

Protocolos y Métricas de Salto myoFORCE

Detección automática de saltos en MR3

El software MR3 puede detectar automáticamente diferentes tipos de saltos para producir el Informe de Análisis de Salto myoFORCE. Se detallan a continuación los cuatro tipos de saltos que se pueden utilizar con el Informe de Análisis de Salto myoFORCE.



Salto con contramovimiento (CMJ)

El salto con contramovimiento se distingue por una fase preparatoria descendente completada inmediatamente antes de la fase concéntrica ascendente que concluye en el despegue del suelo. Este tipo de evaluación de salto es aplicable a muchos deportes, ya que incorpora el ciclo de estiramiento y acortamiento.

Salto en sentadilla (SJ)

El salto en sentadilla (también llamado salto estático) requiere que el atleta mantenga una posición de sentadilla y luego salte explosivamente desde la posición mantenida, sin moverse hacia abajo antes de explotar hacia arriba (es decir, sin contramovimiento). Este tipo de salto se utiliza para aislar la porción concéntrica del salto vertical.

Salto de caída (DJ)

El salto de caída implica que el atleta caiga desde una altura predeterminada (por ejemplo, 30 cm), aterrice en una placa de fuerza (primer contacto con el suelo), salte directamente en dirección vertical (período de vuelo) y aterrice nuevamente en la placa de fuerza (segundo contacto con el suelo). Esta prueba de salto se utiliza para cuantificar las capacidades reactivas de los músculos debido al corto tiempo de reacción y contracción que resulta del breve contacto con el suelo. La preactivación muscular (si se incluye electromiografía) y la rigidez son métricas comúnmente utilizadas con este tipo de prueba de salto.

Salto amplio (BJ) – solo aterrizaje

El salto amplio (también llamado salto largo de pie) requiere que el atleta salte hacia adelante desde una posición de pie y aterrice en la placa de fuerza. Este tipo de salto se utiliza para evaluar las capacidades de salto horizontal. Cuando se utiliza con myoFORCE, se pueden cuantificar las capacidades de aterrizaje del salto.

Para utilizar el salto con contramovimiento o el salto en sentadilla(s) para un Informe de Análisis de Salto myoFORCE:

- Comienza de pie en la placa de fuerza o fuera de ella.
- Permanece quieto antes de iniciar cada salto para que el inicio del movimiento sea fácilmente identificable.
- Realiza uno o más saltos en una única medición, pero asegúrate de hacer una pausa entre el aterrizaje de un salto y el inicio del siguiente salto.

Para utilizar el salto de caída(s) para un Informe de Análisis de Salto myoFORCE:

- Comienza de pie en la placa de fuerza o fuera de ella.
- Aterrizas nuevamente en la placa de fuerza para el segundo contacto con el suelo.
- Realiza uno o más saltos en una única medición.

Para utilizar el salto amplio(s) para un Informe de Análisis de Salto myoFORCE:

- Comienza fuera de la placa de fuerza.
- Realiza uno o más saltos amplios en una única medición.
- "Aterrizaje" se define como el período entre el momento en que se detecta el contacto hasta que la fuerza de reacción se estabiliza dentro del 5% del peso corporal.

Las métricas calculadas en myoFORCE responden a las preguntas:

¿Cómo está generando el atleta fuerza?

¿Cuál es el resultado de esa producción de fuerza?

¿Cómo está generando el atleta la fuerza?				
Variable de Perfilamiento	CMJ/SJ	DJ	BJ	Cómputo y Definición
Tiempo de Desaceleración	✓			La duración de la segunda subfase de la fase de carga, que comienza al final del aligeramiento y termina cuando la velocidad vertical del centro de masa disminuye a cero. Unidades: segundos Nota: diseñado para ser utilizado solo con el CMJ.
Tiempo de Salto con Contramovimiento	✓			La suma de la duración de las subfases de aligeramiento y desaceleración de la fase de carga. Unidades: segundos Nota: diseñado para ser utilizado solo con el CMJ.
Índice de Asimetría Cinética ("fase 1", Fase Excéntrica)	✓			$\frac{(\text{Impulso de la pierna izquierda} - \text{Impulso de la pierna derecha})}{(\text{Máximo de impulso de la pierna izquierda y derecha})} \times 100$ Valor positivo indica dominancia de la pierna izquierda Unidad: % Identifica el impulso (N*s) producido durante la fase excéntrica del salto con contramovimiento (CMJ). Esto permite identificar la asimetría de extremidades en la capacidad del individuo para absorber y contrarrestar el impulso, desacelerando rápidamente el cuerpo durante el salto. La fase excéntrica de un CMJ se define como la porción de frenado/desaceleración de la fase excéntrica del movimiento, que es el período identificable desde la máxima velocidad vertical negativa del Centro de Masa hasta que la velocidad vertical del COM es 0 m/s. ²
Índice de Asimetría Cinética ("fase 2", Fase Concéntrica)	✓	✓		$\frac{(\text{Impulso de la pierna izquierda} - \text{Impulso de la pierna derecha})}{(\text{Máximo de impulso de la pierna izquierda y derecha})} \times 100$ Valor positivo indica dominancia de la pierna izquierda Unidad: % Identifica el impulso (N*s) producido durante la fase concéntrica del salto con contramovimiento (CMJ). Esto permite identificar la asimetría de extremidades en la capacidad del individuo para generar impulso y acelerar el cuerpo hacia arriba durante el salto. La fase concéntrica de un CMJ se define como la fase de aceleración del movimiento, que es el período identificable cuando la velocidad vertical del Centro de Masa está por encima de 0 m/s hasta el despegue o inicio de la fase de vuelo. ²

Desarrollo Máximo de la Tasa de Fuerza	✓	✓	✓	<p>La señal de fuerza se suaviza mediante una ventana de promedio móvil de 20 ms, luego se identifica el máximo durante la fase de carga (CMJ, SJ, DJ) o la fase de aterrizaje (BJ).</p> <p>Unidades: N/s Este valor se utiliza para describir la capacidad de un individuo para producir una activación muscular voluntaria máxima durante contracciones explosivas.³</p>
Impulso Neto	✓	✓	✓	$\int_{t_0}^{t_1} force(t)dt$ <p>t0 = tiempo de contacto de aterrizaje t1 = tiempo de estabilización Fuerza(t) = Fz(t) – Peso corporal</p> <p>Unidades: N*s La fuerza promedio multiplicada por la duración de la aplicación de la fuerza. Este valor es igual al cambio de momento durante el período de interés. El período de tiempo utilizado para CMJ y SJ es la fase de carga; para DJ y BJ es la fase de aterrizaje.</p>
Fuerza Máxima	✓	✓	✓	<p>Valor instantáneo máximo de fuerza durante la fase de carga (CMJ, SJ, DJ) o la fase de aterrizaje (BJ) se identifica.</p> <p>Unidades: N La fuerza máxima que el individuo produce durante la fase de carga o aterrizaje de un salto. Esto proporciona información sobre la cantidad de fuerza que el cuerpo puede producir durante la carga y/o debe absorber durante el aterrizaje.</p>
Potencia Máxima	✓	✓		$Peak\ Power = \max(F(i) * v(i))$ <p>Unidades: Vatios (W)</p> <p>El valor máximo instantáneo de la curva de potencia, que es el producto de las curvas de fuerza y velocidad, durante la fase de carga.</p>
Índice de Fuerza Reactiva por Tiempo de Vuelo – o – Impulso Neto	✓	✓		$\frac{(Altura\ del\ Salto\ (m))}{Duración\ de\ la\ Fase\ de\ Carga\ (sec.)}$ <p>Adimensional Esta medida es una relación entre la altura del salto y el tiempo que llevó producir el salto. Se pueden utilizar opciones de medición de altura de salto para esta métrica (es decir, altura de salto por tiempo de vuelo o altura de salto por impulso neto).</p>
Tiempo de Estabilización (TTS)	✓	✓	✓	<p>Unidades: Segundos</p> <p>El tiempo que le lleva al sujeto estabilizar Fz dentro del 5% del peso corporal durante 0.5 segundos después de aterrizar un salto. Se utiliza típicamente con aterrizajes de salto de una pierna.</p> <p>TTS es una métrica utilizada para evaluar a individuos con inestabilidad funcional del tobillo.⁴ También se ha sugerido como una métrica para monitorear el progreso durante la rehabilitación.¹</p>

Rigidez Vertical	✓	✓	$\frac{\max_{t_0}^{t_1} force(t)}{\max_{t_0}^{t_1} h(t)}$ <p>donde: <i>t0</i> = tiempo de contacto de aterrizaje <i>t1</i> = tiempo de finalización de aterrizaje <i>force(t)</i> = <i>Fz(t)</i> – <i>Peso Corporal</i> $h(t) = \int_{x=t_0}^t v_0 - \int_{y=t_0}^x \frac{force(t)}{BodyMass} dydx$ <i>v0</i> = <i>velocidad de despegue</i> <i>Masa Corporal</i> = <i>Peso Corporal</i>/9.81</p> <p>Unidades: kN/m</p> <p>La fuerza máxima durante el aterrizaje dividida por el desplazamiento vertical del centro de masa durante el aterrizaje. Un valor más alto indica un aterrizaje más rígido.</p>
------------------	---	---	---

¿Cuál es el resultado de esa producción de fuerza?				
Variable de Perfilamiento	CMJ/SJ	DJ	BJ	Computation and Definition
Tiempo de Vuelo	✓	✓		La duración de la fase de vuelo. Unidades: segundos
Altura del Salto por Tiempo de Vuelo	✓	✓		$d = \frac{1}{2}g\left(\frac{t}{2}\right)^2$ <p>Unidades: m Se calcula el desplazamiento máximo del centro de masa utilizando el tiempo de vuelo del salto con ecuaciones de movimiento de proyectiles.</p>
Altura del Salto por Impulso Neto	✓	✓		$d = \frac{v_f^2}{2g}$ <p>Unidades: m Utilizando la información de fuerza y tiempo, se calcula la velocidad vertical en el despegue del salto (<i>vf</i>). Esto se utiliza con una ecuación tradicional de movimiento de proyectiles para calcular el desplazamiento máximo del centro de masa del atleta durante el salto.</p>
Velocidad Vertical de Despegue por Impulso Neto	✓	✓		$\Sigma Ft = mv_f - mv_i$ $mv_i = 0$ $\frac{\Sigma Ft}{m} = v_f$ <p>Unidades: m/s</p> <p>La velocidad vertical del individuo en el momento del despegue.</p>

Hazlo relativo.

Dos de las métricas de myoFORCE (fuerza máxima y potencia máxima) se pueden informar en relación con la masa corporal. Esto permite una comparación más aplicable entre individuos o entre puntos de tiempo de prueba.

Verifica la simetría.

Las comparaciones entre miembros pueden ser útiles para identificar déficits de rendimiento o monitorear el progreso al regresar después de una lesión. Un índice de simetría, calculado como la proporción entre el miembro lesionado y no lesionado (o los lados derecho e izquierdo del cuerpo), a menudo se considera clínicamente relevante cuando las diferencias entre los miembros son mayores al 15%.⁵

Definiendo las fases del salto.

Nombre de la Fase	CMJ	SJ	DJ	BJ	Definición
Fase de Carga	✓	✓	✓		La fase de carga termina cuando el individuo abandona la plataforma de fuerza y ya no hay una fuerza de reacción del suelo ejercida sobre la plataforma de fuerza. A partir de este punto, el inicio de la fase de carga se identifica retrocediendo en el tiempo hasta una ventana de tiempo de 500 ms en la cual los valores de fuerza son inferiores a 50 N (DJ) o dentro del 5% del peso corporal (CMJ y SJ). El punto en el final del intervalo de 500 ms se utiliza como el comienzo de la fase de carga.
Desaceleración	✓				Una subfase de carga durante el CMJ. Comienza en el inicio del movimiento y termina cuando la velocidad vertical del centro de masa alcanza su máximo.
Frenado	✓				Una subfase de carga durante el CMJ. Comienza al final de la fase de desaceleración y termina cuando la velocidad vertical disminuye a cero. También llamada fase de deceleración o excéntrica.
Propulsión	✓	✓	✓		El período de velocidad vertical positiva que termina en el despegue. También llamada fase concéntrica.
Vuelo	✓	✓	✓		La fase de vuelo comienza cuando el individuo ya no está produciendo fuerza en la plataforma de fuerza y termina cuando el individuo vuelve a tocar la plataforma de fuerza.
Aterrizaje	✓	✓	✓	✓	La fase de aterrizaje comienza cuando el individuo toca la plataforma de fuerza después de la fase de vuelo y termina cuando se ha estabilizado dentro del 5% del peso corporal.

Referencias:

1. Colby SM, Hintermeister RA, Torry MR, Steadman JR. Lower limb stability with ACL impairment. *Journal of Orthopedic Sports Physical Therapy*. 1999;29:444– 451.
2. Jordan MJ, Aagaard P, Herzog W. Lower limb asymmetry in mechanical muscle function: a comparison between ski racers with and without ACL reconstruction. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2015;23(3):e301-309.
3. Maffiuletti NA, Aagaard P, Blazevich AJ, Folland J, Tillin N, Duchateau J. Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*. 2016;116:1091-1116.
4. Simpson JD, Stewart EM, Macias DM, Chander H, Knight AC. Individuals with chronic ankle instability exhibit dynamic postural stability deficits and altered unilateral landing biomechanics: A systematic review. *Physical Therapy in Sport*. 2019;210-219.
5. Setuain, I, Lecumberri, P, Izquierdo, M. Sprint mechanics return to competition follow-up after hamstring injury on a professional soccer player: A case study with an inertial sensor unit based methodological approach. *Journal of Biomechanics*. 2017;186-191.