

Модуль 2. Применение систем трекинга для количественной оценки и интерпретации физических требований в баскетболе

Блок 2.1. Применение систем трекинга для количественной оценки и интерпретации физических требований в баскетболе

Знание физических требований как соревновательного, так и тренировочных сессий имеет отношение к оптимизации тренировочного процесса. Также, мы видели, что оценка физических требований через анализ движения с помощью камер не может быть использована каждый день. В этом модуле мы будем рассматривать другой подход к использованию технологии, которая позволяет нам принимать решения через анализ данных, полученных в матчах и тренировках.

Мы знаем, что в баскетболе ускорения, замедления, изменения в направлении, прыжки и бег высокой интенсивности являются максимальными выражениями физической производительности. Таким образом, способность эффективно повторять эти шаблоны станет более естественным явлением при анализе состояния игрока специфическим образом.

Так, мы обычно можем различить четыре уровня интенсивности по отношению ко всему количеству игровых действий во время матча.



Таблица 1. Четыре уровня интенсивности

Интенсивность действий	%
Высокая интенсивность	от 13 до 21 %
Средняя интенсивность	от 11 до 28%
Низкая интенсивность	от 14 до 26%
Восстановление	от 30 до 60%

Источник: собственная разработка.

Как мы уже упоминали, недостатки анализа времени/движения с помощью видеоанализа привели нас к использованию систем трекинга (WIMU). WIMU относятся к мульти датчикам, таким как акселерометры, гироскопы, трёхосные магнитометры или какая-нибудь комбинация между ними. Эти устройства обычно помещаются в жилет на верхней части спины игроков и не представляют собой дополнительную нагрузку для них. Кроме того, они являются альтернативой GPS, которые и не обеспечивают получение тех же переменных, но всё же предлагают альтернативу той GPS, что была использована в таких видах спорта, как футбол и регби, т. е. спорт на открытом воздухе. Эти устройства считывают движения в качестве нагрузки, совмещая мгновенные изменения в ускорении по трем плоскостям движения. Нельзя забывать, что сигнал спутников не работает должным образом в закрытых помещениях. Если мы введем слова акселерометр и баскетбол в поисковых системах, наподобие Pubmed, появятся различные исследования, представляющие интерес для нашей темы. В этом модуле мы тезисно опишем некоторые из них.

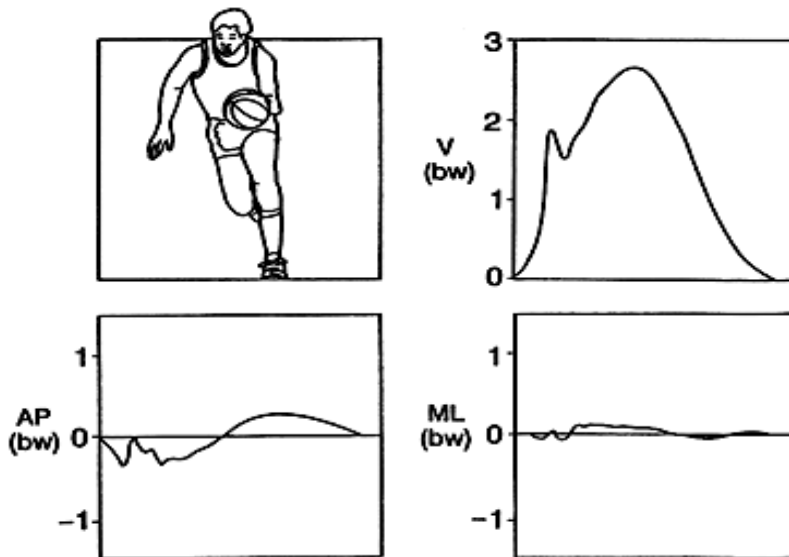
Прежде чем полностью углубиться в тему, необходимо упомянуть публикацию под названием A Profile of Ground Reaction Forces in Professional Basketball, авторов McClay, Robinson, Andriacchi, Frederick, Gross, Martin, Valiant, Williams и Cavanagh (1994). Результаты этого исследования (произведённые в лабораторных условиях и с использованием силовой платформы) будут использоваться для измерения и понимания механического стресса, который переносит тело во время конкретных движений в баскетболе.

На следующем изображении вы сможете оценить воздействие, которому подвергается игрок при выполнении спринта. Вы можете увидеть первую



высшую точку на графике , а затем вторую , которую показал анализ с силовой платформой.

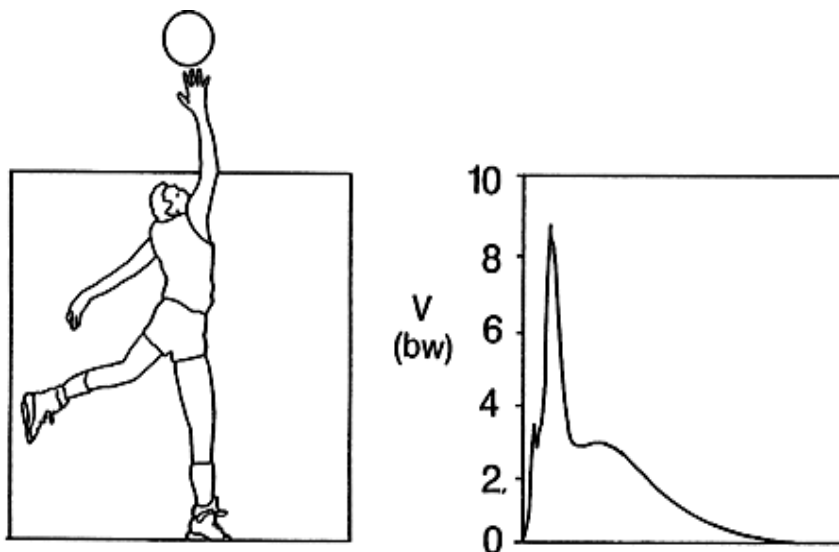
Изображение 1. Механическое воздействие, которое происходит при спринте вперед



Источник: McClay et al., 1994, стр. 229.

В исследовании было установлено механическое воздействие, которому подвергался игрок во время приземления после броска с двух шагов из под кольца . В этом случае речь шла о восьми или девятикратной массе тела игрока.

Изображение 2. Механическое воздействие, которому подвергается игрок во время приземления после броска с двух шагов из под кольца



Источник: McClay et al., 1994, стр. 230.



Во время спринта по прямой механическое воздействие не превышает показателя массы тела в три раза. То же самое происходит в вертикальной плоскости.

На следующей таблице показано краткое описание этих и других действий. Если показатели силы, учтённые в этой таблице, повторяются много раз, то они могут вызвать достаточное количество стресса для получения травмы. Из этого можно сделать вывод о том, что иметь все эти данные под контролем.

Таблица 2. Выводы

Activity	Maximum V1 vertical (bw)		Maximum V2 vertical (bw)		V impulse (N · s) ^a	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Running (3.8 m/s)	1.9	0.35	2.5	0.24	107.0	34.22
Cutting	3.0	0.54	2.3	0.25	132.9	47.21
Layup takeoff	2.7	0.57	3.2	0.35	273.0	59.62
Layup landing ^b	8.9	2.76	2.8	0.51	295.3	126.01
Jump shot takeoff	3.0	0.80	—	—	151.2	131.14
Jump shot landing ^b	6.0	1.43	2.0	0.76	210.6	132.31
Vertical jump takeoff	1.7	0.52	—	—	-89.3	103.50
Vertical jump landing ^b	4.3	1.16	1.3	0.40	-27.8	121.80
Shuffling	2.6	0.49	1.8	0.31	103.1	67.61

Источник: Mc Clay et al., 1994, стр. 226.

Действие	ACTIVITY
σ	SD
Бег (3.8 м/с)	Running
Рывок от защитника	Cutting
Лэй-ап взлёт	Layup takeoff
Лэй-ап приземление b	Layup landing
Взлёт броска в прыжке	Jump shot takeoff
Приземление броска в прыжке b	Jump shot landing
Взлёт вертикального прыжка	Vertical jump takeoff
Приземление вертикального прыжка b	Vertical jump landing
Перемещение (shuffling)	Shuffling



Максимум вертикальная	V1	Maximum V1 vertical
Максимум вертикальная	V2	Maximum V2 vertical
V импульс		V impulse

Таблица 3. Выводы

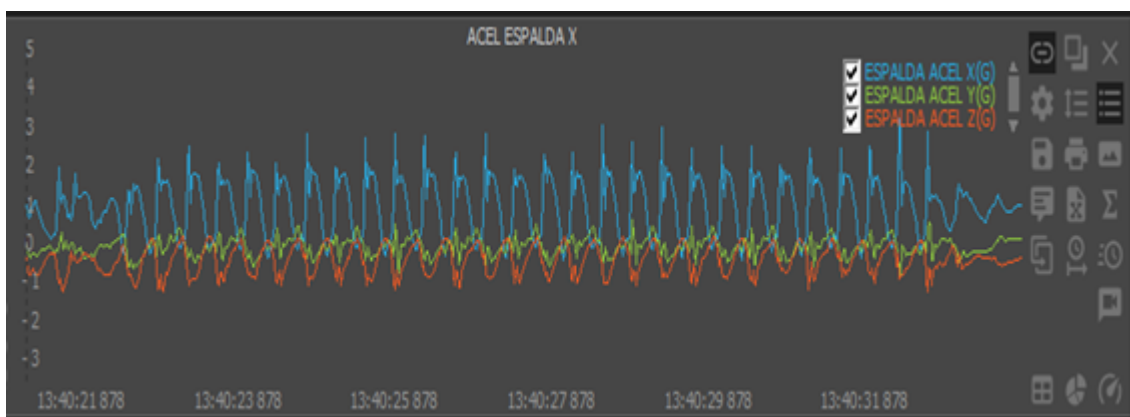
Activity	Peak V		Peak AP		Peak ML	
	<i>M</i>	Range	<i>M</i>	Range	<i>M</i>	Range
Layup landing ^a	8.9	3.16 – 14.58	-2.5	1.4 – -6.60	-0.7	1.05 – -1.63
Jump shot landing ^a	6.0	3.12 – 9.76	1.1	-2.41 – 2.18	-0.3	0.28 – -0.56
Vertical jump landing ^a	4.3	3.16 – 7.84	1.1	-1.20 – 1.74	-0.4	0.26 – -0.93
Running	2.5	2.09 – 3.18	-0.4	0.52 – -0.61	-0.2	0.33 – -0.46

Источник: Mc Clay et al., 1994, стр. 229.

Действие	ACTIVITY
Лэй-ап приземление b	Kayup landing
Приземление броска в прыжке b	Jump shot landing
Приземление вертикального прыжка b	Vertical jump landing
Бег	Running
Пик V	Peak V
Пик AP	Peak AP
Пик ML	Peak ML

В настоящее время, к примеру, мы можем проанализировать это влияние от спринта, тогда как раньше это было возможно измерить лишь силовой платформой. Мы можем узнать механическое воздействие на каждом из шагов, которые делает игрок.

Изображение 3. Воздействие каждого шага игрока

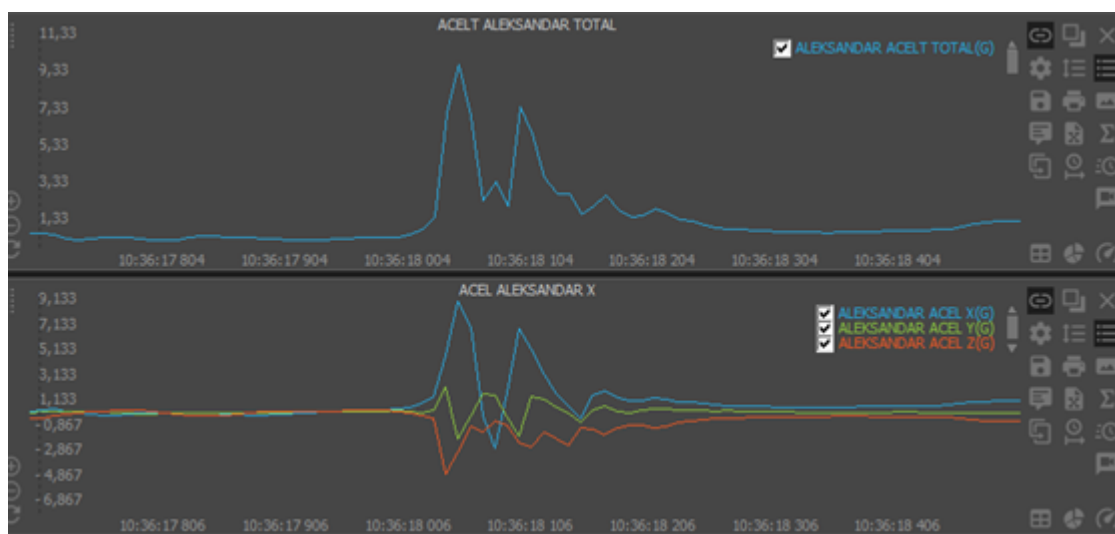


Источник: собственная разработка на основе Realtrack Systems SL (2019).

АКСЕЛЕРОМЕТР СПИНА	ACEL ESPALDA
СПИНА УСК	ESPALDA ACEL

Также, мы можем получить данные о воздействии после прыжка, либо после прохода и броска из под кольца, либо после броска в прыжке.

Изображение 4. Воздействие прыжка



Источник: собственная разработка на основе Realtrack Systems SL (2019).

СТАНДАРТНОЕ АЛЕКСАНДР	УСКОРЕНИЕ	ACELT ALEX TOTAL
УСК АЛЕКСАНДР X		ACEL ALEX
АЛЕКСАНДР УСК		ALEX ACEL

В 1687 году Исаак Ньютон описал свои хорошо известные всем законы. Первый из законов Ньютона – об инерции : Всякое тело продолжает удерживаться в своём состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние.

Второй закон гласит, что сила, которая действует на тело, равна произведению массы тела на сообщаемое этой силой ускорение, при этом направления силы и ускорения совпадают. В третьем законе Ньютон говорит о силах действия-противодействия: действию всегда есть равное противоположное противодействие, иначе, взаимодействия двух тел друг на друга между собою равны и направлены в противоположные стороны.

С другой стороны, у нас есть закон гравитации. Сила гравитации, или сила G , основана на ускорении, производимым гравитацией Земли над объектом. G равно $9,8 \text{ м/с}^2$. Это может быть обнаружено акселерометром. Таким образом, основываясь на ускорении, производимым гравитацией Земли над объектом, мы можем измерить G -силу, которую генерирует игрок во время своих движений.

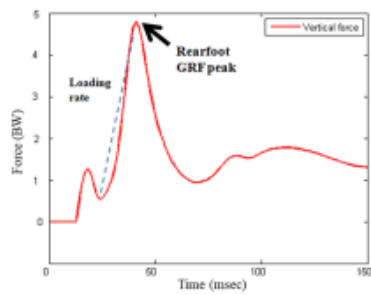
Что написано в научных публикациях об этих устройствах, которые были использованы в баскетболе?

В исследовательской статье под названием «*Kinetics and perception of basketball landing in various heights and footwear cushioning*» (2018) исследователи Wei, Wang, Woo, Liebenberg, Park, Ryu и Lam выбрали три различных типа кроссовок для выполнения наблюдений. На изображении 5 аббревиатура VGRF означает «*Vertical Ground Reaction Force*» или вертикальная сила реакции земли

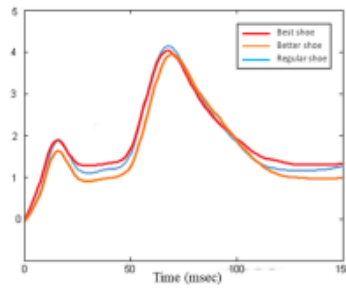
Изображение 5. Исследования с различными переменными



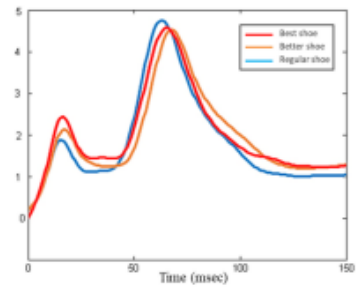
a) VGRF



i) Variables

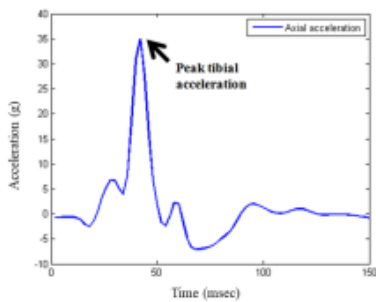


ii) 45cm height

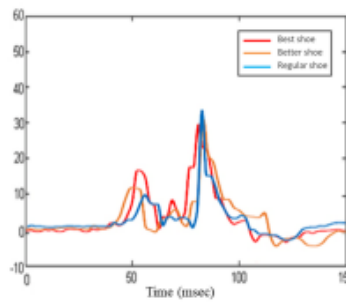


iii) 61cm height

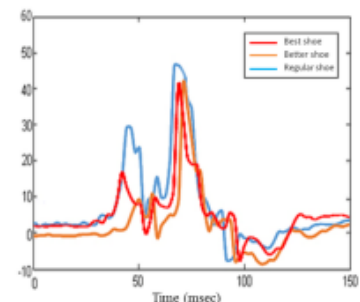
b) Axial acceleration



i) Variables



ii) 45cm height



iii) 61cm height

Источник: Wei et al, 2018, p. 5.

a) VGRF	1. Вертикальная сила реакции земли
b) Axial acceleration	Сила (масса тела)
Time msec	Время (мсек)
i) Variables	Переменные
ii) 45 cm height	45 см высоты
iii) 61 cm height	61 см высоты
Force (BW)	б) Осовое ускорение
Acceleration	Ускорение (g)
Peak tibial acceleration	Пиковое ускорение большеберцовой кости
Rearfoot GRF peak	Вертикальная сила
Loading rate	Лучшая обувь
Vertical force	Хорошая обувь
Axial acceleration	Простая обувь



Best shoe	1. Вертикальная сила реакции земли
Better shoe	Сила (масса тела)
Regular shoe	Время (мсек)

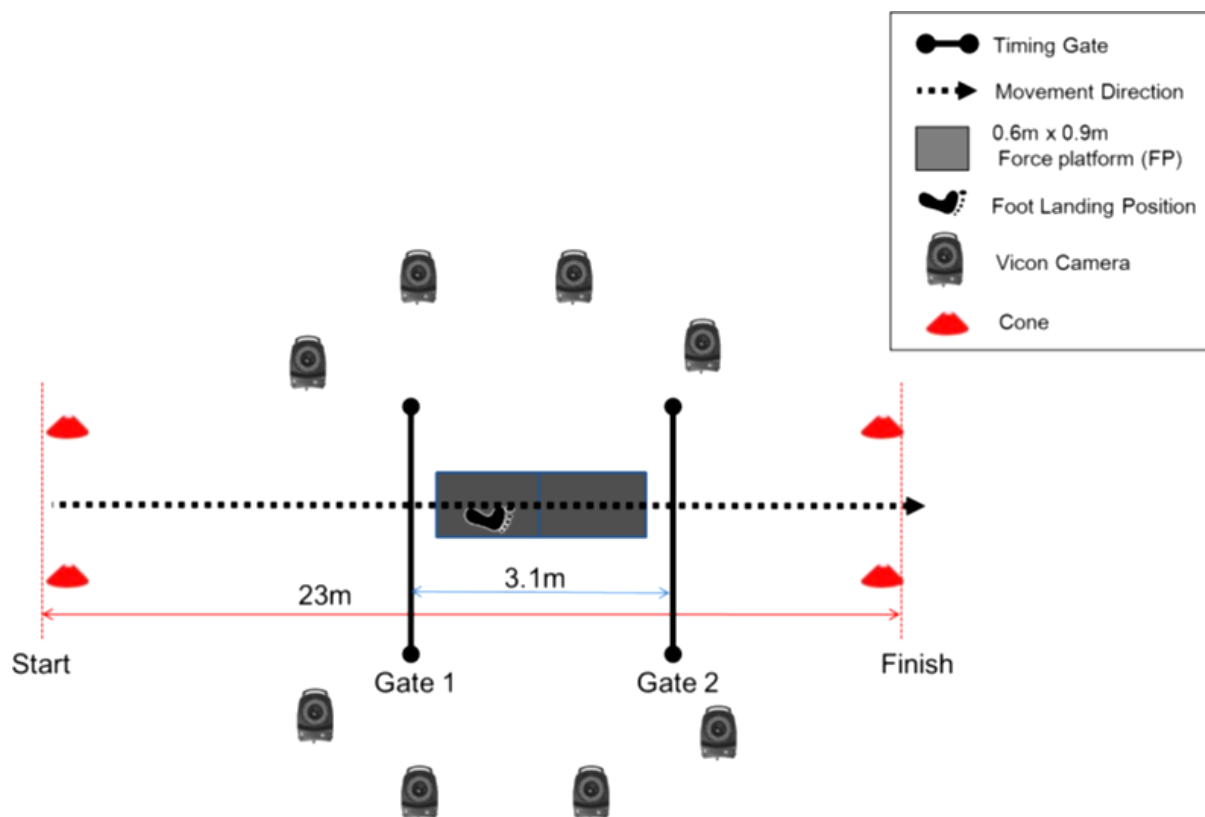
После этого проанализировалось девятнадцать баскетболистов колледжа, выполняя drop jump (прыжок с возвышенности). Следует отметить, что полученные данные возникли в результате применения двух систем: использования силовой платформы и применения акселерометра для измерения ускорения большеберцовой кости.

Из этих измерений получается возможно определить модель обуви с лучшей амортизацией для достижения улучшений в защите от стрессового перелома большеберцовой кости. Важно отметить, что приведённое исследование стало результатом попыток найти решение для снижения количества таких травм.

С другой стороны, ощущение комфорта коррелировалось с нагрузкой или механическим воздействием. Это означает, что можно выяснить степень субъективного восприятия для оценки уровня нагрузки в ситуациях за пределами лаборатории.

Изображение 6. Исследования, основанные на расстояниях и направлении





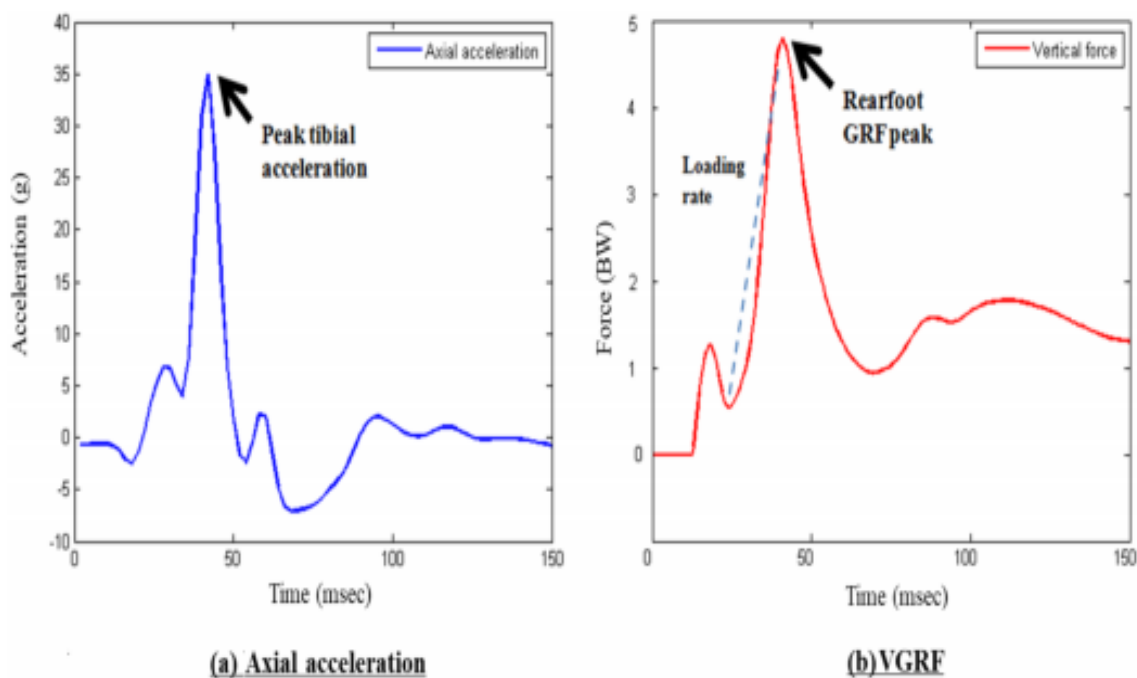
Источник: Лам, Либенберг, Ву, Парк, Ен, Тц-Хей Чхун и Рю, 2018, стр. 4.

Timing Gate	Устройство, измеряющие время
Gate	Устройство
Start	Старт
Finish	Финиш
Movement direction	Направление движения
Force platform	0.6м x 0.9м
	Силовая платформа
Foot landing position	Позиция ноги при приземлении
Vicon Camera	Vicon Камера
Cone	Конус

В исследовании Lam, Liebenberg, Woo, Park, Yoon, Tsz-Hei Cheung и Ryu (2018) был протестирован спринт по прямой у восемнадцати баскетболистов на двух разных интенсивностях: три метра в секунду и шесть метров в секунду.

Все эти данные были сняты камерами, что позволило сравнить информацию, полученную силовой платформой и акселерометром.

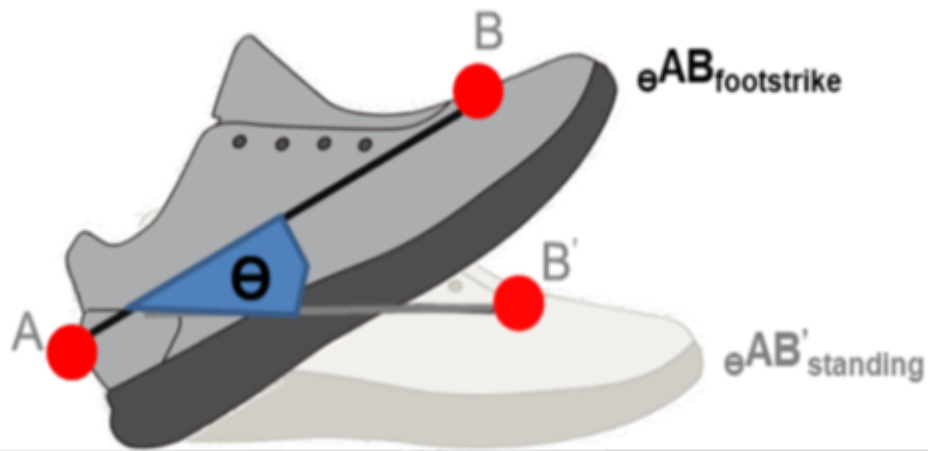
Изображение 7. Визуализация данных



Источник: Lam et al., 2018, стр. 5.

1. VGRF	1. Вертикальная сила реакции земли
Force BW	Сила (масса тела)
Time msec	Время (мсек)
b) Axial acceleration	б) Осевое ускорение
Acceleration g	Ускорение (g)
Peak tibial acceleration	Пиковое ускорение большеберцовой кости
Vertical force	Вертикальная сила
Loading rate	Уровень нагрузки

Изображение 8



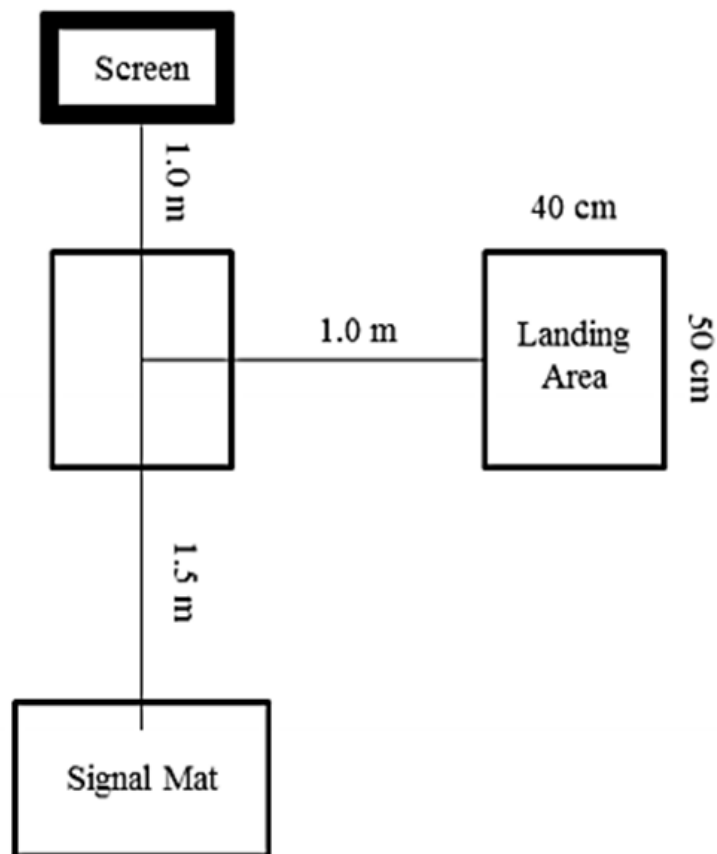
$$\text{Footstrike angle } (\theta) = eAB_{\text{footstrike}} - eAB'_{\text{standing}}$$

Источник: Lam et al., 2018, стр. 4.

eAB footstrike	eAB Постановка стопы при беге
eAB footstrike eAB standing	eAB Постановка стопы при беге – eAB стоя
Footstrike angle	Наклон постановки стопы при беге (o)
eAB standing	eAB стоя

Игрокам пришлось выполнить разные движения в ответ на неожиданные действия партнёров по команде и соперников. Эти данные рассматриваются по отношению к мячу и корзине. Следует отметить, что это является ограничением их способности предварительного планирования движения.

Изображение 9



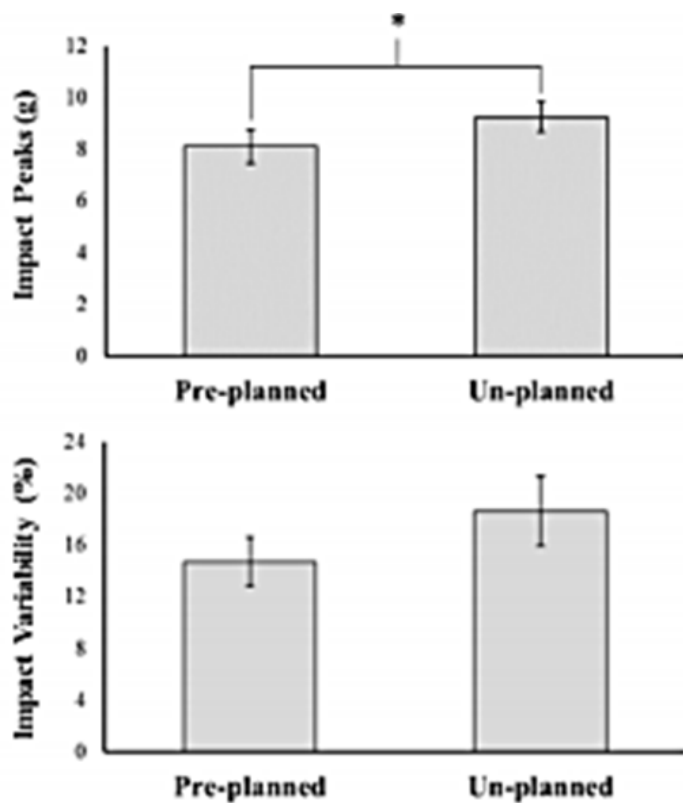
Источник: Lucas, England, Mason, Lanning, Miller, Morgan и Thomas, 2018, <https://n9.ci/kfxb>.

Screen	Экран
Landing area	Зона приземления
Signal mat	Сигнальный коврик

Цель исследования состояла в том, чтобы сравнить ускорения во время запланированного или незапланированного изменения направления.

Был сделан вывод о том, что механическое воздействие было более высоким при неожиданных действиях. Это означает, что механический стресс, который переносил игрок при неожиданных действиях, был более высоким и, кроме этого, вариабельность воздействия также была более высокой, чем при незапланированных действиях.

Изображение 10.



Источник: Lucas et al., 2018, <https://n9.cl/kfxb>.

Pre-planned	Запланированные
Un-planned	Незапланированные
Impact Peaks	Пики воздействия (g)
Impact variability	Вариабельность воздействия (%)

Другим исследованием, в котором были использованы системы трекинга (WIMU) является исследование Beato, De Keijzer, Carty и Connor под названием Monitoring Fatigue During Intermittent Exercise With Accelerometer-Derived Metrics (2019). Основная цель этого исследования заключалась в оценке чувствительности данных, полученных от системы WIMU для мониторинга усталости во время протокола прерывистых упражнений. Были использованы различные переменные, из которых мы подчеркнём динамическую стрессовую нагрузку (dynamic stress load) (переменная, которая относится к механической нагрузке, которой подвергается игрок при каждом механическом воздействии) и индекс усталости (fatigue index) (это нормированная динамическая стрессовая нагрузка для каждого пройденного метра). Результаты приводят к выводу, что как динамическая стрессовая нагрузка, так и индекс усталости могут быть

параметрами, которые нам позволят делать быстрый мониторинг усталости, которую может испытывать игрок при прерывистом тесте на выносливость.

Таблица 4.

Variables	Drill 1 (SD)	Drill 2 (SD)
DSL (AU)	35.1 ± 12.7	38.1 ± 11.0
DSL·m ⁻¹ (AU)	0.038 ± 0.014	0.041 ± 0.012
FI (AU)	0.71 ± 0.25	0.76 ± 0.22

Источник: Beato et al., 2019, <https://n9.cl/v6m6>.

Variables	Переменные
Drill 1	Упражнение 1 (SD)
Drill 2	Упражнение 2 (SD)

Этот план может быть применен в баскетболе.

Например, мы могли бы предложить тест для обнаружения усталости. Это позволило бы нам предвидеть и принимать решения в момент периодизирования или индивидуализации работы каждого из наших игроков на основе данных, полученных посредством динамической стрессовой нагрузки (dynamic stress load) или индекса усталости (fatigue index).

Еще одна публикация, которую важно отметить, это авторов Scanlan, Fox, Milanović, Stojanović, Stanton и Dalbo (2019). В этом исследовании была использована нагрузка игрока (player load). Эта переменная в основном представляет квадратный корень суммы разницы мгновенных ускорений на каждой из осей в квадрате.

Изображение 11

$$\text{Player load} = \sqrt{\frac{(a_{y1} - a_{y-1})^2 + (a_{x1} - a_{x-1})^2 + (a_{z1} - a_{z-1})^2}{100}}$$

Источник: собственная разработка..

Нагрузка игрока	Player load
-----------------	-------------

Эти авторы предлагают использовать переменную нагрузки игрока посредством индивидуализированных или фиксированных порогов. Таким образом, они установили, что нагрузки в условных единицах, полученные через WIMU в фиксированных порогах, были от нуля до единицы. Зона 1 от одной до двух, зона 2 от двух до трех, зона 3 от трех до четырех, зона 4 с четырех до пяти, зоны 5 и 6 с четырех до шести. Зона 5 и зона 6 были установлены от шести до десяти условных единиц. Что касается индивидуальных пороговых значений, установленных в зоне 1, то они составляли от нуля до десяти процентов. Зона 2, от десяти до двадцати процентов. Зона 3, от двадцати до тридцати процентов. Зона 4, от тридцати до сорока процентов. Зона 5, от сорока до шестидесяти процентов. Зона 5, от сорока до шестидесяти процентов. И зона 6 между 60 и 100 процентами. На следующем изображении можно увидеть различия между этими двумя методами.

Изображение 12

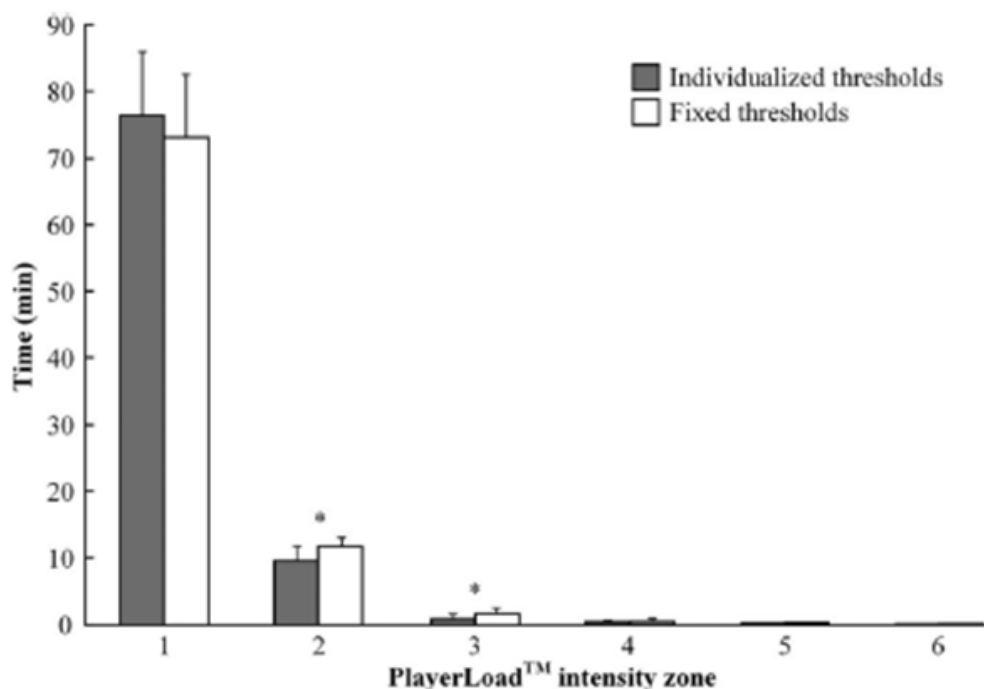
Zone	Individualized (% of peak PlayerLoad)	Fixed (absolute PlayerLoad)
1	0–10%	0–1 AU
2	10–20%	1–2 AU
3	20–30%	2–3 AU
4	30–40%	3–4 AU
5	40–60%	4–6 AU
6	60–100%	6–10 AU

Источник: Scanlan et al., 2019, <https://n9.cl/oye7z>.

Zone	Зона
Individualized (% of peak playerload)	Индивидуализированные (% пика нагрузки игрока)
Fixed (absolute...)	Фиксированное (абсолютная нагрузка игрока)

Фиксированный подход привел к увеличению времени тренировки в зонах 2 и 3. Суть заключается в том, что различия в результатах между этими двумя подходами следует учитывать при количественной оценке времени, затраченного на работу в различных зонах.

Изображение 13



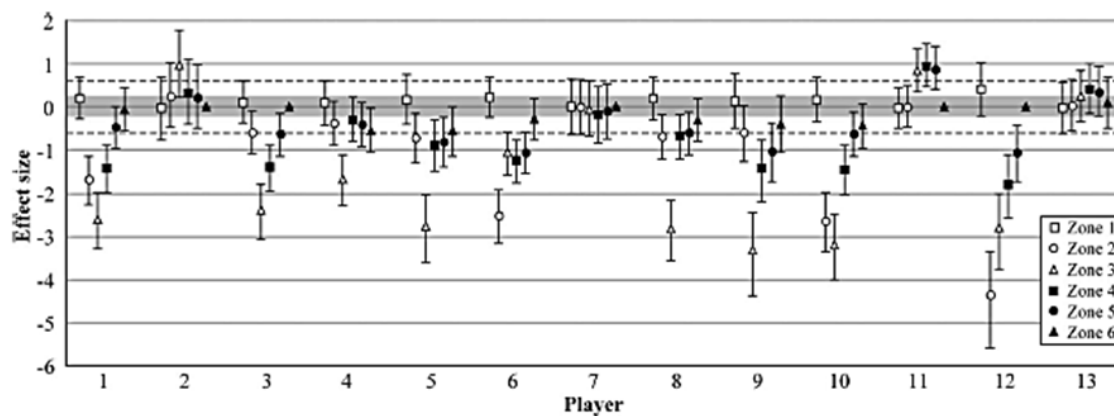
Источник: Scanlan et al., 2019, <https://n9.cl/oye7z>.

Individualized thresh	Индивидуализированные пороги
Fixed thresholds	Фиксированные пороги
Player load intensity zone	Нагрузка игрока в зоне интенсивности
Time	Время (мин)

Результаты показывают, что мы не должны основываться только на измерениях фиксированных зон, но также должны принимать во внимание индивидуальные пороговые значения в зависимости от требований к каждому игроку. Как уже отмечалось в других модулях, необходимо подчеркнуть необходимость индивидуализации нагрузки каждого из игроков.

С другой стороны, следует помнить, что индивидуально подобранная нагрузка для игрока определяется максимальным пиком возможностей, полученным от каждого игрока. Отсюда рассчитывается процентное соотношение нагрузки для каждой из зон.

Изображение 14. Различия в нагрузке между игроками по отношению к затраченному времени в каждой зоне интенсивности

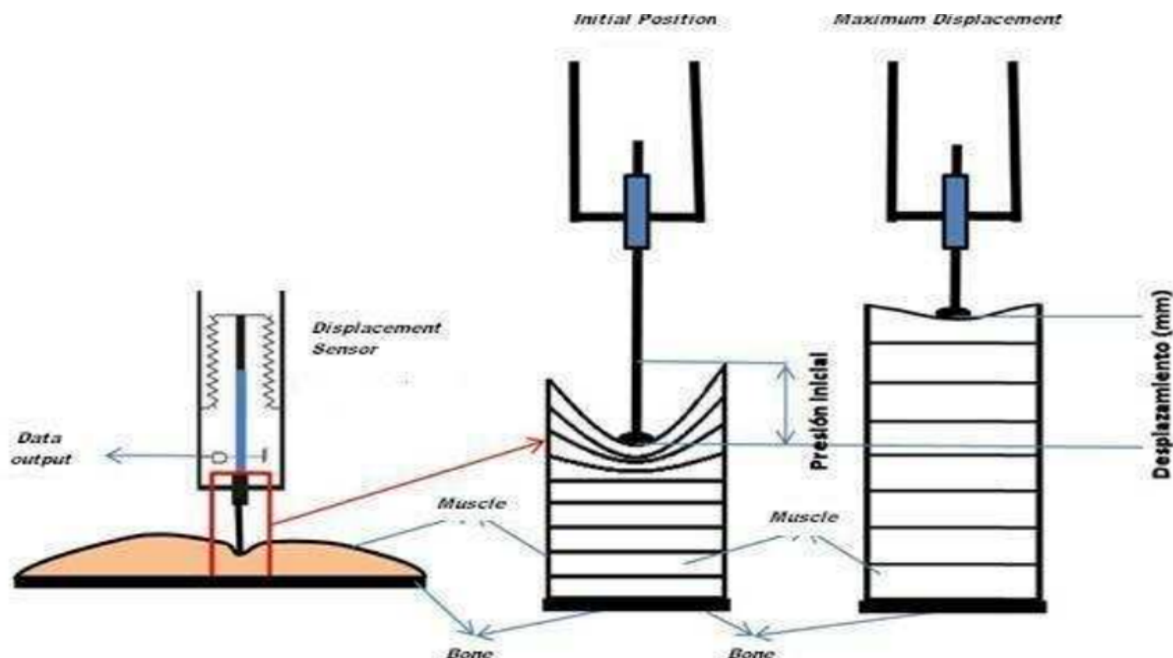


Источник: Scanlan et al., 2019, <https://n9.cl/oye7z>

Player	Игрок
Effect size	Размер эффекта
Zone	Зона

Тензиомиография – это метод измерения для определения сократительных свойств скелетных мышц. Далее мы увидим, как из этого метода устанавливается диагностический метод, который работает посредством наблюдения геометрических изменений, которые происходят в брюшке мышцы при её сокращении.

Изображение 15. Тензиомиография



Источник: «Изображение без названия о тензиомиографии». (s.f.). Взято из <https://n9.cl/e2x6>

Initial position	Изначальная позиция
Maximum displacement	Максимальное перемещение
Data output	Вывод данных
Displacement sensor	Датчик перемещения
Muscle	Мышца
Bone	Кость
Presión inicial	Изначальное давление
Desplazamiento mm	Перемещение (мм)

Устройство должно быть размещено на брюшке мышцы, после чего подаётся «разряд» ». Он приведет к смещению устройства и, следовательно, брюшка мышцы. Тензиомиография позволяет контролировать состояние мышечных

волокон и контролировать их оценку, получая селективные данные анализируемых мышц.

Далее мы кратко опишем различные изменчивые понятия, которые нам нужно знать.

TD является временем задержки и измеряет время задержки, которое нужно мышце чтобы достичь 10% от максимального смещения.

TR - это время релаксации, которое предоставляет информацию об индексе усталости.

TS - это время, для стабилизации мышечной реакции на перемещение, которое мы создали.

Другой переменной является само смещение мышц, которое оценивает мышечную жёсткость.

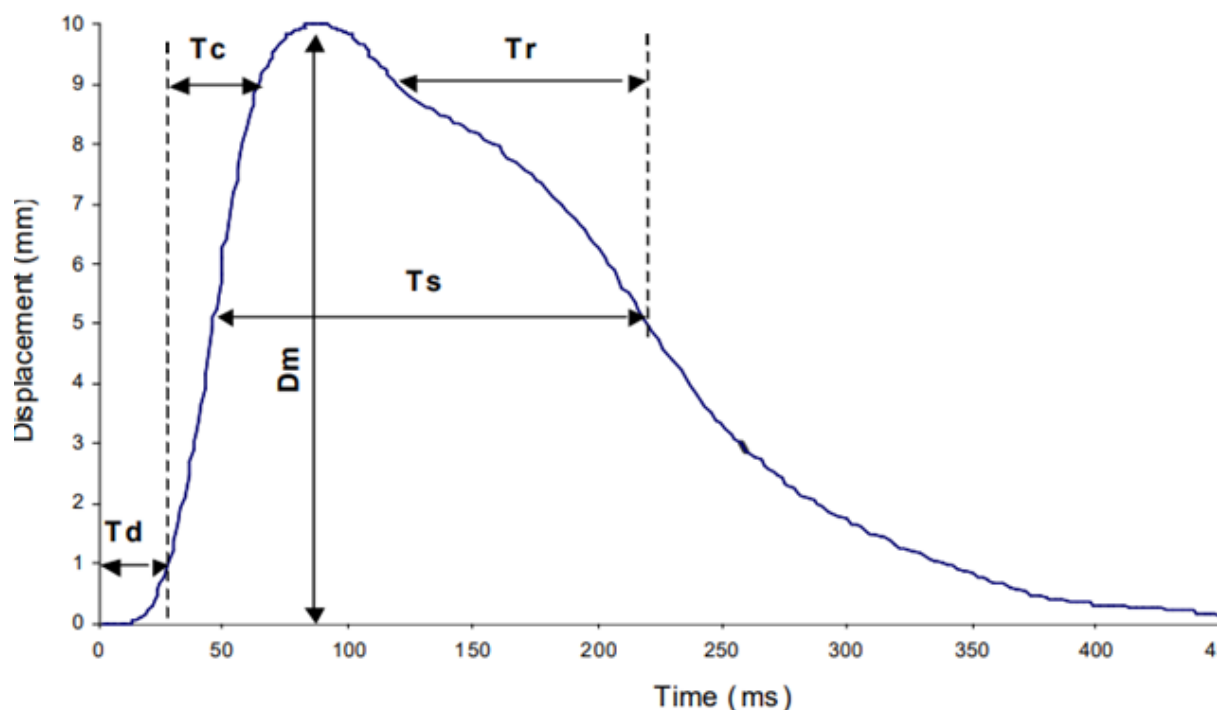
Также необходимо учитывать длину брюшка мышцы, которая зависит от морфологических и функциональных характеристик мышц и типа тренировки и / или терапии, которую мы предлагаем.

Низкие значения смещения говорят нам о высоком тоне и чрезмерной жёсткости проанализированных мышц. Высокие значения указывают на отсутствие мышечного тонуса.

Изображение 16. Основные параметры процедуры тензиомиографии



Basic parameters of TMG measurement



Источник: Основные параметры измерения TMG (s.f.). Взято из <https://n9.cl/e2x6>.

Basic parameters of TMG...	Основные параметры для измерения тензиомиографии
Time ms	Время (мс)
Displacement	Перемещение (мм)

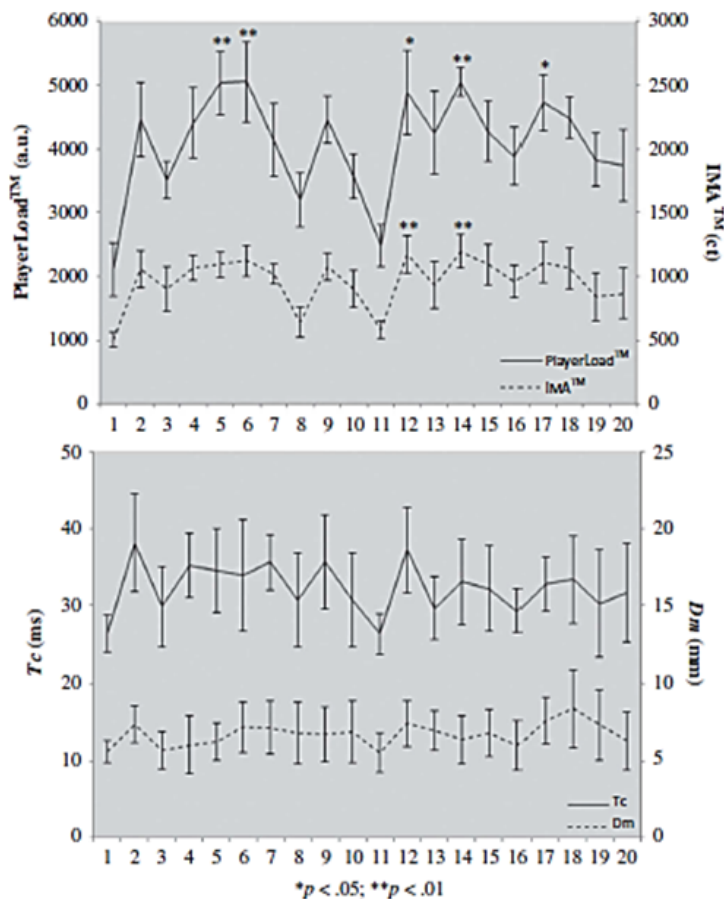
Далее, мы посмотрим на исследование Kyle Peterson и Gabriela Quiggle (2016) озаглавленный Tensiomyographical responses to accelerometer loads in female collegiate basketball players. В этом исследовании измерялись ускорения и замедления в различных тренировках. Тензиомиография также использовалась для анализа прямой мышцы бедра, двуглавой мышцы бедра и длинной приводящей мышцы. Полученные абсолютные значения были проанализированы, но также и проценты изменений, которые были установлены на определённых отрезках времени. Основные открытия состояли в том, что относительное изменение на уровне менее 10% соответствует лучшей адаптации игрока к перенесённым тренировочным нагрузкам. Таким образом, данные, представленные исследованием измеряли аспекты внешней нагрузки или физических требований и внутренней нагрузки (нейромышечной) через тензиомиографию.

Второй важный вывод заключается в том, что данные, полученные с помощью датчика трекинга WIMU (ускорения и замедления), особенно касаясь боковых перемещений, пригодились нам для того, чтобы установить лучшие адаптации у игроков. Длинная приводящая мышца адаптировалась лучше всего.

И наконец, было установлено, что лучше использовать изменение значений в процентном соотношении по отношению к абсолютному значению. То есть процент изменений позволил лучше понять полученные абсолютные значения.

Изображение 17



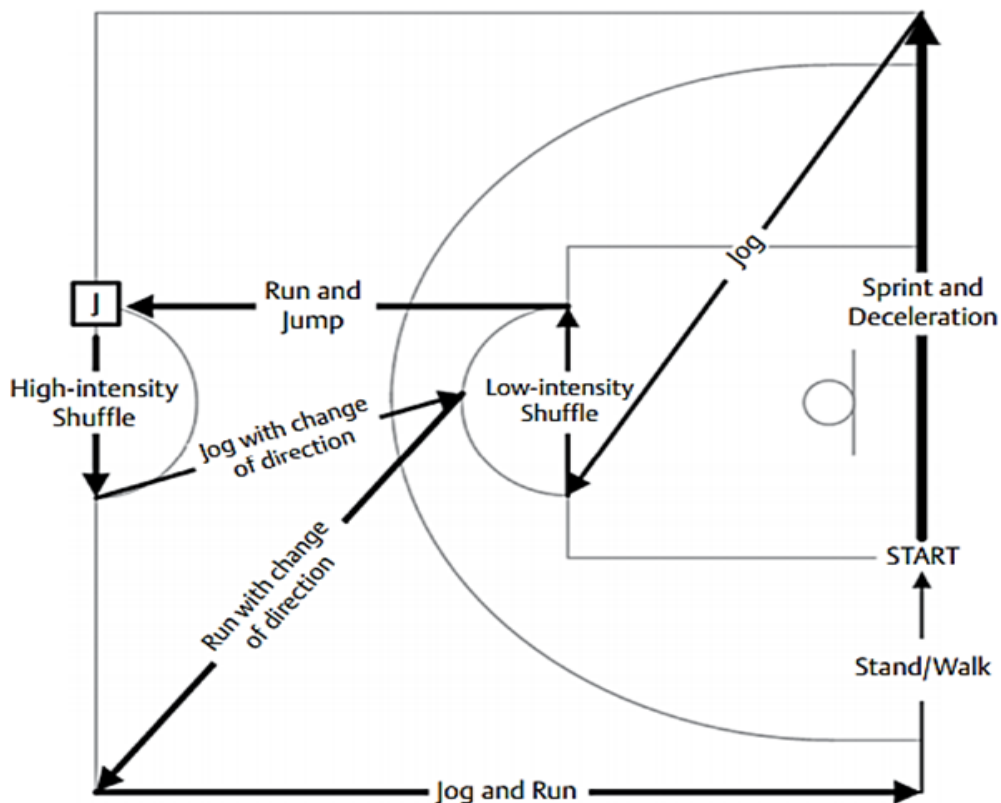


Источник: Peterson y Quiggle, 2016, стр. 4.

Еще одна интересная публикация Staunton, Wundersitz, Gordon и Kingsley (2017), под названием Construct Validity of Accelerometry-Derived Force to Quantify Basketball Movement Patterns. Исследование состояло из выполнения Yo-Yo теста, а затем BEST теста (basketball exercise simulation test). BEST – это схема с различными шаблонами движения, в которой спринты, замедления, боковые перемещения и смены направления на одной половине баскетбольной площадки. Целью было проверить системы трекинга WIMU.

Изображение 18

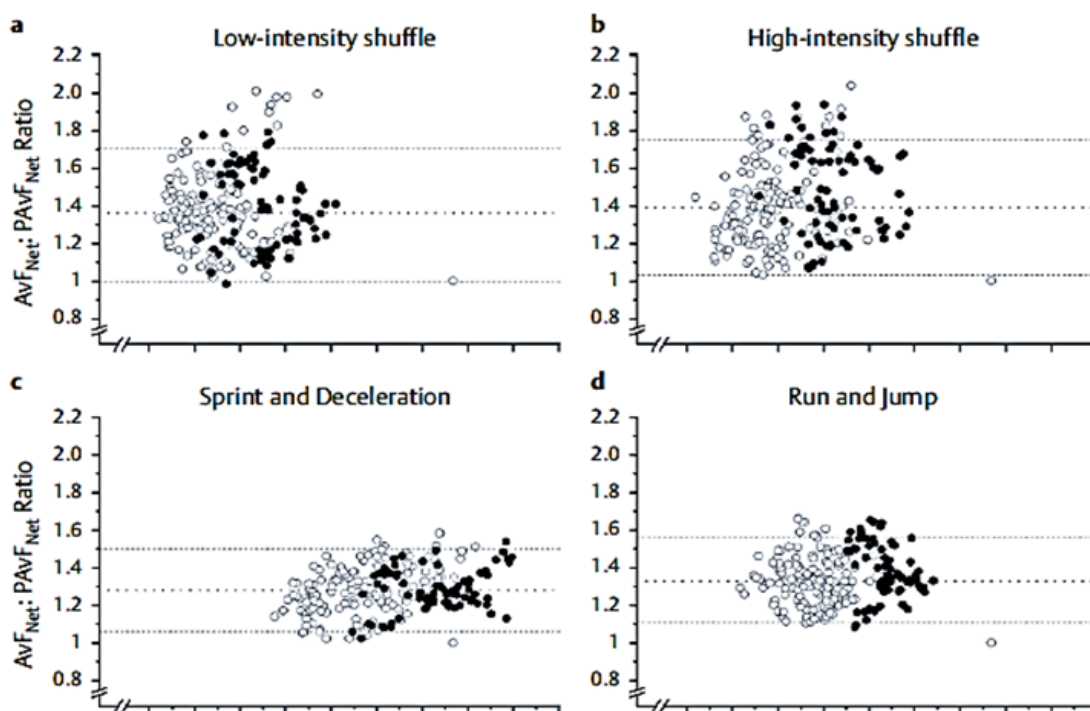




Источник: Staunton et al., 2017, <https://n9.cl/pxrcz>

High intensity Shuffle	Перемещение высокой интенсивности
Jump and run	Бег и прыжки
Jog	Бег трусцой
Sprint and deceleration	Спринт и замедление
Low intensity shuffle	Перемещение низкой интенсивности
Jog with change of direction	Бегать трусцой с изменением направления
Run with change of direction	Бегать с изменением направления
Jog and run	Бегать трусцой и бегать
start	СТАРТ
Stand-walk	Стоять/Идти

Изображение 19

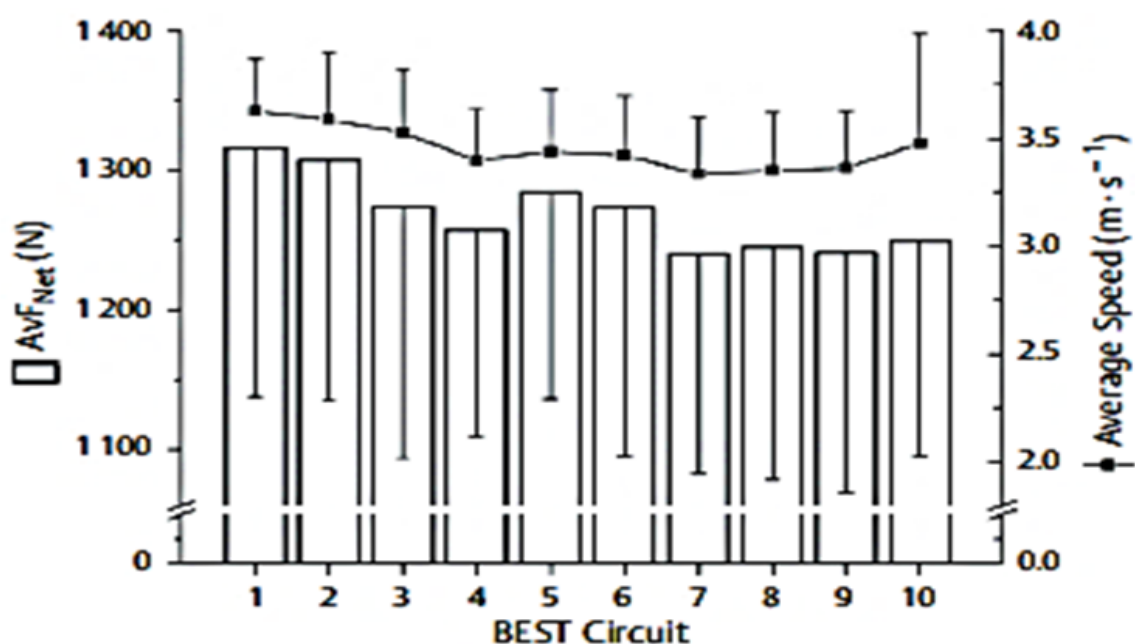


Источник: Staunton et al., 2017, <https://n9.cl/pxrcz>.

High intensity shuffle	Перемещение высокой интенсивности
Low intensity shuffle	Перемещение низкой интенсивности
Sprint and deceleration	Спринт и замедление
Run and jump	Бег и прыжки

Используя акселерометр, были получены данные силы, которая генерировалась в каждом из механических воздействий. В заключение подчеркивается, что система трекинга WIMU являлась действительным средством определения физических требований, которые предъявлялись игрокам в шаблонах движений, которые были включены в тест.

Изображение 20



Источник: Staunton et al., 2017, <https://n9.cl/pxrcz>

BEST Цикл	BEST тренировка
Average Speed	Средняя Скорость (м.с ⁻¹)

В этом смысле очень важно быть уверенным в пригодности и достоверности используемой технологии.

В публикации Gómez-Carmona, Bastida-Castillo, García-Rubio, Ibañez и Pino-Ortega (2018) была проанализирована надёжность систем трекинга WIMU в баскетболе и футболе. Исследование оценило достоверность акселерометров, встроенных в инерционные устройства для измерения физических требований.

Изображение 21



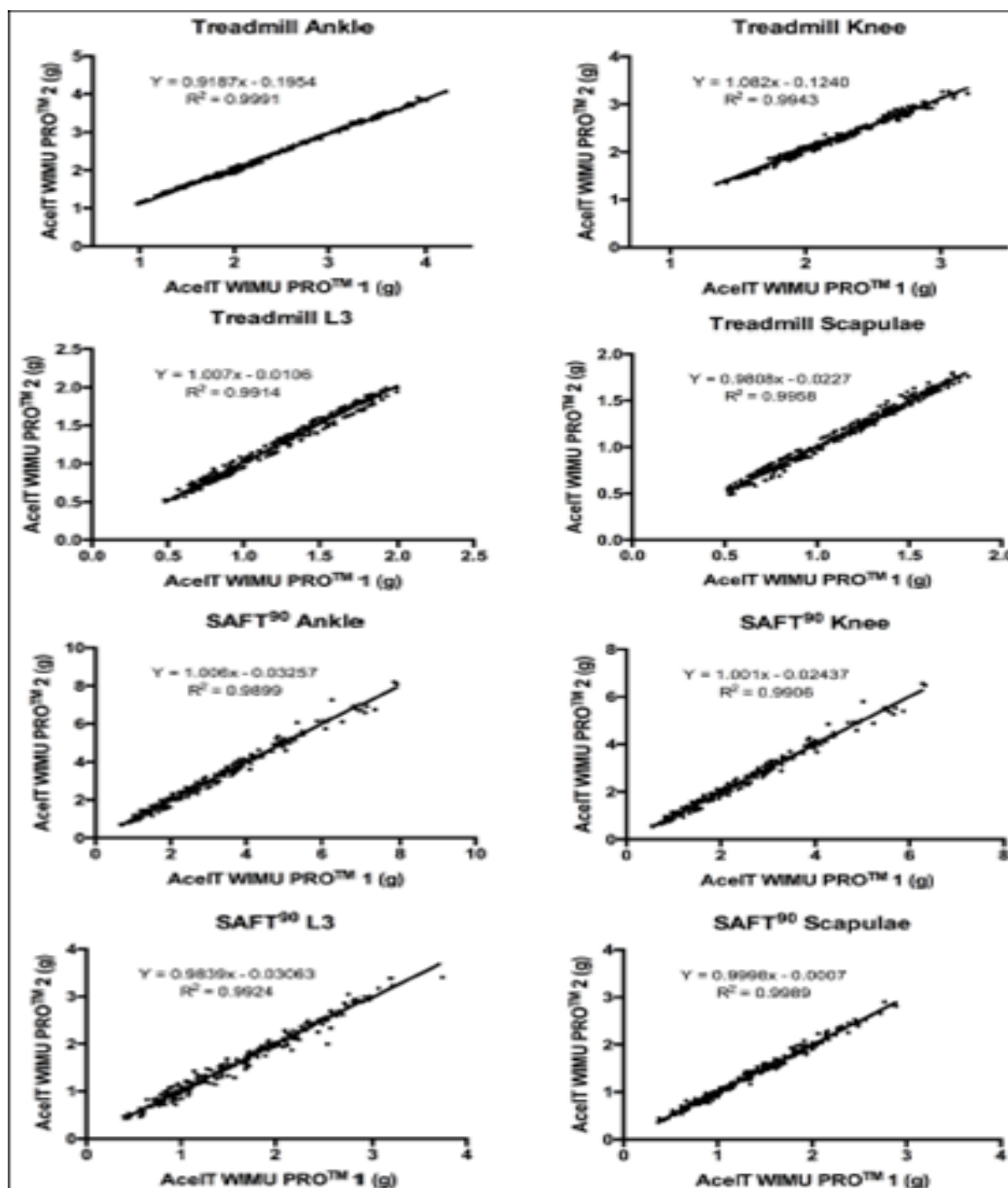
Источник: Gómez-Carmona et al., 2018, <https://n9.cl/g1rr>

Четыре устройства были переданы для лабораторных исследований и другие восемь для проведения различных спортивных тестов в условиях лаборатории. Они применялись в статических и динамических режимах, используя вибрацию на 10 и 30 герц.

Для проведения спортивного тестирования использовался ступенчатый тест на беговой дорожке и тест SAFT90 для разнонаправленных перемещений. Для расчета общего ускорения устройства были размещены на лодыжке, колене, нижней части спины, и в области лопатки. Таким образом, результаты показали отличную достоверную статистику как по каждому устройству, так и в связке между ними. И также очень высокая надёжность в ступенчатом тесте на беговой дорожке, а также в тесте SAFT 90.

Эти устройства подходят к стандартным баскетбольным или футбольным действиям , потому что они имеют схожие шаблоны движения.

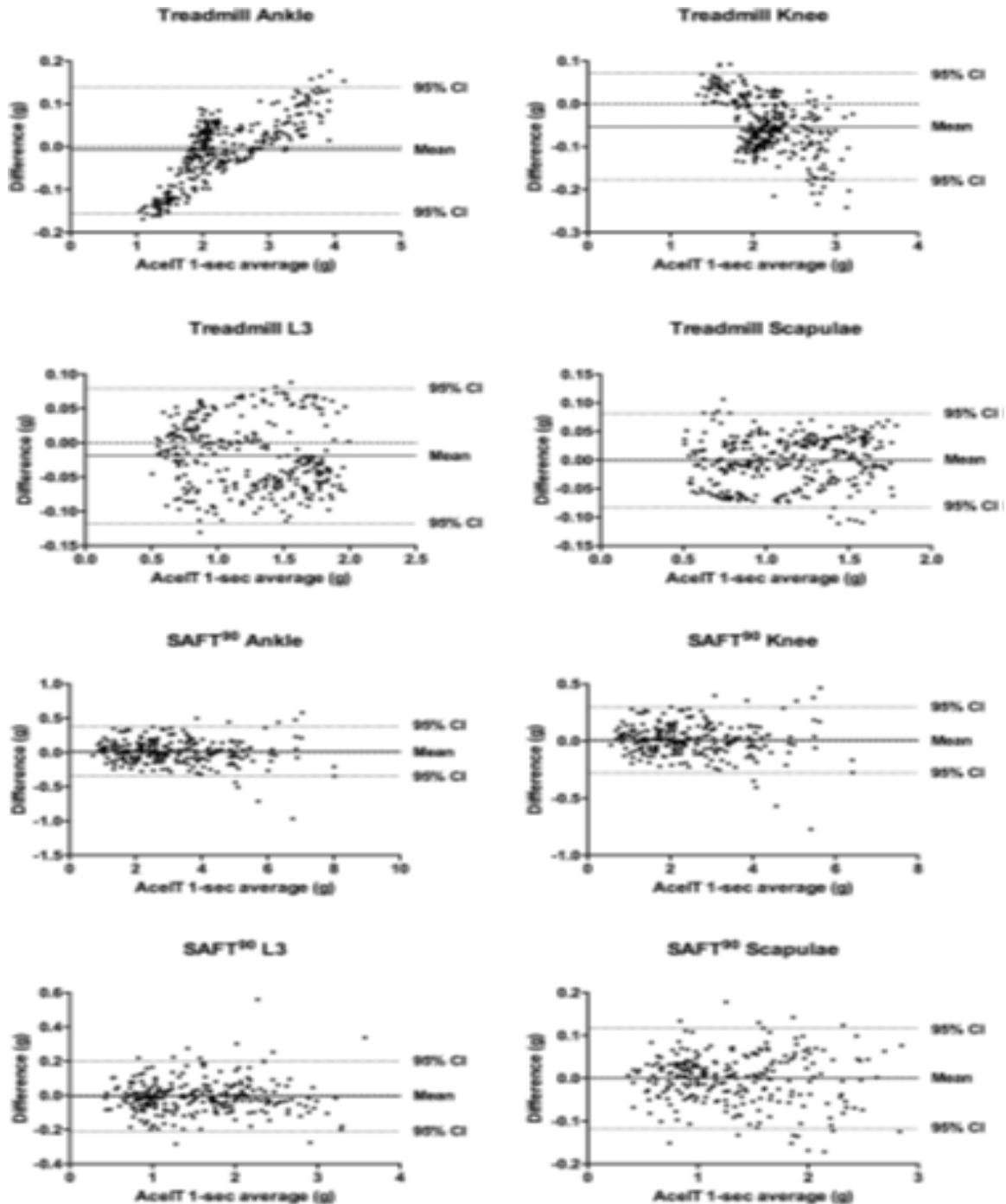
Изображение 22



Источник: Гомес-Кармона и др., 2018, <https://n9.cl/g1rr>

Treadmill ankle	Беговая дорожка лодыжка
Treadmill knee	Беговая дорожка колено
Treadmill L3	Беговая дорожка L3
Treadmill Scapulae	Беговая дорожка лопатка
SAFT Ankle	SAFT лодыжка
SAFT Knee	SAFT колено
SAFT L3	SAFT L3

Изображение 23



Источник: Гомес-Кармона и др., 2018, <https://n9.cl/g1rr>

Treadmill ankle	Беговая дорожка лодыжка
Treadmill knee	Беговая дорожка колено
Treadmill L3	Беговая дорожка L3
Treadmill Scapulae	Беговая дорожка лопатка

SAFT Ankle	SAFT лодыжка
SAFT Knee	SAFT колено
SAFT L3	SAFT L3
SAFT Scapulae	SAFT лопатка
Difference (g)	Разница (g)

Почему физические требования в баскетболе могут измеряться посредством систем трекинга WIMU ?

Потому что типичные для баскетбола действия включают комплексные движения всего тела, которые измеримы акселерометрами. Таким образом, мы можем обнаружить любые воздействия либо при беге, либо при изменении направления и при прыжках.

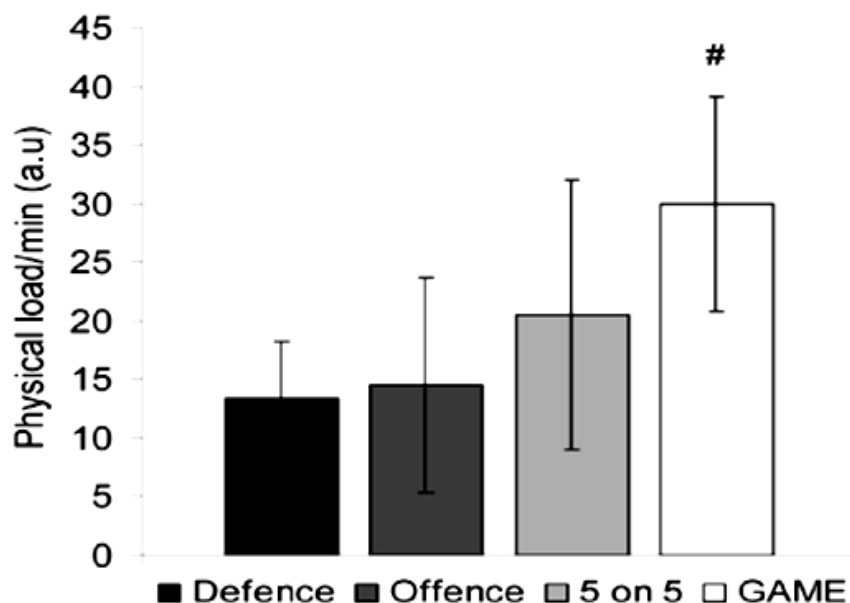
Публикация Montgomery, Pyne и Minahan (2010) была предназначена для определения характеристик физических и физиологических реакций во время выполнения различных упражнений одиннадцатью баскетболистами юниорами элитного уровня.

С одной стороны, были измерения в течение трех матчей соревнований. С другой стороны, в течение двух недель тренировок наблюдались защитные упражнения, упражнения для нападения и упражнения «пять на пять» на одной половине площадки. Общее число изученных упражнений составило 190 в защите, 57 в нападении и 48 из «пять на пять» на одной половине площадки. Кроме того, были охарактеризованы физические и физиологические реакции и была рассчитана нагрузка на игроков.

Высчитав нагрузку на игроков, удалось получить данные о внешней нагрузке в условных единицах. Таким образом, им удалось сравнить друг с другом каждое из выполненных упражнений, а также и с соревновательным процессом.



Изображение 24

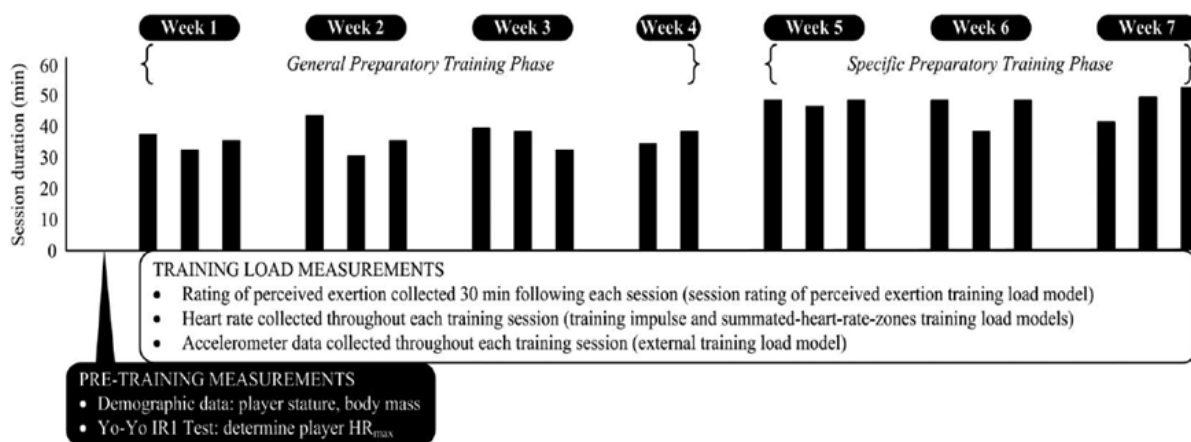


Источник: Монтгомери и др., 2010, стр. 82.

Physical load min	Физическая нагрузка/мин (у. е.)
Defence	Защита
Offence	Атака
5 on 5	5 против 5
GAME	МАТЧ

Как отмечается на рисунке, предлагаемые упражнения по нападению и защите имели похожие физические и физиологические требования. Тогда как требования упражнений “пять на пять” были значительно меньше, чем в ситуации “пять на пять” в ходе соревнования.

Scanlan, Wen, Tucker и Dalbo (2014) сравнили внутреннюю нагрузку и внешнюю нагрузку в баскетболе. В исследовании приняли участие восемь полупрофессиональных баскетболистов. За семь недель было проанализировано 44 тренировочных сессии и сопоставлялись внутренняя нагрузка с внешней нагрузкой.



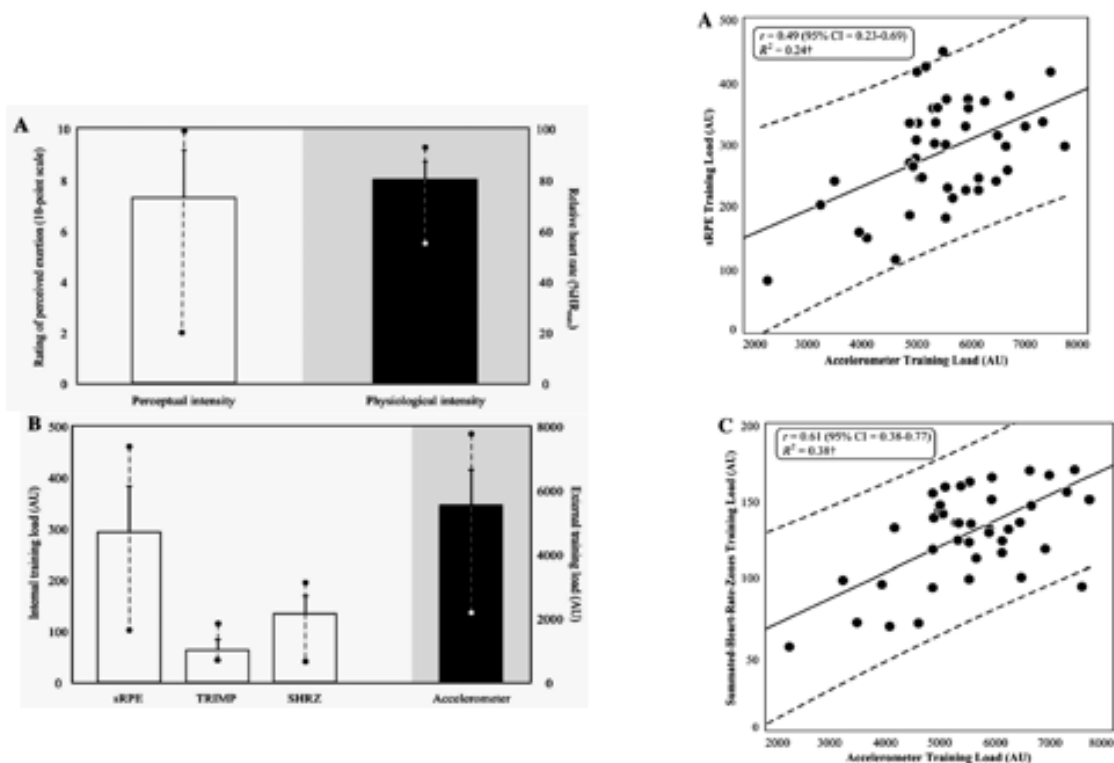
Источник: Scanlan et al., 2014, <https://n9.cl/0ms6>

Session duration	Протяжение тренировки (мин)
Week	Неделя
General preparatory training phase	Этап Общей Физической Подготовки
Specific preparatory training phase	Этап Специфической Физической Подготовки
TRAINING LOAD MEASUREMENTS	ИЗМЕРЕНИЯ ТРЕНИРОВОЧНОЙ НАГРУЗКИ
	<p>СВН, оцененное в 30 минутах после каждой тренировочной сессии (модель СВН за сессию тренировочной нагрузки)</p> <p>ЧСС, оцененная в течение каждой тренировочной сессии (тренировочный импульс и модели, суммированной зон ЧСС тренировочной нагрузки)</p> <p>Данные акселерометра, собранные в течение каждой тренировочной сессии (модель внешней тренировочной нагрузки).</p>

PRE TRAINING MEASUREMENTS	ИЗМЕРЕНИЯ, ДО ТРЕНИРОВКИ
	Демографические данные: высота игрока, масса тела
	Ио Ио тест: определение максимальной ЧСС игрока

Внешняя нагрузка определена тренировочной нагрузкой для игрока, в то время как требования внутренней нагрузки были установлены через показатели ЧСС.

Изображение 26



Источник: Scanlan et al., 2014, <https://n9.cl/0ms6>.

Результаты показали, что нет линейной реакции между внешней и внутренней нагрузкой, т. е. движения тела и внутренняя реакция являются двумя различными конструкциями. Поэтому необходимо рассмотреть оба подхода для оптимизации тренировочного процесса в баскетболе.

Для получения этих данных было установлено, что корреляция между внутренней нагрузкой и внешней нагрузкой не является высокой. Поэтому можно сделать вывод, что, если мы хотим как можно строже оптимизировать спортивные показатели, то нам необходимо рассматривать эти два подхода одновременно.

Еще одна важная публикация авторов Fox, Stanton и Scanlan (2018), которая называется A Comparison of Training and Competition Demands in Semiprofessional Male Basketball Players. В данном случае она основывалась на цели количественной оценки и сопоставления физических требований как тренировок, так и баскетбольных матчей. В исследовании приняли участие 15 полупрофессиональных игроков. Были выделены три этапа тренировок: один для физической подготовки, один для специальной подготовки на площадке и один, который включал в себя матчи. В качестве переменных использовались нагрузка, возложенная на игрока и RPE (рейтинг приложенных усилий) система. Что касается переменной внутренней нагрузки, то использовалась частота сердечных сокращений по зонам интенсивности, и в связи с переменными физических требований также использовалась оценка расстояния с помощью данных акселерометра и гироскопа об ускорении.

На первом этапе был получен показатель нагрузки игрока в 6,5 условных единиц за минуту. В части специальной подготовки были получены 6,1 единицы за минуту. В части соревнований было получено 4,35 единиц за минуту.

В общей физической подготовке рассчитанное расстояние составило 61,88 метра за минуту. В специальной подготовке оно составило 56,76 метров за минуту. В соревнованиях оно составило 41 метр за минуту.

Физические требования в этом исследовании были ниже в матчах, чем на тренировках. Вывод, следующий: тренировочные требования перевешивают физические требования матча.

Со своей стороны, статья Svilar, Castellano, Jukic и Casamichana (2018) вовлекла тринадцать профессиональных игроков на всех трех игровых позициях. Главной целью было сравнить физические требования тренировочного процесса между различными позициями в элитном баскетболе.

В исследовании были проанализированы различные переменные: общее количество ускорений, высокоинтенсивные ускорения, общее количество высокоинтенсивных замедлений, общее количество высокоинтенсивных смен направления, общее количество прыжков, количество высокоинтенсивных



В заключение каждая игровая позиция связана с определенным сочетанием физических требований. Это позволяет лучше понять внутренние реакции среди игроков.

Следующее изображение, принадлежащее статье Vázquez-Guerrero, Suarez-Arrones, Casamichana Gómez и Rodas (2018) показывает данные нашей команды (БК “Барселона”) в двух официальных матчах полученных посредством системы трекинга WIMU.

Изображение 28

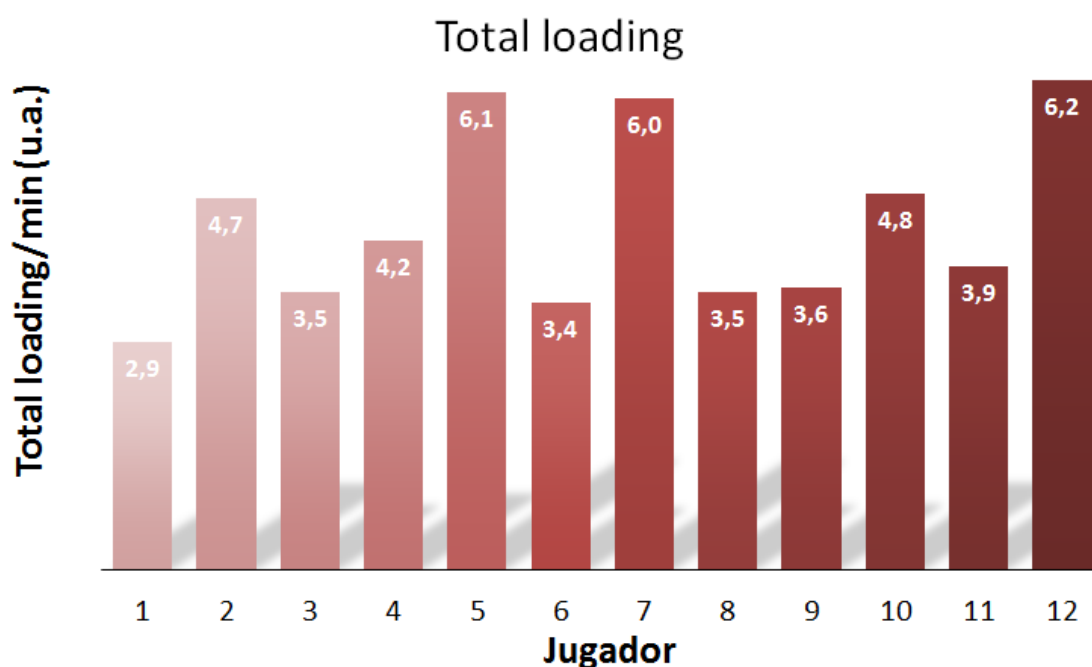
Variables	Playing positions				
	Point guards (n=4)	Shooting guards (n=6)	Small forwards (n=4)	Power forwards (n=4)	Centers (n=5)
# Accelerations (<3 m·s ⁻²) #/min	29.6±3.9	32.7±11.0	26.7±2.6 ^{***}	28.0±5.0	28.3±1.1
# Accelerations (>3 m·s ⁻²) #/min	1.4±0.9	1.0±0.4 ^{**}	0.8±0.3 ^{***}	1.4±0.5	1.5±0.4
# Decelerations (<3 m·s ⁻²) #/min	23.8±3.6	25.7±10.0	21.7±2.2 [*]	24.0±4.6	23.4±1.3
# Decelerations (>3 m·s ⁻²) #/min	4.5±1.4	4.1±0.5	3.2±0.7 ^{**}	3.5±0.7 ^{**}	3.7±0.8 [*]
Acc : Dec Ratio (<3 m·s ⁻²)	1 : 0.80±0.04 ^{***}	1 : 0.78±0.06 ^{***}	1 : 0.81±0.01 ^{***}	1 : 0.86±0.02	1 : 0.83±0.02 [*]
Acc : Dec Ratio (>3 m·s ⁻²)	1 : 3.94±1.3	1 : 4.87±1.8	1 : 4.26±0.8	1 : 2.67±0.4 ^{***}	1 : 2.57±0.5 ^{***}
External total load (AU/min)	4.8±1.1	4.6±1.7	4.8±0.8	3.5±1.1 ^{***}	4.4±0.3

Источник: Васкес-Герреро и др., 2018, стр. 231.

Variables	Переменные
Point guards	Разыгрывающие защитники
Shooting guards	Атакующие защитники
Playing positions	Игровые позиции
Small forwards	Лёгкие форварды
Power forwards	Мощные форварды
Centers	Центровые

После этого установилось соотношение между ускорениями и замедлениями.

Изображение 29



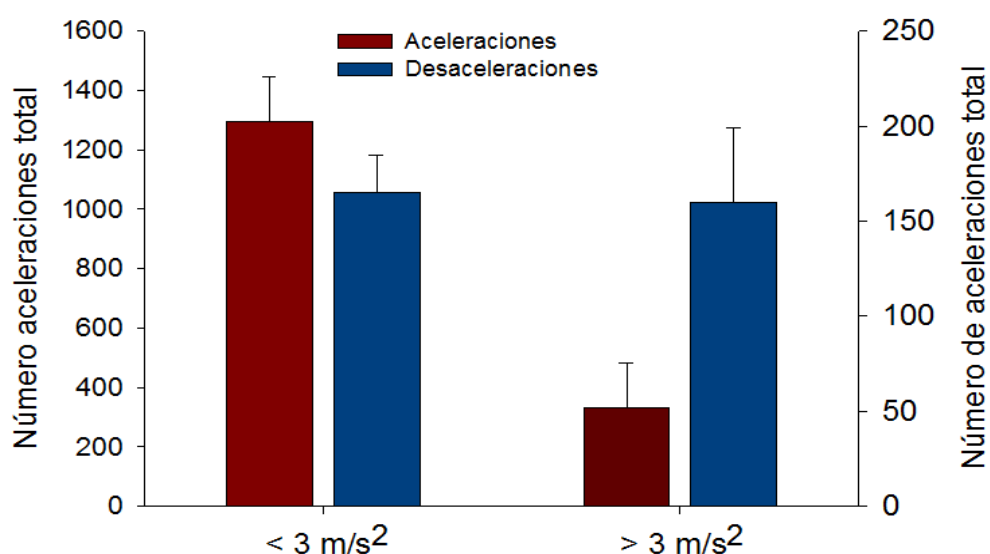
Источник: Васкес-Герреро и др., 2018 год.

Общая нагрузка	Total loading
Игрок	Player
Общая нагрузка/мин (у. е.)	Total loading/min (u.a.)

Что можно оценить первоначально, так это нагрузку, возлагаемую на игроков (общая нагрузка на предыдущем рисунке). Мы видим, что требования к каждому игроку на каждой позиции отличаются.

Самое интересное в этом исследовании это то, что также было посчитано количество требующихся ускорений и замедлений в матче.

Изображение 30



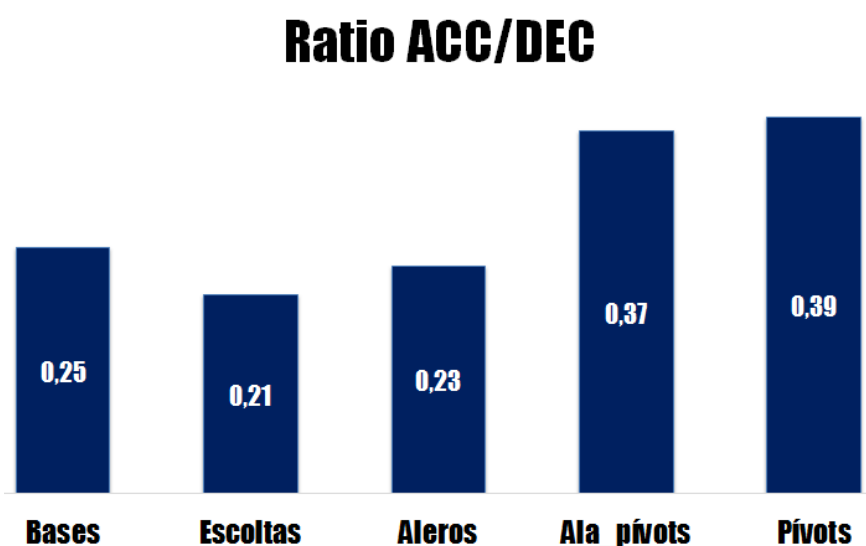
Источник: Васкес-Герреро и др., 2018 год.

Общий номер ускорений	Número aceleraciones total
Ускорения	Aceleraciones
Замедления	Desaceleraciones
Общий номер ускорений	Número aceleraciones total

Также очень интересно рассмотреть установление коэффициента ускорения и замедления (включая вертикальную ось) как для зоны менее трех метров за секунду в квадрате, так и для зоны более трех метров в секунду в квадрате. То, что мы видим это, что в зоне более трех метров в секунду в квадрате, количество ускорений высокой интенсивности меньше, чем число высокоинтенсивных замедлений (рисунок выше). Это очень важный факт для нас, для периодизации нашей тренировки и, прежде всего, для подготовки наших игроков в предсезонный период, чтобы они могли более эффективно переносить требования физических нагрузок в матчах.

Еще один интересный факт из этого исследования заключается в том, что соотношение ускорения/замедления ниже на открытом воздухе.

Изображение 31



Источник: Васкес-Герреро и др., 2018 год.

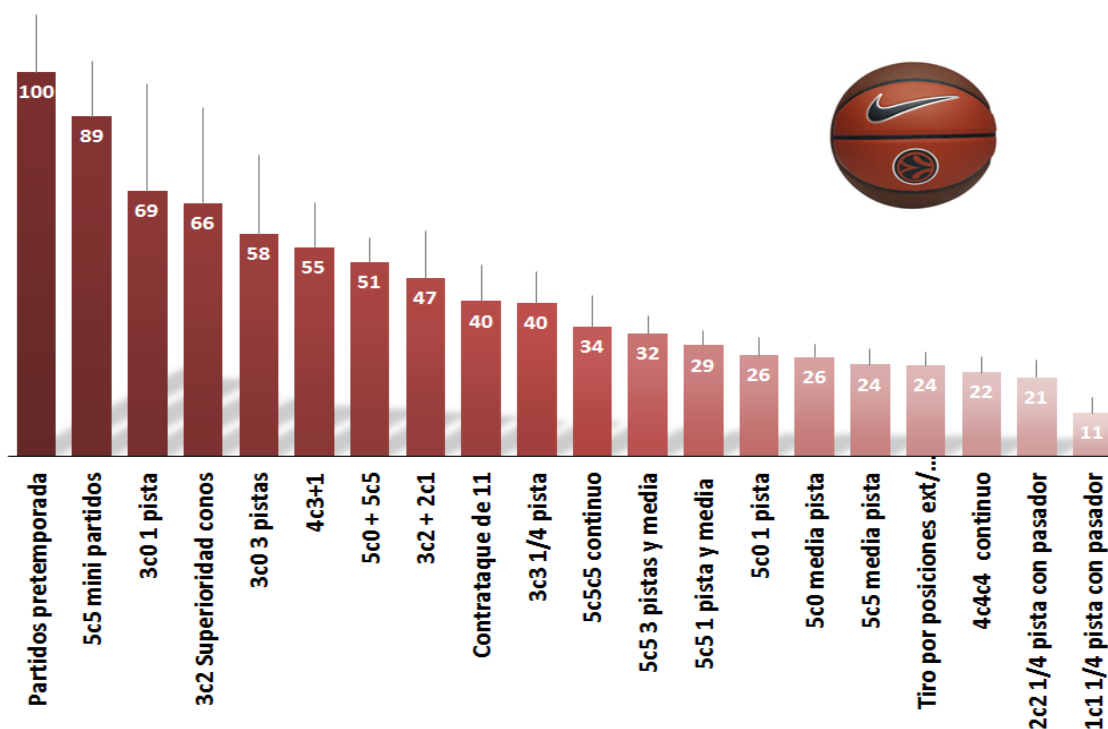
Ration acc.dec	Соотношение УСКОРЕНИЯ/ЗАМЕДЛЕНИЯ
Bases	Разыгрывающие защитники
Escoltas	Атакующие защитники
Aleros	Лёгкие форварды
Ala pivots	Мощные форварды
Pivots	Центровые

Ускорения высокой интенсивности были ниже по количеству, чем высокоинтенсивные замедления. Когда это соотношение было проанализировано, игроки периметра показали еще большее количество высокоинтенсивных остановок, чем ускорений.

Мы должны придавать большое значение информации о соотношении между высокоинтенсивными ускорениями и замедлениями.

Эти данные позволили нам организовать группу упражнений, где процентное соотношение доходит до максимума в 100%.

Изображение 32



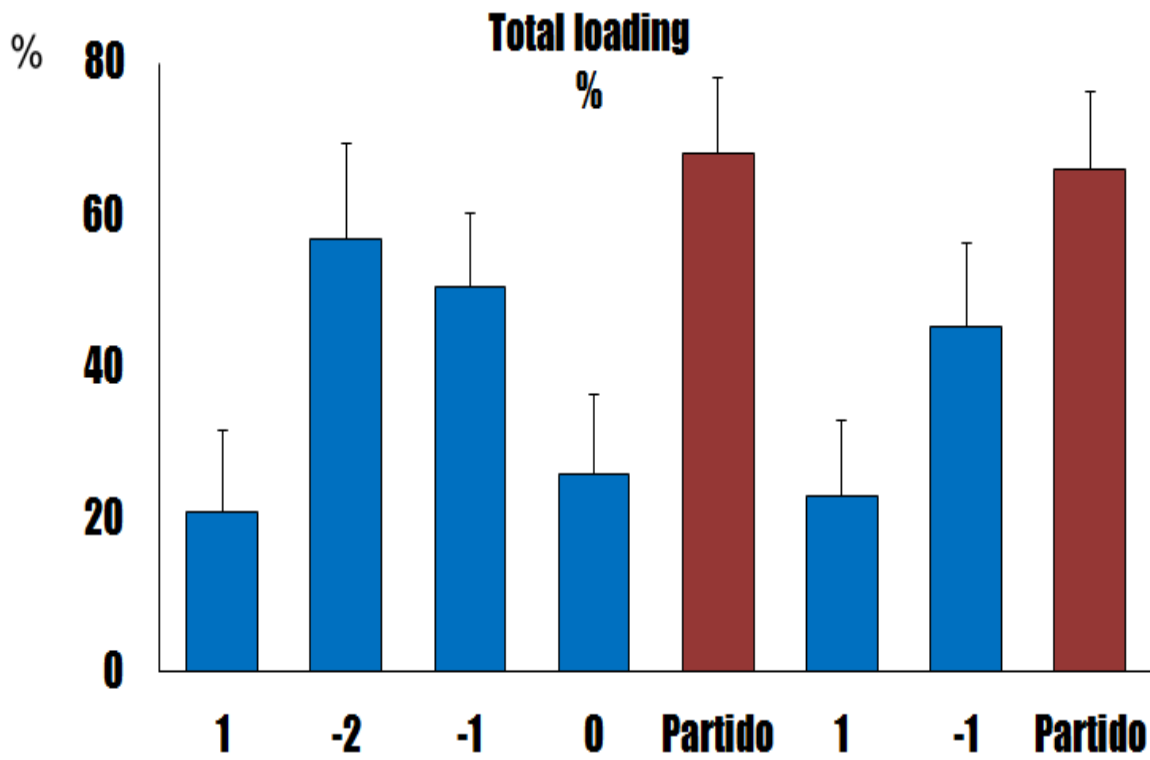
Источник: Васкес-Герреро и др., 2018 год.

Матчи предсезона
5 против 5 мини матчи
3 против 0 площадка
3 против 2 преимущество конусы

3 против 0 площадки
4 против 3 + 1
5 против 0 + 5 против 5
3 против 3 + 2 против 1
Контратака 11ти
3 против 3 ¼ площадки
5 против 5 против 5 без остановки
5 против 5, 3 площадки с половиной
5 против 5, 1 площадка с половиной
5 против 0, 1 площадка
5 против 0 пол площадки
5 против 5 пол площадки
Тип по позиции внеш/...
4 против 4 против 4 без остановки
2 против 2 ¼ площадки с передачей
1 против 1 ¼ площадки с передачей

Другим важным аспектом является то, что это позволило создать динамику нагрузок во время тренировочного дня предшествующего матчу.

Изображение 33



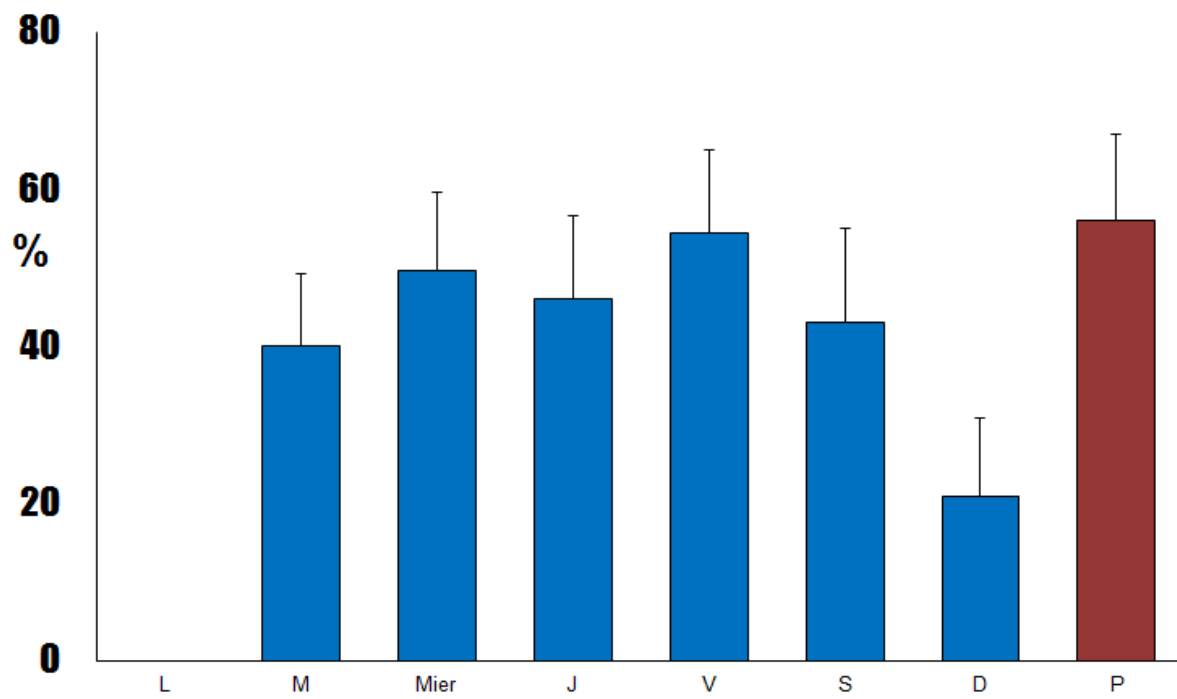
Источник: Васкес-Герреро и др., 2018 год.

Total loading %	Общая нагрузка %
Partido	Матч

То же самое было сделано, когда случался микроцикл из двух матчей или когда проводился один матч в неделю.

Изображение 34





Источник: Васкес-Герреро и др., 2018 год.



ССЫЛКИ

Beato, M., De Keijzer, K., Carty, B. y Connor, M. (2019). Monitoring Fatigue During Intermittent Exercise With Accelerometer-Derived Metrics. *Frontiers in Physiology*, 10. doi:10.3389/fphys.2019.00780.

Fox, J., Stanton, R. y Scanlan, A. (2018). A Comparison of Training and Competition Demands in Semiprofessional Male Basketball Players. *Research quarterly for exercise and sport*, 89(1), pp. 103-111. doi: 10.1080/02701367.2017.1410693.

Gómez-Carmona, C., Bastida-Castillo, A., García, J., Ibáñez, S. y Pino Ortega, J. (2018). Static and dynamic reliability of WIMU PRO™ accelerometers according to anatomical placement. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part P Journal of Sports Engineering and Technology*. DOI: 10.1177/1754337118816922.

Lam, W. K., Liebenberg, J., Woo, J., Park, S. K., Yoon, S. H., Tsz-Hei Cheung, R. y Ryu, J. (2018). Do running speed and shoe cushioning influence impact loading and tibial shock in basketball players? *PeerJ*. DOI 10.7717/peerj.4753.

Lucas, L., England, B., Mason, T., Christopher, L., Taylor, M., Alexander, M. y Thomas, A. (2018). Decision-Making Influences Tibial Impact Accelerations During Lateral Cutting. *Journal of Applied Biomechanics*, 34(5), pp. 414-418. DOI: <https://doi.org/10.1123/jab.2017-0397>.

McClay, I., Robinson, J., Andriacchi, T., Frederick, E., Gross, T., Martin, P., Valiant, G., Williams, K., and Cavanagh, P. (1994). A Profile of Ground Reaction Forces in Professional Basketball. *Journal of applied biomechanics*, 10, pp. 222-236.

Montgomery, P., Pyne, D. y Minahan, C. (2010). The Physical and Physiological Demands of Basketball Training and Competition. *International journal of sports physiology and performance*, 5, pp. 75-86. DOI: 10.1123/ijsp.5.1.75.

Peterson, K. D., y Quiggle, G. T. (2016). Tensiomyographical responses to accelerometer loads in female collegiate basketball players. *Journal of Sports Sciences*, 35(23), pp. 2334–2341. doi:10.1080/02640414.2016.1266378.

Scanlan, A., Wen, N., Tucker, P. y Dalbo, V. (2014). The Relationships Between Internal and External Training Load Models During Basketball Training. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 28(9), pp. 2397-2405. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000458.



Scanlan, A., Fox, J. L., Milanović, Z., Stojanović, E., Stanton, R., y Dalbo, V. J. (2019). Individualized and Fixed Thresholds to Demarcate PlayerLoad Intensity Zones Produce Different Outcomes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1. doi:10.1519/jsc.0000000000003001.

Staunton, C., Wundersitz, D., Gordon, B. y Kingsley, M. (2017). Construct Validity of Accelerometry-Derived Force to Quantify Basketball Movement Patterns. *International Journal of Sports Medicine*, 38(14), pp. 1090-1096. DOI: 10.1055/s-0043-119224.

Svilar, L., Castellano, J., Jukic, I. y Casamichana, D. (2018). Positional Differences in Elite Basketball: Selecting Appropriate Training - Load Measures. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13, pp. 1-24. DOI: 10.1123/ijsp.2017-0534.

Vázquez-Guerrero, J., Suarez-Arrones, L., Casamichana, D. y Rodas, G. (2018). Comparing external total load, acceleration and deceleration outputs in elite basketball players across positions during match play. *Kinesiology*. 50(2). DOI: 10.26582/k.50.2.11.

Wei, Q., Wang, Z., Woo, J., Liebenberg, J., Park, S. K., Ryu, J. y Lam, G. (2018). Kinetics and perception of basketball landing in various heights and footwear cushioning. *PLoS ONE*, 13(8), pp 1-9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201758>.

