ускорения высокого уровня, так как спортсмен может медленно ускоряться дольше.

В этом смысле максимальная способность спортсмена к ускорению связана с его физическими способностями, и поэтому, поскольку регистрационные системы улучшают их надежность, действительность и точность, эти пороги интенсивности должны соответствовать индивидуальным профилям игрока. Кроме того, максимальная способность спортсмена к ускорению зависит от начальной скорости

движения, так что если начальная скорость движения выше, максимальная способность спортсмена к ускорению уменьшается. Таким образом, использование абсолютных пороговых значений интенсивности ускорения (например, действия высокой интенсивности ускорения, превышающие значение 3^{2} может недооценивать действия, выполняемые спортсменом с начальной высокой скоростью перемещения, в то время как он может переоценить действия, выполняемые с низкой скоростью перемещения (Sonderegger et al., 2016).

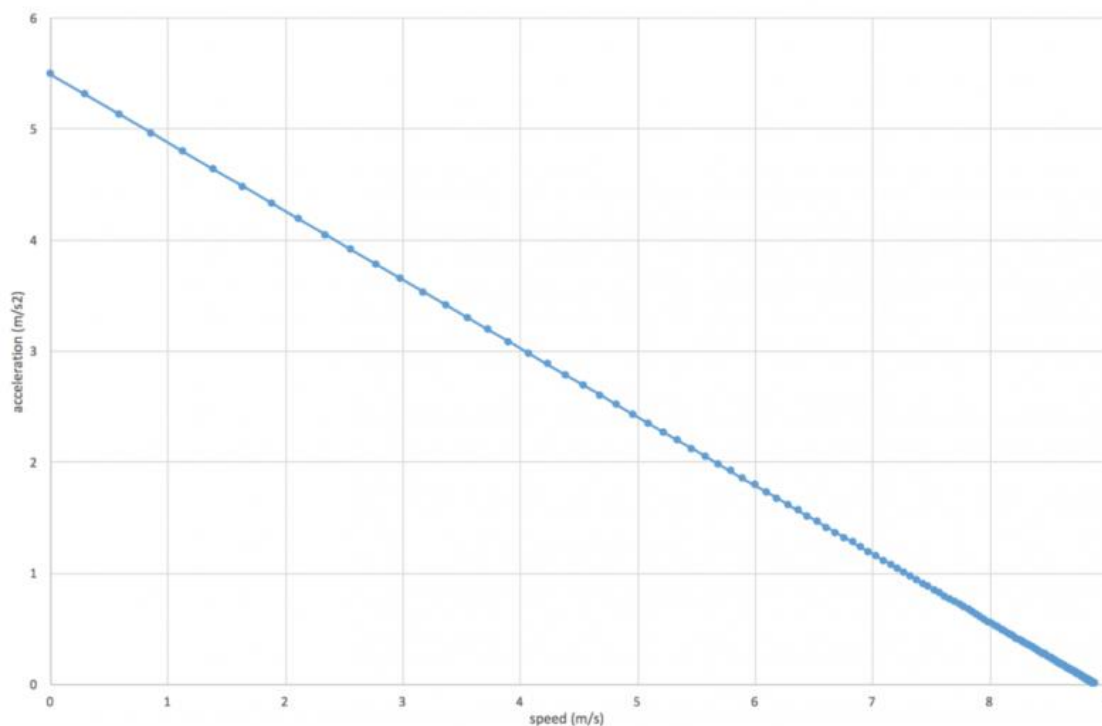
Рисунок 4.8. Взаимосвязь между максимальной мощностью ускорения и начальной скоростью переходактечению. Взятые из Sonderegger et al. (2016).



Давайте дадим более конкретный пример. На рисунке 4.9 показана взаимосвязь между начальной скоростью движения и максимальным ускорением, которое способен приложить спортсмен. Если рассматривать в качестве порога для классификации действий как высокую интенсивность значение $2,5$ больше², этот порог представляет собой максимальное усилие, если начальная скорость близка к 5 больше, но тем не менее представляет собой порог ниже 50% от максимальных шансов спортсмена в условиях ускорения усилий от остановки.



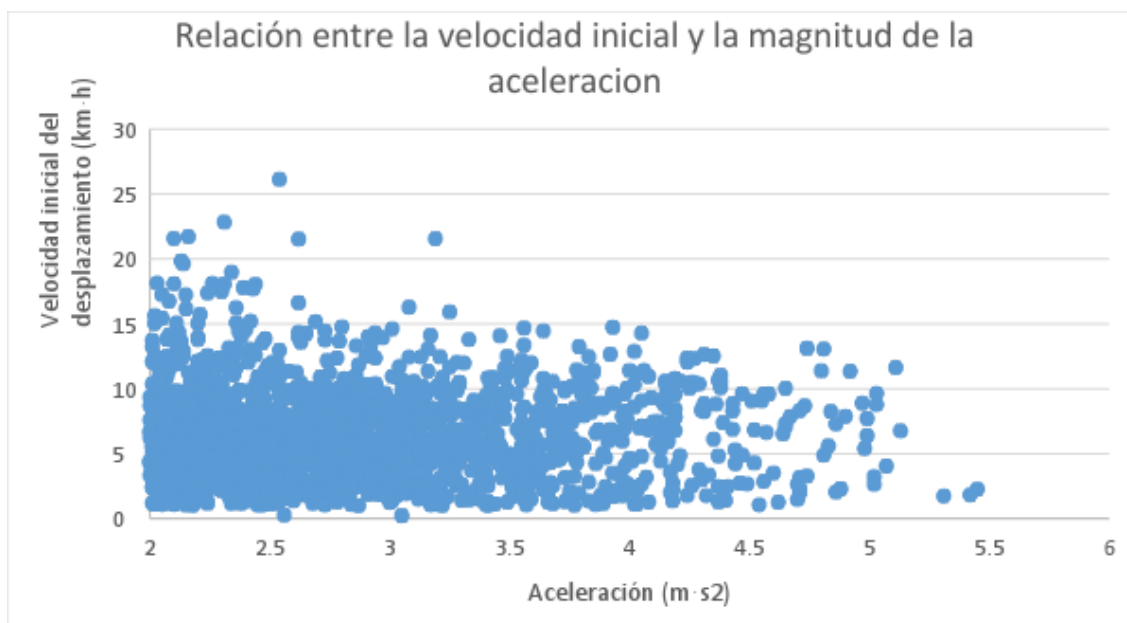
Рисунок 4.9. Взаимосвязь между начальной скоростью движения и максимальной емкостью ускорения спортсмена во время максимального спринта. Взяты из <https://www.gpexe.com/how-detect-high-intensity/>



Ниже приведены ускорения 10 полевых игроков, участвующих во время детско-юношеского футбольного матча, и относятся начальная скорость движения и величина ускорения. Как вы можете видеть, по мере увеличения начальных скоростей движения, масштабы ускорений, сделанных спортсменами, уменьшаются. Например, нет ускорений выше $3,5 \text{ больше}^2$ с начальной скоростью движения более 15 км. Мы должны иметь в виду, что эта цифра представляет собой начальную скорость ускорений, сделанных игроками во время соревнований, в то время как диаграмма Sondereggerer al. (2016) (рис. 4.8) показывает максимальные значения, полученные спортсменами в гонках с различными первоначальными скоростями движения.

Рисунок 4.10. Взаимосвязь между начальной скоростью перемещения и величиной ускорения во время матча молодежной категории.





Ниже приводится пример профессионального футболиста (1-й испанский дивизион) во время матча Лиги. Это можно наблюдать, когда скорость движения увеличивается, уменьшается ускорение выполняется с высокой интенсивностью. В частности, можно замечать, что никаких ускорений интенсивности больше $4^{\text{больше } 2 \text{ на}}$ скоростях, более 24 км/ч^{-1} не происходит, в то время как при начальной скорости движения от $7,3$ до $14,0 \text{ км}^{-1}$ спортсмен выполняет во время изучаемого матча 20 разгонных действий на интенсивность, более $4^{\text{м.с}^2}$.

Таблица 4.2. Количество действий ускорения в различных диапазонах интенсивности для различных начальных скоростей. Информация, полученная во время профессионального футбольного матча, с помощью программного обеспечения Catapult Sprint.

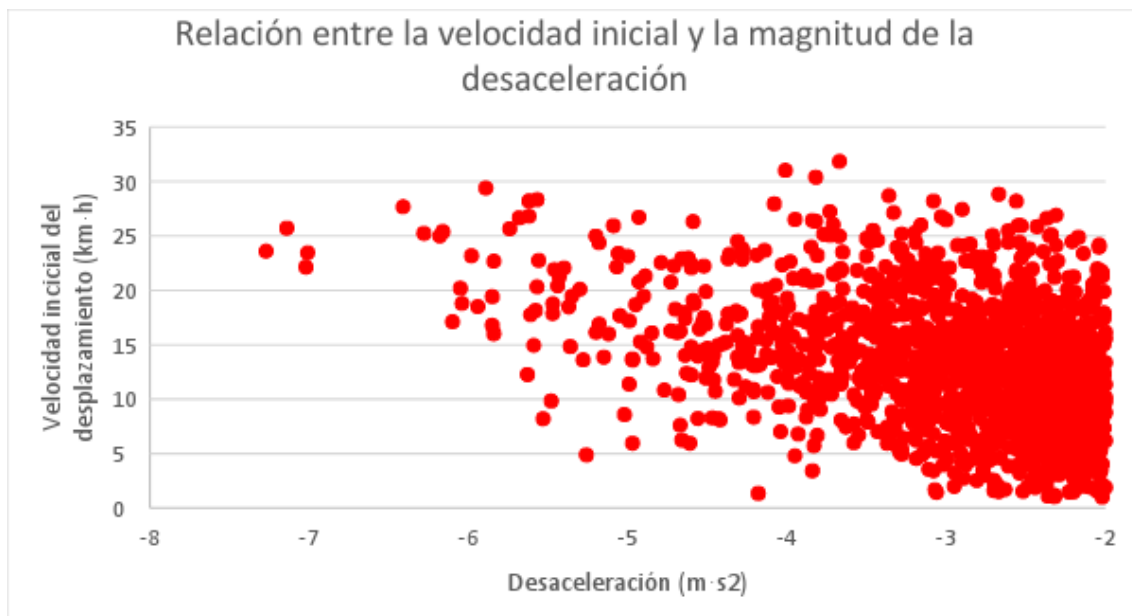
Vel. Band		0-2 km/h	2-7,3 km/h	7,3-14 km/h	14-21 km/h	21-24 km/h	24-100 km/h	
Start Accel	0-1 m/s ²	#	0	119	35	30	6	4
	1-2 m/s ²	#	0	34	38	58	9	2
	2-4 m/s ²	#	0	61	29	39	5	2
	4+ m/s ²	#	0	21	20	9	1	0

Однако поведение замедления по отношению к начальной скорости перемещения противоположно. Существует взаимосвязь между масштабами замедления и начальной скоростью перемещения. То есть во время соревнований по футболу, чтобы игрок



произвести серьезное замедление, необходимо, чтобы скорость движения была высокой. В представленном примере мы видим, как все замедления с величиной, близкой к -6 более ^{или выше,} происходят с начальной скоростью более 15 км.

Рисунок 4.11. Взаимосвязь между начальной скоростью перемещения и величиной ускорения во время матча молодежной категории.



Один из аспектов, чтобы знать, что значения ускорения (количество действий, расстояние, пройденное в метрах или % от общего числа, время в секундах или % от общего) получены из значений позиционирования, как производные от скорости, а не от акселерометров, содержащихся в некоторых устройствах на рынке сегодня. Это оправдывает то, что надежность и обоснованность мер ускорения является ускорение и зависима скорость, с худшими результатами, когда скорость движения и / или величина ускорения увеличивается (Akenhead и др., 2014).

Высокие различия между измерительными приборами оправдывают необходимость мониторинга игроков всегда с одним и тем же устройством, необходимости быть осторожными при выполнении межигровых сравнений (Buchheit et al., 2014).



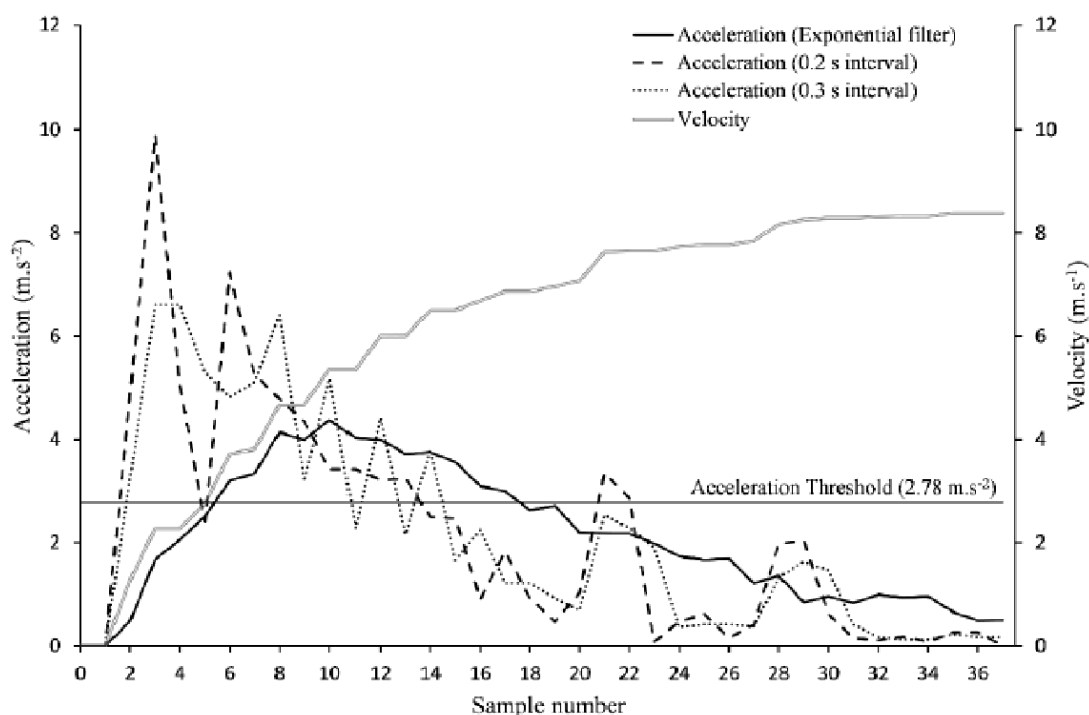


Рисунок 12. Скорость движения, полученная с помощью GPS и ускорения во время спринта на 40 м. График демонстрирует эффект фильтрации при получении ускорения от скорости с разными интервалами (0,2 и 0,3 секунды) и при обработке данных с помощью экспоненциального фильтра (полученное ускорение с интервалом 0,2 секунды). Порог, определенный для выявления высокоинтенсивных стрессов ускорения, был на 2,78 больше, чем². Взятые из Варли и др. (2017).

Другие аспекты конфигурации влияют на записанные значения ускорения/замедления. Окно времени является одной из переменных, которая имеет наибольшее влияние в этом отношении. Авторы обычно используют временные окна от 0,2 до 0,8 секунды. Как видно на следующей цифре, этот аспект изменяет полученные максимальные значения ускорения. Для того же максимального действия ослабления, значения 6,5^{больше 2} получаются при 0,2-секундном времени окно применяется, в то время как, когда то же действие применяется к 0,8-секундное время окно, это максимальное ускорение имеет значения 5,75 м.с².

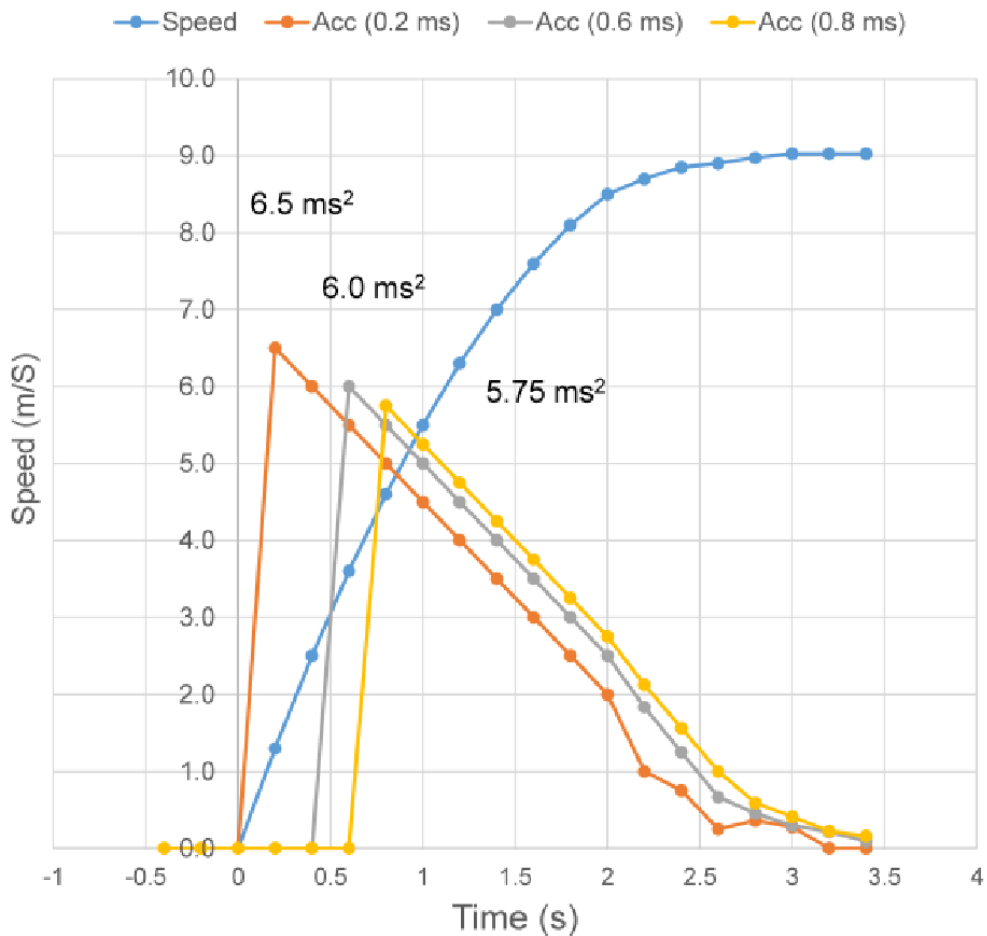


Рисунок 4.13. Максимальные значения ускорения во время спринта на 20 м, с временными окнами для расчета ускорения 0,2, 0,6 и 0,8 секунды. По мере сокращения тайм-окна увеличивается максимальное записанное значение ускорения. Сегодня по-прежнему существуют расхождения, и нет консенсуса в отношении временной продолжительности "окна". Это вызывает большие ограничения, когда дело доходит до зная фактическое ускорение, сделанное спортсменом, и делает его трудно сравнить между работами, или записи, полученные с различными моделями устройств. Взятые из Buchheit и Симпсон (2016).

Другие аспекты, такие как метод фильтрации сигнала, изменяют результаты. Даже различные обновления одного и того же продукта изменяют полученные результаты, что затрудняет накопление информации на протяжении многих лет (Buchheit and Simpson, 2016).



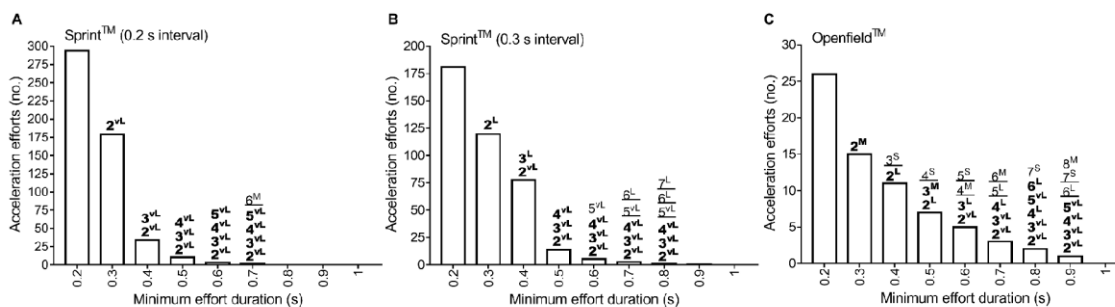


Рисунок 4.14. Количество усилий по ускорению, предпринятых футболистами во время матча при использовании при обнаружении различной продолжительности усилий и различного временного окна фильтрации. На рисунке ускорение происходит от скорости с интервалом 0,2 секунды, в то время как рисунок В используется 0,3 секунды в качестве продолжительности тайм-окна. Рисунок С (*Openfield*) получает ускорение данных о скорости с интервалом в 0,2 секунды, а затем применяет экспоненциальный фильтр. Взяты из Варли и др. (2017).

Delaney et al. (2017) подробно изучили различные показатели ускорения и замедления, которые классически используются для мониторинга активности игроков, принадлежащих к коллективным видам спорта, так как, как и с переменными типа/уровня 1, изучение ускорений и замедлений позволяет подходить к различным переменным. Мы можем записывать абсолютные значения, или в разных диапазонах интенсивности ускорения, которые, в свою очередь, могут быть настроены абсолютно или по отношению к максимальному потенциалу спортсмена. Кроме того, мы можем записывать пройденное расстояние по мере ускорения/замедления, количество действий по ускорению/замедлению или время, затрученное на такие действия. Кроме того, мы могли бы обобщить ускорение и замедление активности через выражение в более чем 2, и даже интегрировать ускорения/замедления в одно значение (плюс²).

Что касается различных диапазонов интенсивности (низкая интенсивность >1 больше², средней интенсивности и 2 больше² и высокой интенсивности >3 больше²), авторы указывают, что надежность мер ухудшается по мере увеличения интенсивности действий. Кроме того, надежность повышается по мере увеличения скорости выборки УСТРОЙСТВ GPS. Что касается различных мер (средний, расстояние, время и количество действий), следует отметить, что:



- Среднее значение (плюс²) имеет самые высокие значения надежности.
- Ускорения и замедления, выраженные во времени и метрах, имеют худший уровень надежности по сравнению с тем, когда они выражены как количество действий.
- Различия между демаркациями появляются существенно, когда время используется ускоряясь и замедляясь, в то время как эти различия становятся менее ясными, если учесть количество или расстояние в различных зонах интенсивности. Средние значения (более²) обнаруживают существенные различия между позициями. posiciones .
- Что касается отношения к восприятию мышечной боли, за исключением количества ускорений и высокой интенсивности замедления, все изученные переменные были умеренно связаны между собой.

Основываясь на результатах, полученных в этой работе, авторы подчеркивают использование средних значений ускорения и замедления в качестве наиболее подходящей переменной из-за его большей надежности между единицами, представляя высокую чувствительность при обнаружении различий между демаркациями и связью с мышечной усталостью, вызванной у спортсмена (Delaney et al., 2017).

Таким образом, изучение ускорений в футболе показывается очень интересным, представляя себя как переменную, чувствительную к изменениям в конкуренции (Akenhead, 2014), между демаркациями (Casamichana, et al. 2012b) или во время различных тренировочных задач (Hodson et al., 2014).

Обычно (Aughey, 2010; Cunniffe et al., 2009), для количественной оценки внешней нагрузки обучения из этих переменных число записывается, расстояние и время жизни² в ускорениях, сделанных в различных диапазонах интенсивности: между 1,0-1,5 больше², между 1,5-2,0 больше², 2,0-2,5 больше² и 2,5 м²; то же самое в негативном варианте для замедления. Важно учитывать, что диапазоны ускорения/замедления между 1 и -1 больше 2 должны быть отброшены, а также значения, записанные выше No4 и ниже -4 больше 2, потому что они могут быть серьезно скомпрометированы в их точности и² надежности (Akenhead et al., 2014).



4.2.2 Метаболическая сила

По-новому, в попытке минимизировать объем данных и получить общий параметр нагрузки, поддерживаемой игроком, с учетом прерывистого многонаправленного характера деятельности) у *potencia metabólica* (о футболиста, была включена оценка стоимости энергии (ЕС или *стоимость энергии*) и метаболической *мощности, основанной на скорости и ускорении*, соответственно (di Prampero et al., 2005; Осгнах и др., 2010).

Метаболическая мощность включает в себя скорость и ускорение для определения расхода энергии деятельности. Метаболическая сила, которая является продуктом мгновенной скорости и затрат энергии или стоимости деятельности, является мерой, которая относится к количеству энергии на единицу времени, восстановления АТФ, используемого в выполняемой работе.

Такой подход учитывает потребности в энергии, связанные с ускорениями/замедлениями, которые часто возникают во время игры, которые, как представляется, недооцениваются в футболе, в дополнение, конечно, к скорости передвижения (Gaudino et al., 2013). Чтобы понять эту идею, пример ди Прамперо (2005) заключается в том, что более высокая стоимость энергии работает на наклонной плоскости на постоянной скорости по сравнению с тем, что это означало бы работать с той же скоростью, но на плоской земле.

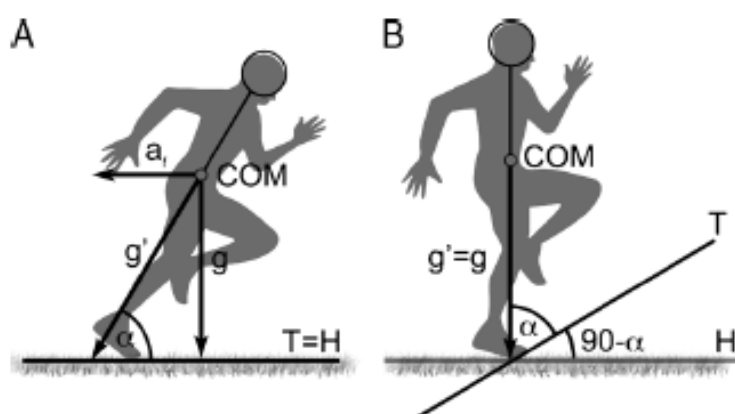


Рисунок 4.15. Упрощенное графическое представление сил, действующих на объект во время ускорения хода. Изменено из Di Prampero (2005) Осгнах и др. (2010). COM относится к центру массы; T относится к земле; H относится к горизонтальной; g)



относится к ускорению гравитации; f относится к форварду ускорения; g относится к векторной сумме f и g . Пробег в ускорении на горизонтальной земле (изображение А) эквивалентен постоянной скорости восхождения (изображение В). В обоих случаях угол земли с телом является постоянным.

Osgnach et al. (2010) и Gaudino et al. (2013) предложили, чтобы деятельность, проведенная с высокой интенсивностью футболистами во время матчей и тренировок, была в 2 и 3 раза больше, соответственно, если использовать модель, которая включает в себя стоимость энергии по отношению к традиционному скоростному подходу. Такая недооценка высокоинтенсивной активности обусловлена тем, что игроки часто двигались во время игры на низких скоростях, но с высокими ускорениями и с перерывами во время геймплея.

Кроме того, эта недооценка возрастает, когда задачи, поставленные в тренировочном процессе, выполняются меньшим количеством игроков и в более низких относительных и абсолютных измерениях, поскольку в таких форматах игроки не могут достичь высоких скоростей движения (недооценка показателя на основе этой меры) при частом ускорении/замедлении (Castellano and Casamichana, 2013a).

Из такого подхода метаболической силы возникает множество переменных. Не претендуя на исчерпывающий характер в описании их, мы перейти к деталям некоторые из тех, которые были использованы в научной литературе:

- Средняя или максимальная метаболическая мощность (W/kg): Средняя метаболическая мощность относится к среднему значению, полученному за данный момент времени, в то время как максимальное значение, также выраженное в W/Kg, относится к самому высокому значению, зарегистрированное во время события, и поэтому является значением, которое относится к моменту, когда достигается пиковое значение. Таблица 4.3 показывает средние значения метаболической мощности (W/Kg) профессиональных футболистов в первой и второй части на основе позиции, занимаемой игроками на поле (неизданные данные). Как видно, во всех изученных позициях средняя метаболическая мощность, полученная во второй



части, ниже значений, полученных в ходе первой части, со значениями, близкими к 10%.

Таблица 4.3. Средние значения метаболической мощности (W/Kg) во время 1-й и 2-й части официальных футбольных матчей, в зависимости от занимаемой позиции игроков, и % разницы между значениями, полученными в зависимости от изучаемой части.

	Часть 1	Часть 2	Разница (%)
Центральная оборона	9,7 ± 0,6	8,8 ± 0,6	-9.1 ± 2.1
Боковая оборона	10.2 ± 0.8	9.4 ± 0.7	-7.7 ± 2.1
Полузащитник	10,8 ± 1,2	9.9 ± 1.1	-8.6 ± 4.4
Внутри	11.0 ± 1.0	9,8 ± 1,2	-11.4 ± 3.5
Перед	9.4 ± 1.2	8,6 ± 1,3	-8.3 ± 4.0
Средняя	10.2 ± 1.1	9.3 ± 1.1	-9.0 ± 1.7



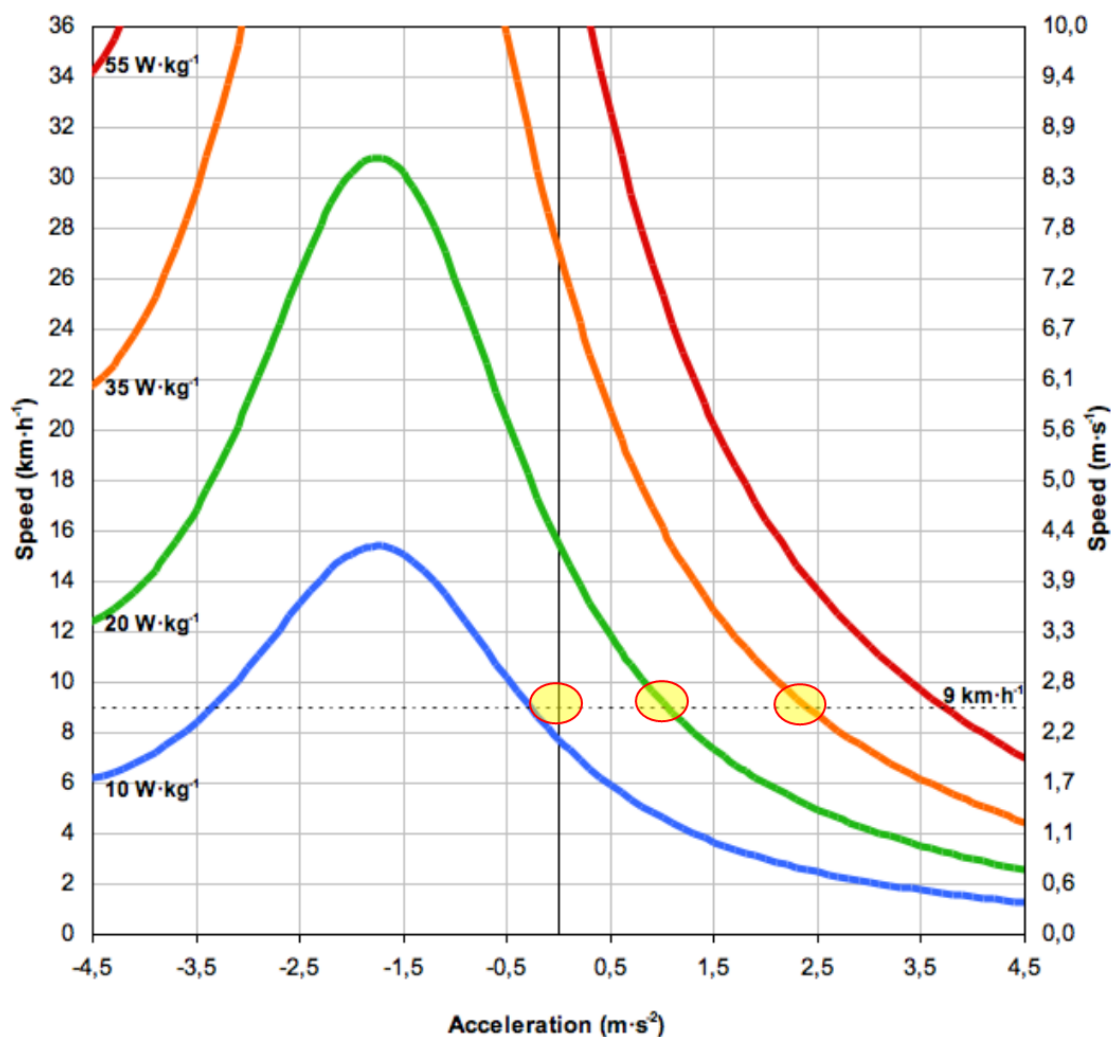


Рисунок 4.16. Расход энергии в зависимости от скорости и ускорения. Три возможности, сделанные с одинаковой скоростью передвижения, окрашены в желтый цвет (9 км) ч⁻¹. В первом случае, когда ускорение на 0 больше², метаболическая мощность составляет 13 Вт/кг; во втором случае ускорение составляет еще 1², а метаболическая¹ мощность 20 Вт/кг и, наконец, в третьей ситуации ускорение составляет еще 2,4 2, а метаболическая мощность 35 Вт/кг. Взятые из Осгнаха и др.

- Эквивалентное расстояние (ED): Эквивалентное среднее расстояние, т.е. расстояние, которое спортсмен преодолел бы в устойчивом темпе на траве с той же энергией, затраченной на физические упражнения. ED на 20% выше (в среднем) на пройденное расстояние. Он имеет линейную связь с пройденным расстоянием. ED зависит от пройденного расстояния и "как" это расстояние было пройдено. На рисунке 4.17 показана взаимосвязь между пройденным



расстоянием торал и ED для запасных игроков (которые путешествуют на более короткое расстояние) и игроками, которые завершают матч. Во всех случаях расход энергии на игру в футбол выше, чем стоимость бега на одном и том же расстоянии на постоянной скорости.

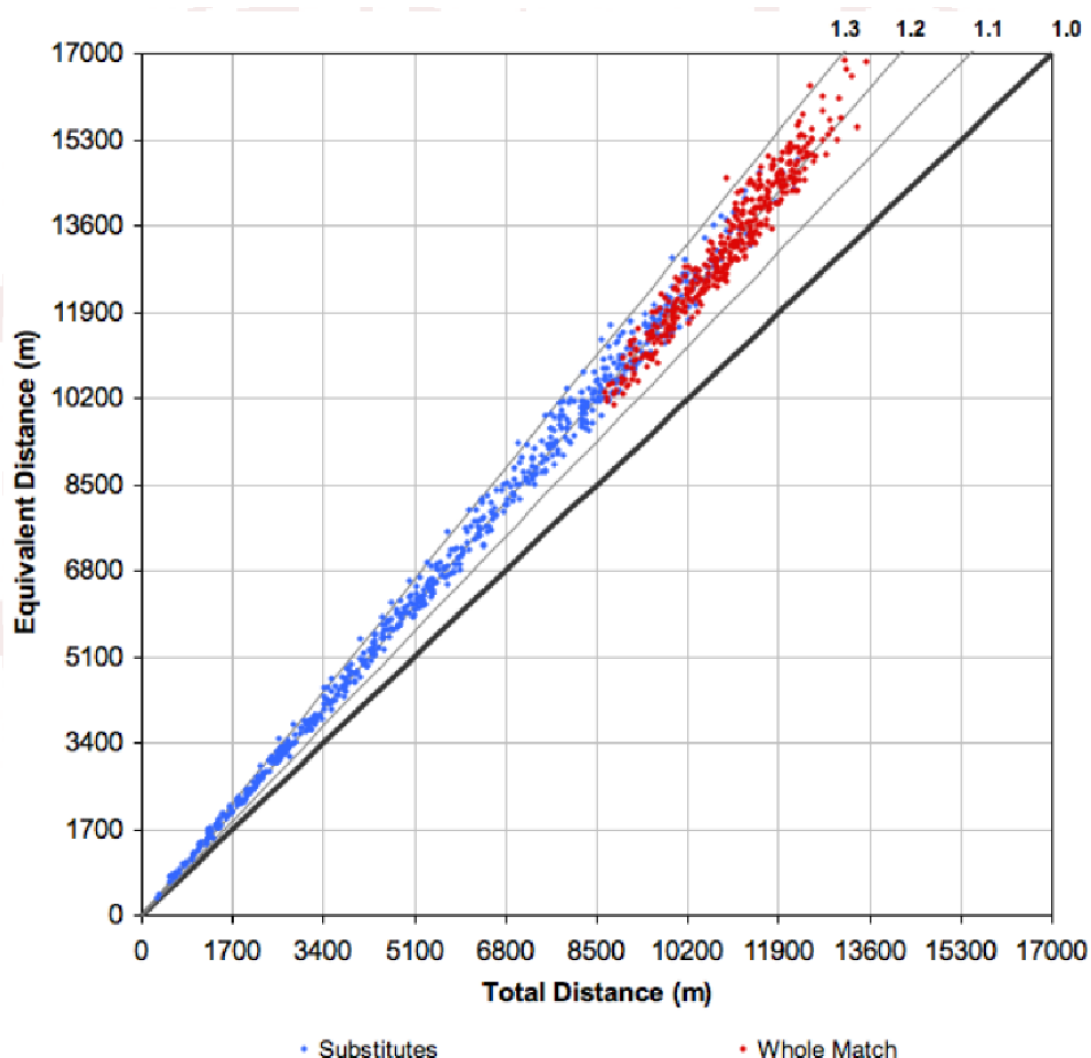


Рисунок 4.17. Отношения между эквивалентным *расстоянием* и общим пройденным расстоянием для игроков, которые завершают матч, и для запасных игроков. Взяты из Osgnach и др. (2009).

- Эквивалентный индекс расстояния (EDI): Средний эквивалентный индекс расстояния, то есть связь между ED и фактическим расстоянием палубы в течение финансового года. ЭДИ – это взаимосвязь между ЭД/ТД. Sloth игроки накапливают EDI 1,15 в то время как наиболее динамичных



товарищей с EDI 1,30 (Osgnach и др., 2009). Другими словами, этот показатель дает нам информацию о влиянии событий ускорения на перемещение. Более высокий EDI указывает на то, что компонент ослабления был более важным в изучаемом событии. Более конкретно, на рисунке 4.18 мы можем видеть, как число случаев с очень высоким EDI ($EDI > 1.275$) выше у запасных игроков, особенно у игроков, которые путешествуют на низком общем расстоянии, продукт несколько минут на траве. Эти игроки, которые играют в течение нескольких минут имеют высокий компонент ускорения / замедления.

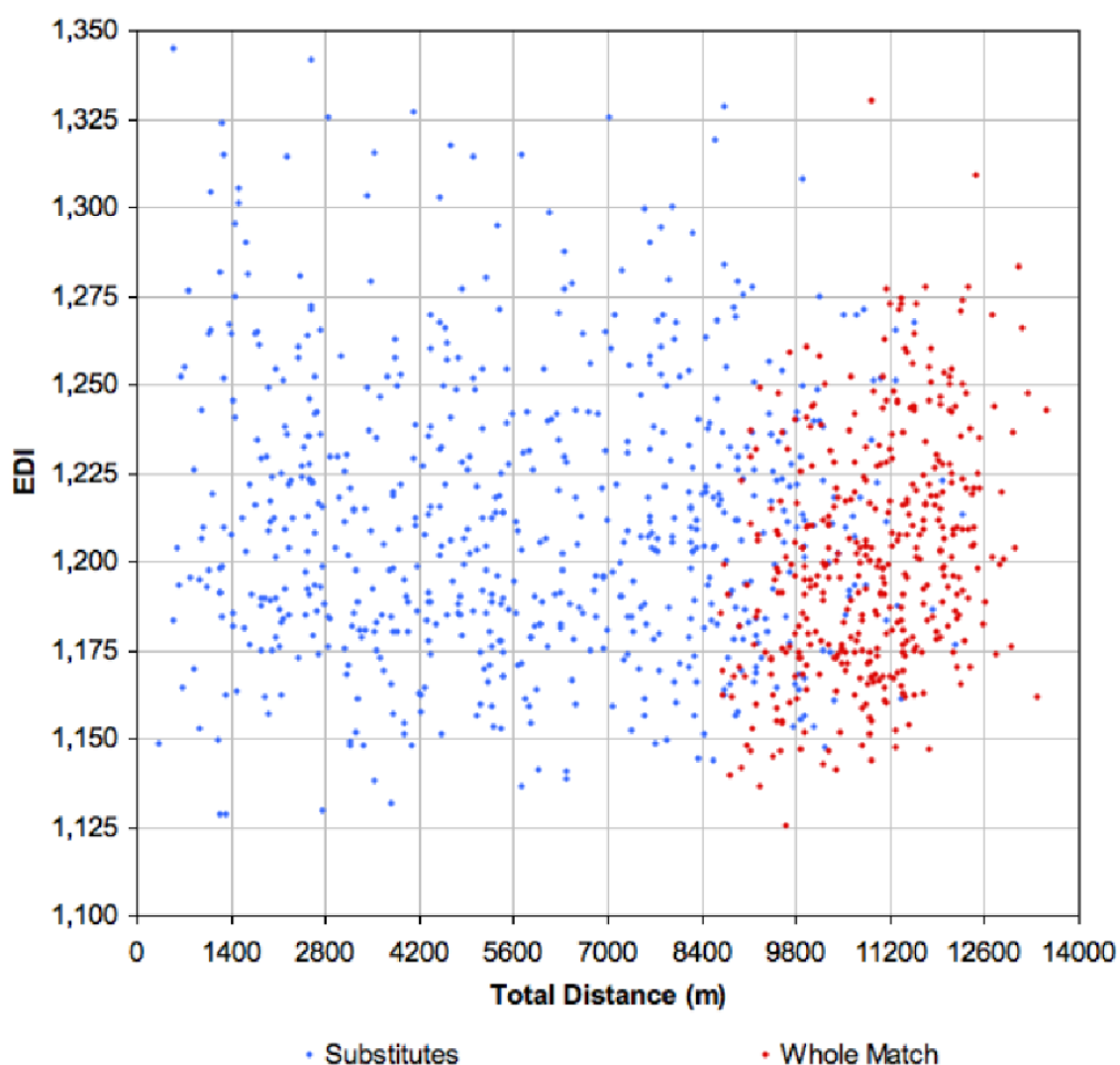


Рисунок 4.18. Взаимосвязь между эквивалентным индексом расстояния (EDI) и расстоянием, пройденным для игроков, которые завершают матч, и для замен. Взятые из Osgnach и др. (2009).



Ниже приведены значения, полученные профессиональным футболистом 1-го дивизиона в течение первой, второй половины и среднего матча.

Таблица 4.4. Подробная информация о различных переменных, связанных с метаболической мощностью во время профессионального футбольного матча, полученные с помощью катапульты спринт *программно*обеспечения.

Period:	1ª parte	2ª parte	Session
Peak Meta Power (W/kg)	223,50	151,45	223,50
Energy (KJ/kg)	26,04	23,03	50,67
Energy (Cal/kg)	6,41	5,70	12,11
Fst Dist	7330	6487	13818
EDI	1,32	1,32	1,32

Кроме того, информация может быть подробно описана по интенсивности полос, как это было в случае со скоростью движения. Таблица 4. 5 Вы можете наблюдать время в секундах, время в % от общего числа, средняя метаболическая сила в пределах этой категории интенсивности и количество усилий, сделанных в пределах этого диапазона интенсивности профессионального футболиста (1-й испанский дивизион) во время матча соревнований.

Таблица 4.5. Подробная информация в различных метаболических диапазонах мощности во время профессионального футбольного матча, полученная с помощью программного обеспечения *Catapult Sprint*..

Metabolic Power	Band:	0-10 W/kg	10-20 W/kg	20-35 W/kg	35-55 W/kg	55-100 W/kg	
	Time	s	59:02,1	20:23,1	6:42,4	1:36,1	0:29,0
	% Time	%	66	23	7	2	1
	Avg. Power	W/kg	4,71	14,01	25,34	42,58	67,48
	Efforts	#	0	528	201	47	5

Это можно рассматривать как активность уменьшается, как интенсивность категории увеличивается, делая 5 усилий, которые длились 29 секунд выше 55 Вт / кг. Метаболическая сила помогает нам определить действия, которые выше уровня интенсивности, соответствующего максимальному потреблению кислорода, таким образом, легко представляющих деятельность, которая осуществляется в основном получение энергии анаэробной системы. Таким образом, зная соответствующую



метаболическую силу с VO_{2max} спортсменов, легко определить деятельность, которая превышает это значение, так как системы позиционирования могут представлять мгновенную метаболическую силу,. Из этого анализа мы можем получить:

- Полная анаэробная энергия
- Количество высокой метаболической мощности событий
- Описание таких событий

Если мы возьмем во внимание, как метаболическое значение энергии получено, мы не будем иметь никаких трудностей в понимании того, что высокое метаболическое событие власти, которая превышает уровни, связанные с максимальным потреблением кислорода и, следовательно, потребует дополнительного вклада анаэробной системы могут быть получены через:

- Действие, где ускорение высокое, а скорость движения низкая
- Действие, где ускорение низкое, а скорость движения высока
- Сочетание умеренного уровня ускорения и скорости.

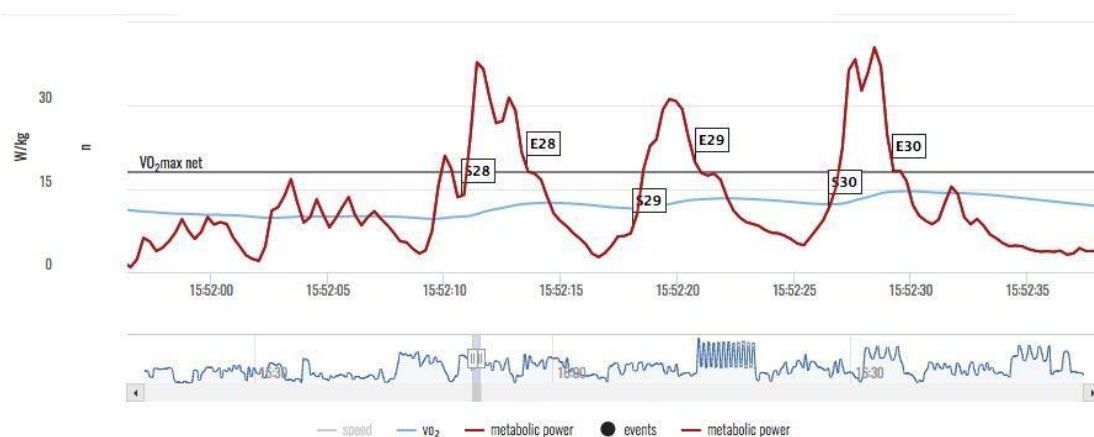


Рисунок 4.19. Средняя метаболическая мощность по отношению к уровню максимального потребления кислорода. Взятые из <https://www.gpex.com/monitoring-anaerobic-activity-performance/>, опубликованной Osgnach (2017).

В этом смысле представление событий высокой метаболической мощности, основанных на продолжительности, пройденном расстоянии или пиковой скорости, может улучшить понимание профиля игрока или требования, налагаемого во время различных тренировочных задач. Конкретный пример, изображенный на рисунке 4.20, показывает количество высоких метаболических силовых явлений, выполняемых



спортсменом на основе расстояния и времени. В данном конкретном примере отмечается, как наибольшее количество высоких метаболических действий власти выполняются на расстоянии более 20 метров (22 события), все они требуют минимальной продолжительности 4 секунды.

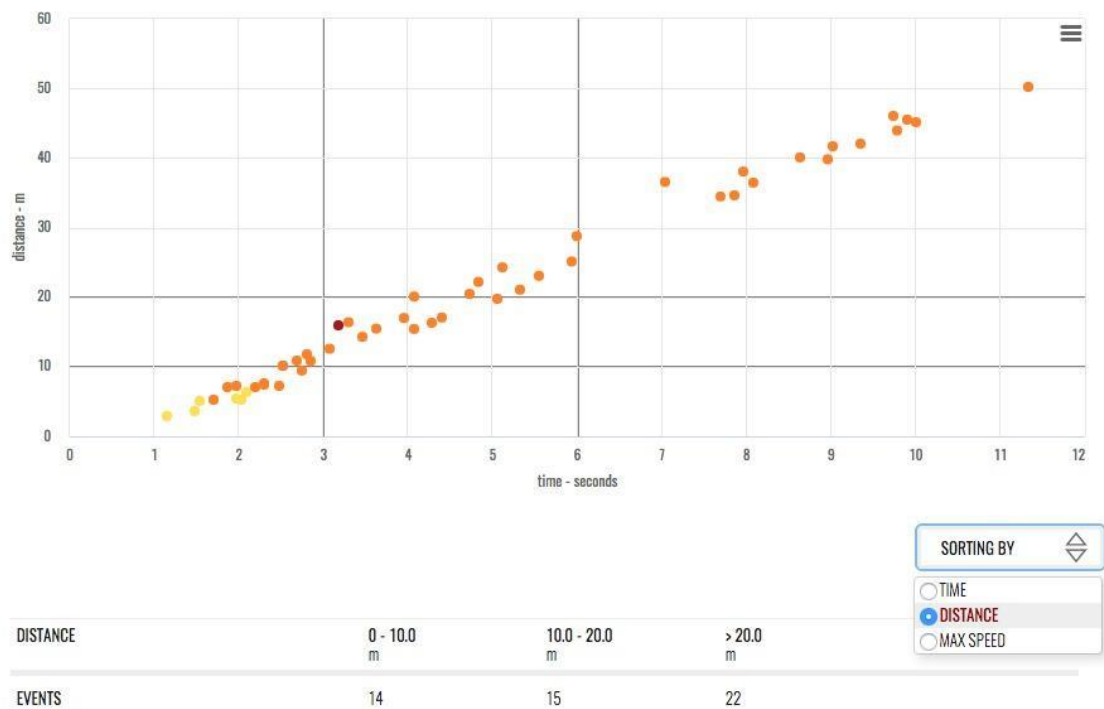


Рисунок 4. 20 лет. Описание усилий, предпринимаемых с высокой интенсивностью метаболической силы, с учетом расстояния и продолжительности их. Взяты из <https://www.gpex.com/monitoring-anaerobic-activity-performance/>. Запись опубликована Osgnach (2017).

Расстояние, пройденное на высокоинтенсивной метаболической нагрузке (HMLD), является переменной, о чем сообщают различные исследования и используются некоторыми группами в их повседневной практике. Это мера расстояния, поэтому она обычно выражается в метрах. Это переменная, которая интегрирует активность, разработанную на высокой скорости и ускоряясь/замедляясь при высокой интенсивности, что может быть интересно обобщить высокую интенсивность деятельности, выполняемой игроком. В этом смысле переменная *высокой метаболической* нагрузки (HMLD) может быть интересной, так как она представляет расстояние, пройденное (м) игроком, когда его метаболическая сила (потребляет энергию на



кг в секунду) превышает 25,5 Вт/кг. Это значение 25,5 Вт/кг соответствует тому, когда спортсмен бежит со скоростью 5,5^{больше -1} в траве или когда спортсмен выполняет значительное ускорение или замедление, например, при беге от 2^{больше -1} до 4^{больше -1} в секунду, тем самым производя ускорение еще 2⁻².⁻¹

Однако этот порог в 25,5 Вт/кг может быть изменен в зависимости от целей или предпочтений технического специалиста. На графике ниже мы видим время, проведенное спортсменом выше определенного установленного фиксированного порога метаболической мощности (в конкретном примере, показанном на рисунке 4.21, этот порог составляет 19 Вт/кг). Вы также можете наблюдать время, проведенное выше соответствующей метаболической мощности с максимальным потреблением кислорода каждого спортсмена (голубая линия). Таким образом, случайное значение не используется для определения высокоинтенсивных действий, но также учитывает способности спортсмена (максимальный уровень потребления кислорода). Это измерение позволяет оценить время, в котором спортсмен превышает это значение, приближаясь к расчету количества необходимой анаэробной энергии.

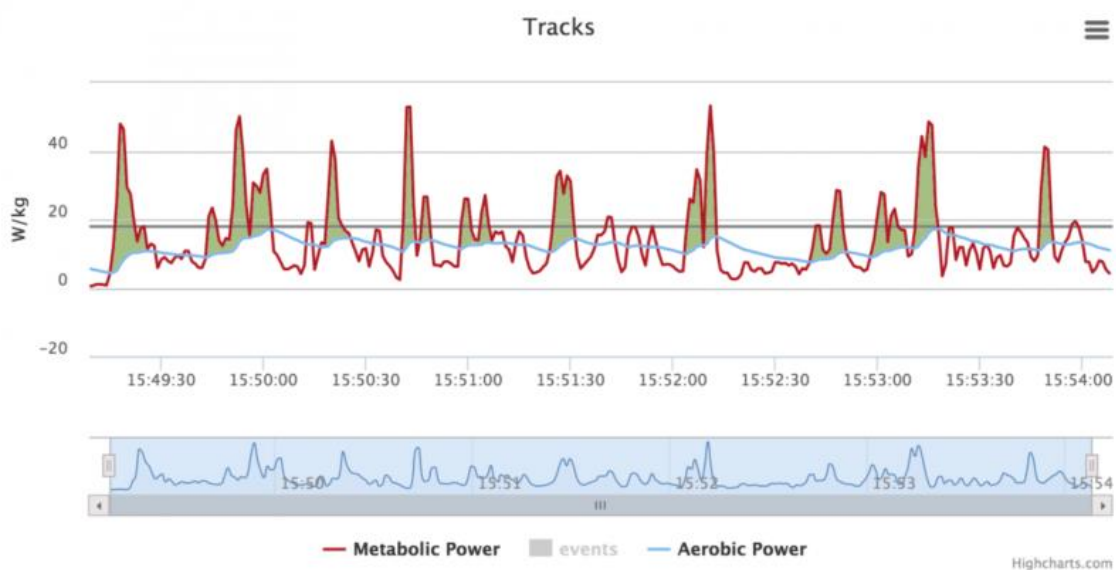


Рисунок 4.21. Графическое представление метаболической мощности, указывающее зеленым цветом на вклад анаэробной системы, при превышении уровня максимального потребления кислорода. Взяты из <https://www.gpex.com/how-detect-high-intensity/>



4.3 Переменные типа/уровня 3

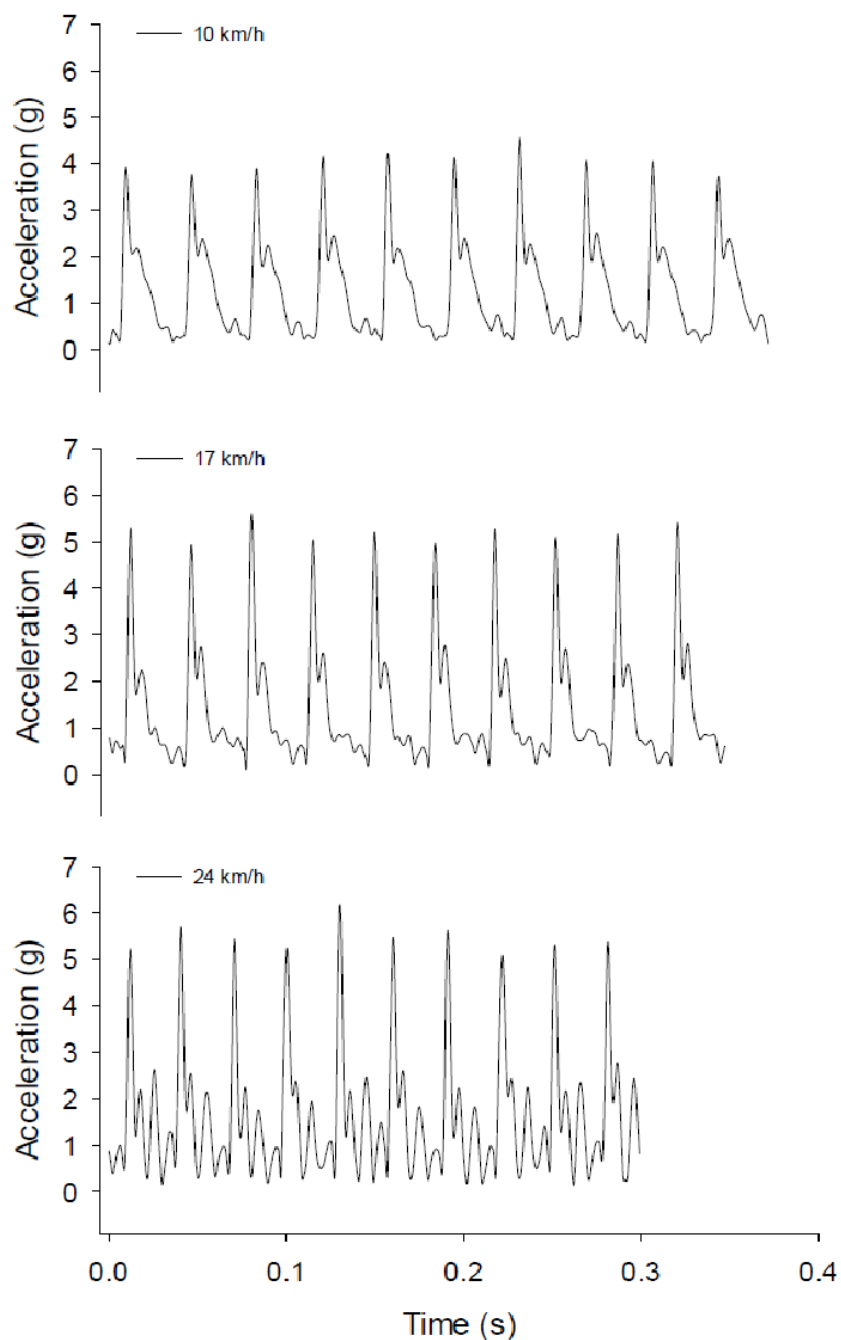
Вся информация, полученная от инерционных датчиков/акселерометров. Эта информация недоступна, когда que игроки контролируются для систем, которые выполняют полуавтоматическое отслеживание игрока через видео, такие как Amisco[®], Prozone или Mediasoach[®], но датчик должен быть помещен в тело игрока.

Примерами таких переменных являются 17 ударов выше интенсивности 6 G, нагрузка игрока (полученная с помощью акселерометрии) 456 произвольных единиц (AU), дисбаланс в 4% шаг шаблон (снижение правого импульса), среди других возможностей (Buchheit и Симпсон, 2016).

Биомеханический компонент учебной нагрузки во многом зависит от двигательных и тормозных сил, выполняемых против земли. Механические нагрузки на мягкие ткани (внутренняя нагрузка) исходят от этих внешних кинетических требований поглощения высокой ударной силы со средой и генерации больших сил, чтобы подтолкнуть землю. Прямые измерения этих внешних сил возможны с помощью силовых платформ, но их дорогостояще и трудно применять за пределами лабораторных условий. Поэтому они не распространяются на полную тренировочную среду коллективных видов спорта. Однако измерение ускорений на основе второго закона Ньютона (для определенной массы ускорения пропорциональны внешним силам, действующим на организм) проще и практичнее, так как может быть выполнено вне лаборатории. Наличие недорогих инерционных датчиков позволило интеграции такой технологии в GPS-устройства (Vanrenterghem et al., 2017)

Рисунок 22. Векторная величина, полученная от акселерометра сигнала в течение 10 последовательных шагов, измеряется на трех различных скоростях. Взяты из Buchheit et al. (2015).





Источник: Взятые из Buchheit и др. (20159)

Акселерометры обеспечивают непрерывный высокочастотный сигнал (обычно равный или более 100 Гц, 100 данных в секунду), поэтому суммирование этого сигнала обычно используется для представления величины ускорения, к которому тело подверглось (Vanrenterghem et al., 2017). Большинство устройств, используемых сегодня в количественной оценке учебной нагрузки имеют триахий акселерометры (включены в



устройства GPS) и, следовательно, собирать ускорения, произведенные в трех плоскостях движения.

4.3.1. Суммарные показатели ускорения: "Нагрузка игрока"

Некоторые из предлагаемых суммарных мер являются "Динамическая стрессовая нагрузка" (Gaudino et al., 2015), "Новая нагрузка на тело" (Ehrmann, Duncan, Sindhusake, Franzsen, and Greene, 2016), или "ForceLoad" (Колби, Доусон, Хисман, Рогальский, Габбетт, 2014), хотя наиболее широко используется мера. Предпосылка этих суммарных мер относится к кумуляции скорости ускорения, обеспечивающей оценочную биомеханическую меру внешних грузов (Vanrenterghem et al., 2017).

Индикатор суммирования, полученный из акселерометров, который в настоящее время включен в описание физических требований, является *нагрузкой игрока*. Это надежный и чувствительный показатель к различным требованиям спортсменов (Boyd et al., 2011). Индикатор *нагрузки игрока* рассчитывается по следующей формуле, где "ака" является ускорением на антеропостериоре или горизонтальной оси, "действовать" - это ускорение на поперечной или боковой оси, "асв" - это ускорение по вертикальной оси, "i" - текущее время, а "t" - время:

$$PL-V \left(\frac{((acat-i-1-acat-1)^2 + (акт-i-1-actt-1)^2 + (acvt-i-1-acvt-1)^2)}{100} \right)$$

Индикатор *нагрузки игрока* используется для сравнения сокращенных игр с товарищескими матчами (Casamichana et al. 2012d) или различными форматами игр (Castellano et al., 2013b). По сравнению с матчами, значение нагрузки игрока было выше во время *уменьшенных* игр, как и в случае с другими физическими переменными нагрузки, такими как пройденное расстояние в минуту, соотношение работы:rest (Casamichana et al., 2012c) и ускорения (Hisey, 2014), где уменьшенные форматы игр, в которых участвует меньше игроков, имеют более высокие значения (3:3, 6:6, 8:8, матчи), за исключением los formatos de juego reducido donde participan un menor número de jugadores presentan valores más elevados (максимальной переменной скорости има, variable de velocidad



которая была выше во время матчей (Casamichana et al. 2012d), а также средняя дистанция спринтов (Hissey, 2014).

Для сокращенных игр этот параметр использовался для сравнения режимов непрерывной и прерывистой работы (Casamichana et al., 2013b), изменения космической ориентации и количества игроков (Castellano et al., 2013b) или размеров в ситуациях 4:4 (Hodgson et al., 2014). Существенных различий в зависимости от тренировочного режима или количества игроков, уменьшая «нагрузку игрока», когда игровое пространство было ориентировано на включение вратарей, не было обнаружено по сравнению с тем, когда задача выполняется с целью поддержания владения мячом, а значит, и в неориентированных пространствах. Кроме того, увеличение или ускорение $a_{\text{ument o en}}$ наблюдалось при использовании измерения среднего пространства, $75'lt;150'gt;250 \text{ m}^{2/\text{play}}$ участника, уменьшая расстояние и частоту ускорений в малых и больших пространствах.

Тем не менее, недавнее исследование (Gabbett and Wheeler, 2014) указывает на необходимость устранения вертикального компонента при расчете нагрузки, поддерживаемой игроками, если вы хотите рассмотреть измерение ускорения для расчета *нагрузки игрока*. Высокая корреляция нагрузки *игрока* с общим пройденное расстояние стоит за этим новым предложением. Новый двухмерный одномерный индикатор или нагрузка *игрока2D* (который включает в себя только двухосные ускорения, передние/задние и левые/правые) может лучше различать прерывистую активность и способ избежать перекрытия информации относительно нагрузки, поддерживаемой игроком. Таким образом, это интересный показатель сессионной активности или задачи «не расы», поскольку он исключает вертикальную составляющую высококонкурентных ускорений.

$$\text{Plyr.Ld}(2D) = \sqrt{\left((fwd_{t=i+1} - fwd_{t=i})^2 + (side_{t=i+1} - side_{t=i})^2 \right)}$$

Например (данные самосвалинга), если сравнить общее расстояние, пройденное игроками с нагрузкой игрока и *нагрузкой игрока2D* в технической рабочей деятельности (где аэробная составляющая технического повторения жеста преобладает без резких изменений



скоростей), корреляции высоки (0,74 и 0,78 с нагрузкой игрока и нагрузкой игрока2D, соответственно), в то время как по сравнению с уменьшенной игрой 4:4 на поле 30x30 м (где игроки должны иметь прерывистую активность с непрерывными ускорениями, замедлением и изменением направления), корреляции, кажется, означают, что оба индикатора не измеряют то же самое (при значениях 0,74 и 0,56 для нагрузки игрока и нагрузки игрока2D, соответственно).

С другой стороны, медленная нагрузка игрока – это другое приближение к той же проблеме. Попробуйте измерить активность отличается от гонки, и для этого пропускает любой игрок нагрузки, где спортсмен движется к более чем 2 м s^{-1} , учитывая только активность спортсмена на низких скоростях движения.

$$\text{Plyr. Ld(slow)}_{t=n} = \sum_{t=0}^{t=n} \sqrt{((fwd_{t=i+1} - fwd_{t=i})^2 + (side_{t=i+1} - side_{t=i})^2 + (up_{t=i+1} - up_{t=i})^2)}$$

for $t = 0, 0.01, 0.02, 0.03 \dots n$
 but values are only accumulated for measurements where $\text{vel(dpr)} > 2 \text{ m/s}$

Ниже приведена нагрузка игрока и некоторые меры, которые были получены в результате первоначального анализа измерения нагрузки игрока, полученного профессиональным футболистом (1-й испанский дивизион) во время матча.

Таблица 4.6. Подробная информация о нагрузке игрока и мерах, полученных во время профессионального футбольного матча, полученная с помощью программного обеспечения катапультного спринта.

	Period:	Session
P.L. Variables	3D	1205
	2D	667
	Slow	374
	1D - Fwd %	24
	1D - Side %	24
	1D - Up %	51

4.3.2 Силовая нагрузка

Что касается переменной "Force load", Buchheit и Simpson (2016) подробно, что она может представлять будущее в оценке спортсменов, так как результат в этом типе переменной не зависит от управления усилиями спортсменов, и не требуют спортсмена,



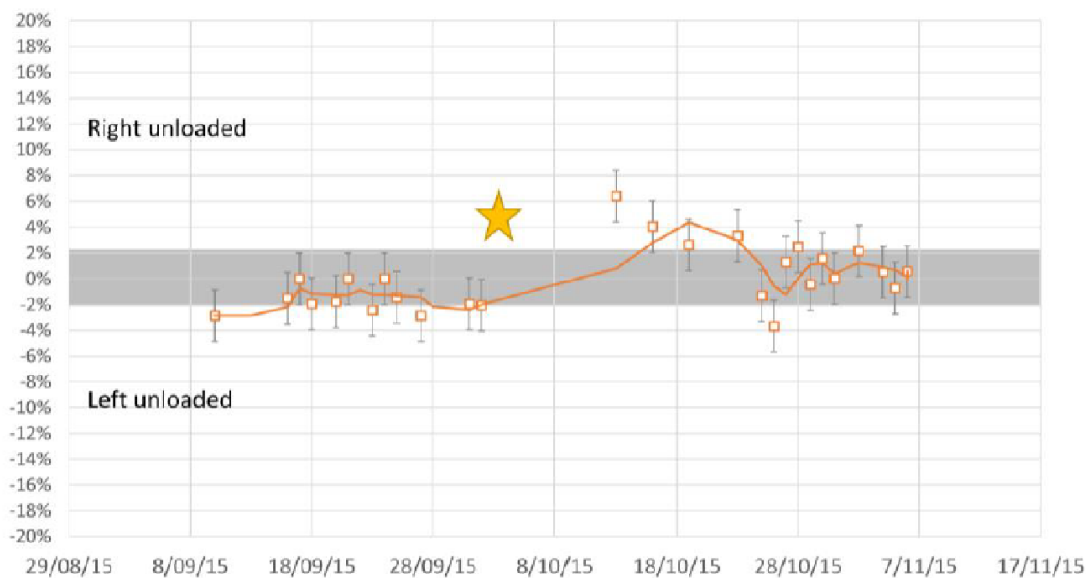
чтобы сделать максимальные усилия, как в случае с переменными типа I и типа II. Наиболее таким образом, каждая контролируемых сессии становится оценка сессии.

"Силовая нагрузка" относится к сумме оценки сил наземного реагирования при всех ударах стопы, оцениваемых с помощью вектора, полученного в результате ускорения. По сравнению с "Player Load" и "Body Load", основанной на полной активности акселерометра или общем пройденном расстоянии, "ForceeLoad" отражает только последствия, связанные с перемещениями, и обеспечивает более точную оценку выполняемой работы и импульсов, особенно когда сеанс включает статические действия и низкое смещение (Buchheit and Simpson, 2016) trabajo e impulsos realizados, esp

Кроме того, "Force Load" также можно сравнить между правой и левой ногой, будучи в состоянии обнаружить дисбаланс в любой задаче, выполняемой, особенно при ускорении или запуске на высокой скорости, что, вероятно, связано с использованием и потенциальными недостатками различных групп мышц. Эта информация, конечно, очень интересна в *периоды обратно в конкурсе или вернуться к игре* спортсмена и, кажется, обнаружить возможные дефициты мышечной силы спортсменов по-прежнему здоровы (Buchheit и Симпсон, 2016).

Рисунок 23. Пример симметрии в переменной "Force Load" во время возвращения к *игровой процессу* после растяжения связок в правой лодыжке. Симметрия рассчитывается из сигнала "Force Load" всех ударов ног на всех фазах ускорения каждого сеанса. Звезда символизирует дату сеанса. Взяты из Buchheit и Симпсон (2016).





4.3.3. Характеристики шага

Время контакта и полета также можно оценить с помощью акселерометров. Также можно оценить *вертикальную жесткость* (жесткость представляет собой меру жесткости мышечно-тендинового аппарата), которая, как было показано, существенно снижается при мышечной усталости (Girard, Micallef, и Millet, 2011). Постоянный мониторинг характеристик шага (или, по крайней мере, вертикальной активности в результате воздействия на землю), предпочтительно с помощью стандартизированных задач, предлагает новую возможность соотношения, полученного через связь между скоростью движения и force Load (V/FL) и обеспечивает новую перспективу для мониторинга нервно-мышечного состояния спортсмена. Кроме того, эта информация не требует сигнала GPS, так как это информация, полученная с помощью акселерометров, поэтому ее можно использовать в закрытых помещениях и спорте.

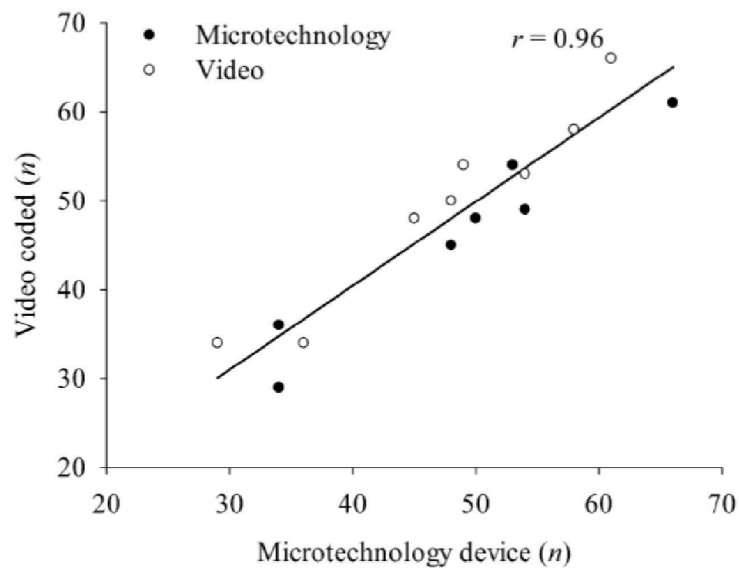
4.3.4 Столкновения

Интеграция различных датчиков внутри одного устройства позволяет подходить к различным спортивным действиям. В данном конкретном случае (Hulin, Gabbett, Johnston, and Jenkins, 2017), столкновения были выявлены с помощью информации, полученной из акселерометров и гироскопов. Столкновение было выявлено, когда произошло увеличение на 2 AC "Игрок нагрузки" и изменение ориентации устройства



(измеряется с помощью гироскопа). Полученные значения сильно коррелируют с столкновениями, записанными с помощью видео ($r = 0.96$), идентифицирующих с помощью микротехнологий 96,7% событий, полученных в результате анализа видео во время матчей по регби. Кроме того, уменьшается погрешность, повышается точность и чувствительность при исключении малоинтенсивных и недолговечных воздействий.

Рисунок 4.24. Взаимосвязь между числом столкновений, обнаруженных с помощью микротехнологий (GPS со всеми другими датчиками) и с помощью ручного видео в профессиональных матчах по регби. Взяты из Hulin et al. (2017).



Ссылки

- Aughey, P. (2010). Австралийский футболист скорость работы: доказательства усталости и ходить? Международный журнал спортивной физиологии и производительности, 5(3), 394-405.
- Aughey, R., и Фэллон, С. (2010). Данные GPS в командных видах спорта в режиме реального времени по сравнению с послематчевыми GPS. Научный журнал и медицина в спорте, 13(3), 348-349.
- Акенхед, Р. (2014). Изучение тренировочных нагрузок в элитном профессиональном футболе. Докторская диссертация. Ньюкасл: Университет Нортумбрии.
- Akenhead R, французский D, Томпсон KG, и Хейс PR. Ускорение зависит от действительности и надежности 10 Гц GPS. J Sci Med Sport. 2014;17:562-566.
- Буллоса, Д.А., Абреу, Л., Накамура, Ф.Я., Муньос, В.Е., Домингес, Э., И Лейхт, А.С. (2013). Сердечная вегетативная адаптация у элитных испанских футболистов во время предсезонки. Международный журнал спортивной физиологии и производительности, 8(4), 400-409.
- Бойд, L. J., Болл, К., и Aughey, R. J. (2011). Надежность акселерометров MinimaxX для измерения физической активности в австралийском футболе. Международный журнал спортивной физиологии и производительности, 6(3), 311-321.
- Buchheit M, Аль Хаддад Н, Симпсон БМ, Палацци D, Бурдон РС, Ди Сальво V, и Мендес-Вильяневва А. ускорение Мониторинги с GPS в футболе: время, чтобы замедлить? Int J Спорт Физиол Выполнить. 2014;9:442-445
- Бухейт, М., Мендес-Вильянуэва, А., Симпсон, Б., и Бурдон,. (2010). Повторный спринт последовательности во время молодежных футбольных матчей. Международный журнал спортивной физиологии, 31(10), 709-716.
- Бухейт, М., Аллен, А., Пун, Ти Кей, Модонутти, М., Грегсон, В. и Ди Сальво, В. (2014). Интеграция различных систем слежения в футболе: многокамерная полуавтоматическая система, локальные измерения положения и технологии GPS. 32, 1844-1857 годы.
- Бухейт, М., Грей, А., и Морин, J.B. (2015). Оценка переменных шага и вертикальной жесткости с помощью GPS-встроенных акселерометров: Предварительные



- исследования для мониторинга нервно-мышечной усталости на поле. J Спорт Sci Med. 2015 Ноябрь 24;14(4):698-701. eCollection 2015 Дек.
- Buchheit, M., и Симпсон, В.М.(2017). Технология отслеживания игроков: Полупустое или полупустое стекло? Int J Спорт Физиол Выполнить. 2017 Апр;12 (Suppl 2):S235-S241. doi: 10.1123/ijsp.2016-0499. Epub 2016 Дек 14.
- Буххейт, М., Симпсон, Б., Мендес-Вильянуэва, А. (2013). Неоднократные скоростные занятия во время юношеских футбольных матчей в связи с изменениями в максимальном спринте и аэробных скоростях. Международный журнал спортивной медицины, 34 (01), 40-48.
- Карлинг, К., Брэдли,., Макколл, А., И Дюпон, Г. (2016). Вариативность матча к матчу в скоростной беговой деятельности в профессиональной футбольной команде. 34(24), 2215-2223.
- Казамичана, Д. (2011). Технология GPS применяется при оценке тренировок и соревнований по футболу. Докторская диссертация: Университет Страны Басков.
- Казамичана, Д., Кастеллано, Д., Каллеха-Гонсалес, Д., Сан-Роман, Дж., и Кастанья, К. (2012b). Взаимосвязь между показателями тренировочной нагрузки у футболистов. Научно-исследовательский журнал силы и кондиционирования, 27(2), 369-374.
- Казамичана, Д., Кастеллано, Дж., и Кастанья, К. (2012c). Сравнение физических требований товарищеских матчей и малосторонних игр у полупрофессиональных футболистов. Научно-исследовательский журнал силы и кондиционирования, 26(3), 837-843.
- Испанский, J., и Casamichana, D., (2013a). Различия в количестве ускорений между мелкими играми и товарищескими матчами в футболе. 12(1), 209-210.
- Кастеллано, J., Casamichana, D., и Dellal, A. (2013b). Влияние формата игры и количества игроков на реакцию сердечного ритма и физические требования в малосторонних футбольных матчах. Научно-исследовательский журнал силы и кондиционирования, 27(5), 1295-303.
- Колби MJ, Доусон В, Хисман J, Рогальски В, Габбетт TJ. Акселерометр и GPS-производные беговые нагрузки и риск травм в элитных австралийских футболистов. J Сила Cond Res.2014;28(8):2244-52.



- Камминс, К., Орт, Р., О'Коннор, Х., и Уэст, К. (2013). Глобальные системы позиционирования (GPS) и микротехнологические датчики в командных видах спорта: систематический обзор. Спортивная медицина, 43(10), 1025-1042.
- Каннифф, Б., Проктор, В., Бейкер, Джей и Дэвис, Б. (2009). Оценка физиологических требований элитного регбийного союза с использованием глобального программного обеспечения для отслеживания систем позиционирования. Научно-исследовательский журнал силы и кондиционирования, 23(4), 1195-1203.
- Делани, J.A., Камминс, С.J, Торнтон, Н.R. и Duthie, G.M. (2017). Важность, надежность и полезность мер ускорения в командных видах спорта. J Сила Конд Ас. 2017 Фев 8. doi: 10.1519/JSC.0000000000001849. (Epub впереди печати)
- Ди Прамперо, П.Е., Фузи, С., Сепулькри, Л., Морин, Д.Б., Белли, А., Антонутто, Г. (2005). Спринт работает: новый энергичный подход. В журнале экспериментальной биологии, 208, 2809 - 2816.
- Ди Сальво, В., Грегсон, В., Аткинсон, Г., Тордофф, И Друст, Б. (2009). Анализ высокоинтенсивной активности в футболе премьер-лиги. Международный журнал спортивной медицины, 30(3), 205-212.
- Дуайер, Д. В., и Габбетт, Ти Джей (2012). Глобальный анализ данных системы позиционирования: Диапазоны скорости и новое определение спринта для спортсменов полевого спорта. Научно-исследовательский журнал силы и кондиционирования, 26(3), 818-824.
- Эрманн FE, Дункан CS, Sindhusake D, Францсен WN, Грин DA. GPS и профилактика травм в профессиональном футболе. J Сила Конд Ас. 2016;30(2):360–7.
- Фэрроу, Д., Пайн, Д., и Габбетт, Т. (2008). Навыки и физиологические требования открытых и закрытых тренировок в австралийском футболе. Международный журнал спортивной науки и коучинга, 3(4), 489-499.
- Габбетт, Т. (2015). Использование относительных скоростных зон увеличивает скоростной бег, выполняемый в командно-спортивной игре. Научно-исследовательский журнал прочности и кондиционирования, 29(12), 3353-3359.
- Габбетт, Ти Джей, и Уилер, А. J. (2014). Предсказатели повторяющихся высокоинтенсивных усилий в регби игроков лиги. Международный журнал



спортивной физиологии и производительности. DOI:
<http://dx.doi.org/10.1123/ijsspp.2014-0127>.

Гаудино, А., Ф.М., Альберти, Г., Струдвик, Джей Джей, Аткинсон, Г., И Грегсон, В. (2013). Мониторинг подготовки элитных футболистов: систематический уклон между скоростью бега и данными о метаболической мощности. *Международный журнал спортивной медицины*, 134, 963 - 968.

Гаудино, А., Iaia, Ф.М., Strudwick, A.J., Хокинс, Р.Д., Альберти, Г., Аткинсон, Г., и Грегсон, W. (2015). Факторы, влияющие на восприятие усилий (сессионный рейтинг воспринимаемой нагрузки) во время элитной футбольной тренировки. *Int J Спорт Физиол Выполнить*. 2015 Окт;10(7):860-4. doi: 10.1123/ijsspp.2014-0518. Epub 2015 Фев 11.

Girard O, Micallef JP и Millet GP. Изменения в характеристиках модели весенней массы во время повторных спринтов бега. *Eur J Appl Физиол*. 2011;111:125-134.

Хисси, С. (2014). Сравнение физических, физиологических и перцептивных требований малосторонних игр и матч-игры у профессиональных футболистов. *Докторская диссертация: Университет Эдит Коуэн*.

Ходжсон, К., Акенхед, Р., и Томас, К. (2014). Анализ движения времени требований ускорения 4v4 мелкосторонних футбольных игр, сыгранных на разных размерах поля. *Наука о человеческом движении*, 33, 25-32.

Хулин, Б.Т., Габбетт, Ти Джей, Джонстон, Р.Д., и Дженкинс, D.G. (2017). Носимые микротехнологии могут точно определить столкновения событий во время профессионального регби лиги матч-игры. *J Sci Med Спорт*. 2017 Июль;20(7):638-642. doi: 10.1016/j.jsams.2016.11.006. Epub 2017 Янв 23.

Ястржебский, З. и Радзиминский Л. (2015). Индивидуальный против общего времени движения анализа и физиологической реакции в 4 против 4 и 5 против 5 малых сторону футбольных игр. *Международный журнал анализа производительности в спорте*, 15, 397-410.

Дженнингс, Д., Кормак, С., Куттс, Эй Джей, Бойд, Л. Джей, И Оуи, R. J. (2010). Вариативность GPS-устройств для измерения расстояния в движениях командного спорта. *Международный журнал спортивной физиологии и производительности*, 5(4), 565-569.



- Ловелл, Р. и Абт, Г. (2013). Индивидуализация анализа движения времени: пример когорты случаев. *Международный журнал спортивной физиологии и производительности*, 8, 456-458.
- Мэлоун, С., Роу, М., Доран, Д.А., Габбетт, Ти Джей, И Коллинз, К. (2017). Высокие хронические тренировочные нагрузки и воздействие приступов максимальной скорости бега снижает риск травматизма в элитном гэльском футболе. *Научный журнал и медицина в спорте*, 20(3), 250-254.
- Осгнах, К., Позер, С., Бернадини, Р., Ринальдо, Р., и ди Прамперо, Е. (2010). Энергетическая стоимость и метаболическая сила в элитном футболе: новый подход к анализу матчей. *Медицина и наука в спорте и физических упражнений*, 42, 170 - 178.
- Рампинини, Э., Куттс, А., Кастанья, К., Сасси, Р., И Импеллизери, Ф. М. (2007). Вариация в производительности футбольного матча верхнего уровня. *Международный журнал спортивной медицины*, 28(12), 1018-1024.
- Sonderegger K, Tschopp M, Taube W (2016) Задача оценки интенсивности коротких действий в футболе: новый методологический подход с использованием процентного ускорения. *PLoS ONE* 11(11): e0166534. doi:10.1371/journal.pone.0166534
- Спенсер, М., Лоуренс, С., Чичи, К., Бишоп, Д., Доусон, Б., И Гудман, К. (2004). Анализ движения времени элитного хоккея на траве, со особой ссылкой на повторную спринтерскую активность. 22(9), 843-850.
- Свитинг, Эй Джей, Кормак, С.Дж., Морган, С., И Оуи, Р. J. (2017). Когда спринт спринт? Обзор анализа профиля активности спортсменов команды-спорта. *Границы в физиологии*, 8 (432). doi:10.3389/fphys.2017.00432
- Варли, М.С., Aughey, R. J., и Педрана, А. (2011). Ускорения в футболе: К лучшему пониманию высокоинтенсивной активности. Книга абстрактного 7-го Всемирного конгресса по науке и футболу и 9-го Конгресса Японского общества науки и футбола (стр. 115). Нагоя, Япония.
- Варли, М.С., Джасперс, А., Хельсен, W.F., и Мэлоун, JJ (2017). Методологические соображения при количественной оценке высокоинтенсивных усилий в командных видах спорта с использованием технологии глобальной системы



позиционирования. Int J Спорт Физиол Выполнить. 2017 Sep;12(8):1059-1068. doi: 10.1123/ijsspr.2016-0534. Epub 2017 Янв 4.

Ванрентергем, Дж., Недергаард, Нью-Джерси, Робинсон, М.А., и Друст, Б. (2017). Мониторинг тренировочной нагрузки в командных видах спорта: новая основа, разделяющая физиологические и биомеханические пути адаптации нагрузки. Спортивный Мед. 2017 Март 10. doi: 10.1007/s40279-017-0714-2. (Epub впереди печати)

Висби, Б., Монтгомери, П.Г., Пайн, Д.Б., и Бен Рэттрей, Б. (2010). Количественная оценка требований движения футбола AFL с помощью GPS слежения. Научный журнал и медицина в спорте, 13(5), 531-536.

