



Módulo 2. Plataformas de fuerza, de perfiles y detección de cambios a cálculos con raw data



☰ 2.Plataformas de fuerza, de perfiles y detección de cambios a cálculos con raw data

☰ Referencias

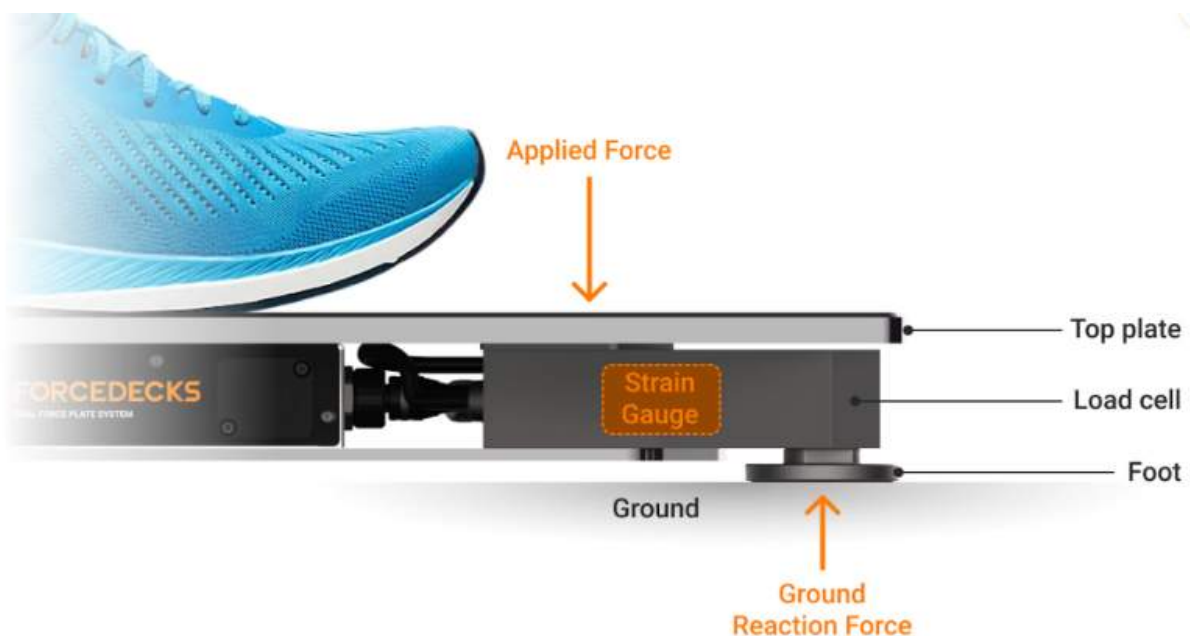
2. Plataformas de fuerza, de perfiles y detección de cambios a cálculos con raw data

Durante diversos cursos del certificado, hemos mencionado las plataformas de fuerza como tecnología utilizada para el registro de datos en el contexto del Sport Scientist. Hemos utilizado datos de muestra en múltiples ejemplos para realizar análisis y se han descrito algunos de los protocolos y variables específicas. En este documento, vamos a aportar información sobre las especificaciones de la tecnología, su rango de posibilidades a nivel de batería de *test* y sus aplicaciones en el día a día orientadas a la toma de decisiones, buscando la mejora de rendimiento de los jugadores.

Las plataformas de fuerza, a diferencia de las plataformas de salto, son plataformas que están equipadas con sensores. Estos sensores miden las fuerzas de reacción contra el suelo (*Ground Reaction Forces*, GRF) del sujeto que está realizando saltos o distintas acciones encima de ellas. Estos sensores son también llamados células de carga (Lamkin-Kennard; Popovic, 2019). Por lo tanto, este dispositivo ya no solo permite medir el tiempo que el sujeto no está en contacto con la plataforma (como en el caso de las plataformas de salto tradicionales)

sino que, a partir de la señal de fuerza obtenida mediante los sensores y el peso del sujeto realizando los *test*, podremos calcular parámetros derivados que nos informen sobre distintas propiedades de la ejecución del *test* (velocidad, desplazamiento, aceleración, potencia, etc.).

Figura 1: Plataformas de fuerza



Fuente: Clubb, 2023. <https://bit.ly/3WKd5RA>

Además, es habitual con la tecnología actual, disponer de dos dispositivos conectados entre ellos, donde, en la mayoría de protocolos de *test*, cada una de las piernas se coloca en uno de los dispositivos, permitiendo cálculos de asimetrías y detección de diferencias en la producción de fuerza durante los distintos protocolos.

Se trata de una tecnología que ha conseguido mayor portabilidad en los últimos años. En los inicios de su implementación, los *test* debían ser ejecutados en condiciones de laboratorio, ya que la plataforma debía ser ubicada en un lugar específico y fijo para que los sensores no perdieran su calibración y las mediciones fueran válidas. Aunque estas condiciones tan estrictas no se mantengan en la actualidad, hay una serie de consideraciones, que veremos a continuación, que debemos tener en cuenta al utilizar esta tecnología para garantizar sus correctos resultados.

- La ubicación que escogemos para realizar los *test* debe ser una superficie firme y nivelada.
- Debemos realizar la calibración del dispositivo antes de cada sesión de *test*. Los *software* permiten esta opción antes de realizar cualquier registro.
- Debemos asegurarnos de que medimos correctamente el peso del jugador que va a realizar la prueba (en aquellas pruebas donde el jugador se coloque encima completamente de las plataformas). La mayoría de las variables o resultados que ofrece el *software* utilizan el peso del jugador para sus cálculos.

Aunque no estén relacionadas con la sensibilidad de la herramienta, debemos recordar que para garantizar la calidad del dato en cualquier tipo de *test* que realicemos, debemos establecer un correcto protocolo y garantizar condiciones suficientemente estándar antes del registro. Estos parámetros deberán ser repetidos de manera consistente si evaluamos al jugador en múltiples ocasiones.

Opciones de test —

De la misma manera que cualquier otra tecnología utilizada en el rendimiento deportivo, las plataformas de fuerza son la herramienta utilizada, dependerá de nuestros objetivos como Sport Scientists seleccionar qué *test* o pruebas nos proporcionan la información necesaria para ayudar a responder las preguntas que nos planteemos. En función de nuestra metodología de entrenamiento y el contexto en el que trabajemos, seleccionaremos una batería de pruebas u otra que nos permita evaluar cualidades específicas.

Un ejemplo es el caso que describen Schuster, Bove y Little (2020) en un equipo de baloncesto. En el artículo describen cómo utilizan una gran variedad de *test* utilizando plataformas de fuerza. *Countermovement Jumps* (CMJ), para la valoración de las cualidades físicas asociadas con el desempeño en el salto y saltos unipodales para aportar información específica de una lateralidad u otra. También utilizan estos *test* para obtener valores de referencia en caso de lesión. Squat Jumps (SJ), para aislar la parte concéntrica del movimiento y aportar información sobre posibles ineficiencias en la producción de fuerza al compararlo con movimientos que incluyen la parte excéntrica. Utilizan también Drop Jump (DJ) y *test* de saltos repetidos, ya que tienen similitud con acciones específicas del deporte y, por lo tanto,

aportan información sobre fases del salto determinantes para el rendimiento. Finalmente, también utilizan *test* de aterrizaje, otra acción específica del deporte, los cuales permiten obtener información sobre estabilidad y equilibrio.

Aunque en la mayoría de los casos los *test* en plataformas de fuerza estén relacionados con valoraciones del tren inferior, existen *test* específicos para valorar la fuerza en el tren superior y su relación con movimientos específicos en el deporte (Ashworth et al., 2018).

Esta herramienta no solo puede ser usada para la valoración del rendimiento o progreso durante el proceso de vuelta a competición, sino que puede ser una herramienta de control o guía durante el proceso de entrenamiento, es decir, puede ser usada para medir que el entrenamiento prescrito se está realizando a la intensidad adecuada. De la misma manera que podríamos utilizar *encoders* para el entrenamiento de fuerza, si utilizamos una metodología de entrenamiento basada en las contracciones isométricas, las plataformas de fuerza nos pueden proveer *feedback* instantáneo del desempeño del jugador durante cada uno de los ejercicios planteados. Natera (2024) provee gran cantidad de información práctica para utilizar esta herramienta durante los procesos de *test* y entrenamiento utilizando esta metodología.

De la misma manera que hemos establecido una serie de consideraciones para utilizar la herramienta, queremos destacar los requerimientos generales antes de administrar cada *test* para garantizar la mayor calidad y fiabilidad de los resultados posible. Debemos considerar el tiempo de familiarización de los *test*, el cual puede variar en cada uno de ellos según la complejidad de la acción y la experiencia del jugador. El tiempo de administración del *test* marcará la viabilidad de su implementación y también, la frecuencia de su registro a lo largo de la temporada. Finalmente, debemos buscar aquellos *test* que aporten información distinta o complementaria, si utilizamos múltiples *test* que aporten información similar, no estaremos siendo eficientes en nuestro protocolo de registro de datos, no obtendremos mayor contexto para


tomar decisiones y tendremos el riesgo de causar mayor rechazo a la realización de *test* por parte de los jugadores con los que trabajamos.

Para este módulo, únicamente describiremos los procesos de análisis de datos relacionados con el *test* CMJ, ya que es uno de los *test* más extendidos en el ámbito de la valoración del rendimiento físico (Bishop et al., 2023).

Además, la gran cantidad de variables que podemos obtener permite poder utilizar cada una de ellas para tomar decisiones sobre distintas áreas relacionadas con el rendimiento físico y que ayudarán en la toma de decisiones en cada una de ellas.

En esta visualización de Bishop et al. (2023), podemos ver cómo se clasifica cada una de las métricas, teniendo en cuenta las particularidades de cada una, en función de su objetivo.

Figura 2: Clasificación de las métricas en función de su objetivo




PERFORMANCE PROFILING

Purpose: to assess associations with other measures of performance

Metric	What it Assesses
Jump height [cm]	Vertical displacement of the athlete's center of mass
Peak power [W]	Highest rate of doing work during the jump
Mean propulsive force [N]	Mean force produced during ascent
Propulsive impulse [Ns]*	Product of force and time during ascent

Output metrics, including the metrics above, correspond with physical capacities that benefit sport performance, including strength, linear speed, and change-of-direction ability.




NEUROMUSCULAR FATIGUE

Purpose: to detect when neuromuscular fatigue is present

Metric	What it Assesses
Reactive Strength Index (RSI) Modified*	Ratio of output (jump height) to time spent to produce the output (contraction time)
Time to take-off [s]	Total duration from initiation of movement to take-off
Propulsive phase duration [s]	Time spent during ascent (prior to take-off)
Time to peak power [s]*	Amount of time it takes before the greatest amount of power is produced

Time-based metrics, including the metrics above, correspond with acute neuromuscular fatigue (induced by intense physical activity).



RETURN FROM INJURY

Purpose: to assess post-injury progress and preparedness for return to sport

Metric	What it Assesses
Peak propulsive force [N]	Greatest amount of force produced during ascent
Peak landing force [N]	Greatest amount of force produced upon landing from the jump
Landing impulse [Ns]*	Product of force and time during landing from the jump
Asymmetry [%]	Differences in metric outcomes between limbs

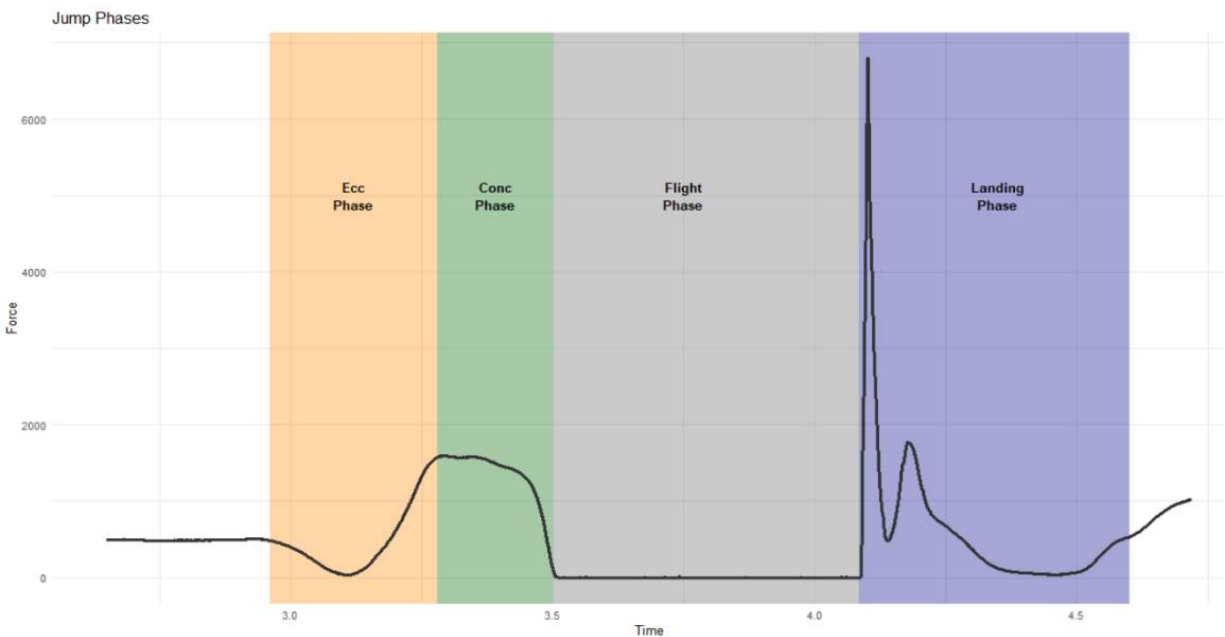
Deceleration, landing, and inter-limb asymmetry metrics can differentiate between athletes with and without injuries.

*Ensure all component parts are concurrently monitored to understand what is driving any changes in data over time

Fuente: Bishop et al., 2023, p. 6.

Esta clasificación se realiza a partir del conocimiento de qué información proporciona cada una de las métricas. Debemos tener en cuenta que la señal que se obtiene de las plataformas (*raw data*) es una señal continua. Los cálculos realizados sobre esa señal darán lugar a las métricas, las cuales muestran el «cómo» se ha realizado el salto. Este aspecto es el que se relaciona con cada uno de los objetivos que se plantean en las investigaciones. Puede ser relevante conocer los cálculos a partir de los cuales llegar a cada una de las métricas, pero es fundamental conocer aquella información que proporcionan si las queremos utilizar para la toma de decisiones en cada uno de los grupos que se muestran.

Figura 3: Fases de salto



Fuente: elaboración propia.

Detección de cambios

Hemos hablado durante el curso de distintos métodos de análisis para visualizar tendencias a lo largo del tiempo en los distintos resultados de *test* obtenidos. En este módulo, hablaremos sobre la detección de aquellos cambios significativos en los resultados de múltiples *test*. En este apartado destacaremos los procesos para determinarlo y en el material de video podremos encontrar la implementación utilizando RStudio.

En ciencias del deporte, habitualmente se utilizan enfoques basados en la «*Magnitude Based Inferences*» (MBI) para determinar cambios en lugar de utilizar análisis estadísticos que utilicen el enfoque de la hipótesis nula (Buchheit, 2017). Este enfoque, en lugar de determinar si han existido

cambios con un «sí o no», permite determinar las probabilidades de manera cuantitativa de que ese cambio sea real o significativo.

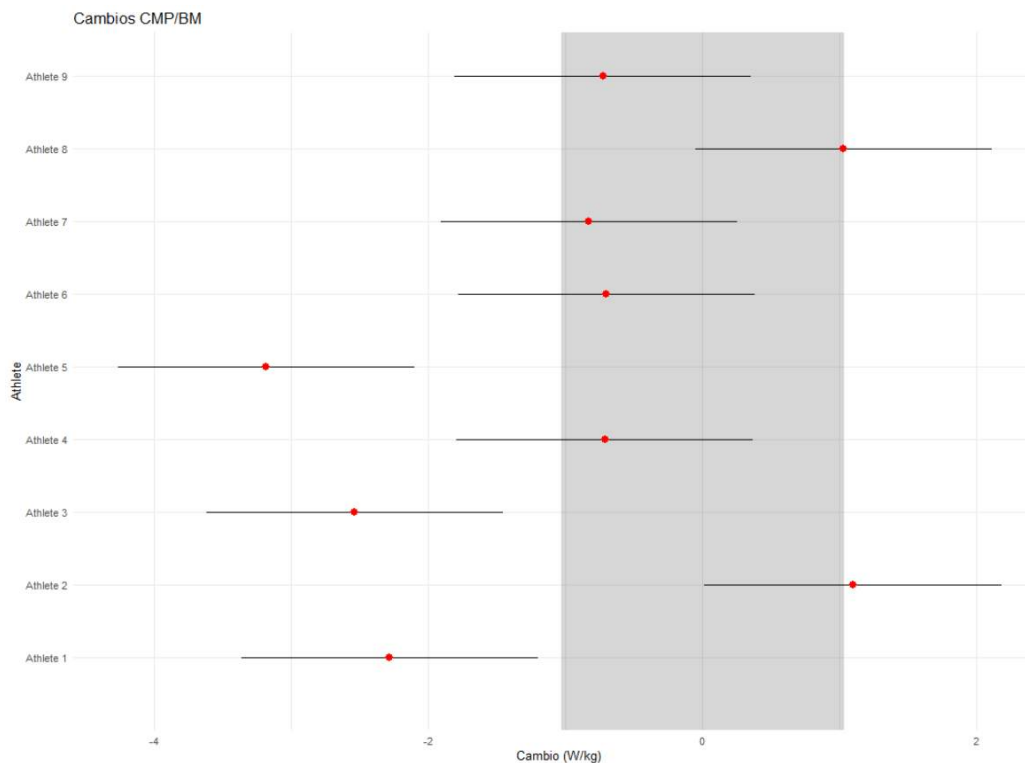
Como hemos repetido en múltiples ocasiones durante el curso, los jugadores presentan un cierto grado de variabilidad en los resultados de los *test* que realizan, esta variabilidad viene dada por el error del instrumento y también por pequeñas fluctuaciones diarias en el estado de preparación del jugador o su fatiga. Por lo tanto, si únicamente valoramos si ha habido un cambio en el resultado de un *test*, no tenemos la suficiente información para constatar que este cambio haya sido significativo. Para determinar si ha existido un cambio significativo en el rendimiento, debemos calcular el «*Smallest Worthwhile Change*». Será aquel umbral a partir del cual podemos considerar si el cambio que estamos observando es real.

Para calcular ese umbral, debemos considerar la población y el tipo de deporte en el que trabajamos, pero como regla general, se considera que el SWC se debe establecer como 0.2 multiplicado por la desviación estándar entre sujetos para cada *test* (Hopkins, 2004). Esto tiene su fundamentación en que se trataría de un cambio suficientemente significativo para que el jugador se moviera dentro de la distribución de puntuaciones del grupo en el que se encuentra.

Sin embargo, eso no es todo lo que debemos tener en cuenta, como hemos mencionado anteriormente, cada uno de los *test* tiene cierta variabilidad, debemos considerar y cuantificar esa variabilidad antes de determinar cuál ha sido la magnitud del cambio. Para ello, podemos utilizar el coeficiente de variación (CV) entre *test* para cada jugador en medidas repetidas como puede ser un salto. Si ese CV es mayor que el valor de SWC, podemos utilizar el CV como medida para determinar ese cambio.

Con esta información, tenemos los pasos a seguir para aplicar estas consideraciones a nuestros resultados y determinar qué funciones usando RStudio necesitaremos para analizar y visualizar los datos de manera oportuna.

Figura 4: Cambios CMP/BM



Raw data

Una vez más, estas herramientas ponen a nuestra disponibilidad el *raw data* a partir del cual las métricas se han obtenido, en algunos contextos podríamos no disponer del *software* de análisis de los datos específico y podría ser necesario realizar los cálculos desde cero utilizando RStudio.

Tener la capacidad de tratar con la señal *raw data* y poder realizar análisis complementarios, elimina cualquier limitación que tenga el *software* específico de la herramienta. Debemos conocer cómo realizar los cálculos pertinentes y qué pasos debemos seguir en RStudio para conseguir el resultado deseado. Vimos en cursos anteriores, concretamente en el análisis de *raw data*, una visualización sobre la curva fuerza-velocidad calculada a partir del *raw data* de un salto CMJ. Este análisis permite aportar información

sobre la fatiga del jugador (Gathercole et al., 2015) a partir de la identificación de cambios en la producción de fuerza a lo largo de la serie temporal.

Todos los cálculos de variables vienen dados a partir del *raw data* de la señal de fuerza. La aceleración se obtiene a partir del conocimiento de la fuerza y la masa a lo largo del tiempo, con esta información podemos obtener la velocidad. Finalmente, con la señal de fuerza y velocidad podemos obtener la potencia. A partir de estas señales, podemos obtener las métricas derivadas o «*features*». Cuando se cumplan «x» condiciones determinaremos que se trata de una fase u otra del salto y con estas fases identificadas podemos calcular aquellas métricas que vemos en literatura y que pueden ser importantes para nuestro contexto, como el impulso en la fase concéntrica, el «*rate of force development*» o el «*concentric peak power*».

McHugh et al. (2020), propone utilizar la señal de fuerza durante el salto para determinar si existe un perfil más eficiente de producción de fuerza durante el movimiento. Como vemos en el gráfico a continuación, clasifica a los jugadores en función de las características de producción de fuerza y permite determinar qué jugadores de qué grupo son capaces de producir mayores resultados, indicando posibles características que beneficien ese *output*. Este es un ejemplo más de cómo utilizar el *raw data* para aportar información cuantitativa y cualitativa sobre la ejecución del salto, la cual repercute positivamente en el rendimiento del jugador.

Figura 5: Perfiles de salto GRF para diferentes tipos de saltos observados

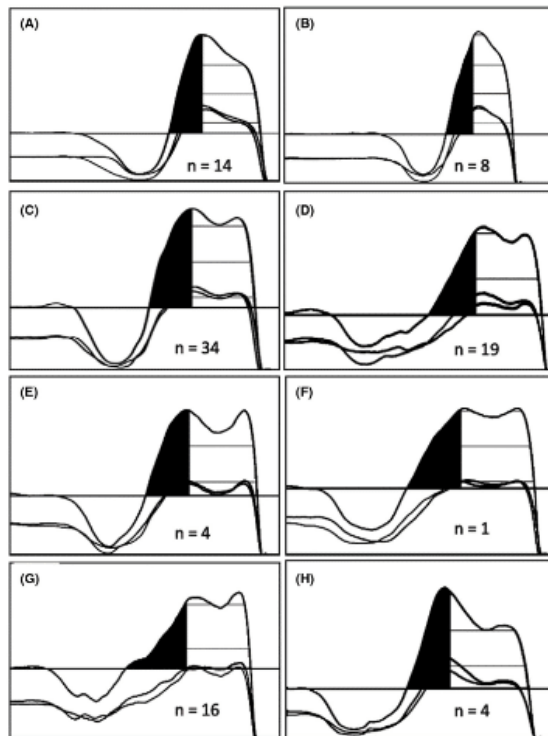


FIGURE 2 GRF jump profiles for different types of jumps observed. A, unimodal, peak force at low position (n = 14). B, unimodal, peak force after low position (n = 8). C, bimodal, first peak greater than second peak, peak force at low position (n = 34). D, bimodal, first peak greater than second peak, peak force after low position (n = 19). E, bimodal, first and second peak equal, first peak at low position (n = 4). F, bimodal, first and second peak equal, first peak after low position (n = 1). G, bimodal, second peak greater than first peak, peak force after low position (n = 16). H, bimodal, first peak greater than second peak, peak force before low point (n = 4)

CONTINUAR

Referencias

Ashworth, B.; Hogben, P.; Singh, N.; Tulloch, L.; Cohen, D. D. (2018). The Athletic Shoulder (ASH) *test*: reliability of a novel upper body isometric strength test in elite rugby players. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 4, 1-6. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000365>

Bishop, C.; Jordan, M.; Torres-Ronda, L.; Loturco, I.; Harry, J.; Virgile, A.; Mundy, P.; Turner, A.; Comfort, P. (2023). Selecting Metrics That Matter: Comparing the Use of the Countermovement Jump for Performance Profiling, Neuromuscular Fatigue Monitoring, and Injury Rehabilitation Testing. *Strength and Conditioning Journal*, 45(5), 545-553. doi:10.1519/SSC.0000000000000772

Buchheit M. (2017). Want to see my report, coach? *Aspetar Journal*, 6, 34-43. <https://martin-buchheit.net/2017/02/18/want-to-see-my-report-coach/>

Clubb, J. (2023). *Force Plates 101: What are they and why are they used?* Vald Health. <https://valdhealth.com/news/force-plates-101-what-are-they-and-why-are-they-used>

Gathercole, R. J.; Stellingwerff, T.; Sporer, B. C. (2015). Effect of Acute Fatigue and Training Adaptation on Countermovement Jump Performance in Elite Snowboard Cross Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(1), 37-46. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000622

Hopkins, W. G. (2004). How to interpret changes in an athletic performance test. *Sportscience*, 8, 1-7. <http://www.sportsci.org/jour/04/wghtests.htm>

Lamkin-Kennard, K. A.; Popovic, M. B. (2019). Sensors: Natural and Synthetic Sensors. In M. B. Popovic (Ed.), *Biomechatronics*. Academic Press.

McHugh, M. P.; Hickok, M.; Cohen, J. A.; Virgile, A.; Connolly, D. A. J. (2021). Is there a biomechanically efficient vertical ground reaction force profile for countermovement jumps? *Translational Sports Medicine*, 4, 138-146. <https://doi.org/10.1002/tsm2.200>

Natera, A. (2024). *All Isometric Training Is Not the Same: Differences in the Execution, Prescription, and Use of Pushing and Holding Isometrics*. Sportsmith. <https://www.sportsmith.co/articles/all-isometric-training-is-not-the-same-differences-in-the-execution-prescription-and-use-of-pushing-and-holding-isometrics/>

Schuster, B.; Bove, J.; Little, T. (2020). Jumping Towards Best-Practice: Recommendations for Effective Use of Force Plate Testing in the NBA. *Sport Performance & Science Reports*, 1, 1-7.
https://sportperfsci.com/wp-content/uploads/2020/06/SPSR99_Schuster_Final.pdf

CONTINUAR