

Модуль 4. Применение инерционных систем в различных тестах в командных видах спорта

В этом модуле будут выставлены различные тесты, полезные для мониторинга тренировочного процесса в течение одного или нескольких сезонов. Они позволяют узнать и оценить состояние различных систем игрока и, в свою очередь, обнаружить их эволюцию и изменения в их производительности. Это определит, какие действия могут оптимизировать производительность с условной точки зрения.

Процесс оценки, а также его последующее толкование должны включать технический орган, медицинское тело и, конечно же, физическую подготовку.

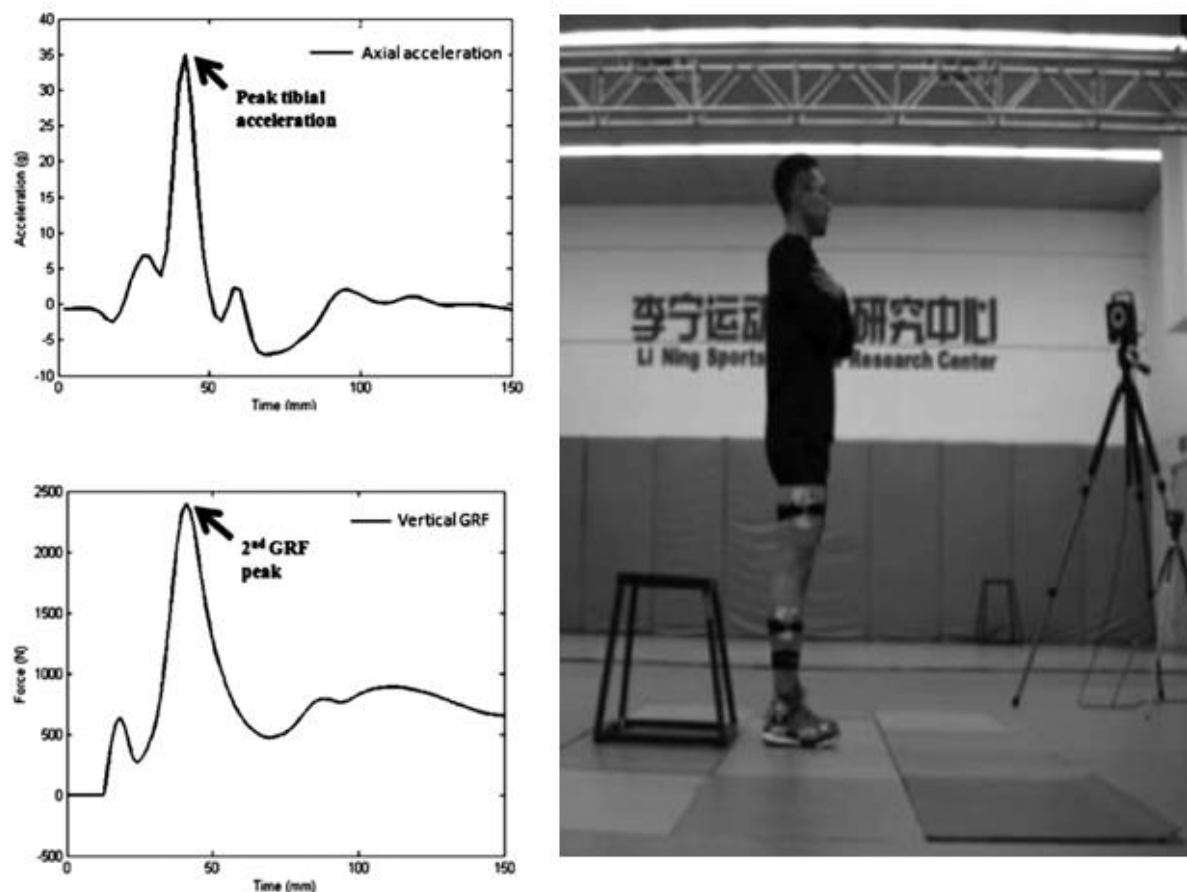
Баскетболист может быть оценен на поле, во время спортивной практики и в более конкретных обстоятельствах для этой цели. Некоторые аспекты, которые могут быть рассмотрены косвенно или оцениваются этой технологией являются: проприоцепция, усталость, стабильность ядра, прочность и мощность, диапазон движения, нервно-мышечного контроля и кондиционирования уровне.

Чтобы полагаться на данные, предоставленные нам измерительных систем, важно определить его достоверность. Таким образом, они измеряются на силовых платформах, как фазе импульса, так и фазе посадки игроков, когда они выполняют вертикальный прыжок. Силовая платформа, в данном случае, стандартное золото. Это устанавливает обоснованность таких мер ИДУ.

На рисунке 1 показано, как Крыло Кай Лам и его коллеги (2015) сравнили силу наземной реакции, произведенную в прыжке с падением, используя силовую платформу, с оценкой пика ускорения голени при посадке. Очень похожее поведение наблюдается на обоих графиках.



Рисунок 1: Сравнение вертикального прыжка, выполненного на силовой платформе и с инерционной системой



Источник: Lam et al., 2015, стр. 22.

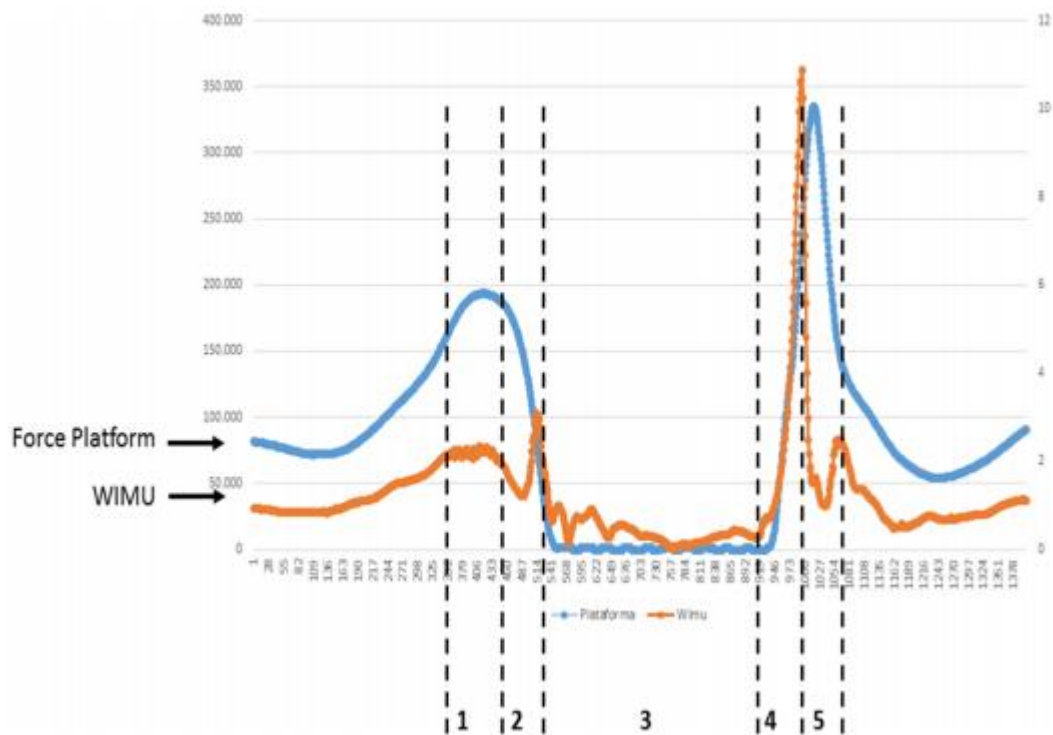
Axial aceleration	Осевое ускорение
Peak tibial acceleration	Пик ускорения большеберцовой кости
Acceleartion (g)	Ускорение (g)
Time (mm)	Время (мм)
2 GRF peak	2ой пик вертикальной силы реакции пола
Vertical GRf	Вертикальная сила реакции пола
Force (M)	Сила (N)

Таким образом, установлено, что эта инерциальная система подходит для собственных ударов при прыжке.

После проверки этой информации следующим шагом является обеспечение действительности и воспроизводимости системы, используемой в ФК Барселона. Эти инерционные устройства, называемые Wireless Inertial Movement Unit (WIMU), принадлежащие к Real Track Systems, были проверены и показали воспроизводимость в вертикальном прыжке. На рисунке 2 показано поведение, очень похожее на стандартное золото, взятое с помощью платформы прочности, и результат, полученный с помощью устройства WIMU.



Рисунок 2: Сравнение записи одного прыжка, выполненного на силовой платформе, а другого выполнено с инерционным устройством (WIMU)

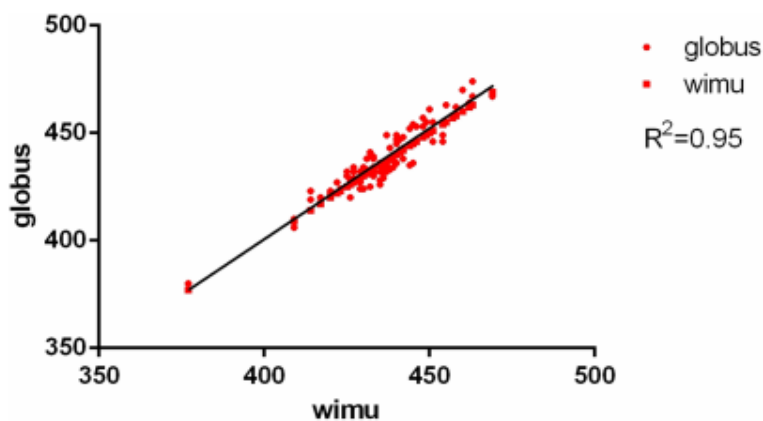


Источник: Ортега, Гарсия-Рубио и Ибаньес, 2018, стр. 4.

Force platform	Силовая платформа
WIMU	WIMU

Кривые, которые происходят очень похожи, что показывает положительное влияние на проверку устройства. Корреляция между данными, сброшенных обеими системами, почти идеальна и установлена до 0,95.

Рисунок 3: Диаграмма корреляции между устройствами WIMU и силовой платформой в Counter Movement Jump (CMJ)



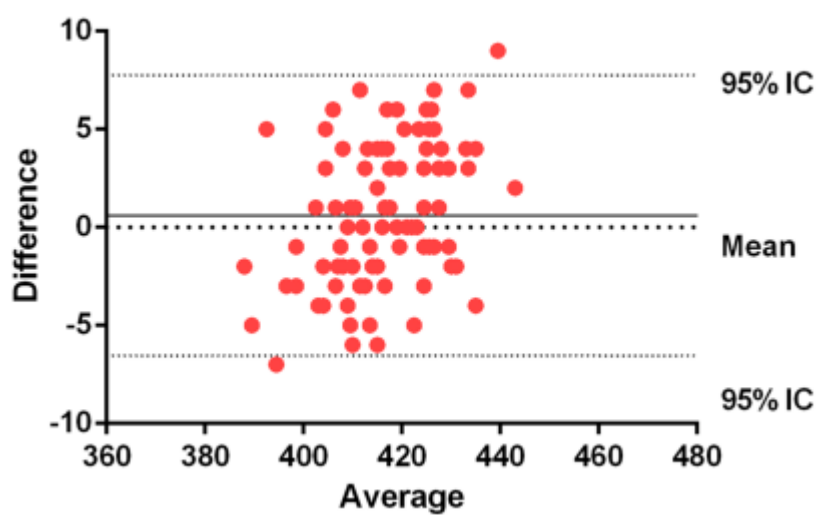
Источник: Ortega et al., 2018, стр. 6.



На рисунке 4 показан статистический анализ Блэнд-Альтмана, который определяет воспроизводимость теста, в данном случае, вертикального скачок против обмотки (CMJ).

globus	globus
Wimu	Wimu

Рисунок 4: CMJ прыжок тест воспроизводимости диаграммы с устройством WIMU



Источник: Ortega et al., 2018, стр. 7.

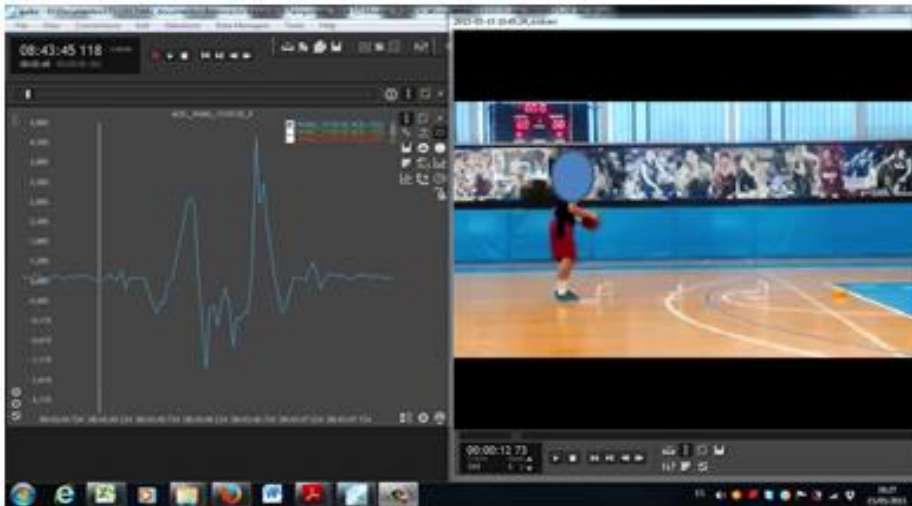
Difference	Разница
95% IC	95% ДИ
MEan	Средняя
Average	Среднее число

Таким образом, проверяется, что система WIMU действительна и воспроизводится для измерения прыжка.

На рисунке 5 показано практическое применение теста WIMU в полевых условиях для измерения завершения запуска корзины. Изображение показывает динамику прыжка, который игрок совершает при выполнении выстрела в корзину. Тест включает в себя условие для выполнения: заборы помещаются, чтобы заставить игрока превысить определенную высоту.

Рисунок 5: Динамика прыжка в реальном 2000 году с ускорением



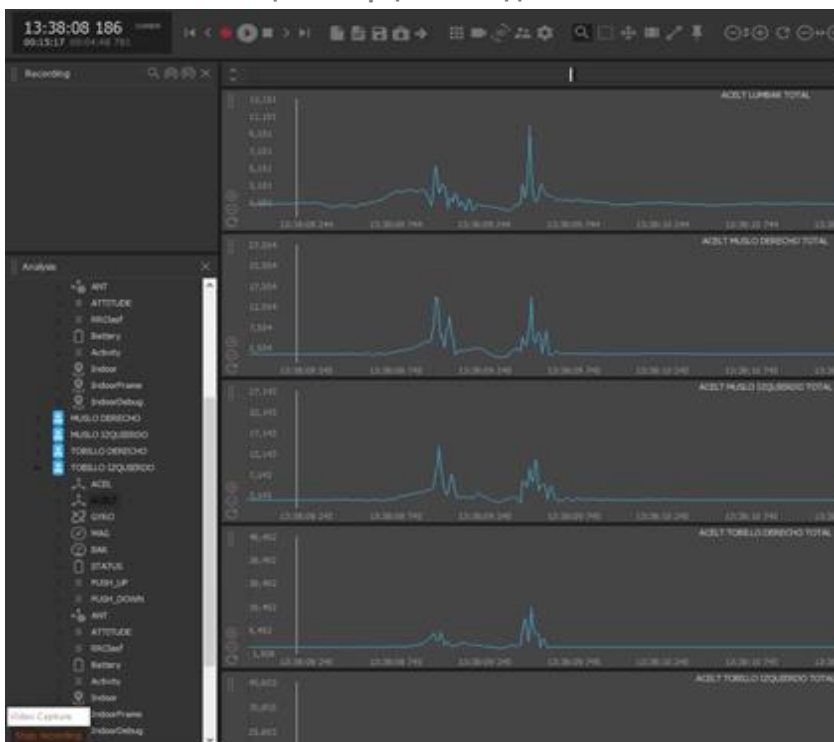


Источник: Собственная разработка с устройствами WIMU, Realtrack Systems S.L.

Это дает вам обратную связь на живых прыжках. Это особенно полезно при посадке, для оптимизации производительности игроков в этом случае, так как они обычно требуют высокоинтенсивных ударов, связанных с травмами.

Затем будет проанализирован прыжок на заборе, записанный несколькими устройствами WIMU, распределенными в различных анатомических областях тела (голеностоп, колено, нижняя часть спины и верхняя часть спины). Так выполняется прыжок и анализируется его влияние на различные части тела, в которых находились устройства (рисунок 6).

Рисунок 6: Ускорение прыжка в различных анатомических областях для оценки его кинематики с помощью инерционных датчиков

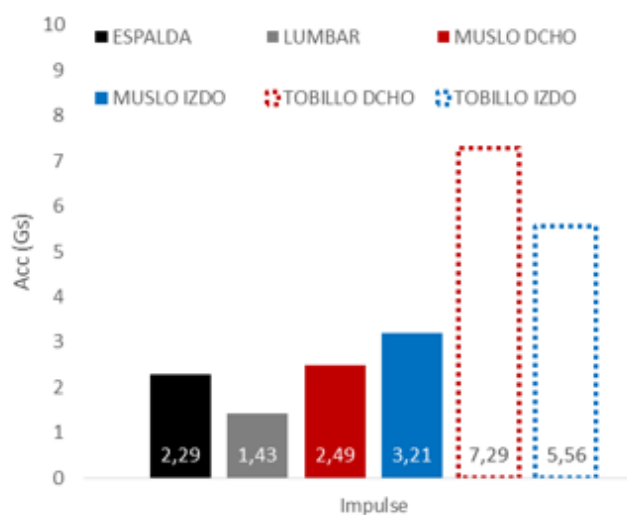


Источник: Собственная разработка с устройствами WIMU, Realtrack Systems S.L.



На рисунке 7 описывается динамика этого прыжка, зафиксированная каждым из датчиков, расположенных в указанных областях. С помощью этого метода вы получаете, например, ускорение измеряется в G в различных зонах. Часть, которая несет большую нагрузку лодыжки, как в импульсе и в посадке. Таким образом, различия между двумя конечностями могут быть установлены в прыжке, в фазе импульса и в фазе посадки.

Рисунок 7: Ускорение измеряется во время прыжков в различных анатомических областях

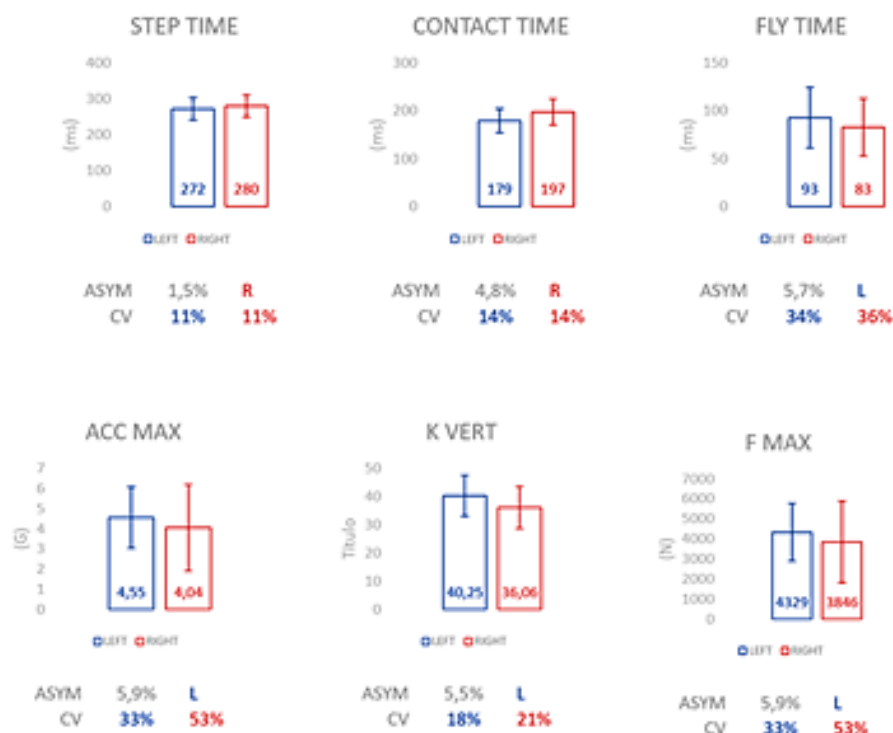


Источник: Собственная разработка (вместе с Xavi Reche) с устройствами WIMU, Realtrack Systems S.L.

Espalda	Спина
Lumbar	Поясница
Muslo Dcho	Правое бедро
Muslo izdo	Левое бедро
Tobillo dcho	Правая щиколотка
Tobillo izdo	Левая щиколотка
Acc (Gs)	Ускорение (G)
Impulse	Импульс

С другой стороны, эти системы позволяют анализировать последствия во время гонки. На рисунке 8 показан отчет, генерируемый системой WIMU, в котором анализируется влияние линейной гонки во время спринта.

Рисунок 8: Результаты, полученные при измерении линейного спринта



Источник: Собственная разработка (вместе с Xavi Reche) с устройствами WIMU, Realtrack Systems S.L.

Step time	Время шага
Contact time	Время контакта
Fly time	Время пролёта
Acc Max	МАКС УСКС
K vert	ВЕРТ РИГИД
F max	МАКС СИЛА
Ms	(мс)
Asym	ASYM
Cv	КВ
L	Л
(G)	(G)
Titulo	Название
(N)	(N)
Right	Правая
Left	Левая

Проанализированы переменные: время каждого шага, время контакта и полета, ускорение и максимальная сила. Кроме того, отмечается вертикальная жесткость, которая отличает работоспособность обеих конечностей. Это устанавливает процентное значение симметрии и коэффициент изменения между ними.

Еще один тест, который выполняется является курс Navette тест. Применяется 8 минут только для того, чтобы знать уровень субмаксимной аэробной устойчивости игрока. Устройства WIMU

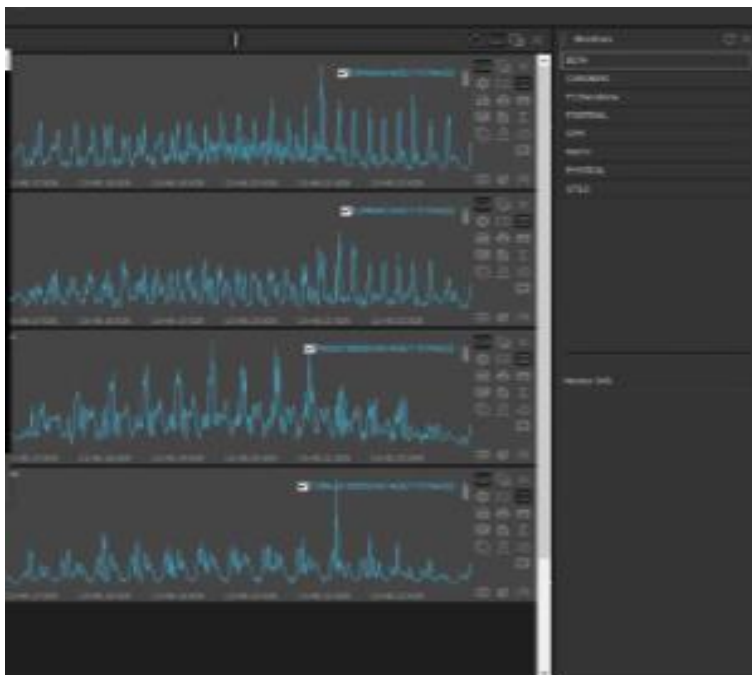


позволяют выполнять, в дополнение к измерению сердечного ритма во время теста, тест шагов для измерения поведения обеих конечностей, как мы показали в примере спринта.

С другой стороны, вы также можете проанализировать реакцию вертикальной жесткости игрока на определенные стимулы тренировки или конкуренции, и установить, есть ли различия, вызванные усталостью. Наши доказательства (неизданные данные) указывают на то, что жесткость поведения может помочь в обнаружении усталости.

Рисунок 9 отражает ускорение гонки на полной скорости (датчики были расположены в тех же анатомических зонах, что и на предыдущем рисунке).

Рисунок 9: Ускорение поведения в различных анатомических областях во время максимальной гонки

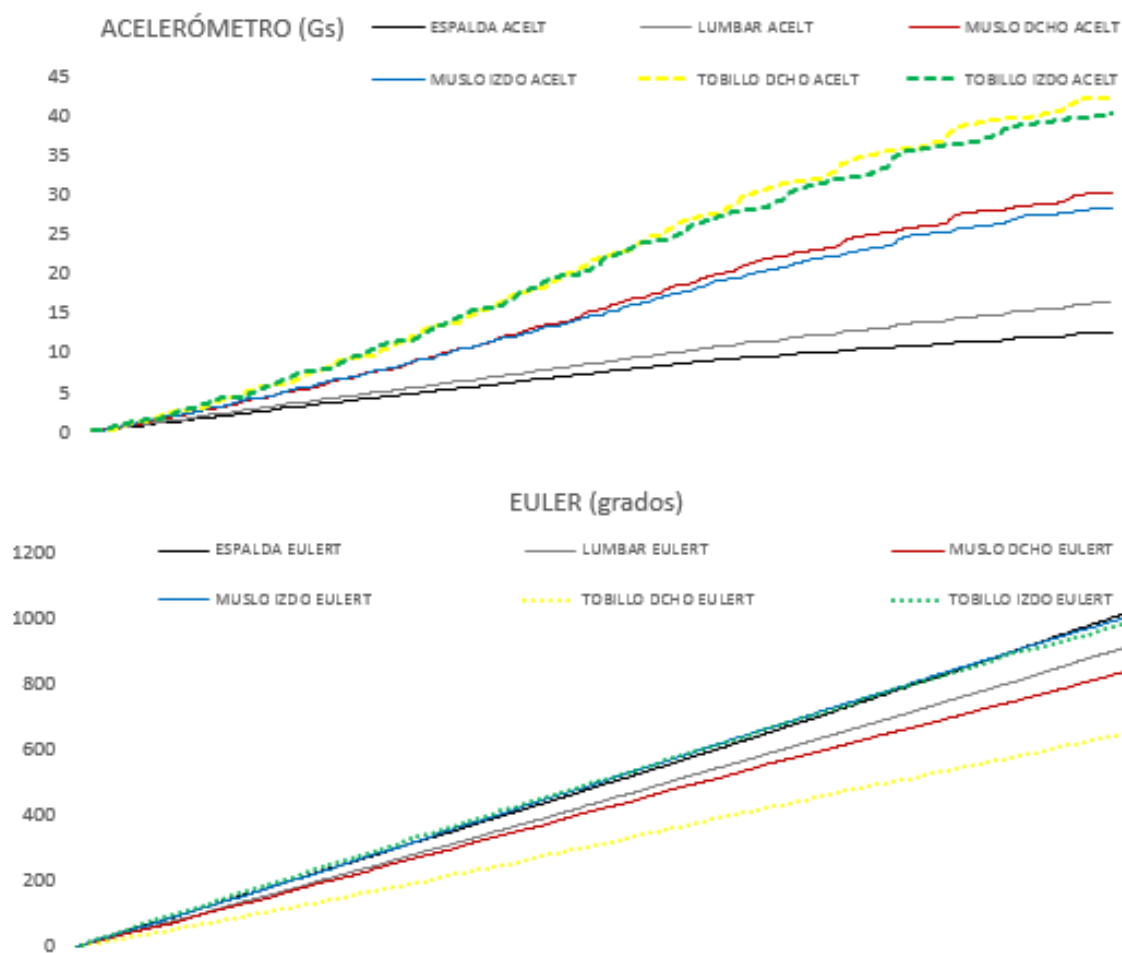


Источник: Собственная разработка (вместе с Xavi Reche) с устройствами WIMU, Realtrack Systems S.L.

Анализ этих данных (рисунок 10), сравнивая ускорение, измеренное в G, показывает минимальные различия между теми же анатомическими областями двух конечностей. Однако эти различия заметны и поэтому актуальны.

Рисунок 10: Сравнение по ускорению и Euler (степени) поведения между различными анатомическими зонами во время максимальной гонки





Источник: Собственная разработка (вместе с Xavi Reche) с устройствами WIMU, Realtrack Systems S.L.

Acelerometro (gs)	АКСЕЛЕРОМЕТР (G)
Espalda acelt	Спина Акселерометр
Lumbar acelt	Поясница акселерометр
Muslo dcho acelt	Правое бедро акселерометр
Muzlo izdo acelt	Левое бедро акселерометр
Tobillo dcho acelt	Правая щиколотка акселерометр
Tobillo izdo acelt	Левая щиколотка акселерометр
Euler (grados)	ЭЙЛЕР (степени)
Espalda eulert	Спина Эйлер
Lumbar eulert	Поясница Эйлер
Muslo dcho eulert	Правое бедро Эйлер
Muslo izdo eulert	Левое бедро Эйлер
Tobillo dcho eulert	Правая щиколотка Эйлер
Tobillo izdo eulert	Левая щиколотка Эйлер

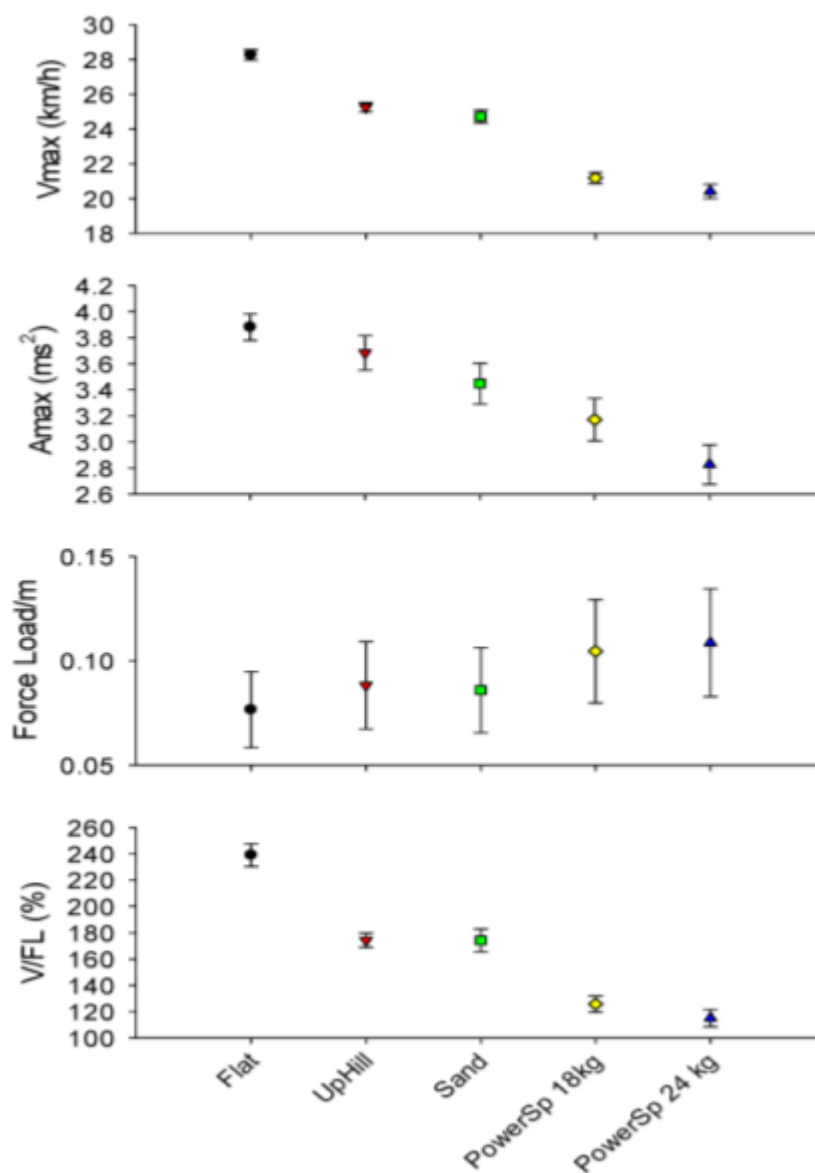
Разница в классах между двумя лодыжками, скорее всего, соответствует дефициту спинной слёрки одной из них. Гомес-Кармона и его сотрудники в 2019 году подтвердили



использование этих устройств для такого рода измерений. Опять же, предлагаемые тесты поддерживаются научной литературой.

Со своей стороны, Бухейт и Симпсон (2017) провели анализ спринта на 15 метров в разных условиях: плоская поверхность, поверхность со склоном 4%, песчаная поверхность и машина с сопротивлением 18 и 24 кг, что позволило имитировать гонку. Они искали переменную, которая имела наибольшее значение на каждой из поверхностей, и, таким образом, например, как максимальная скорость, так и максимальное ускорение были достигнуты в спринте 15 метров в плоскости. Однако в последнем из предложенных условий (машина сопротивления с двумя разными нагрузками) появилось более высокое силовое производство.

Рисунок 11: Анализ гонки на 15 метров в разных условиях



Источник: Бухейт и Симпсон, 2017, стр. 39.

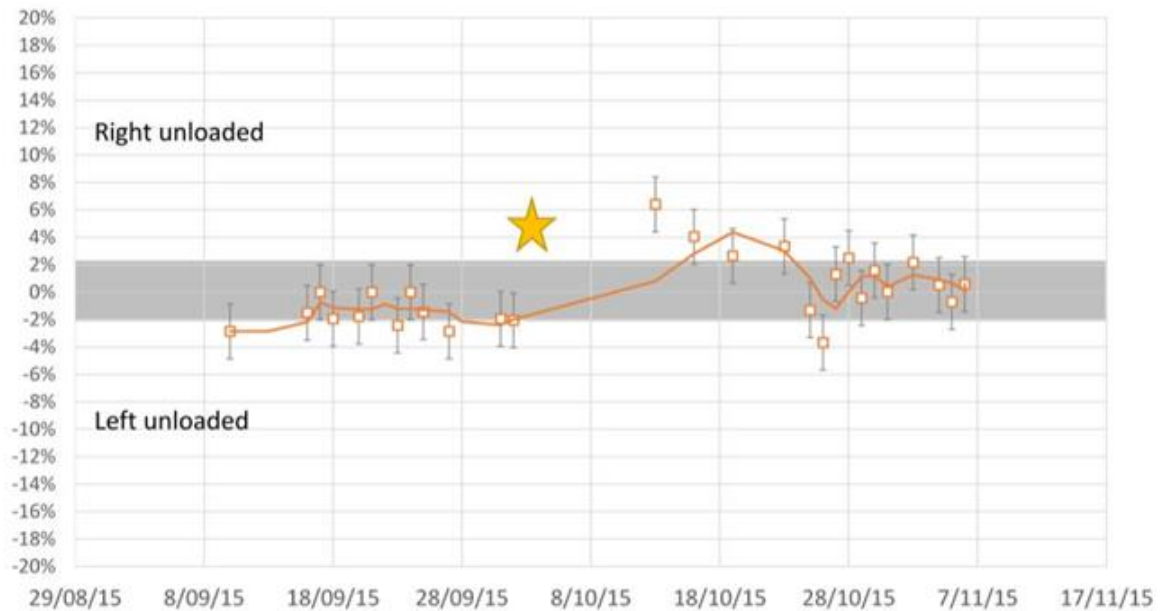
Vmax (Km/h)	Макс скорость (км/ч)
-------------	----------------------



Amax (ms ²)	Макс ускорение (мс ²)
Force load/m	Сила Нагрузки/м
VFL (%)	Скорость/Сила Нагрузки(%)
Flat	Плоская
UpHill	С наклоном
Sand	Песок
PowerSp 18kg	Машина сопротивлением. 18кг
PowerSp 24 kg	Машина сопротивлением. 24кг

Другим практическим применением этих устройств является анализ задачи или тренировки игрока, который получил травму лодыжки. Таким образом, данные о предварительной травме сравниваются с текущими данными в аналогичных условиях, которые получены в процессе реабилитации. Рисунок 12 показывает, как игрок в стадии изучения была аналогичная нагрузка на обе лодыжки до травмы. Однако, сразу после травмы правой лодыжки, меньше силы производства наблюдается в нем (снижение поддерживаемой нагрузки) по сравнению с невредимым лодыжки. Впоследствии эволюция процесса возврата к игре позволяет стабилизировать производство силы (поддерживаемой нагрузки) в обеих конечностях.

Рисунок 12: Различия в нагрузке на нижние конечности у травмированного голеностопного сустава



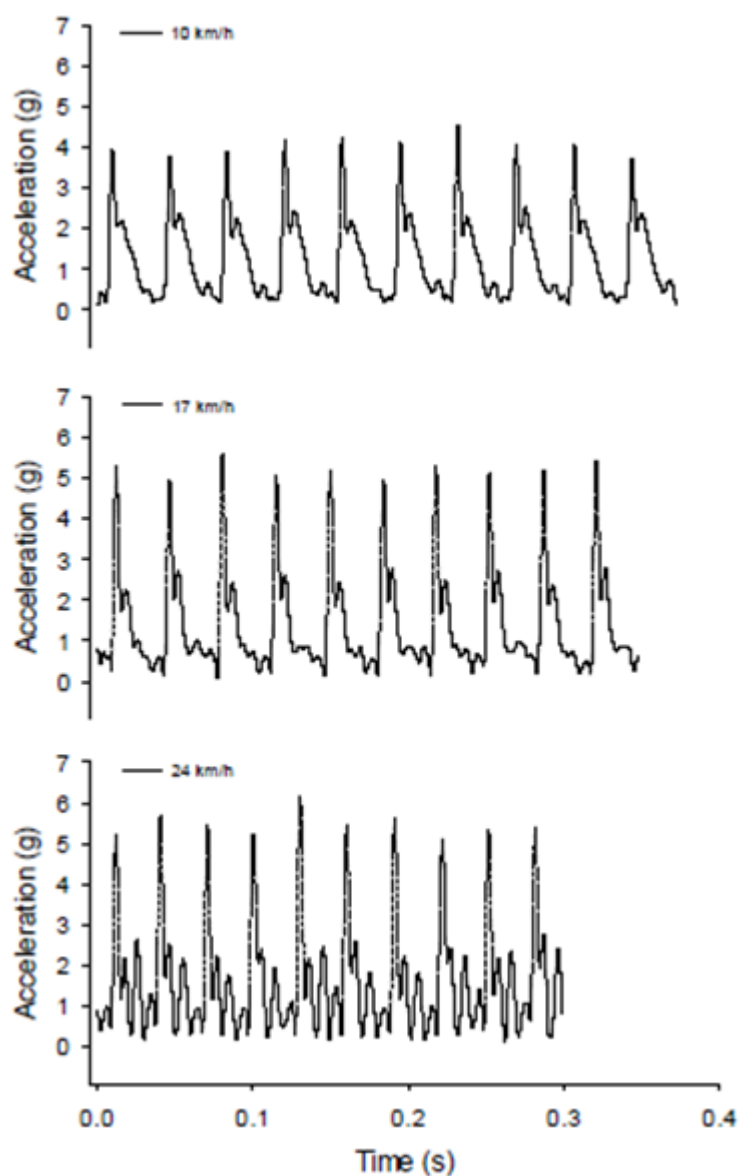
Источник: Бухейт и Симпсон, 2017, стр. 40.

Righ unloaded	Правая без нагрузки
Left unloaded	Левая без нагрузки



Другая интересная публикация того же автора (Buchheit, Gray and Mor'n, 2015) анализирует десять карьерных шагов при трех различных интенсивностях скорости, используя инерционные системы.

Рисунок 13: Анализ ускорения в G в гонке с разной интенсивности



Источник: Buchheit et al., 2015.

Acceleration (g)	Ускорение (g)
Time (s)	Время (с)
Km/h	Км/ч

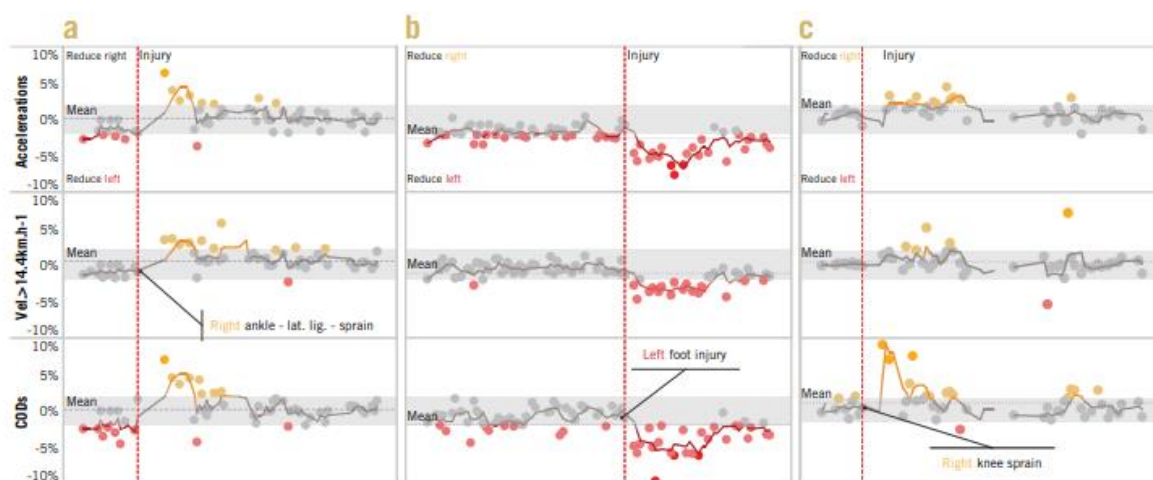
Основной вывод этого исследования заключается в том, что инерционные системы позволяют оценить время контакта и вертикальную жесткость (жесткость) во время гонки. Кроме того,



они позволяют контролировать нервно-мышечную усталость и производительность в видах спорта, которые основаны на гонке.

В другой публикации, Lacombe, Симпсона и Buchheit (2018) использовать эти системы для мониторинга и оценки адаптации, сделанные до, после и во время процесса переподготовки конкуренции в различных видах травм. Для этого они анализируют различные переменные, такие как расстояние, скорость высокой интенсивности и изменения направления (рисунок 14).

Рисунок 14: Примеры эволюции симметрии в различных переменных до, во время и после травмы



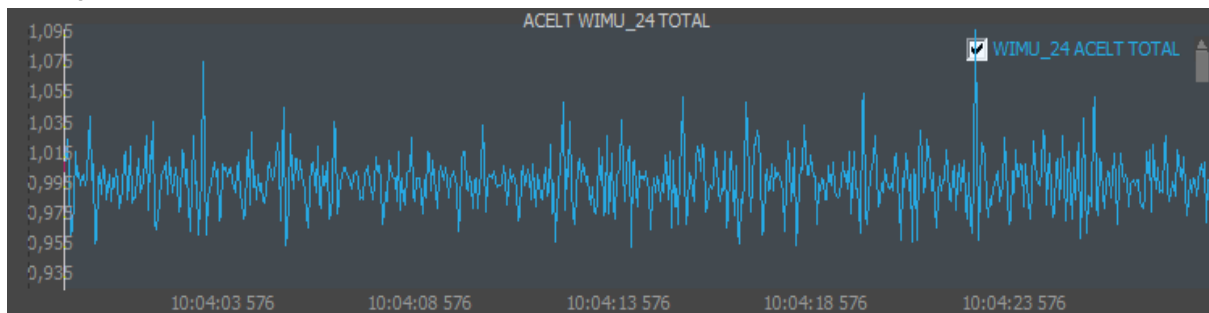
Источник: Lacombe, Simpsons и Buchheit, 2018, стр. 62.

a	a
b	б
c	в
Accelerations	Ускорения
Reduce right	Уменьшить правую
Reduce left	Уменьшить левую
Mean	Средняя
Injury	Травма
Right ankle. Lat. Lig - sprain	Правая лодыжка – боковая связка - растяжение
Left foot injury	Травма левой ноги
Right knee sprain	Растяжение правого колена

Помимо представленных испытаний, инерционные устройства позволяют оценить стабильность ядра. Были выполнены различные упражнения с участием ядра и рассчитан коэффициент вариации (CV) общего сигнала ускорения. Таким образом, был создан ряд, указывающих, косвенно, на стабильность, требуемую этим мероприятием: чем больше результат получил, тем сложнее для ядра (рисунок 15).



Рисунок 15: Коэффициент вариации основного упражнения стабильности, выполняемого в четвероногих

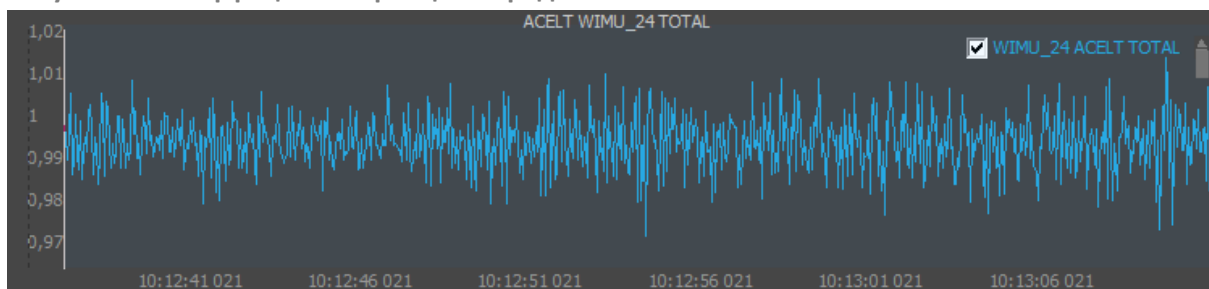


Источник: Собственная разработка с устройствами WIMU, Realtrack Systems S.L.

Acelt Wimu_24 total

УСК WIMU_24ОБЩ

Рисунок 16: Коэффициент вариации передней пластины

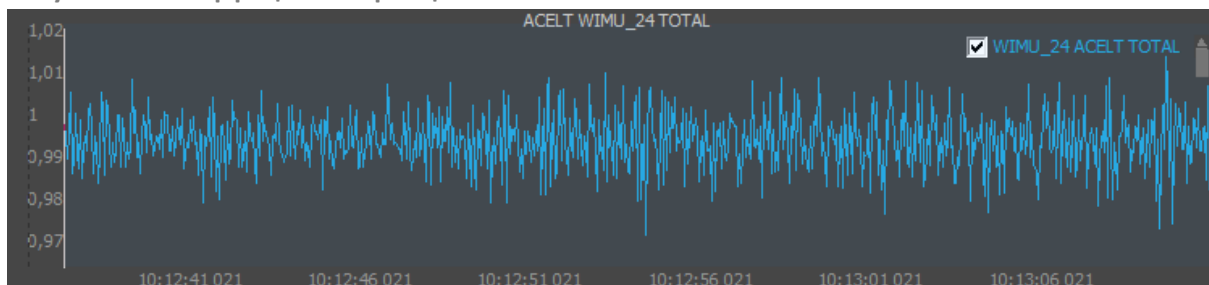


Источник: Собственная разработка с устройствами WIMU, Realtrack Systems S.L.

Acelt Wimu_24 total

УСК WIMU_24ОБЩ

Рисунок 17: Коэффициент вариации боковой пластины



Источник: Собственная разработка с устройствами WIMU, Realtrack Systems S.L.

Acelt Wimu_24 total

УСК WIMU_24ОБЩ

На рисунке 15 показан коэффициент вариации (CV x 1.74) низкоинтенсивного основного упражнения по обеспечению стабильности, выполняемого в квадрокоптерах. Рисунок 16, с другой стороны, отражает прогрессирование предыдущего упражнения (передняя пластина) и получает резюме 0,64. Рисунок 17 обеспечивает возобновление поведения в упражнении



боковой пластины, которое имеет значение, равное 0,91. Это позволяет создать объективную прогрессию для миоки. Опять же, научная литература служит нам одобрить использование инерционных систем для анализа различных элементов, в данном случае, стабильности ствола (Бастида-Кастильо, Гомес-Кармона, Рече-Сото, Гранеро-Гиль и Пино Ортега, 2018).

Эта же идея применяется в резюме для измерения стабильности, баланса в различных упражнениях, а также для установления уровня вызова каждой из них (1 или 2 опоры, использование дестабилизирующего материала, изменение центра тяжести и т.д.). В данном случае до сих пор нет научных доказательств.

Кроме того, диапазон движения может быть измерен, либо путем выполнения сгибания бедра или спинной лодыжки. Это позволяет определить степень движения. Тест на сгибание тазобедренного сустава также был изучен с использованием инерционных систем, как и в случае с Миуог в 2017 году.

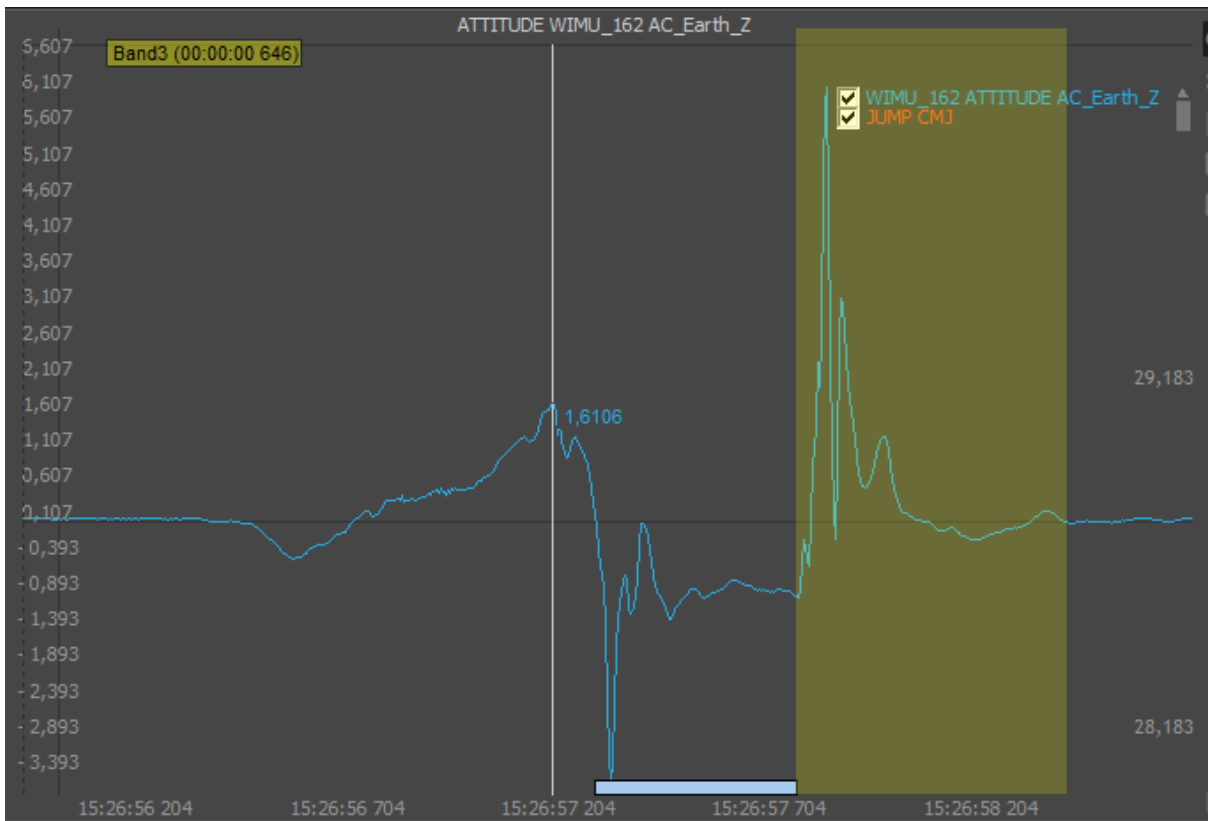
Следующий тест (рисунок 18) измеряет динамическую стабильность посадки на одну ногу в прыжке (СМЖ). Время, необходимое для расчета стабилизации, после выполнения прыжка. Эта проверка, в дополнение к выявлению возможного дефицита стабилизационных мощностей, помогает в процессе переподготовки травмы. Этот тест не является научно подтвержденным.

Эти устройства также позволяют измерить следующие элементы:

- силы, внесенные в изменения направления и установить возможные дефициты между конечностями, а также сравнить значения между различными игроками, которые выполняют ту же задачу;
- сила, произведенная на приседании, выполняемая на машине Смита с различными нагрузками, дифференцировать концентрическую фазу и эксцентричную фазу;
- ускорения и замедления в различных областях интенсивности (рисунок 19) и
- механическая нагрузка игрока, бегущего по ленте с разной интенсивности (рисунок 20).

Рисунок 18: Динамическая устойчивость посадки (время стабилизации) на одной ноге в прыжке СМЖ



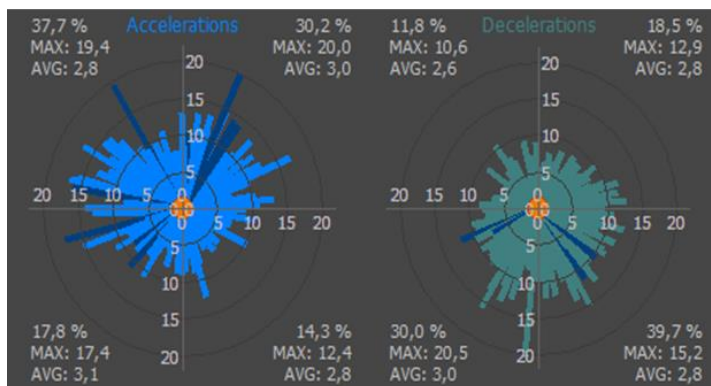
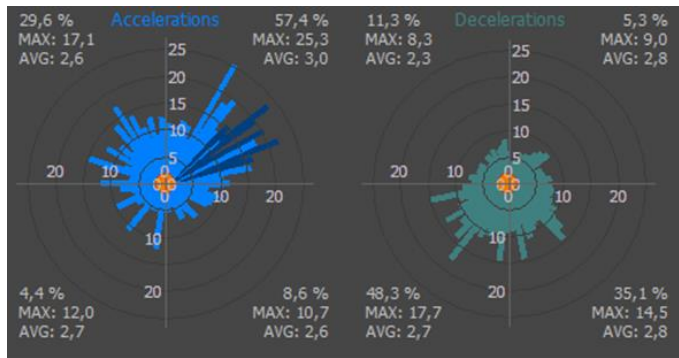


Источник: Собственная разработка с устройствами WIMU, Realtrack Systems S.L.

Attitude WIMU_162 Ac_Earth_Z	ATTITUDE WIMU_162 Ac_Earth_Z
Jump (M)	Прыжок CMJ



Рисунок 19: Ускорения и замедления в техническом и тактическом занятии игрока на этапе переподготовки

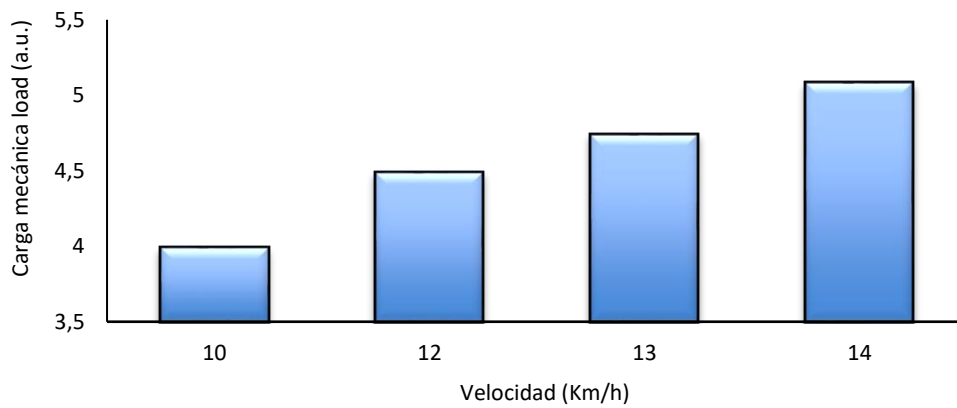


Источник: Собственная разработка с устройствами WIMU, Realtrack Systems S.L.

Accelerations	Ускорения
Decelerations	Замедления
Max	Макс
Avg	Сред

Рисунок 20: Механическая нагрузка в гонке на ленте с разной интенсивности на этапе переподготовки к соревнованиям игрока





Источник: Собственная разработка с устройствами WIMU, Realtrack Systems S.L.

Carga mecánica load (a.u)	Механическая нагрузка (y.e.)
Velocidad (Km/h)	Скорость (км/ч)



Ссылки

Бастида-Кастильо, А., Гомес-Кармона, К., Рече-Сото, Г., Гранеро-Гиль, П. и Пино Ортега, Д. (2018). Оценка устойчивости ствола с помощью инерционного устройства. Вызовы: новые тенденции в области физической культуры, спорта и отдыха, 33, 199-203.

Buchheit, M., и Симпсон, В.М. (2017). Технология отслеживания игроков: Полупустое или полупустое стекло? Международный журнал спортивной физиологии и производительности, 12(2), 35-41. doi: 10.1123/ijspp.2016-0499

Буххейт, М., Грей, А. и Морин, Ж. В. (2015). Оценка переменных шага и вертикальной жесткости с помощью GPS-встроенных акселерометров: Предварительные исследования для мониторинга нервно-мышечной усталости на поле. ©журналист спортивной науки и медицины, 14, 698-701. Восстановлено после <http://www.jssm.org>

Гомес-Кармона, К.Д., Бастида-Кастильо, А., Гонсалес-Кустодио, А., Ольчина, Г. и Пино-Ортега, Д. (2019). Использование инерционного устройства (WIMU PRO) для количественной оценки нервно-мышечной нагрузки в беге: надежность, конвергентная достоверность и влияние типа поверхности и местоположения устройства. Научно-исследовательский журнал силы и кондиционирования 00(00)/1-9а. Национальная ассоциация прочности и кондиционирования.

Лаком, М., Симпсон, Б. и Буххейт, М. (2018). Все еще на дороге в Рим (Часть 1), 55-63.

Лам, В.К., Ву, Д., Либенберг, Д.Н., Ченг, Д., Рю, Пи Джей, Ен, С., и Парк, С.К. (2015). Tibial ускорения и силы наземной реакции в баскетбольной обуви с разных высот посадки. Обувь Наука, 7(1), 21-23. Doi: 10.1080/19424280.2015.1036941

Муйор, Дж. (2017). Действительность и надежность нового устройства (WIMU®) для измерения разгибамости мышц подколенного сухожилия. Международный журнал спортивной медицины, 38(09), 691-695. Doi: 10.1055/s-0043-108998

Пино-Ортега, Ж., Гарсия-Рубио, Ж., и Ибаньес, С. (2018). Действительность и надежность инерционного устройства WIMU для оценки вертикального прыжка. PeerJ, 6, e4709. doi: 10.7717/peerj.4709

