

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

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

Знание физических требований соревнований и тренировок имеет важное значение для 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 модели будет иметь решающее значение при специфическом анализе состояния игрока.

Таким образом, мы в общем можем различить четыре уровня интенсивности над общей суммой действий во время игры.



Таблица 1. Четыре уровня интенсивности

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

Источник: собственная проработка.

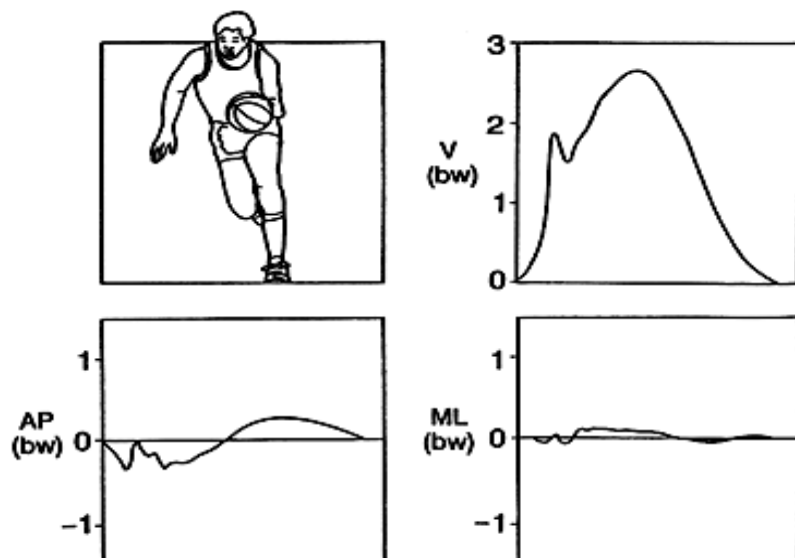
Как мы уже упоминали, недостатки анализа времени/движения с помощью видеоанализа привели нас к использованию инерциальных систем (WIMU). WIMU относятся к мультиматричным датчикам, таким как акселерометры, гироскопы, трёхосные магнитометры или какая-либо комбинация между ними. Эти устройства обычно помещаются в жилет на верхней части спины игроков и не являются дополнительной нагрузкой для них. Они также являются альтернативой GPS, которые, хотя они и не обеспечивают те же переменные, предлагают альтернативу GPS, который использовался в таких видах спорта, как футбол и регби, т. е. спорт *outdoor*. Эти устройства представляют движение в качестве нагрузки, сочетая мгновенные изменения в ускорении трех плоскостей движения. Помните, что сигнал спутников не работает должным образом на поле *indoor*. Если мы введем слова акселерометр и баскетбол в поисковых системах, как Pubmed, появятся различные издания, представляющие интерес для нашей темы. В этом модуле мы подведем итоги некоторых из них.

Прежде чем полностью углубиться в тему, однако, необходимо цитировать публикацию, озаглавленную «*A Profile of Ground Reaction Forces in Professional Basketball*» авторов McClay, Robinson, Andriacchi, Frederick, Gross, Martin, Valiant, Williams и Cavanagh (1994). Результаты этого исследования (произведенные в лабораторных условиях и с использованием силовой платформы) будут использоваться для измерения и понимания механического стресса, что испытывает тело во время конкретных движений в баскетболе.

На следующем изображении вы сможете увидеть соударение, что испытывает игрок при приземлении после броска по корзине. Вы можете увидеть первый пик, а затем второй пик, который появился при выполнении анализа с силовой платформой.



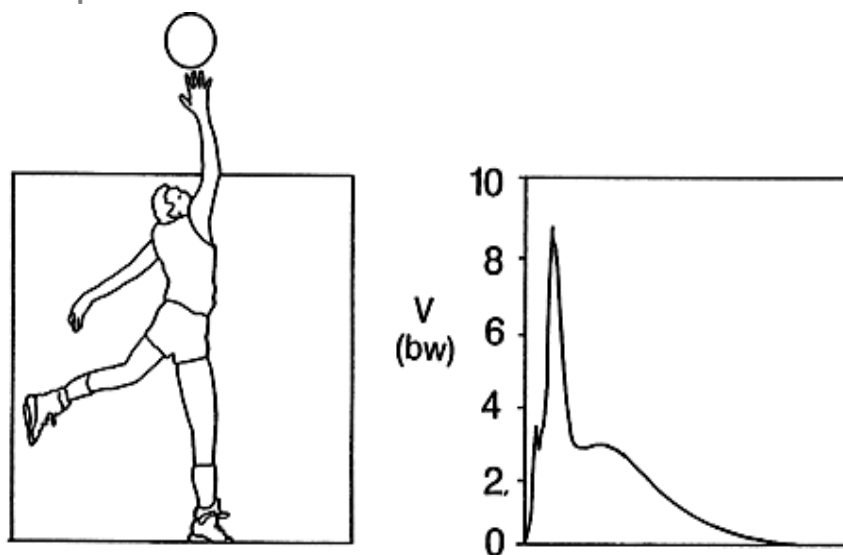
Изображение 1. Соударение, которое происходит в беге вперед



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

В исследовании установилось соударение, которое испытал игрок при приземлении после броска по корзине. В этом случае речь шла о восьми или девятикратной массе тела игрока.

Изображение 2. Соударение, которое испытает игрок при приземлении после броска по корзине



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

Бегом вперед соударение не бывает три раза больше массы тела. То же самое происходит в вертикальной плоскости.

На следующей таблице показано краткое изложение этого и других движений. Если силы, записанные в этих движениях, будут повторяться много раз, то они могут

вызвать достаточное количество стресса, чтобы вызвать травмы. Из этого вывода выделяется важность контроля всех этих данных.

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
Вход	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

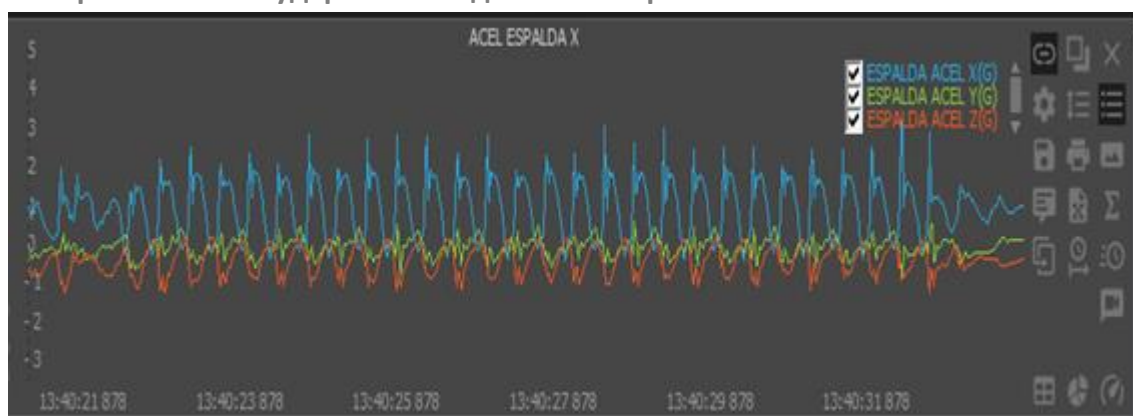
Activity	Peak V		Peak AP		Peak ML	
	M	Range	M	Range	M	Range
Layup landing ^a	8.9	3.16 – 14.58	-2.5	1.4 – -6.60	-0.7	1.05 – -1.63
Jump shot landing ^a	6.0	3.12 – 9.76	1.1	-2.41 – 2.18	-0.3	0.28 – -0.56
Vertical jump landing ^a	4.3	3.16 – 7.84	1.1	-1.20 – 1.74	-0.4	0.26 – -0.93
Running	2.5	2.09 – 3.18	-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 сегодняшний день, например, мы можем проанализировать это соударение в беге, когда раньше это только было возможно измерить силовой платформой. Мы можем узнать соударение каждого шага, что делает игрок в его перемещениях.

Изображение 3. Соударение каждого шага игрока

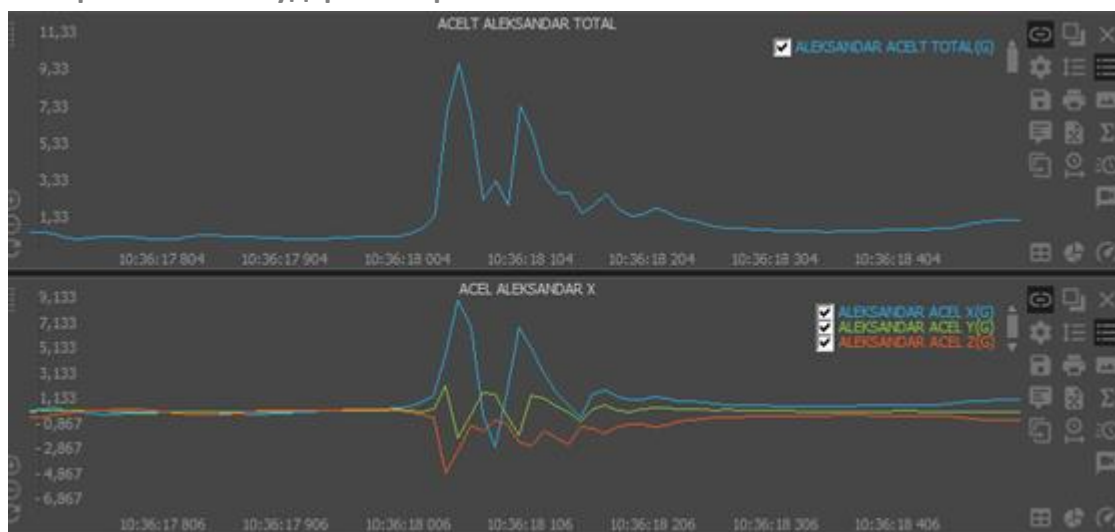


Источник: собственная разработка на основе Realtrack Systems SL (2019).

УСК СПИНА	ACEL ESPALDA
СПИНА УСК	ESPALDA ACEL

Также, мы можем узнать соударение прыжка, либо после броска по корзине или в броске в прыжке.

Изображение 4. Соударение прыжка



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

УСК АЛЕКСАНДР В ЦЕЛОМ	ACELT ALEX TOTAL
УСК АЛЕКСАНДР X	ACEL ALEX
АЛЕКСАНДР УСК	ALEX ACCEL

В 1687 году Исаак Ньютон описал его известные законы. Первый из законов Ньютона – инерция: если на тело не действуют силы или их следствие компенсировано, то данное тело находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения. Второй закон – сила равна произведению массы на ускорение. 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, есть закон гравитации. Сила гравитации, или сила G, основана на ускорении, производимым гравитацией Земли на объекте. G равно 9,8 м/с². Это может быть обнаружено акселерометром. Таким образом, основываясь на ускорении земной гравитации на объекте, мы можем измерить G-силу, которую генерирует игрок во время его движений.

Что написано в научных публикациях, которые использовали эти устройства в баскетболе?

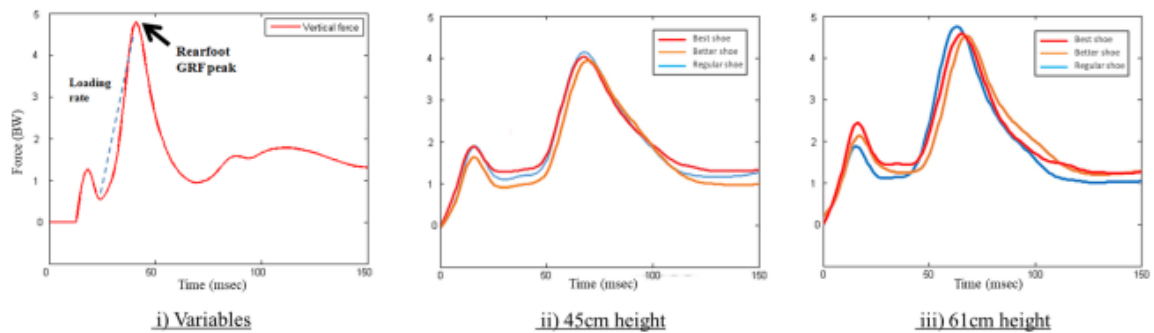
В исследовательской статье под названием «Kinetics and perception of basketball landing in various heights and footwear cushioning» (2018) исследователи Wei, Wang, Woo,



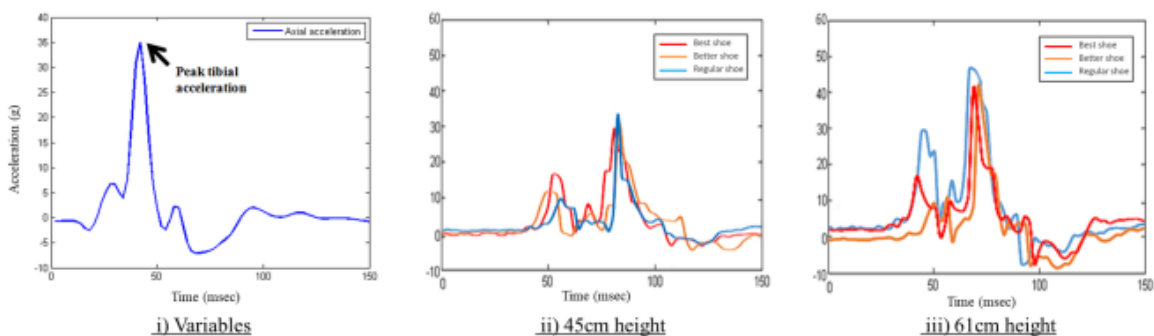
Liebenberg, Park, Ryu и Lam выбрали три различных типа кроссовок для выполнения наблюдений. На изображении 5 аббревиатура VGRF означает «Vertical Ground Reaction Force» или вертикальная сила реакции земли

Изображение 5. Обнаружения, с различными переменными

a) VGRF



b) Axial acceleration



Источник: Wei et al, 2018, p. 5.

a) VGRF	a) VGRF
b) Axial acceleration	b) Осевое ускорение
Time msec	Время (мсек)
i) Variables	i) Переменные
ii) 45 cm height	ii) 45 см высоты
iii) 61 cm height	iii) 61 см высоты
Force (BW)	Сила (масса тела)
Acceleration	Ускорение (g)
Peak tibial acceleration	Пиковое ускорение большеберцовой кости
Rearfoot GRF peak	Пиковая Вертикальная Сила Реакции Земли Задней Части Стопы
Loading rate	Показатель нагрузки
Vertical force	Вертикальная сила
Axial acceleration	Осевое ускорение
Best shoe	Самая лучшая обувь
Better shoe	Более лучшая обувь



Regular shoe

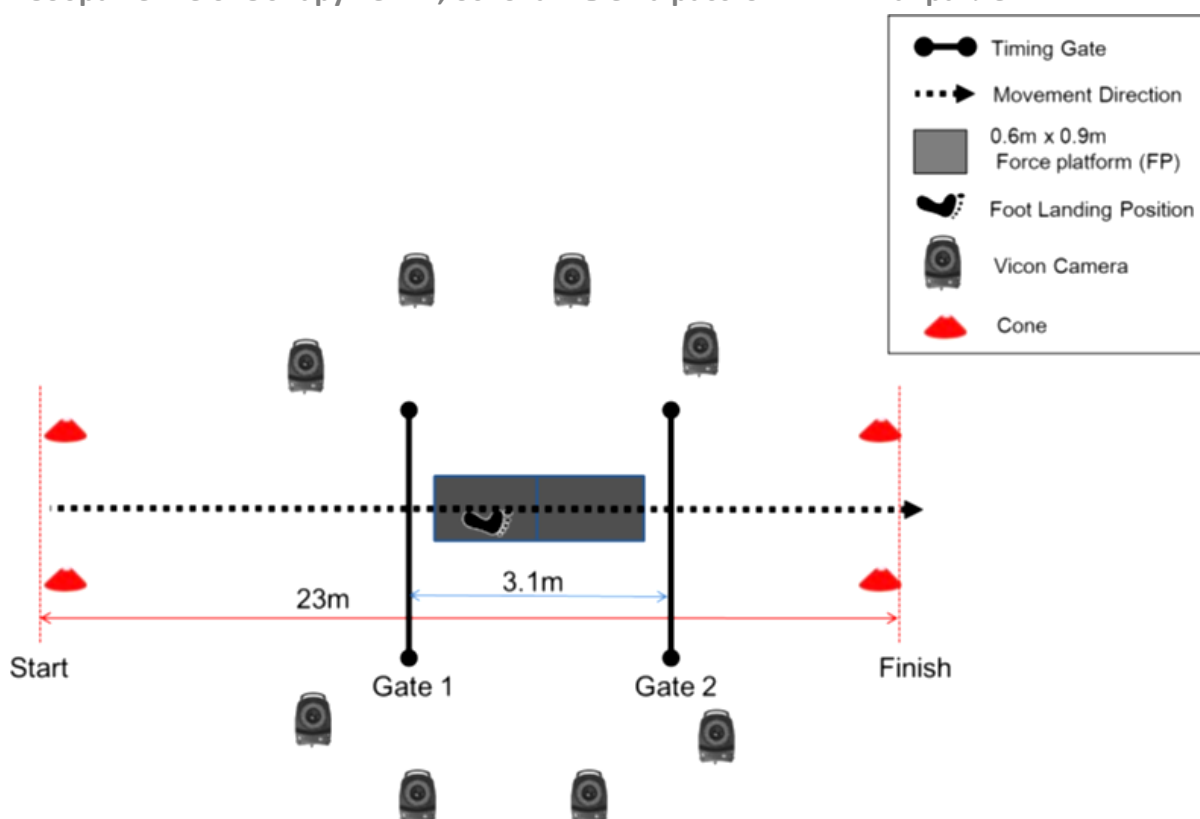
Обычная обувь

После этого проанализировалось девятнадцать баскетболистов колледжа, выполняя *drop jump* (бросок с прыжка). 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 получилось возможно определить оптимальную модель амортизации в обуви для достижения улучшений в защите от стрессового перелома большеберцовой кости. Важно отметить, что поиск решения для таких травм привел к цитированному исследованию.

С другой стороны, восприятие комфорта коррелировалось с нагрузкой или соударением. Это означает, что можно получить квалификацию субъективного восприятия для оценки уровня нагрузки соударения в ситуациях, которые не происходят в лаборатории.

Изображение 6. Обнаружения, основанные на расстояниях и направлении



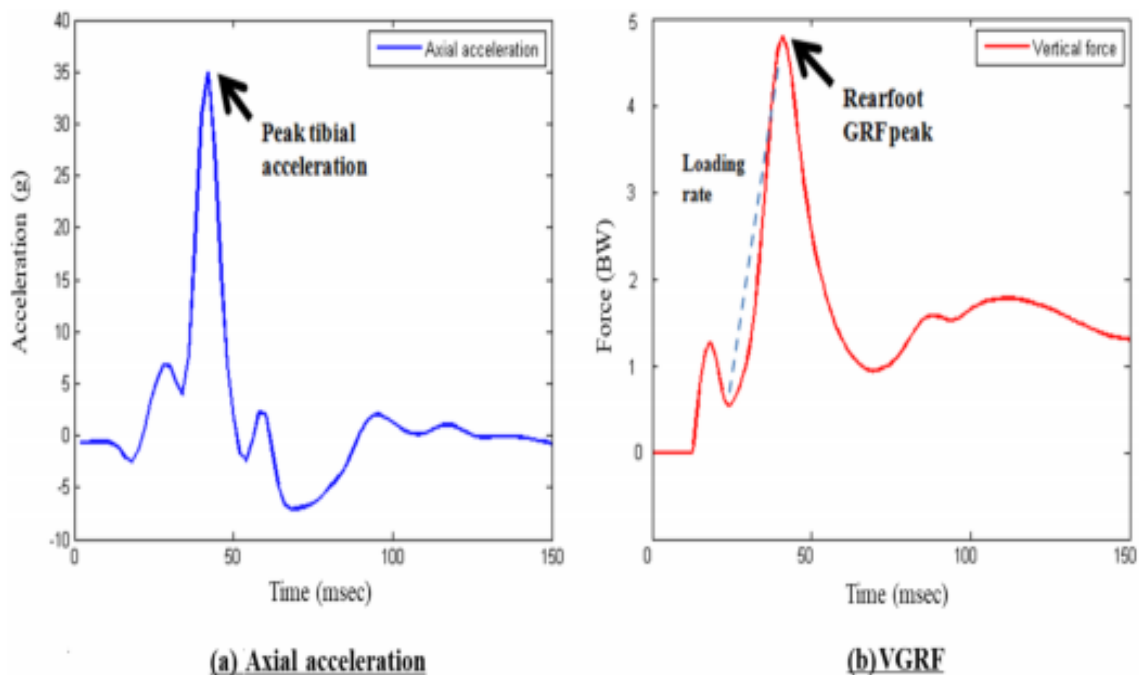
Источник: Лам, Либенберг, Ву, Парк, Ен, Тц-Хей Чхун и Рю, 2018, стр. 4.

Ворота с системой тайминга	Timing Gate
Направление движения	Movement direction
0.6м x 0.9м Силовая платформа	0.6 force platform
Позиция ноги при приземлении	Foot landing position
Камера Vicon	Vicon camera
Конус	cone
Старт	Start
Врата 1	Gate 1
Врата 2	Gate 2
Финиш	Finish

В исследовании Lam, Liebenberg, Woo, Park, Yoon, Tsz-Hei Cheung и Ryu (2018) был измерен бег вперед восемнадцати баскетболистов в 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.

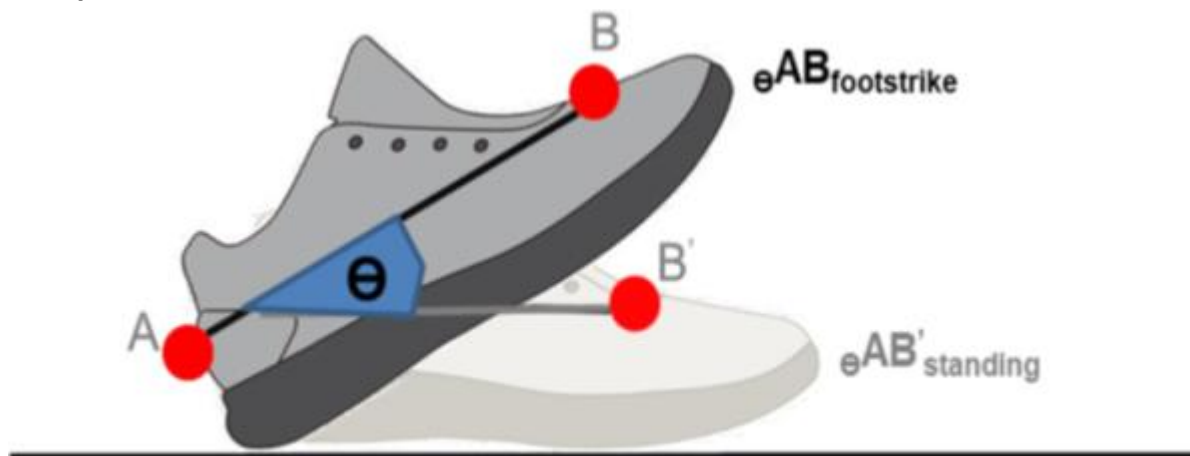
Изображение 7. Визуализация данных



Источник: Lam et al., 2018, стр. 5.

b) VGRF	b) VGRF
a) Axial acceleration	a) Осевое ускорение
Time msec	Время (мсек)
Force (BW)	Сила (масса тела)
Acceleration	Ускорение (g)
Peak tibial acceleration	Пиковое ускорение большеберцовой кости
Rearfoot GRF peak	Пиковая Вертикальная Сила Реакции Земли Задней Части Стопы
Loading rate	Показатель нагрузки
Vertical forcé	Вертикальная сила
Axial acceleration	Осевое ускорение

Изображение 8



$$\text{Footstrike angle } (\theta) = e^{AB}_{\text{footstrike}} - e^{AB'}_{\text{standing}}$$

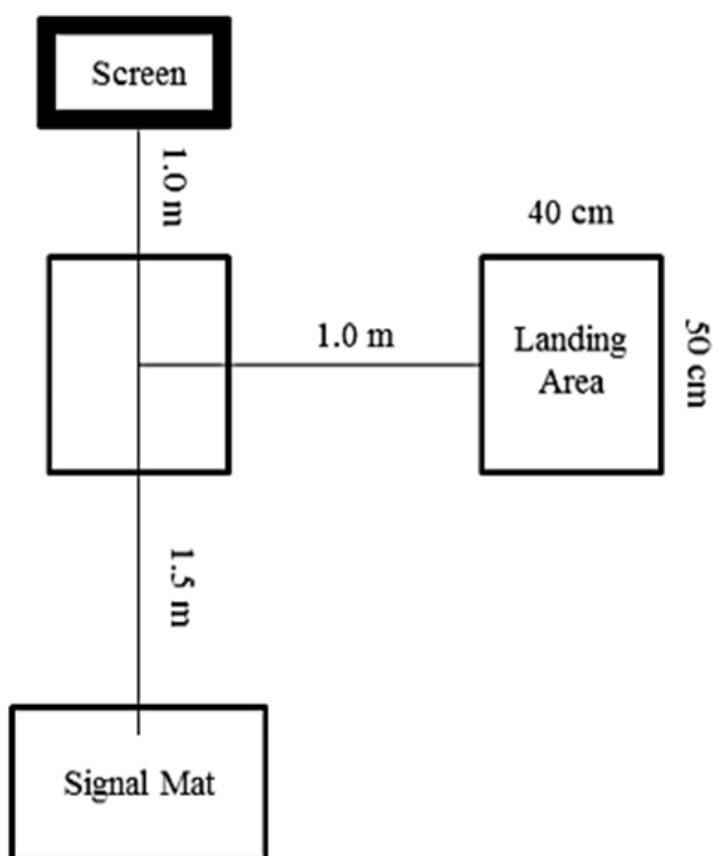
Источник: Lam et al., 2018, стр. 4.

eAB Постановка стопы при беге	eAB footstrike
Наклон постановки стопы при беге (o) = eAB Постановка стопы при беге – eAB стоя	Footstrike angel= eab footstrike-eab standing
eAB стоя	Eab standing

Игрокам пришлось выполнить разные движения в ответ на неожиданные действия товарищей 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



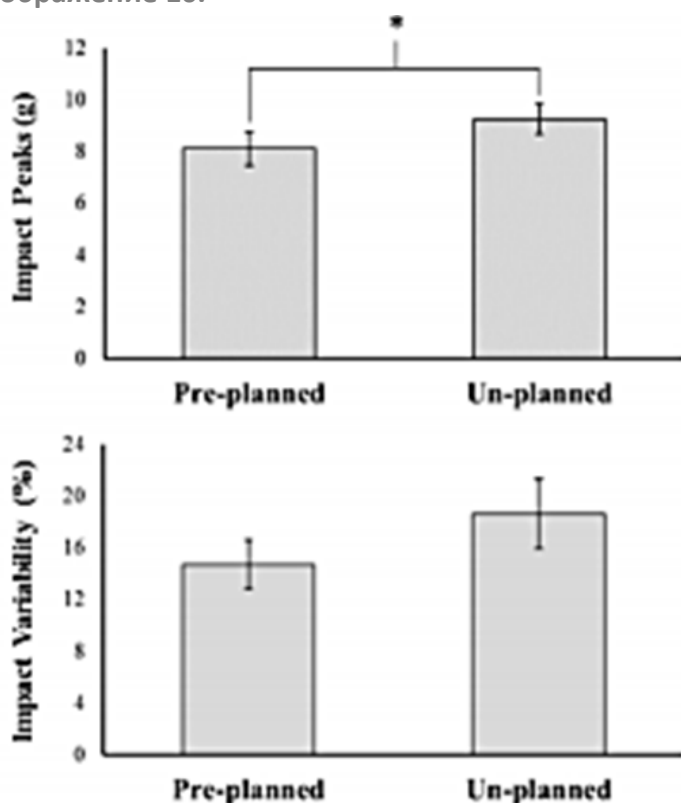
Источник: Lucas, England, Mason, Lanning, Miller, Morgan и Thomas, 2018, <https://n9.cl/kfxb>.

Экран	Screen
Зона приземления	Landing area
Сигнальный коврик	Signal mat

Целью исследования было выполнить сравнение ускорения во время запланированного или незапланированного изменения направления.

Был сделан вывод о том, что соударение было более высоким при неожиданных действиях. Это означает, что механический стресс, который переносил игрок при неожиданном действии, был более высоким и, кроме этого, изменчивость соударения также была более высокой, чем при незапланированных действиях.

Изображение 10.



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

Пики соударения (g)	Impact peak
Изменчивость соударения (%)	Impact Variability
Планированные	Pre planned
Не планированные	Un planned

Другое исследование, в котором были использованы WIMU, является исследование Beato, De Keijzer, Carty и Connor озаглавленное «*Monitoring Fatigue During Intermittent Exercise With Accelerometer-Derived Metrics*» (2019). Основная цель этого исследования заключалась в оценке чувствительности данных, полученных от WIMU для мониторинга усталости во время протокола прерывистых действий. Были использованы различные переменные, из которых мы выделим динамическую стрессовую нагрузку (*dynamic stress load*) (переменная, которая относится к механической нагрузке, что испытывает игрок при каждом соударении) и индекс усталости (*fatigue index*) (это нормализованная динамическая стрессовая нагрузка для каждого пройденного метра). Результаты привели 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>.

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

Это предложение может быть применено в баскетболе.

Например, мы могли бы предложить тест для обнаружения усталости. Это позволило бы нам предвидеть и принимать решения в моменте периодизации или индивидуализации работы каждого из наших игроков на основе данных, полученных посредством показателей «*dynamic stress load*» или «*fatigue index*».

Еще одна публикация, которую важно отметить, это предложение 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 нагрузку игрока через индивидуализированные или фиксированные порог. 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. И зона 6 между 60 и 100 процента. На следующем изображении можно увидеть различия между этими двумя методами.

Изображение 12

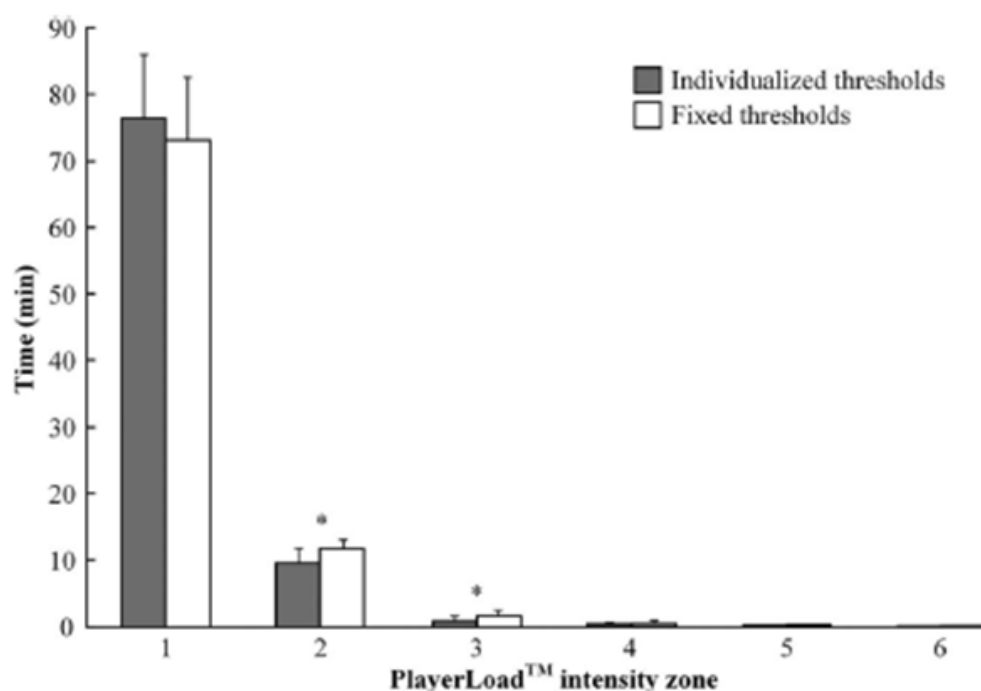
Zone	Individualized (% of peak PlayerLoad)	Fixed (absolute PlayerLoad)
1	0–10%	0–1 AU
2	10–20%	1–2 AU
3	20–30%	2–3 AU
4	30–40%	3–4 AU
5	40–60%	4–6 AU
6	60–100%	6–10 AU

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

Зона	Zone
Индивидуализированные (% пика нагрузки игрока)	Individualized
Фиксированное (абсолютная нагрузка игрока)	Fixed
у.е.	AU

Фиксированный подход привел к увеличению времени тренировок в зонах 2 и 3. В качестве заключения можно сказать, что различия в результатах между этими двумя подходами следует учитывать при количественной оценке времени, затраченного на работу в различных зонах.

Изображение 13

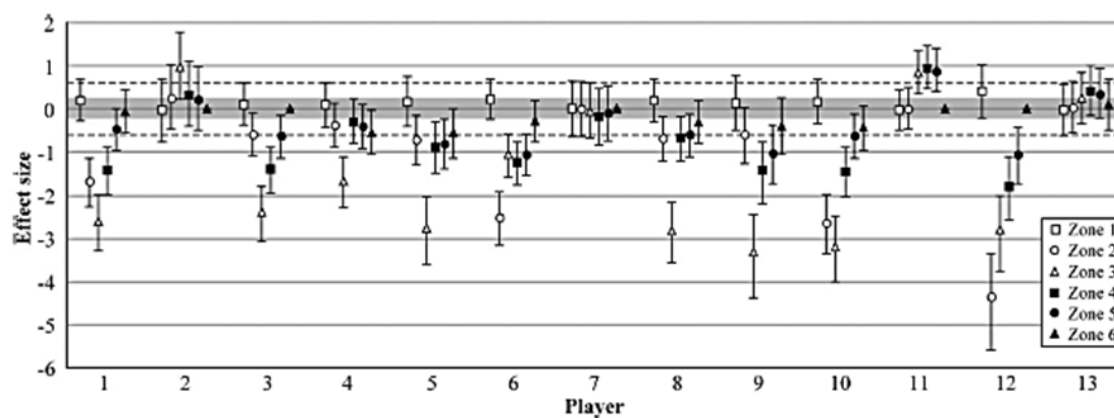


Время (мин)	Time
Нагрузка игрока в зоне интенсивности	PlayerLoad
Индивидуализированные пороги	Individualized
Фиксированные пороги	Fixed

Результаты показывают, что мы должны не только придерживаться установки измерений с помощью мер фиксированных зон, но также должны учитывать индивидуальные пороговые значения в зависимости от требований каждого игрока. Как отмечалось в других модулях, необходимо выделить необходимость индивидуализации нагрузки каждого из игроков.

С другой стороны, следует помнить, что индивидуальная нагрузка игрока определяется максимальным пиком каждого игрока. Оттуда рассчитывается процент нагрузки для каждой из зон.

Изображение 14. Различия нагрузки игрока между игроками в связи с потраченным временем в каждой зоне интенсивности

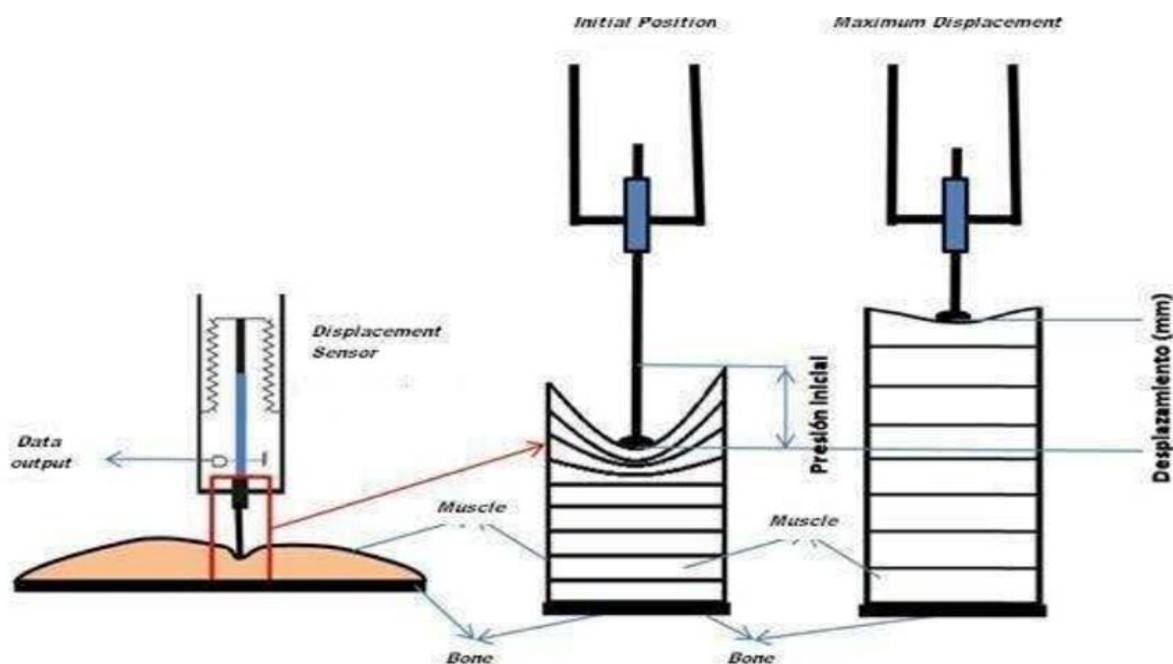


Zone	Зона
Player	Игрок
Effect size	Величина эффекта

Тензиомиография – это метод, позволяющий отдельно обнаруживать и анализировать сократительные свойства поверхностных мышц. Далее, мы увидим, как, из этого метода, устанавливается диагностический метод, который работает через наблюдение геометрических изменений, происходящих в мышечном животе при сжатии мышц.



Изображение 15. Тензиомиография



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

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

Устройство должно быть помещено в мышечный живот и выполняется «разрядка». Она приведет к смещению устройства и, следовательно, мышечного живота. 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.

ВЗ является временем задержки (*delay time*) и измеряет время задержки, которое нужно мышце чтобы достичь 10% от максимального смещения, которое выполняет ВС. ВСж, это время сжатия и измеряет время, необходимое мышцам, чтобы достичь 90% от максимального смещения.

ВР, это время релаксации, которое предоставляет информацию о индексе усталости.

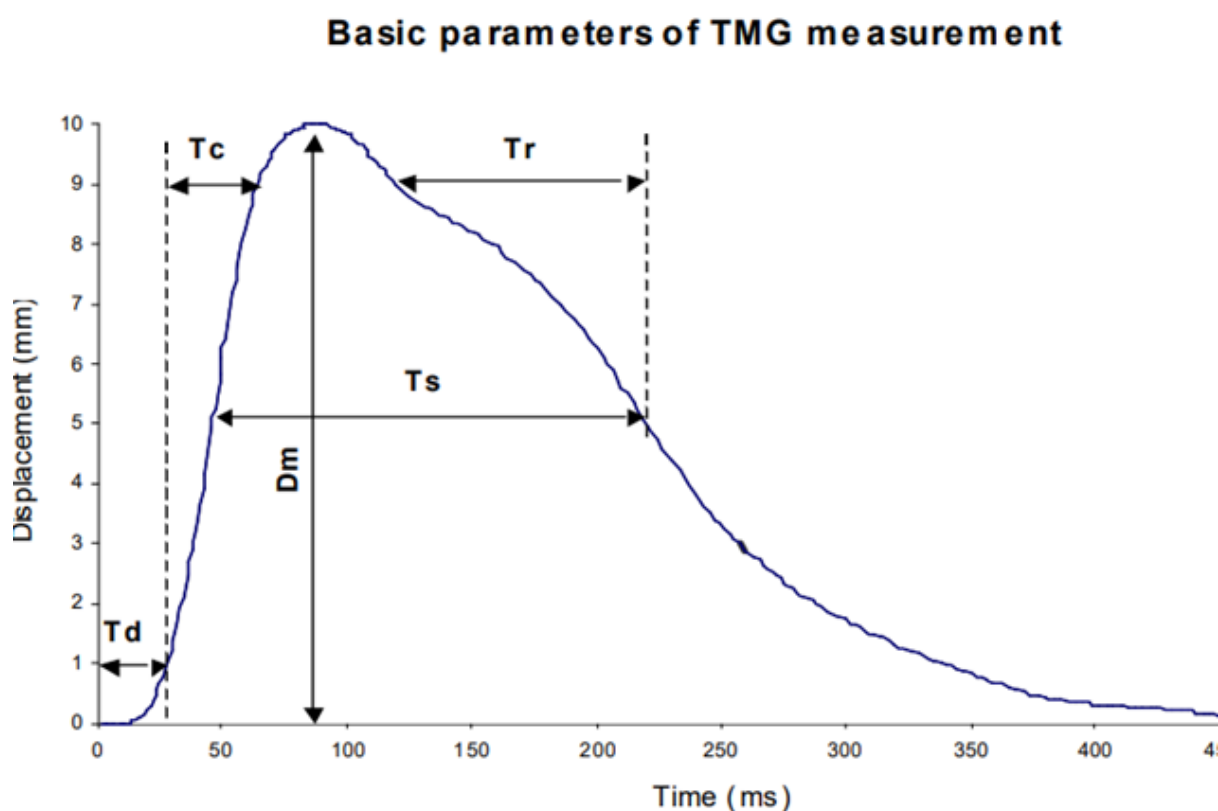
ВСт — это время, для стабилизации мышечной реакции на перемещение, которое мы создали.

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

Также необходимо учитывать длину мышечного живота, которая зависит от морфологических и функциональных характеристик мышц и их типа тренировки и/или разработки.

Низкие значения смещения говорят нам о большом количестве тонуса и чрезмерной ригидности проанализированных мышц. Высокие значения указывают на отсутствие мышечного тонуса.

Изображение 16. Основные параметры для измерения тензимиографии



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

Основные параметры для измерения тензимиографии	Basic parameters...
Перемещение (мм)	Displacement
Время (мс)	Time

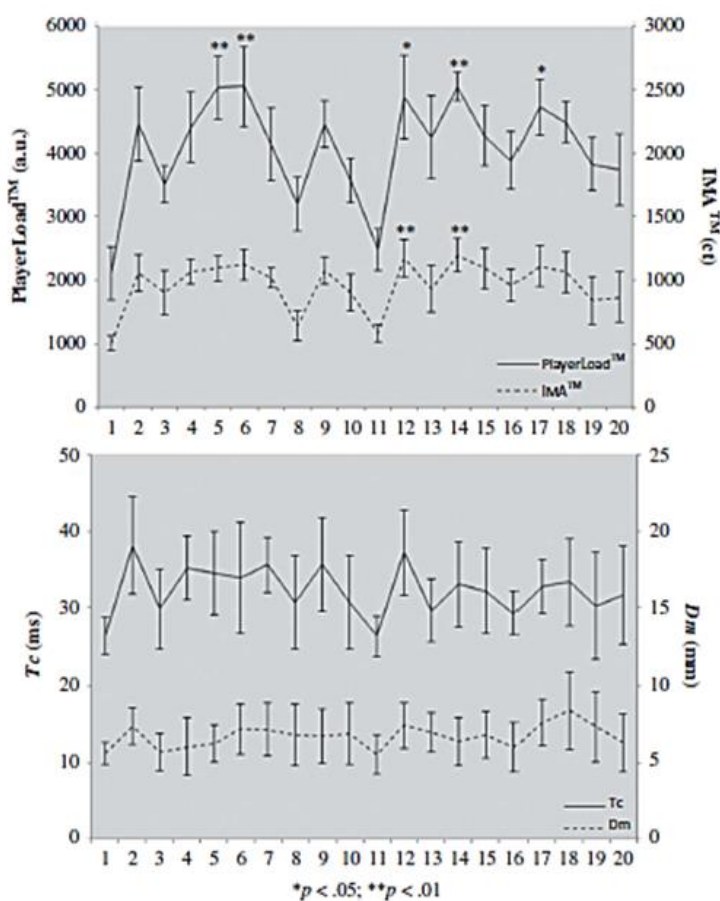
Далее, мы посмотрим на исследование Kyle Peterson и Gabriela Quiggle (2016) озаглавленный «*Tensiomyographical responses to accelerometer loads in female collegiate basketball players*». В этом исследовании были измерены ускорения и замедления в

различных тренировках. Тензиомиография также использовалась для анализа бедренной прямой кишки, бедренного бицепса и длинного аддуктора. Полученные абсолютные значения были проанализированы, но также и проценты изменений, которые были установлены с течением времени. В результатах видно, что относительное изменение менее 10% соответствует лучшей адаптации игрока к испытанным тренировочным нагрузкам. Таким образом, данные, представленные исследованием, измеряли аспекты внешней нагрузки или физических требований и внутренней нагрузки (нейромышечной) через тензиомиографию.

Второй важный результат исследования это, что данные, измеренные WIMU (ускорения и замедления), особенно на боковой оси, пригодились нам для установления лучших адаптаций игроков. Длинный аддуктор нам лучше всего позволил понять происходящие адаптации.

И наконец, установилось, что лучше использовать процент изменений значения, полученных по отношению к абсолютному значению. То есть процент изменений позволил лучше понять полученные абсолютные значения.

Изображение 17

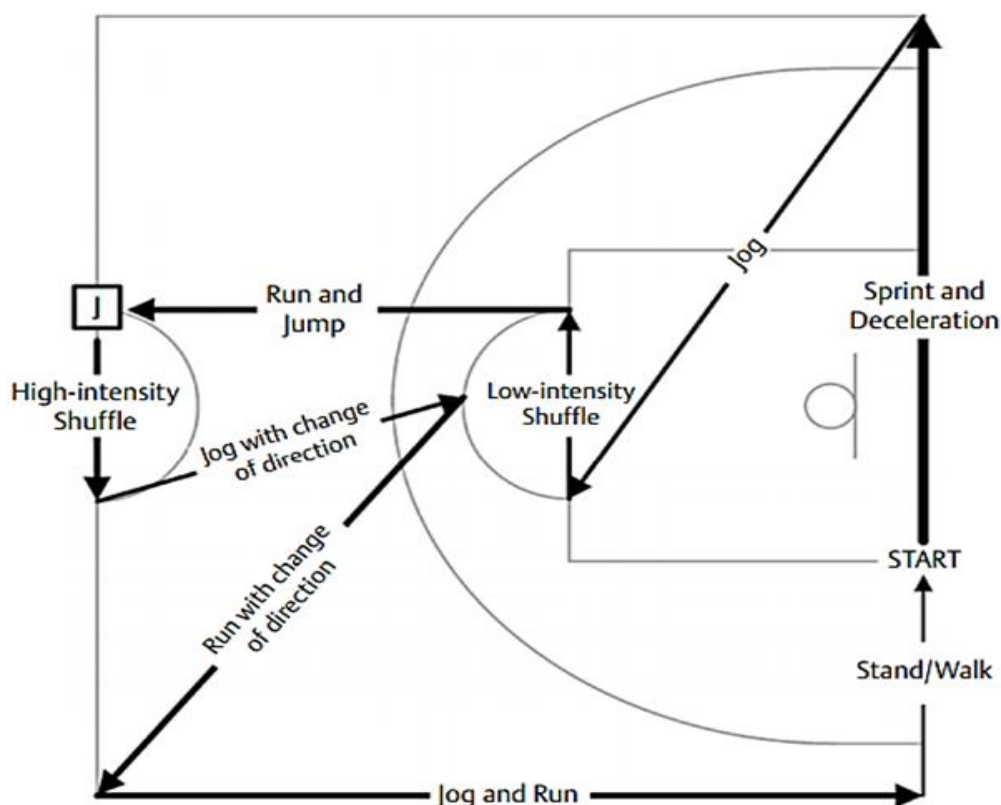


Источник: Peterson y Quiggle, 2016, стр. 4.



Еще одна интересная публикация авторов 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 моделями движения, в которой производится спринт, замедление, боковой бег и изменения направления в центре баскетбольной площадки. Целью было проверить системы WIMU.

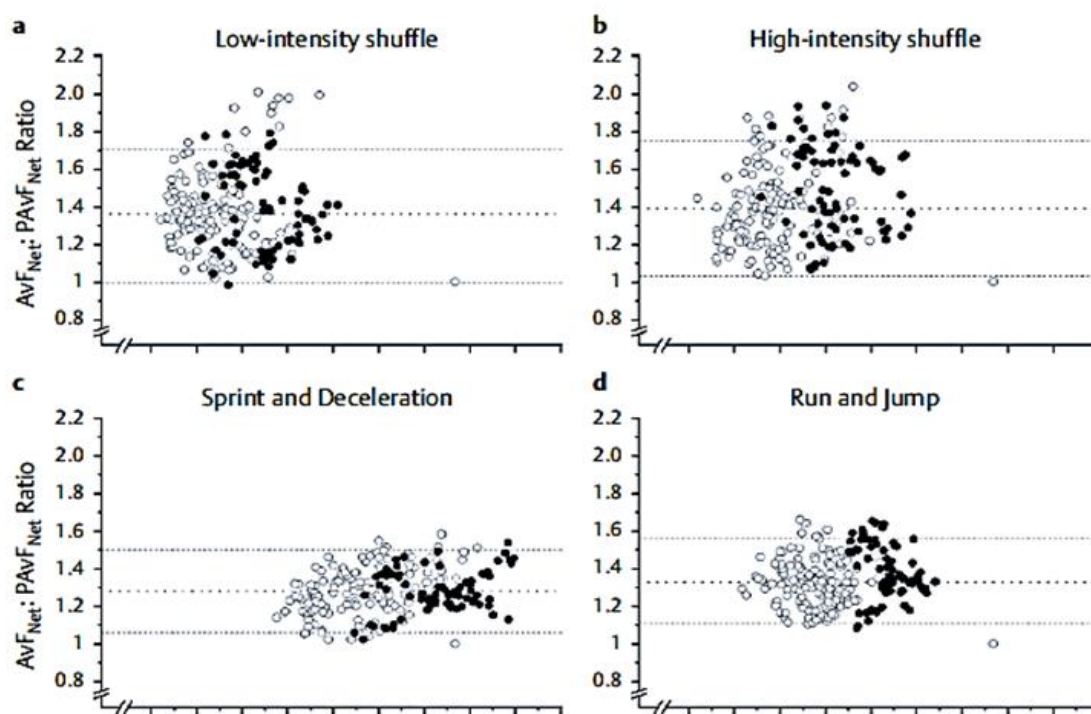
Изображение 18



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

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

Изображение 19

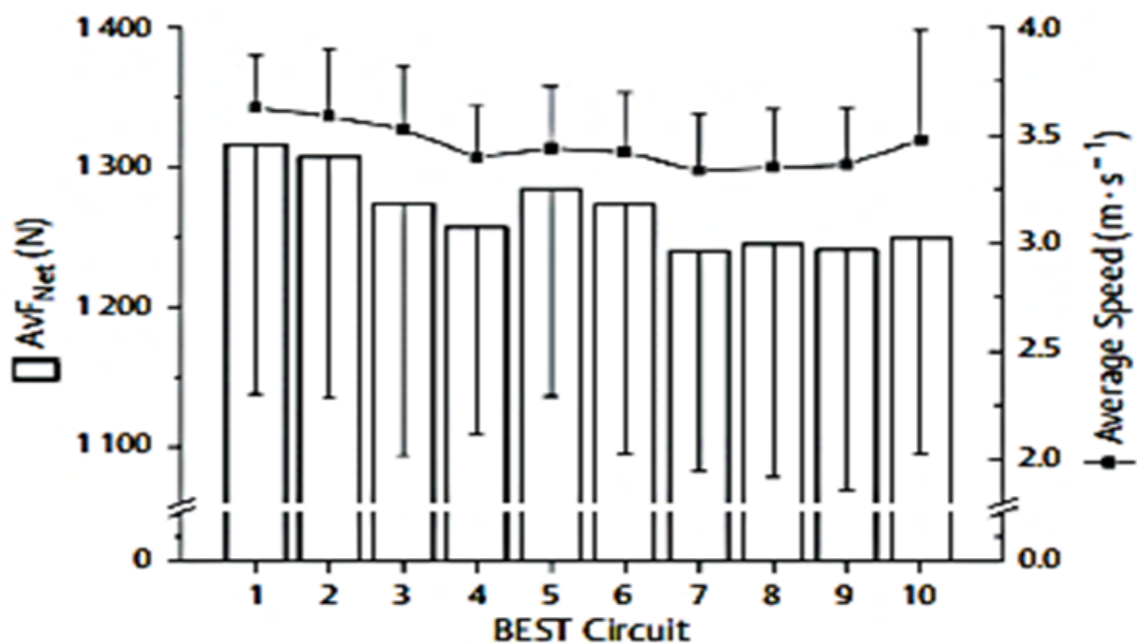


Источник: Staunton et al., 2017, <https://n9.cl/pxrcz>.

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

Используя акселерометр, была получена мера силы, которая производилась в каждом из соударений. В заключение подчеркивается, что WIMU были действительным средством обнаружения физических требований, испытанных игроком в паттернах движения выполненного теста.

Изображение 20



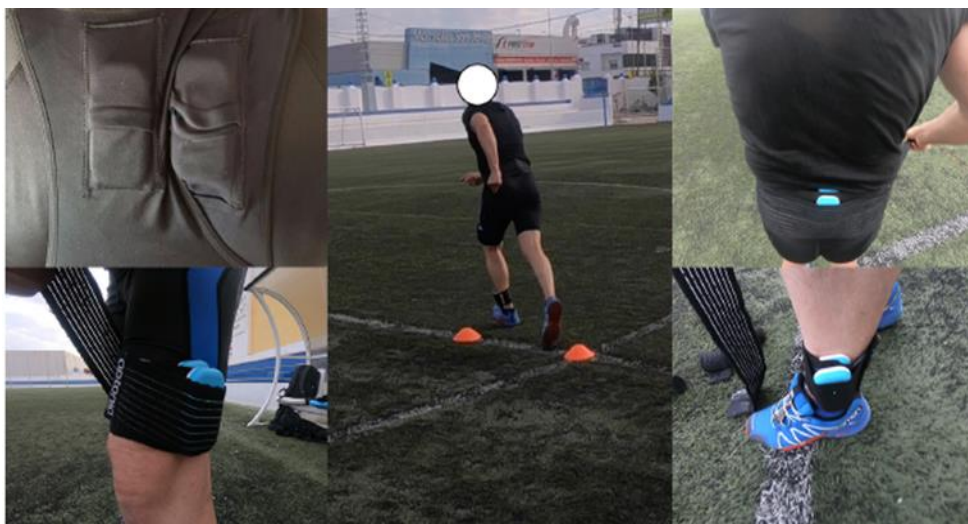
Источник: Staunton et al., 2017, <https://n9.cl/pxrcz>

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

В этом смысле очень важно знать действительность и воспроизводимость используемой технологии.

В публикации Gómez-Carmona, Bastida-Castillo, García-Rubio, Ibañez и Pino-Ortega (2018) была проанализирована воспроизводимость WIMU в баскетболе и футболе. Исследование оценило воспроизводимость акселерометров, что находятся в инерционных устройствах для измерения физических требований.

Изображение 21



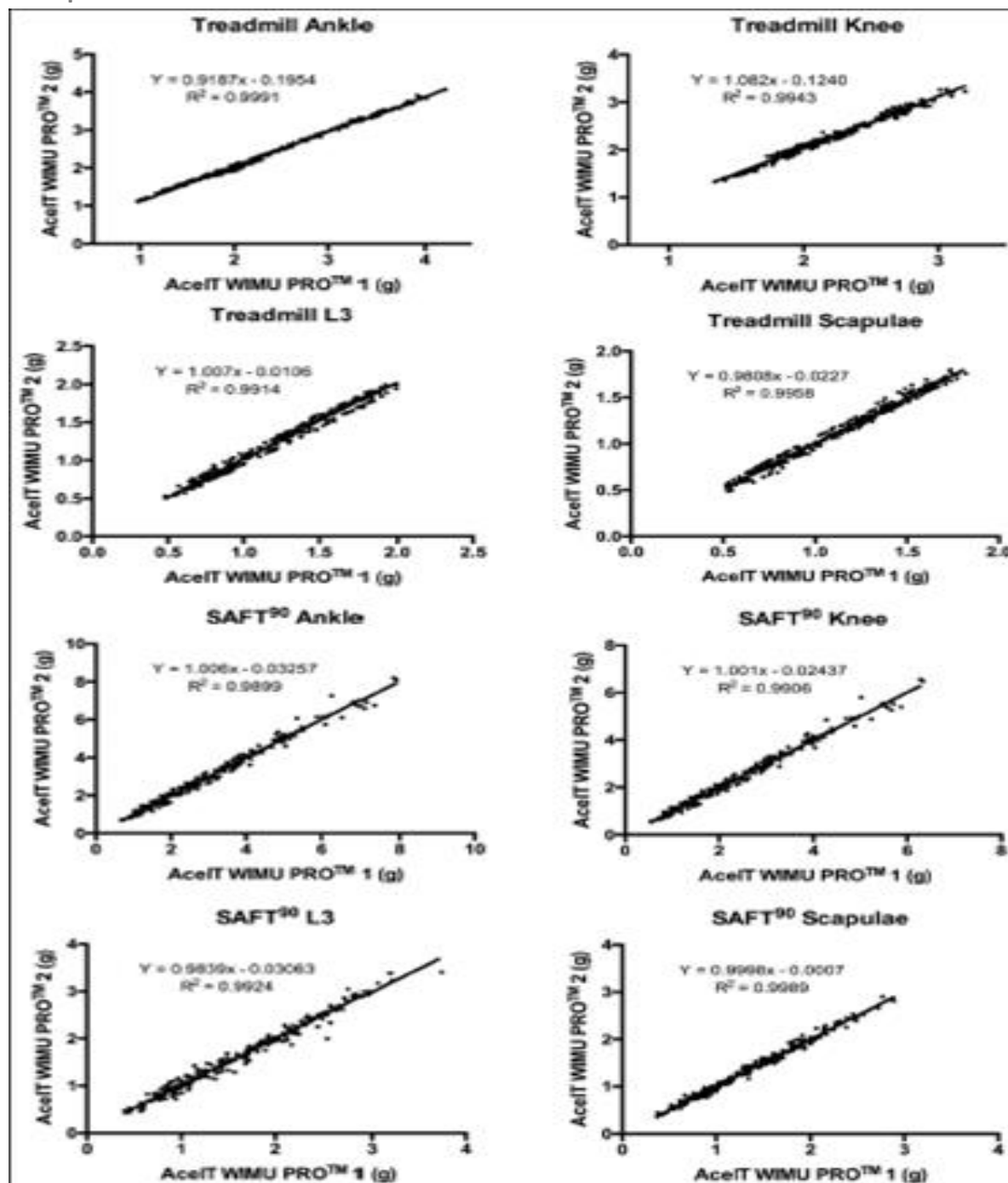
Источник: Gómez-Carmona et al., 2018, <https://n9.cl/g1rr>

Четыре устройства были размещены для лаборатории и другие восемь для измерения различных тестов, более специфичных для спорта в лаборатории. Они применялись в статических и динамических ситуациях, используя вибрацию на 10 и 30 герц.

Для специфических тестов использовался прогрессивный инкрементальный тест на дорожке и тест SAFT90 для движений. Для расчета общего ускорения устройства были размещены на лодыжке, колене, нижней части спины, и в области лопатки. Таким образом, результаты показали отличную статическую воспроизводимость самих устройств и между устройствами. И очень высокая воспроизводимость в инкрементальном тесте на дорожке, а также в тесте SAFT 90.

Эти устройства воспроизводятся в баскетбольных или футбольных действиях, потому что они имеют аналогичные модели движения.

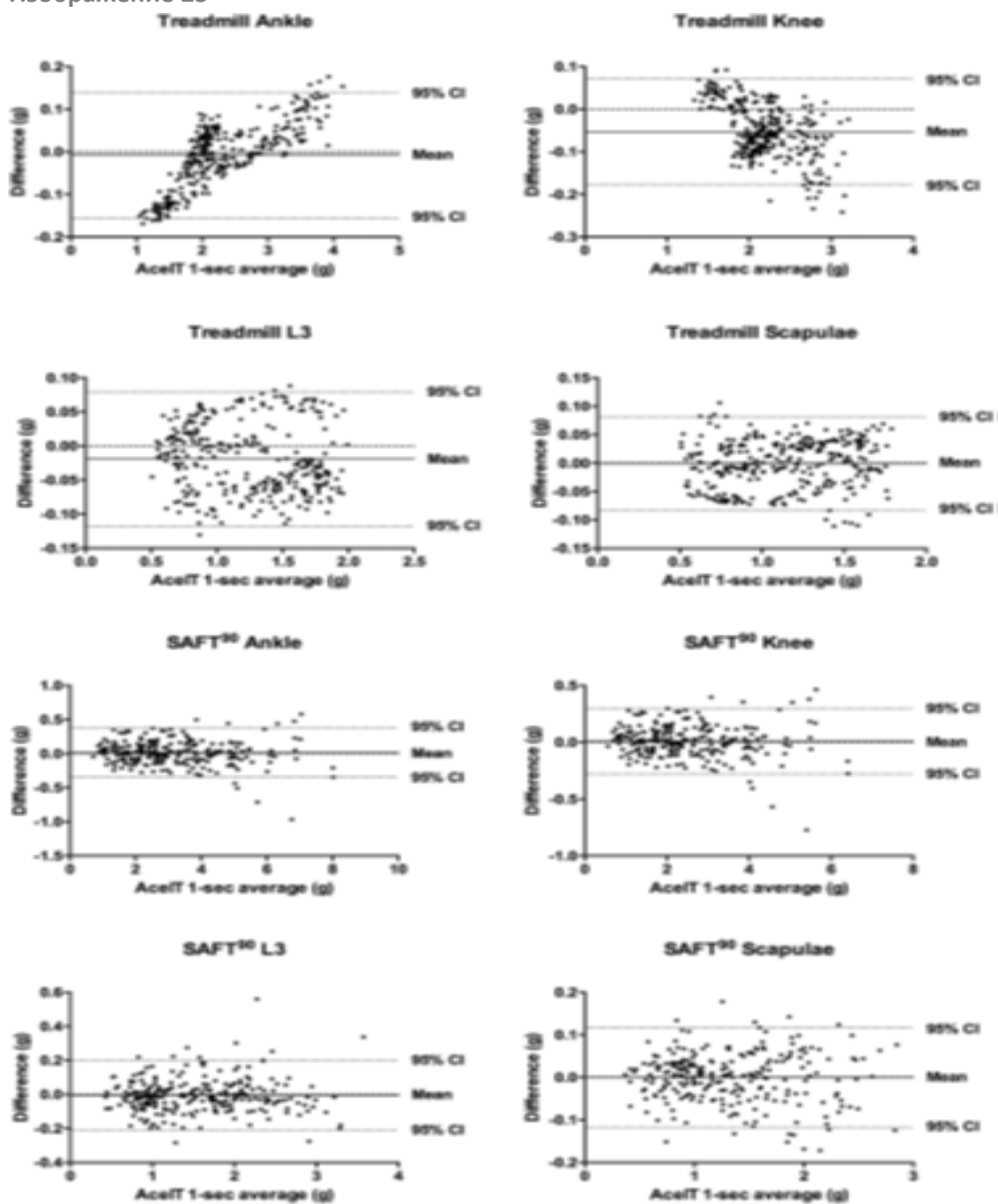
Изображение 22



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
SAFT Scapulae	SAFT лопатка

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 быть измерены посредством ВИДУ?

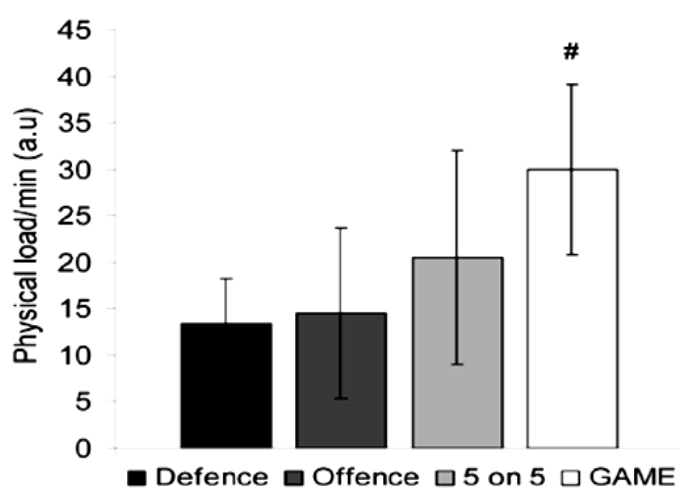
Потому что сами действия баскетбола включают глобальные движения всего тела, которые измеримы акселерометрами. Таким образом, мы можем обнаружить все последствия либо при беге, изменении направления, либо при прыжках.

Публикация Montgomery, Rynne и Minahan (2010) была направлена на определение характеристик физических и физиологических реакций во время различных упражнений в одиннадцати элитных юниорских баскетболистах.

С одной стороны, были сделаны измерения в течение трех матчей турнира. С другой стороны, в течение двух недель тренировок, были измерены упражнения защиты, упражнения атаки и упражнения «пять против пять» на половине площадки. Общее число измеренных упражнений составило 190 в обороне, 57 в нападениях и 48 из пяти против пяти на половине площадки. Кроме того, были охарактеризованы физические и физиологические реакции и была рассчитана нагрузка игрока.

Через расчёт нагрузки игрока получились внешние данные в условных единицах. Таким образом, также получилось сравнить каждое из проведенных упражнений, в том числе и соревнования.

Изображение 24



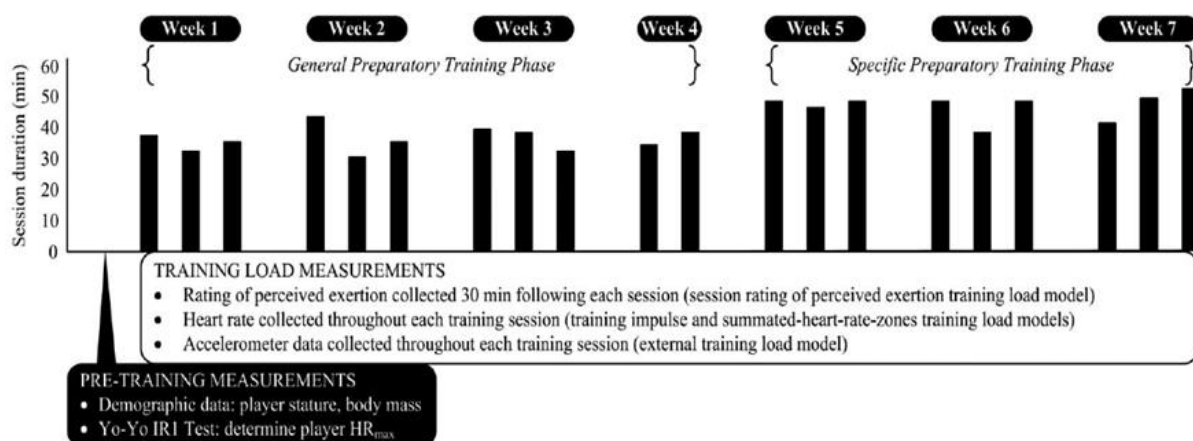
Источник: Монтгомери и др., 2010, стр. 82.

Физическая нагрузка/мин (у. е.)	Physical load
Защита	Defense
Атака	Offense
5 против 5	5 on 5
МАТЧ	GAME

Как отмечается в рисунке, те упражнения для нападения и защиты что были предложены, имели похожие физические и физиологические требования. В это время требования тренировки пять против пять были значительно меньшими, чем пять на пять в турнире.

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 сессий, и сравнилась внутренняя нагрузка и внешняя нагрузка.

Изображение



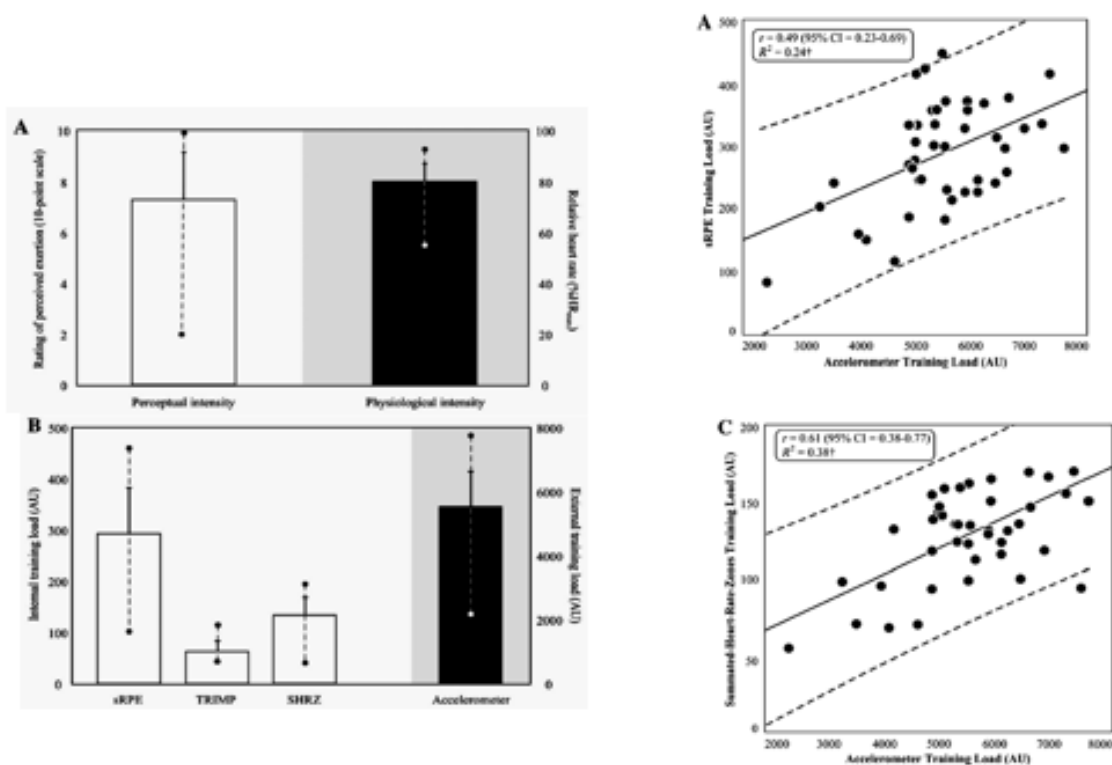
Источник: Scanlan et al., 2014, <https://n9.cl/0ms6>

Протяжение тренировки (мин)	Session duration
Неделя 1	Week 1
Неделя 2	2
Неделя 3	3
Неделя 4	4
Неделя 5	5
Неделя 6	6
Неделя 7	7
Этап Общей Физической Подготовки	General Preparatory training pase
Этап Специфической Физической Подготовки	Specific Preparatory training pase
ИЗМЕРЕНИЯ ТРЕНИРОВОЧНОЙ НАГРУЗКИ	TRAINING LOAD MEASUREMENTS
• СВН, оцененное в 30 минутах после каждой тренировочной сессии (модель СВН за сессию тренировочной нагрузки)	-
• ЧСС, оцененная в течение каждой тренировочной сессии (тренировочный импульс и модели, суммированной зон ЧСС тренировочной нагрузки)	-
Данные акселерометра, собранные в	

течение каждой тренировочной сессии (модель внешней тренировочной нагрузки)	
ИЗМЕРЕНИЯ, ДО ТРЕНИРОВКИ <ul style="list-style-type: none"> • Демографические данные: высота игрока, масса тела • Ио Ио тест: определение максимальной ЧСС игрока 	PRE TRAINING MEASUREMENTS

Внешняя нагрузка определилась нагрузкой игрока, в то время как требования внутренней нагрузки были установлены через 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 этом случае всё началось с цели выполнения количественной оценки и сопоставления физических требований тренировок и баскетбольных матчей. В этом приняли участие 15 полупрофессиональных игроков. Были отмечены три этапа тренировок: один физической подготовки, один специфической тренировки на площадке и один этап с двумя матчами. В качестве переменных использовались нагрузка игрока и СВН сессии. 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 ускорения акселерометра и гироскопа.

На первом этапе была получена нагрузка игрока 6,5 условных единиц за минуту. В части специфической подготовки было получено 6,1 единиц за минуту. В части соревнований было получено 4,35 единиц за минуту.

В общей физической подготовке рассчитанное расстояние составило 61,88 метров за минуту. В специфической 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.

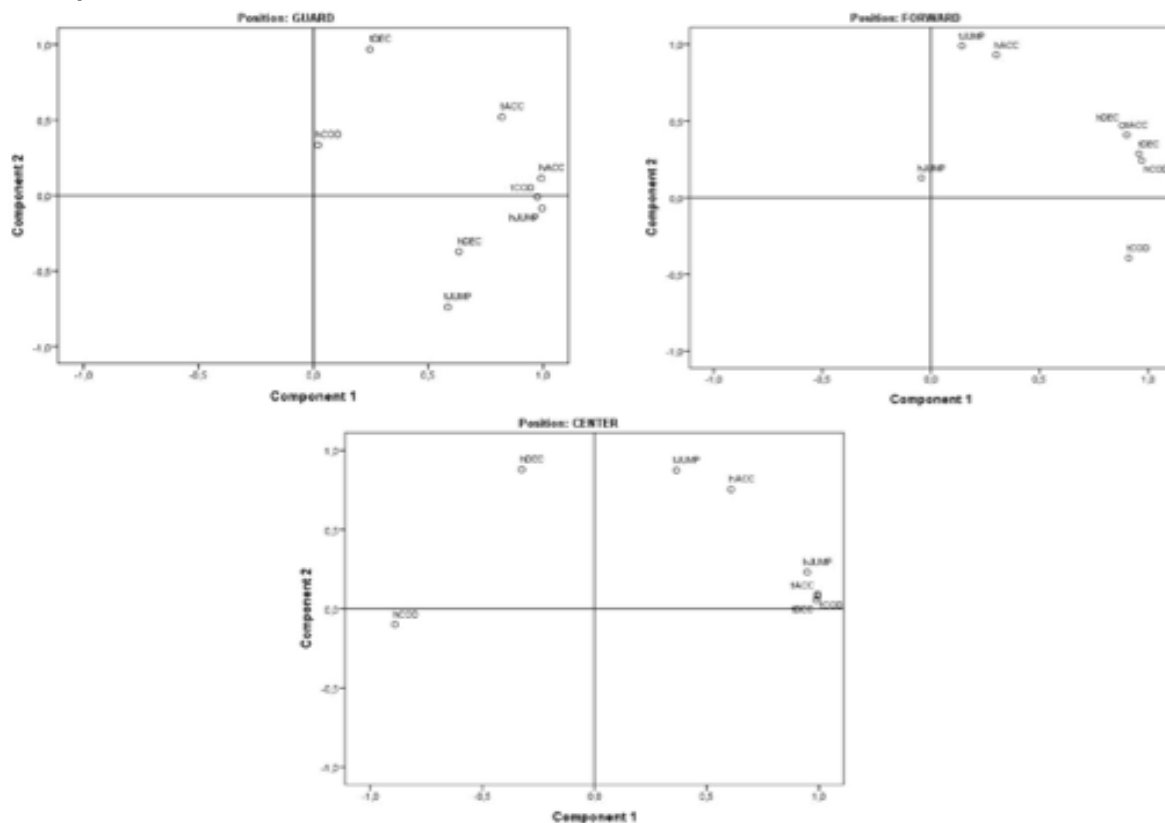
С другой стороны, статья Svilar, Castellano, Jukic и Casamichana (2018) вовлекла тринадцать профессиональных игроков на всех трех игровых позициях. Главной целью было сравнить физические требования тренировок между различными позициями в элитном баскетболе.

В исследовании были проанализированы различные переменные: общее ускорение, высокоинтенсивные ускорения, высокоинтенсивные общие замедления, высокоинтенсивные изменения общего направления, общие прыжки, высокоинтенсивные прыжки и СВН. Статистический анализ основных компонентов показал от двух до трех основных компонентов, но конфигурация каждого фактора была разной в зависимости от игровой позиции каждого игрока. СВН и СВН сессии на всех позициях также показало высокую корреляцию с общим количеством ускорений, замедлений и изменений направления. Это говорит о том, что даже если игроки выполняли одинаковые тренировочные задачи, физические требования к каждой позиции были разными для каждого из них.



Таким образом, публикация Svilar и др. (2018) устанавливает различные квадранты путем анализа основных компонентов, которые показывают требования защитников, форвардов и центральных.

Изображение 27



Источник: Svilar et al., 2018, <https://n9.cl/e8utr>.

Position: GUARD	Позиция: ЗАЩИТНИК
Position: FORWARD	Позиция: ФОРВАРД
Position: CENTER	Позиция: ЦЕНТРОВОЙ
Component 1	Компонент 1
Component 2	Компонент 2

Таким образом, каждая игровая позиция связана с определенным сочетанием физических требований. Это позволяет лучше понимать внутренние реакции между игроками.

Следующее изображение, принадлежащее статье Vázquez-Guerrero, Suarez-Arrones, Casamichana Gómez и Rodas (2018) показывает данные нашей команды в двух официальных матчах измеримых посредством ВИДУ.



Изображение 28

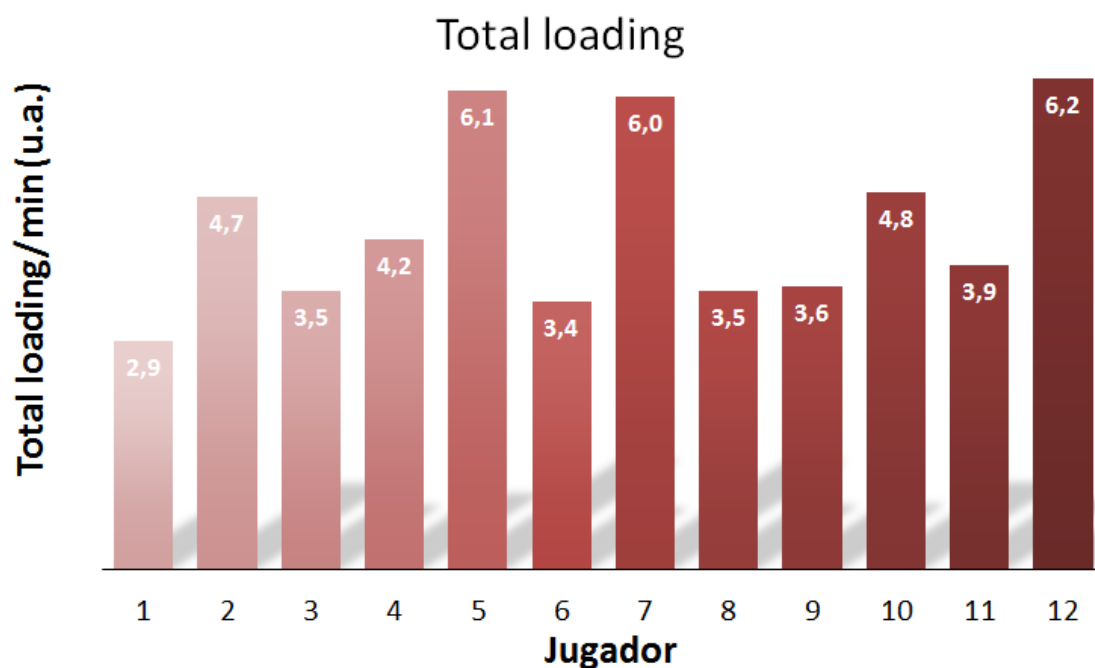
Variables	Playing positions				
	Point guards (n=4)	Shooting guards (n=6)	Small forwards (n=4)	Power forwards (n=4)	Centers (n=5)
# Accelerations ($<3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) #/min	29.6±3.9	32.7±11.0	26.7±2.6 ^{***}	28.0±5.0	28.3±1.1
# Accelerations ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) #/min	1.4±0.9	1.0±0.4 ^{**}	0.8±0.3 ^{***}	1.4±0.5	1.5±0.4
# Decelerations ($<3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) #/min	23.8±3.6	25.7±10.0	21.7±2.2 [*]	24.0±4.6	23.4±1.3
# Decelerations ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) #/min	4.5±1.4	4.1±0.5	3.2±0.7 ^{**}	3.5±0.7 ^{**}	3.7±0.8 [*]
Acc : Dec Ratio ($<3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)	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 ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)	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.

Игровые позиции	Playing positions
Разыгрывающие защитники (n=4)	Point guards
Атакующие защитники (n=6)	Shooting guards
Лёгкие форварды (n=4)	Small forwards
Мощные форварды (n=4)	Power forwards
Центровые (n=5)	Centers
Переменные	Variables
# Ускорения ($<3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$) #/мин	Accelerations ($<3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) #/min
# Ускорения ($>3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$) #/мин	Accelerations ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) #/min
# Замедления ($<3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$) #/мин	Decelerations ($<3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) #/min
# Замедления ($>3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$) #/мин	Decelerations ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) #/min
Соотношение Уск:Зам ($<3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$)	Acc:Dec Ratio ($<3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)
Соотношение Уск:Зам ($>3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$)	Acc:Dec Ratio ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)
Общая внешняя нагрузка (у. е./мин)	External total load (AU/min)

После этого установилось соотношение между ускорениями и замедлениями.

Изображение 29



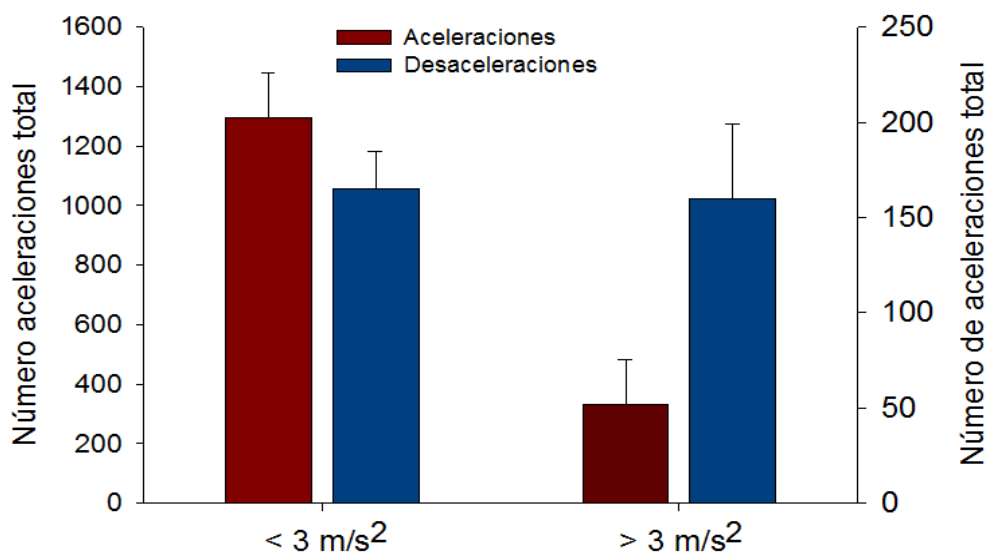
Источник: Васкес-Герреро и др., 2018 год.

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

Первое что можно обнаружить это нагрузка игрока (общая нагрузка на предыдущем рисунке). Мы видим, что требования каждого игрока и каждой позиции отличаются.

Самое интересное в этом исследовании это что также было количественно оценено количество требуемых ускорений и замедлений в матче.

Изображение 30



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



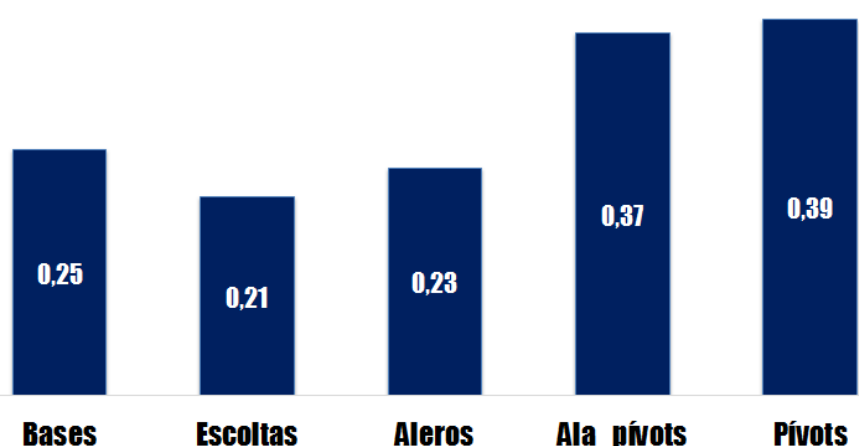
Общий номер ускорений	Numero aceleraciones total
Ускорения	Aceleraciones
Замедления	Desaceleracions
Общий номер ускорений	Numero aceleraciones total

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 предсезоне, чтобы они могли более эффективно выдерживать реквизиты и физические требования в матчах.

Еще один интересный факт из этого исследования является то, что соотношение ускорения/замедления ниже на открытом воздухе.

Изображение 31

Ratio ACC/DEC



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

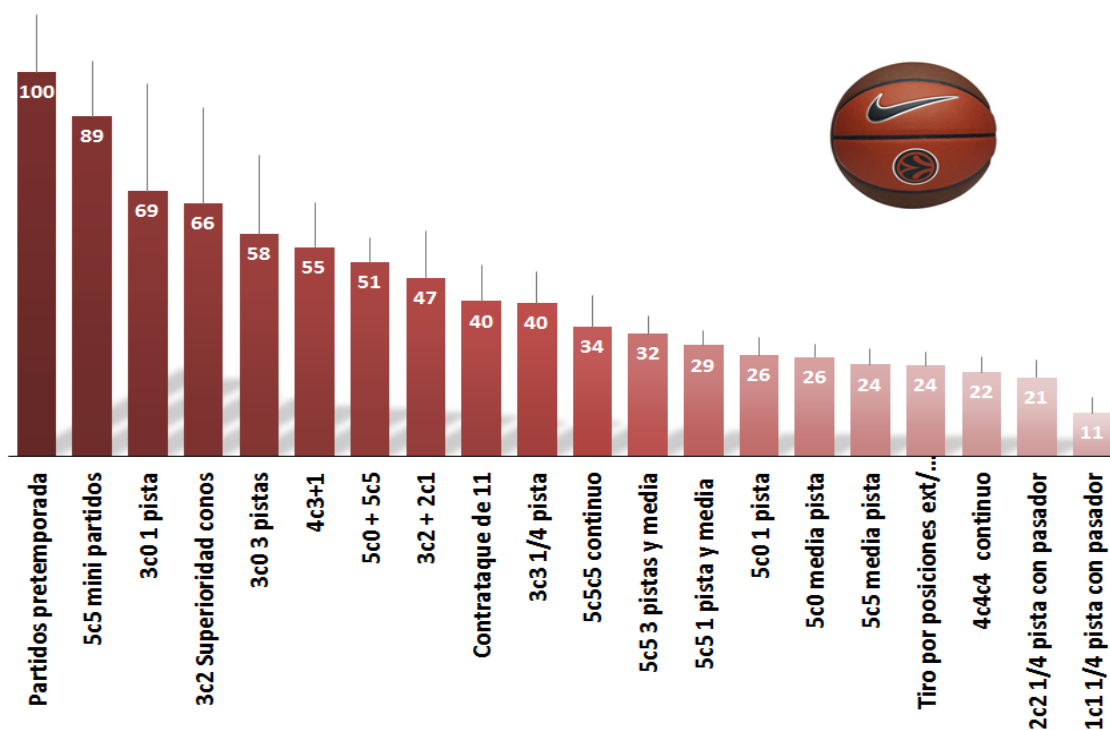
Соотношение УСКОРЕНИЯ/ЗАМЕДЛЕНИЯ	Ratio acc dec
Разыгрывающие защитники	Bases
Атакующие защитники	Escoltas
Лёгкие форварды	Aleros
Мощные форварды	Ala pivots
Центровые	Pivots

Ускорения высокой интенсивности были ниже, чем высокоинтенсивные замедления. Когда это соотношение было проанализировано, игроки периметра показали более высокое требование высокоинтенсивных остановок по сравнению с ускорениями.

Мы должны придавать большое значение соотношению между ускорением и высокоинтенсивным замедлением.

Эти данные позволили нам создать группу упражнений по отношению к максимальному проценту, то есть сто процента.

Изображение 32



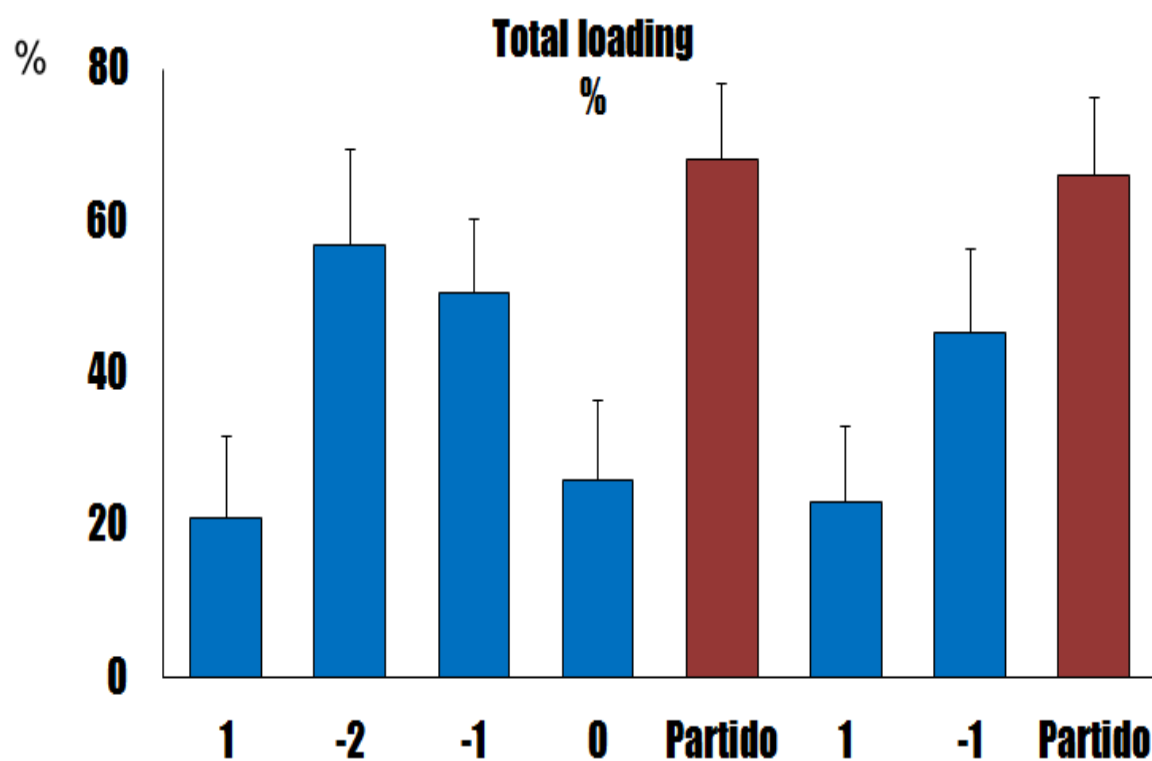
Источник: Васкес-Герреро и др., 2018 год.

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 выполненных тренировок до матча.

Изображение 33



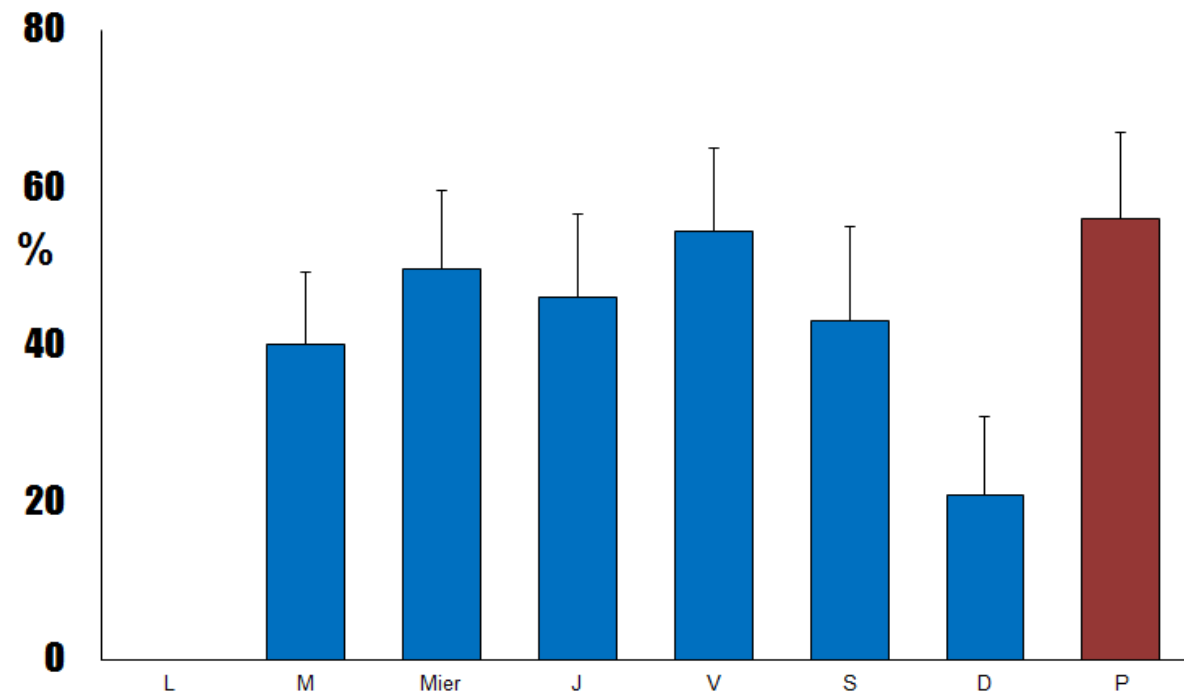
Источник: Васкес-Герреро и др., 2018 год.

Total loading %	Общая нагрузка %
Partido	Матч

То же самое было сделано при двухматчевым микроциклом или при одном еженедельном матче.



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>.

