

---

**ASOCIACIÓN ENTRE LA ASIMETRÍA DEL SALTO EN CONTRAMOVIMIENTO Y LA ALTURA  
DEL SALTO EN MILITARES DE COLOMBIA**

**Universidad del Rosario  
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud  
Maestría en Actividad Física y Salud**

**John Jairo Rincón Medina**

**Asesor:  
Rodrigo Argothy Buchely**

**John Jairo Rincón Medina (E-mail: [johnj.rincon@urosario.edu.co](mailto:johnj.rincon@urosario.edu.co))  
Rodrigo Argothy Buchely (E-mail: [robinson.ramirez@urosario.edu.co](mailto:robinson.ramirez@urosario.edu.co))  
Universidad del Rosario, Bogotá, D.C, Colombia.  
Bogotá, 2019**

---

# ASOCIACIÓN ENTRE LA ASIMETRÍA DEL SALTO EN CONTRAMOVIMIENTO Y LA ALTURA DEL SALTO EN MILITARES DE COLOMBIA

John J Rincón<sup>1</sup>, Rodrigo Argothy<sup>1,2,3</sup>, Jenner Cubides<sup>3</sup>, Daniel D Cohen<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Rosario University, Bogota, Colombia. <sup>2</sup>High Performance Centre–Coldeportes (Colombian Institute of Sport), Bogota, Colombia. <sup>3</sup>Cadets military school “General José María Córdova, Bogota, Colombia. <sup>4</sup>University of Santander (UDES), Bucaramanga, Colombia.

---

## ABSTRACT

Musculoskeletal system injuries associated with military training are one of the major problems that military institutions must confront, due to the high costs. The training programs that are carried out during the initiation of the military, prove the increase in injuries that occur in the first six (6) months of admission. In which the risk factors that provoke it, are not yet clear. As a matter of fact, asymmetries are one of the main risk factors that alter the mechanics of the neuromuscular system. These changes affect the performance and favor the appearance of musculoskeletal injuries that can be acquired by training, or that could have been present in the military before incorporation. AIM: To determine the relationship between the asymmetries and the countermovement jump test with the performance of the lower train. METHODOLOGY: First, a cross-sectional study in a cohort of 124 cadets (94 men and 32 women) with an average weight of  $61.6 \pm 10.1$  kg, through ages  $18 \pm 1$  years all of whom entered the military school in year 2017. Second, a measurement of the countermovement jump test was performed using uniaxial force platforms. Specifically, variables including peak power ( $43.74 \pm 7.8$  watts), jump height ( $28.29 \pm 6$  cm), asymmetry of the landing peak ( $17.9 \pm 14$ ), percentage of the asymmetry of the concentric average force ( $7.1 \pm 5.3$ ) and finally, the asymmetry of the Rate of Force Development (RFD) in the eccentric deceleration ( $15.9 \pm 11.5$ ). RESULTS: Over a comparison of genders, differences in weight 64 vs 54 kg,  $p = 0.05$  and jump height ( $30.7$  vs  $21.07$  cm,  $p = 0.001$ ) were found. By segmenting the database into terciles in the percentage of asymmetry of the Rate of Force Development (RFD) of the eccentric deceleration, differences were found in the personnel. Explicitly, asymmetries bigger than 21 ( $\chi^2 p = 0.05$ ), among the subjects that presented injuries in legs. CONCLUSIONS: An association was found between the performance variables of the countermovement jump that determine the baseline status of the incoming soldiers, leading to the findings of reference values of the asymmetries in the Colombian military population. Particularly, the eccentric deceleration TDF was used as a reference marker to evaluate injury risk factors and neuromuscular performance in Colombian military.

## KEY WORDS

Asymmetry, force plate, neuromuscular, countermovement jump

## INTRODUCCIÓN

Los militares que se encuentran en formación básica tienen un alto volumen de entrenamiento físico asociado a los posibles factores de riesgo que causan lesiones musculoesqueléticas del tren inferior (1). Estudios indican que los cadetes tienen una de las tasas de lesiones más altas de todos los grupos en el ejército, generando incapacidades prolongadas que aumentan los tiempos y los costos de formación. Para muchos cadetes el volumen de la carga física de entrenamiento es muy alto y tienen poca adaptación para este aumento de la carga; en consecuencia, la incidencia de lesiones oscila entre el 20% y el 59%, dentro de las cuales el 8% corresponde a lesiones osteomusculares.(2) Aunque muchos estudios realizados en militares, reportan como factores de riesgo de lesiones, el sedentarismo, tabaquismo, el sexo y lesiones previas, un factor de alto riesgo musculoesquelético que ha sido ignorado en gran medida, son las asimetrías del tren inferior, factor que si ha sido de alta preocupación en los programas de rehabilitación(1). Las asimetrías se refieren a la diferencia relativa de la fuerza entre las dos piernas, puede ser evidente durante la realización de tareas de movimiento.(4) La evaluación de las asimetrías ha sido implementada dentro del campo clínico, orientada a la rehabilitación de diferentes lesiones, en el deporte y la actividad física, orientada al rendimiento tanto de gestos deportivos como del entrenamiento físico.(5) Dentro de la evaluación de las asimetrías, la más común es la evaluación isocinética, que permite cuantificar la asimetría de fuerza bilateral, aislando los músculos que se desean evaluar, sin embargo, se requiere un equipo muy costoso, y no es específico para la mayoría de los movimientos realizados en deportes o en el entrenamiento militar.(6)

Las variables de fuerza, y las variables que vinculan específicamente las diferentes fases del movimiento permiten la cuantificación y evaluación de asimetrías para el análisis en diferentes campos. Esta información se puede extraer directamente de la curva fuerza-tiempo (F-T) durante un salto en contramovimiento (CMJ), como variables de tiempo, variables de fuerza y variables que unen ambos componentes (velocidad de desarrollo de la fuerza, impulso y potencia). Esta información permite que los entrenadores y científicos entiendan cómo salta un sujeto, específicamente las diferentes fases del movimiento (excéntrico vs. concéntrico). Considerando que el rendimiento durante un CMJ es el resultado del alto nivel de eficiencia de todos estos mecanismos, se espera que el rendimiento vertical esté fuertemente relacionado con las variables mecánicas responsable de la producción de fuerza en la fase concéntrica y excéntrica. Una de las herramientas que permiten la cuantificación de estas variables son las plataformas de fuerza, teniendo en cuenta que estas permiten la cuantificación y evaluación de asimetrías para su análisis por medio del uso de un software de computadora que produce curvas de velocidad y desplazamiento del saltador mediante la integración numérica del registro de fuerza-tiempo. Un examen simultáneo de estas curvas proporciona

una ilustración efectiva de las relaciones entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y la aceleración, velocidad y desplazamiento resultantes del cuerpo. (7)

Teniendo en cuenta lo anterior, el propósito del presente estudio fue evaluar la asociación entre las asimetrías del salto en conntramovimiento (CMJ) y la altura del salto, como medida de rendimiento de las extremidades inferiores

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó un diseño transversal de corte descriptivo. Se evaluó las características de fuerza de la pierna derecha e izquierda por medio de plataformas de fuerza, entre las variables de altura del salto (Tiempo de vuelo), fuerza media concéntrica, desaceleración excéntrica y fuerza pico del aterrizaje. Las pruebas se realizaron durante la segunda semana después del ingreso de los cadetes al entrenamiento militar.

### Población

Un estudio transversal, se evaluó a 126 cadetes (94 hombres, 32 mujeres) Mayores de 18 años, todos los cadetes que ingresaron a la Escuela Militar Jose María Cordova en Bogotá, Colombia en el primer semestre de 2017.

### Criterios de inclusión

Hombres y mujeres, mayores de 18 años, que ingresaron a la institución, sin lesiones osteomusculares, ni incapacidades aparentes o reportadas. Que hayan realizado la firma un documento de consentimiento de acuerdo con el comité de ética de la escuela militar.

### Criterios de exclusión

Cadetes que presenten una condición física o sensorial que no le permita realizar la prueba, presentar alguna afectación de los sentidos, lesiones osteomusculares, o presencia de dolor (Principalmente osteomuscular del tren inferior). Todo lo anterior que se haya reportado desde el servicio medico de la Escuela Militar.

### Instrumentos

Se utilizaron dos plataformas de fuerza marca PASCO PS - 2142 que miden la fuerza vertical a 500 Hz (cantidad de datos por segundo) y permiten evaluar las características claves de rendimiento neuromuscular durante actividades como las fases de despegue y aterrizaje de un salto, (Caserotti et al., 2001; Thorlund et al., 2008; Jakobsen et al., 2012) permiten evaluar las asimetrías de fuerza junto con las mediciones bilaterales de fuerza, velocidad, impulso y potencia durante las fases excéntrica/concéntrica. Las utilización de las plataformas de fuerza permiten realizar un análisis detallado de las características cinemáticas del salto en conntramovimiento, extrayendo información relevante para la evaluación de las asimetrías del tren inferior en diferentes campos como el militar gracias a su portabilidad y practicidad, además de bajo costo en el uso de equipos de medición en comparación con estudios que analizan las características de fuerza por medio de electromiografía y uso de máquinas isocinéticas. (6, 12.) Al realizar los saltos en las plataformas, el software Force Decks proporciona una retroalimentación inmediata de las características claves en el rendimiento, tales como altura de salto, fuerza y potencia pico, así como una serie de marcadores de rendimiento atlético, la fatiga y el progreso de la rehabilitación.

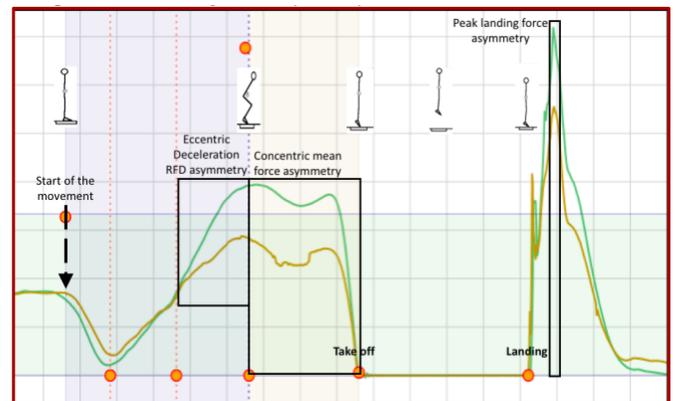
## Protocolo

Los cadetes realizaron cinco repeticiones del CMJ con una pausa de 5 segundos entre cada repetición, con cada extremidad en una plataforma de fuerza uniaxial portátil (GRF vertical) Los CMJ fueron precedidos por un calentamiento de diez minutos. Trote ligero, aceleraciones, cambios de dirección, ejercicios de movilidad articular y práctica de CMJ. Se recolectaron los datos, se tomaron los mejores 3 intentos para establecer el promedio, se realizó la limpieza de datos, teniendo en cuenta la COV en variables específicas por debajo del 15%.

El procesamiento y análisis de la información se realizó en el programa Statistical Package for Social Science® software (SPSS), versión 22. Se efectuaron previamente pruebas de normalidad mediante test de Kolmogorov-Smirnov, se calcularon diferencia de medias entre las variables, peso, altura del salto, asimetría en la fase de desaceleración excéntrica, asimetría en la fase de la fuerza media concéntrica, asimetría en la fase de la fuerza pico del aterrizaje, entre hombres y mujeres por medio de la prueba T – Student. (Tabla 1)

La correlación se estimó a través del coeficiente de correlación de Spearman, entre las variables de asimetría y la variable de rendimiento altura del salto.

Figura 1.



Ejemplo curva fuerza-tiempo pierna derecha e izquierda durante un CMJ en plataformas de fuerza, mostrando el análisis de la asimetría.

## RESULTADOS

Los puntos de referencia para las variable de altura de salto y las tres variables de asimetría durante la realización del salto en conntramovimiento se muestran en la tabla 1. Las magnitudes de las variables se identifican con valores representativos para EDRFDa hombres; 15,77% ( $\pm 12,07\%$ ), mujeres; 15,53% ( $\pm 7,61\%$ ) y PLFa hombres; 17,94% ( $\pm 14,36\%$ ), mujeres; 17,88% ( $\pm 13,38\%$ ). mientras que para la variable CMFa el valor para hombres; 7,13% ( $\pm 5,15\%$ ), mujeres; 7,34% se identifica como referente para esta población. Al respecto a la comparación por sexo, no se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

En cuanto a la asociación de las distintas variables de asimetría EDRFDa, PLFa y CMFa, con la variable de altura de salto JHFT, no fue significativa con ninguna de las fases analizadas. Sin embargo se resalta la asociación entre JHFT y EDRFDa, ( $r = - .143$ ) y la asociación entre CMFa, y DRFDa ( $r = .116$ ) como se muestra en la tabla 3.

Tabla 1

PARÁMETRO	HOMBRES	IC 95%	MUJERES	IC 95%
PESO (Kilogramos)	64,0 ± 9,75*	(62,01 – 66,05)	54,45 ± 7,62*	(51,70 – 57,19)
ALTURA DEL SALTO (Centímetros)	30,75 ± 4,61*	(29,80 – 31,61)	21,07 ± 3,49*	(19,80 – 22,32)
ASIMETRÍA FUERZA PICO ATERRIZAJE (%)	17,94 ± 14,36	(14,99 – 20,88)	17,88 ± 13,38	(13,05 – 22,70)
ASIMETRÍA FUERZA MEDIA CONCÉNTRICA (%)	7,13 ± 5,15	(6,07 – 8,18)	7,34 ± 6,08	(5,15 – 9,54)
ASIMETRÍA DE DESACELERACIÓN EXCÉNTRICA (%)	15,77 ± 12,07	(13,29 – 18,24)	15,53 ± 7,61	(12,79 – 18,28)

Al comparar por sexo encontramos diferencias en el peso (64 vs 54 kg,  $p=0,05$ ) 14,92 y la altura del salto (30,75 vs 21,07 cm,  $p=0,001$ ) 31,47. No se encontraron diferencias significativas entre hombre y mujeres para las variables, asimetría del pico de aterrizaje ( $17,9 \pm 14$ ), porcentaje de la fuerza media concéntrica ( $7,1 \pm 5,3$ ) y la asimetría de la tasa de desarrollo de la fuerza (RFD) en la desaceleración excéntrica ( $15,9 \pm 11,5$ ).

Tabla 2.

	N	Media	Desv. típ.	Varianza
Peso	126	61,6008	10,13592	102,737
Tiempo_de_Vuelo	126	28,2921	6,06243	36,753
Porcentaje_Asimetría_Fuerza_Pico_Aterrizaje	126	17,92	14,070	197,962
Diferencia_Fuerza_Pico_Aterrizaje_I_D	126	374,60	390,719	152661,329
Porcentaje_Asimetría_Fuerza_Media_Concéntrica	126	7,18	5,384	28,982
Diferencia_Fuerza_Media_Concéntrica_I_D	126	43,26	33,834	1144,723
Porcentaje_Asimetría_RFD_Desaceleración_Excéntrica	126	15,90	11,517	132,631
Diferencia_RFD_Desaceleración_Excéntrica_I_D	126	449,62	425,025	180646,030
N válido (según lista)	126			

Se encontraron porcentajes de asimetría significativas para las variables, asimetría del pico de aterrizaje ( $17,92 \pm 14,07$ ), y la asimetría de la tasa de desarrollo de la fuerza (RFD) en la desaceleración excéntrica ( $15,90 \pm 11,51$ ).

Tabla 3.

			Correlaciones			
			Tiempo de Vuelo	Asimetría Fuerza Aterrizaje	Asimetría Fuerza Promedio Concéntrica	AsimetríaRFD_Desaceleración_Excéntrica
Rho de Spearman	Tiempo_de_Vuelo	Coefficiente de correlación	1,000	-,034	-,087	-,143
		Sig. (bilateral)	.	,709	,331	,110
		N	126	126	126	126
	Asimetría_Fuerza_Pico_Aterrizaje	Coefficiente de correlación	-,034	1,000	-,006	-,027
		Sig. (bilateral)	,709	.	,945	,761
		N	126	126	126	126
	Asimetría_Fuerza_Media_Concéntrica	Coefficiente de correlación	-,087	-,006	1,000	,116
		Sig. (bilateral)	,331	,945	.	,195
		N	126	126	126	126
	Asimetría_RFD_Desaceleración_Excéntrica	Coefficiente de correlación	-,143	-,027	,116	1,000
		Sig. (bilateral)	,110	,761	,195	.
		N	126	126	126	126

Correlación asimetría del pico de aterrizaje, asimetría de la tasa de desarrollo de la fuerza (RFD) en la desaceleración excéntrica, asimetría de la fuerza media concéntrica y el tiempo de vuelo.

## DISCUSIÓN

Este estudio proporciona valores normativos para la asimetría entre miembros inferiores durante el CMJ bilateral en una población mixta de cadetes. Encontramos grandes diferencias en la magnitud de las asimetrías en las diferentes fases del CMJ, confirmando trabajos previos en futbolistas de élite que muestran mayores asimetrías en la fase excéntrica y aterrizaje, que en la fase concéntrica (16). Esto sugiere que un solo punto de corte para identificar las asimetrías no es apropiado y en su lugar debería ser específico. Sin embargo, no se encontraron diferencias de género en la magnitud que sugiere estos umbrales, no tienen por qué ser específicos por sexo.

Se han realizado estudios acerca de las asimetrías del tren inferior en diferentes poblaciones, sin embargo, hemos localizado pocos estudios que evalúen las asimetrías del tren inferior en población militar (6), siendo evidente la necesidad de continuar con investigaciones relacionadas a las asimetrías de fuerza en poblaciones activas, por medio de estudios prospectivos y longitudinales, con el fin de establecer desequilibrios de fuerza como un factor de riesgo de lesiones musculoesqueléticas en poblaciones militares, esto podría vislumbrar la eficacia de reducir la incidencia de lesiones a través de programas de prevención.

El CMJ proporciona información novedosa y detallada sobre las variables Potencia, fuerza y velocidad, además de la posibilidad de realizar un análisis de los mecanismos implicados en la fisiología y la biomecánica con mejoras en el rendimiento muscular (15), debido a la mayor especificidad en relación con los movimientos deportivos, movimientos como CMJ en las plataformas de fuerza se han convertido recientemente en una herramienta para la determinación de las asimetrías, teniendo en cuenta que la fuerza es la variable mecánica lineal correspondiente al torque en los movimientos angulares (como la medición isocinética), la fuerza máxima se ha convertido en la primera variable en investigar que se investigará al usar fuerzas de reacción en el suelo para identificar asimetrías de fuerza (5).

Investigaciones previas de asimetría en deportistas de élite utilizaron pruebas para evaluar la fuerza por medio de la máquina isocinética (10) pero estas son evaluaciones que no permiten identificar la diferencia de fuerza entre la pierna derecha y la pierna izquierda, además se limita a realizar la evaluación segmentaria del tren inferior,

por esta razón no tiene relevancia in Las pruebas isocinéticas pueden detectar asimetrías en las extremidades en cuanto a la fuerza de un segmento muscular, sin embargo, puede que no sea suficientemente sensible para identificar deficiencias en la capacidad de una extremidad para atenuar y generar fuerzas durante una tarea de movimiento deportivo, como saltar y aterrizar. (17) A diferencia de las plataformas de fuerza permiten evaluar las características claves de rendimiento neuromuscular durante actividades como las fases de despegue y aterrizaje de un salto, (Caserotti et al., 2001; Thorlund et al., 2008; Jakobsen et al., 2012) permiten evaluar las asimetrías de fuerza junto con las mediciones bilaterales de fuerza, velocidad, impulso y potencia durante las fases excéntrica/concéntrica, brindando información relevante en las ejecuciones de movimiento tanto para deportes como para el entrenamiento militar. ediat para los movimientos realizados en el entrenamiento militar. (4,7,9,14,15)

## CONCLUSIONES

Se establecen valores que pueden ser usados como referencia para determinar el estado basal de las asimetrías del tren inferior de los ingresantes a las instituciones militares en las diferentes fases durante un CMJ tanto para hombre como para mujeres. Se identificaron valores elevados en la magnitud de las asimetrías en la fase excéntrica tanto en el despegue como en el aterrizaje, en comparación con la magnitud de las asimetrías en la fase concéntrica. (aRFD ED :16% aPLF :18% aCMF :8%). Para la variable JH se establecen valores de referencia para la población militar Colombiana, (JH: 30,75% Altura JH 21,07% ) con una diferencia significativa entre hombres y mujeres.

Se evaluó la relación entre las asimetrías (aRFD ED, aRFD, aPLF) y la altura de salto (JH FT) como una medida del rendimiento del tren inferior durante un CMJ, por medio de plataformas de fuerza en militares de Colombia. La falta de las correlaciones entre asimetrías en diferentes fases resalta la importancia de evaluar estas tres fases de contracción, y de prescripción potencial en intervenciones correctivas que son específicas para abordar una fase, en lugar de reducir globalmente la asimetría. Por último, no encontramos mayores asimetrías asociadas a un salto de altura menor. Si bien nuestros datos proporcionan valores normativos para esta población, futuras investigaciones deben evaluar la asociación entre las asimetrías y otras prestaciones de miembros inferiores, las variables y asociación con el riesgo de lesión.

---

## REFERENCIAS

1. Knapik, J. J., Hauret, K. G., Canada, S., Marin, R., & Jones, B. (n.d.). Association Between Ambulatory Physical Activity and Injuries During United States Army Basic Combat Training. *Journal of physical activity & health*, 8(4), 496–502.
2. Sharma, J., Greeves, J. P., Byers, M., Bennett, A. N., & Spears, I. R. (2015). Musculoskeletal injuries in British Army recruits: a prospective study of diagnosis-specific incidence and rehabilitation times. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 16(1), 1–7.
3. Knapik JJ, Bau- man CL, Jones BH, Harris JM, Vaughan L. Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *Am J Sports Med*. 1991;19(1):76-81.
4. Marshall, B., Franklyn-Miller, A., Moran, K., King, E., Richter, C., Gore, S., ... Falvey, É. (2015). Biomechanical symmetry in elite rugby union players during dynamic tasks: an investigation using discrete and continuous data analysis techniques. *BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation*, 7, 13.
5. Impellizzeri FM, Rampinini E, Maffiuletti N, Marcora SM. A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(11):2044-50.
6. Eagle, S. R. ( 1 ), Connaboy, C. ( 1 ), Nindl, B. C. ( 1 ), Keenan, K. A. ( 2 ), Wohleber, M. ( 3 ), & Simonson, A. ( 4 ). (n.d.). Bilateral Quadriceps Strength Asymmetry Is Associated With Previous Knee Injury in Military Special Tactics Operators. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(1), 89–94.
7. Laffaye, G., Wagner, P. P., & Tombleson, T. I. L. (n.d.). Countermovement Jump Height: Gender and Sport-Specific Differences in the Force-Time Variables. *Journal of strength and conditioning research*, 28(4), 1096–1105.
8. Burkett, LN. Causative factors in hamstring strains. *Med Sci Sports* 2: 39–42, 1970.
9. Nadler, SF, Malanga, GA, DePrince, M, Stitik, TP, and Feinberg, JH. The relationship between lower extremity injury, low back pain, and hip muscle strength in male and female collegiate athletes. *Clin J Sport Med* 10: 89–97, 2000.
10. Croisier, JL, Forthomme, B, Namurois, MH, Vanderthommen, M, and Crielaard, JM. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med* 30: 199–203, 2002.
11. Orchard, J, Marsden, J, Lord, S, and Garlick, D. Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *Am J Sports Med* 25: 81–85, 1997.
12. Yamamoto, T. Relationship between hamstring strains and leg muscle strength. A follow-up study of collegiate track and field athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 33: 194–199, 1993.
13. Bennell K, Wajswelner H, Lew P, et al. (1998) Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *Br J Sports Med*. 1998;32(4):309–314. PubMed doi:10.1136/bjism.32.4.309
14. Beukeboom C, Birmingham TB, Forwell L, et al. Asymmetrical strength changes and injuries in athletes training on a small radius curve indoor track. *Clin J Sport Med*. 2000;10(4):245–250.
15. Cormie, P., McBride, J. M., & McCaulley, G. O. (n.d.). Power-Time, Force-Time, and Velocity-Time Curve Analysis of the Countermovement Jump: Impact of Training. *Journal of strength and conditioning research*, 23(1), 177–186.
16. Cohen D, Clarke N, Harland S, et al Are Force Asymmetries Measured in Jump Tests Associated With Previous Injury in Professional Footballers? *British Journal of Sports Medicine* 2014;48:579-580.
17. Paterno, M. V., Ford, K. R., Myer, G. D., Heyl, R., & Hewett, T. E. (2007). Limb asymmetries in landing and jumping 2 years following anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 17(4), 258-262.