

LA RELACIÓN ENTRE EL RSI Y RM EN MOVIMIENTOS DE LEVANTAMIENTO OLÍMPICO REALIZADOS POR ATLETAS DE CROSSFIT EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO, META, COLOMBIA

Oscar Mauricio Santamaría Niño¹,

Juan Camilo Piñeros Castañeda²,

Diego Armando Ariza Rey³.

Jonatán Martín Alvarado Posada⁴

¹ Programa Licenciatura En Educación Física y Deporte. Facultad De Ciencias Humanas y De La Educación -Universidad De Los Llanos, Villavicencio, Meta. Colombia, Grupo De Investigación Edullanos, coordinador y líder del Semillero de Investigación en Actividad Física para la Salud- SIAFSA, Correspondencia: osantamaria@Unillanos.edu.co , oscarsantamaria8@Hotmail.com

²Programa Licenciatura En Educación Física y Deporte, Facultad De Ciencias Humanas y De La Educación -Universidad De Los Llanos, Villavicencio –Meta Colombia, Grupo De Investigación Edullanos, profesor integrante del Semillero de Investigación en Actividad Física para la Salud- SIAFSA, Correspondencia: juan.pineros.castaneda@unillanos.edu.co

³Programa Licenciatura En Educación Física y Deporte, Facultad De Ciencias Humanas y De La Educación -Universidad De Los Llanos, Villavicencio –Meta, estudiante integrante del Semillero de Investigación en Actividad Física para la Salud- SIAFSA, Correspondencia: diego.ariza@unillanos.edu.co

⁴Programa Licenciatura En Educación Física y Deporte, Facultad De Ciencias Humanas y De La Educación -Universidad De Los Llanos, Villavicencio –Meta Colombia, estudiante integrante del Semillero de Investigación en Actividad Física para la Salud- SIAFSA, Correspondencia: jonatan.alvarado@unillanos.edu.co

Conflicto de intereses. Los autores declaran no tener conflictos de interés con este trabajo.

Resumen

Esta investigación analiza la relación entre el Índice de Fuerza Reactiva (RSI), la Repetición Máxima (RM) y la velocidad concéntrica media en levantamientos olímpicos practicados por atletas de CrossFit en Villavicencio, Colombia. Mediante un enfoque empírico-experimental, se emplearon herramientas tecnológicas de alta precisión como Flex by GymAware® y OptoJump® para obtener datos detallados sobre fuerza, potencia y velocidad.

Los resultados evidencian diferencias significativas entre sexos. Las mujeres mostraron correlaciones más fuertes entre RSI y RM en el Snatch ($r = 0.687$; $p = 0.007$) y el Clean ($r = 0.654$; $p = 0.011$), mientras que en hombres esas asociaciones fueron débiles o no significativas. No obstante, al ajustar las mediciones en función del peso corporal (rbw), las correlaciones se fortalecen en ambos grupos, especialmente en el Jerk (hombres: $r = 0.684$; mujeres: $r = 0.580$), lo que demuestra que el RSI es un predictor válido del rendimiento relativo en movimientos explosivos.

Los datos estadísticos se analizaron mediante la prueba Shapiro-Wilk para la normalidad y correlaciones de Pearson para la relación entre variables. Se clasificaron las magnitudes de asociación según criterios establecidos, y se observó que los hombres presentan valores absolutos más altos en RM y RSI, acorde con diferencias fisiológicas esperadas. Sin embargo, las mujeres evidencian mayor consistencia en la relación entre RSI y rendimiento, especialmente al considerar el peso corporal como factor de ajuste.

Los hallazgos subrayan la necesidad de implementar métricas objetivas como RSI y RM en el entrenamiento de CrossFit, no solo para optimizar el rendimiento sino también para reducir el riesgo de lesiones. La incorporación de estrategias como el entrenamiento basado en velocidad (VBT) se propone como alternativa segura para estimar RM sin exponer a los atletas a cargas máximas.

PALABRAS CLAVE: Crossfit, Fuerza Reactiva(RSI), Repetición Máxima (RM), Snatch, Clean

Introducción

El auge del CrossFit ha despertado un notable interés científico debido a su enfoque en ejercicios funcionales de alta intensidad, lo que ha llevado a una creciente necesidad de evaluar su impacto en el rendimiento y la seguridad de los practicantes. En Villavicencio, esta disciplina carece de sistemas estructurados que permitan medir de manera uniforme la capacidad física de los atletas, lo que genera desigualdades en la clasificación y limita el diseño de programas de entrenamiento eficaces. Esta situación plantea desafíos significativos, ya que un marco de evaluación adecuado no solo optimizaría el desempeño, sino que también reduciría el riesgo de lesiones.

En este contexto, los levantamientos olímpicos, como el Snatch y el Clean and Jerk, son componentes esenciales en el entrenamiento de CrossFit, reconocidos por su capacidad para desarrollar fuerza, potencia y coordinación. Según estudios recientes, estos movimientos son fundamentales para medir y mejorar el rendimiento físico, además de ofrecer beneficios funcionales aplicables a otras disciplinas deportivas. Sin embargo, en contextos locales, la falta de estandarización en su evaluación ha perpetuado disparidades que afectan tanto la equidad en competencias como la efectividad de los planes de entrenamiento.

Asimismo, las herramientas como el Índice de Fuerza Reactiva (RSI) y la Repetición Máxima (RM) han demostrado ser indicadores fiables para evaluar el rendimiento en deportes de alta intensidad. El RSI, en particular, permite medir la capacidad neuromuscular en movimientos explosivos, mientras que la RM y la velocidad media concéntrica ofrecen una visión integral del desempeño atlético. A pesar de estas evidencias, su aplicación en Villavicencio es limitada, lo que subraya la necesidad de incorporar estas métricas en la evaluación de los atletas locales para mejorar tanto su rendimiento como su seguridad.

Actualmente, la falta de un marco estandarizado y respaldado científicamente para evaluar parámetros clave en los entrenamientos de alta intensidad limita la capacidad de medir objetivamente el rendimiento de los atletas, obstaculizando la evaluación adecuada de su desempeño y el cuidado de su salud. Esta carencia incrementa el riesgo de lesiones y otros incidentes graves, especialmente en disciplinas como el CrossFit, donde la exigencia física y técnica es alta. Además, la ausencia de sistemas uniformes para monitorear el progreso

deportivo perpetúa disparidades en la clasificación de los atletas y dificulta el diseño de programas de entrenamiento personalizados y efectivos, subrayando la necesidad de implementar herramientas científicas que optimicen el rendimiento y promuevan prácticas más seguras.

En el ámbito internacional, han documentado ampliamente los riesgos asociados con la práctica del CrossFit. Rodríguez et al. (2020) encontraron que las lesiones musculoesqueléticas tienen una prevalencia media del 35.3%, afectando principalmente al hombro, la columna lumbar y la rodilla. Este tipo de datos refuerzan la importancia de contar con estrategias preventivas basadas en el análisis detallado de las características de los atletas y de los programas de entrenamiento. En este sentido, la falta de supervisión y el uso incorrecto de cargas son factores que contribuyen significativamente al riesgo de lesiones.

En el contexto nacional, investigaciones como las de Pulido-Herrera et al. (2020) han identificado patrones similares, destacando la alta incidencia de lesiones en las extremidades inferiores y la región lumbar. Estas lesiones suelen atribuirse al sobreesfuerzo, a la dosificación inadecuada de las cargas y a una ejecución técnica deficiente, factores que pueden mitigarse mediante un monitoreo adecuado y programas de entrenamiento personalizados. Estas evidencias enfatizan la urgencia de desarrollar herramientas que permitan un análisis detallado del estado físico de los deportistas en disciplinas como el CrossFit.

A nivel local, la ausencia de parámetros estandarizados en la evaluación de los practicantes ha perpetuado desigualdades y limitado el crecimiento de la disciplina. En Villavicencio, la falta de sistemas de monitoreo basados en métricas objetivas como el RSI y la RM no solo afecta la equidad en las competencias, sino que también incrementa los riesgos de lesiones. Implementar estas herramientas podría transformar la manera en que se planifican los entrenamientos, promoviendo una práctica más segura y efectiva, y garantizando un desarrollo sostenible de la disciplina en la región.

Este trabajo se centra en la correlación entre el RSI, RM y la velocidad media concéntrica en levantamientos olímpicos realizados por atletas de CrossFit en Villavicencio. Su objetivo principal es establecer un marco de referencia que permita evaluar de manera precisa la capacidad física de los competidores, optimizar su rendimiento y minimizar los riesgos asociados con esta disciplina. Además, integra un análisis de la epidemiología de lesiones, proporcionando una base científica sólida para diseñar estrategias que mejoren tanto la seguridad como la competitividad en las competencias locales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio

Teniendo en cuenta las características del proyecto y entendiendo que uno de sus intereses es explicar la relación entre el RSI y RM en movimientos de levantamiento olímpico realizados por atletas de Crossfit en la ciudad de Villavicencio, se trata de un estudio de diseño experimental.

Población

la población objeto de estudio está compuesta por los atletas de la ciudad de Villavicencio que siguen un plan de entrenamiento competitivo de más de dos años en la práctica de Cross Training.

Muestra

Las participantes en el estudio tienen edades entre los 18 y 30 años, procedentes de los BOX de Crossfit de Villavicencio, Meta, Colombia.

Criterios de inclusión

- Estar en etapa precompetitiva

Criterios de exclusión

- Contar con algún factor de riesgo muscular esquelético.

Variables a investigar:

Variables dependientes: Índice de fuerza reactiva y Repetición máxima.

Variables independientes: Tiempo de ejecución.

Métodos y variables para la evaluación y control.

Magnitudes Físicas.

RM

Los movimientos evaluados para el RM fueron el *Snatch*, *Clean* y *Jerk*, en los cuales se tenían tres oportunidades para realizar cada uno de los movimientos, donde las cargas iban aumentando de acuerdo con la progresión del atleta. Para la medición del RM se utilizó el dispositivo Flex by Gymaware®, un sistema avanzado de entrenamiento basado en velocidad que emplea tecnología láser para recopilar datos precisos. Este dispositivo permitió registrar métricas como la velocidad del recorrido de la barra olímpica (tanto concéntrica como excéntrica), la potencia generada en cada levantamiento y la fuerza relativa. Además, su capacidad para proporcionar retroalimentación en tiempo real y análisis detallados de la trayectoria de la barra optimizó la precisión de los datos obtenidos.

RSI

Para la medición del RSI se utilizó el dispositivo OptoJump, una herramienta tecnológica avanzada que permite evaluar con precisión la capacidad reactiva de los atletas mediante la medición de parámetros clave como el Índice de Fuerza Reactiva (RSI). Este sistema utiliza sensores ópticos para registrar la duración del tiempo de contacto con el suelo y la altura alcanzada durante ejercicios de salto, como los drop jumps y los saltos verticales. Gracias a su resolución de alta precisión, el Optojump facilita un análisis detallado del rendimiento neuromuscular en ciclos de estiramiento-acortamiento (SSC), fundamentales para la potencia explosiva y la prevención de lesiones.

La prueba evaluada con el OptoJump fue el drop jump consistió en un salto con caída con tres oportunidades. La altura del cajón era de 40 cm y la variable evaluada fue el mejor valor del Índice de Fuerza Reactiva (RSI) obtenido mediante el Optojump. Antes de la evaluación, los participantes realizaron una sesión de movilidad de tres minutos y, posteriormente, un calentamiento de 30 saltos en sentadilla sin límite de tiempo.

Consideraciones bioéticas

El estudio fue avalado por el Comité de Bioética de la Universidad de los Llanos, el proyecto responde a los postulados esenciales del Código de Núremberg, de las Declaraciones de Helsinki adoptadas por la World medical assembly AMM. (1964) formulados para efectos de investigaciones que involucren seres humanos.

Resultados

Los datos se presentan como media \pm desviación estándar para reflejar la variabilidad de las observaciones. La prueba Shapiro-Wilk se utilizó como herramienta estadística para evaluar si las variables dependientes del estudio cumplían con los supuestos de normalidad. Se aplicaron correlaciones simples de Pearson (rr) para explorar las relaciones entre el Índice de Fuerza Reactiva (RSI), la fuerza muscular, las capacidades de potencia (medidas a través de los máximos en arranque, cargada y dos tiempos) y parámetros antropométricos.

La magnitud de las correlaciones se clasificó de la siguiente manera: $r \leq 0,1$ trivial; $0,1 < r \leq 0,3$ pequeña; $0,3 < r \leq 0,5$ moderada; $0,5 < r \leq 0,7$ grande; $0,7 < r \leq 0,9$ muy grande; $r > 0,9$ casi perfecta (Som-ers, NY, EE. UU.). El nivel de significación estadística se estableció en $p \leq 0,05$ y se empleó el programa SPSS versión 27.0 para el análisis.

SIG	UMBRALES
Muy débil	$r \leq 0,1$
Débil	$0,1 < r \leq 0,3$
Media	$0,3 < r \leq 0,5$
Considerable	$0,5 < r \leq 0,7$
Muy Fuerte	$0,7 < r \leq 0,9$
Casi perfecta	$r \leq 0,9$
Perfecta	$r = 10$

TABLA 1: ATLETAS CROSSFIT DE VILLAVICENCIO

Variables	Hombres (n = 18)		Mujeres (n = 14)	
	Media	Des-Est	Media	Des-Est
Edad	27	6	27	9
Peso (Kg)	76,06	10,33	59,12	7,36
Talla (m)	1,69	0,06	1,55	0,048

Nota. Elaboración propia.

Total de atletas: 18 masculinos y 14 femeninos. Con una edad media de 27 años.

TABLA 2: RM DE MOVIMIENTOS OLÍMPICOS (KG)

Variables	Hombres (n = 18)			Mujeres (n = 14)		
	Media	Max	Min	Media	Max	Min
Rm Snatch	66,56	84	47	41,71	65	25
Rm Clean	91,06	120	52	59,29	81	36
Rm Jerk	87,89	120	56	51,64	79	34

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 2, se observa el promedio de la repetición máxima (RM) en cada uno de los movimientos que se evaluaron.

En primer lugar, se aprecia que los atletas masculinos superan consistentemente a las atletas femeninas en todos los movimientos, lo que está alineado con las diferencias biomecánicas y fisiológicas generalmente observadas entre sexos, en particular en deportes que demandan fuerza máxima.

En los hombres, el movimiento que presentó mayor promedio de RM fue el Clean con 91kg, seguido del Jerk con 87kg y, por último, el Snatch con 66kg. En el caso de las mujeres sucede algo similar, el mayor promedio de RM fue el Clean con 59kg, seguido del Jerk con 51kg y finalmente el Snatch con 41kg.

TABLA 3: RSI (ÍNDICE DE FUERZA REACTIVA) (m/s)

Variables	Hombres (<i>n</i> = 18)			Mujeres (<i>n</i> = 14)		
	Media	Max	Min	Media	Max	Min
RSI (m/s)	1,24 ±0,39	2,02	0,42	1,02 ±0,31	1,55	0,56

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 3 el RSI se determinó analizando la relación entre la altura del salto y el tiempo de contacto con el suelo durante la ejecución del salto con caída. Los hombres alcanzaron un promedio de $1,24 \pm 0,39$ y las mujeres un promedio de $1,02 \pm 0,31$.

TABLA 4: VELOCIDAD DE EJECUCIÓN DE MOVIMIENTOS OLÍMPICOS (m/s)

Variables	Hombres (<i>n</i> = 18)				Mujeres (<i>n</i> = 14)			
	Media	Max	Min	Des-Est	Media	Max	Min	Des-Est
Rm Snatch (m/s)	1,03	1,63	0,42	0,29	0,90	1,30	0,50	0,36
Rm Clean (m/s)	0,80	1,18	0,28	0,27	0,70	1,00	0,40	0,19
Rm Jerk (m/s)	0,85	0,98	0,36	0,14	0,75	0,92	0,42	0,17

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 4, se registraron los promedios de la velocidad de ejecución de los tres movimientos Olímpicos (Snatch, Clean y Jerk). En los hombres, el mejor promedio de velocidad se registró en el Clean con 0,80 m/s, seguido del Jerk con 0,85 m/s y, finalmente, el Snatch con 1,03 m/s. En el caso de las mujeres, el mejor promedio de velocidad de ejecución fue el Clean con 0,70 m/s, seguido del jerk con 0,75 y por último el Snatch con 0,90 m/s.

TABLA 5: CORRELACIÓN ENTRE EL RSI Y LAS MEDICIONES DE FUERZA MUSCULAR EN SNATCH, CLEAN AND JERK.

Variables	Men (n = 18)	Women (n = 14)
RSI		
RM Snatch	r = 0.245 p = 0.327	r = 0.687** p = 0.007
Snatch, rbw	r = 0.498* p = 0.035	r = 0.769** p = 0.001
RM Clean	r = -0.051 p = 0.840	r = 0.654** p = 0.011
Clean, rbw	r = 0.223 p = 0.374	r = 0.741** p = 0.002
RM Jerk (Split)	r = 0.476* p = 0,046	r = 0.568* p = 0.034
Jerk, rbw	r = 0.684** p = 0.002	r = 0.580* p = 0.030

Nota. Elaboración propia.

La tabla 5 muestra la correlación entre el Índice de Fuerza Reactiva (RSI) y las mediciones de fuerza muscular (RM) en los levantamientos de Snatch, clean y Jerk, tanto para hombres (n = 18) como para mujeres (n = 14).

- RM Snatch: La correlación es más considerable en mujeres (r = 0.687 **, p = 0.007) que en hombres (r = 0.245, p = 0.327).
- Snatch, relativo al peso corporal (rbw): En hombres la correlación es media (r = 0.498*, p = 0.035) y en mujeres (r = 0.769 **, p = 0.001), la correlación es muy fuerte.
- RM Clean: La correlación es considerable en mujeres (r = 0.654**, p = 0.011) pero no en hombres (r = -0.051, p = 0.840).
- Clean, rbw: La correlación es muy fuerte en mujeres (r = 0.741 **, p = 0.002) pero no en hombres (r = 0.223, p = 0.374).
- RM Jerk (Split): La correlación es media en hombres (r = 0.476*, p = 0.046) y en mujeres es considerable (r = 0.568*, p = 0.034).
- Jerk, rbw: La correlación es considerable tanto en hombres (r = 0.684**, p = 0.002) como en mujeres (r = 0.580*, p = 0.030).

CONCLUSIONES

- Las mujeres presentan correlaciones más fuertes y significativas entre el RSI y las mediciones de fuerza, lo que significa que el RSI podría ser un buen indicador del rendimiento en los levantamientos olímpicos.
- En el caso de los hombres la significancia varía con correlaciones significativas en Snatch rbw, Jerk rbw y RM Jerk, pero no en RM Snatch y Clean, lo que se ve una relación menos consistente.
- El RSI parece ser buen indicador del rendimiento en los levantamientos, más precisamente cuando se miden en relación con el peso corporal (rbw) tanto en mujeres como en los hombres.
- Los hombres presentaron valores absolutos más altos en RM y RSI a diferencia de las mujeres, lo cual reafirma las diferencias biomecánicas y fisiológicas esperadas entre los géneros en deportes de fuerza.
- No obstante, al normalizar los resultados en función del peso corporal (rbw), las mujeres exhiben relaciones más claras entre su RSI y el rendimiento en los levantamientos.

RECOMENDACIONES

- El RSI y el RM pueden servir para categorizar a los atletas según su rendimiento relativo al peso corporal. Esto asegura una clasificación más equitativa en competencias locales de Cross Training y ayuda a reducir riesgos de lesiones por competir en categorías no adecuadas.
- Dado el papel crucial del Ciclo de Estiramiento-Acortamiento (SSC) en el RSI, los entrenadores podrían incorporar ejercicios como saltos en profundidad o trabajo pliométrico para potenciar esta capacidad.
- Utilizando el RSI como indicador clave, los entrenadores pueden diseñar programas de fuerza y potencia que se ajusten a las necesidades individuales, especialmente para mujeres, dado que el RSI mostró correlaciones más fuertes con los levantamientos olímpicos en este grupo.
- Implementar evaluaciones regulares con RSI y RM serviría para medir avances en fuerza reactiva y potencia, detectando posibles desequilibrios que puedan indicar riesgos de lesiones.

- Los hallazgos refuerzan la utilidad del RSI para personalizar entrenamientos en levantamientos olímpicos. Su fuerte correlación con métricas específicas sugiere que su uso puede optimizar tanto el rendimiento como la seguridad de los atletas al abordar debilidades individuales.
- La inclusión de dispositivos como Flex by GymAware y OptoJump ofrece alta precisión y análisis avanzado en la recolección de datos de rendimiento físico; sin embargo, debido a su elevado costo, se recomienda el uso de alternativas accesibles como las aplicaciones móviles My Jump Lab, y One Rep Max, que brindan herramientas funcionales y resultados significativos al alcance de una amplia variedad de usuarios.
- El entrenamiento basado en velocidad (VBT) es la opción más segura y eficiente para estimar el RM (Repetición Máxima) de manera indirecta, ya que utiliza tecnología para medir la velocidad de ejecución con cargas submáxima, evitando riesgos de lesiones asociados al levantamiento directo al 100% de capacidad del deportista. Al aplicar principios fisiológicos como los descritos en la Ley de Hill, el VBT traduce la relación entre fuerza y velocidad en datos prácticos que optimizan el rendimiento mientras protegen la salud del atleta, especialmente en disciplinas como Cross Training.
- Dividir el Cross Training en categorías de peso podría ser una forma interesante de promover la equidad en las competencias, nivelando las diferencias fisiológicas entre atletas y aumentando la inclusión. Aunque requeriría ajustes logísticos y cuidadosa planificación, esta propuesta podría complementar la filosofía del deporte sin comprometer su enfoque integral en la capacidad física funcional y la adaptabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Adami, P., Rocchi, J., Melke, N., & Macaluso, A. (2020). hysiological profile of high intensity functional training athletes. *Journal of Human Sport and Exercise*, .
<https://doi.org/https://doi.org/10.14198/jhse.2021.163.16>.
- AMM. (1964). Declaración de Helsinki. The World Medical Association (WMA)
- Benjumea, L. (2019). Estudio de viabilidad para la creación de un centro de acondicionamiento físico dedicado al Crossfit ubicado en la ciudad Santiago de Cali.
https://repository.unicatolica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12237/1658/ESTUDIO_VIABILIDAD_CREACION_CENTRO_ACONDICIONAMIENTO_FISICO_DEDICADO_CROSSFIT_CIUADAD_DE_SANTIAGO_CALI.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Blazevich, A., Wilson, C., Alcaraz, P., & Rubio-Arias, J. (2020). Effects of Resistance Training Movement Pattern and Velocity on Isometric Muscular Rate of Force Development: A Systematic Review with Meta-analysis and Meta-regression. *Sports Medicine*, 943-963.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40279-019-01239-x>.
- Brady, C., Harrison, A., Flanagan, E., Haff, G., & Comyns, T. (2019). The Relationship Between Isometric Strength and Sprint Acceleration in Sprinters. *International journal of sports physiology and performance*, 1-25. <https://doi.org/https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0151>.
- Brito, M., Fernandes, J., Carvalho, P., Brito, C., Aedo-Muñoz, E., Soto, D., & Miarka, B. (2023). Acute Effect of a Cross-Training Benchmark on Psychophysiological Factors of Cross-Training According to Performance. *Sport Mont*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.26773/smj.230702>.
- CaldasC, Figueiredo, T., Guimarães, T., Castiglione, R., & Neto, S. (2023). Correlation between training load variables and sports performance in elite athletes during a CrossTraining competition. *Concilium*. <https://doi.org/https://doi.org/10.53660/clm-2376-23s06>.
- Durkalec-Michalski, K., Zawieja, E., Zawieja, B., & Podgórski, T. (2021). Evaluation of the repeatability and reliability of the cross-training specific Fight Gone Bad workout and its relation to aerobic fitness. *Scientific Reports*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-021-86660-x>.
- Fahs, C., Blumkaitis, J., & Rossow, L. (2019). Factors Related to Average Concentric Velocity of Four Barbell Exercises at Various Loads. *Journal of Strength and Conditioning Research*,, 597–605. <https://doi.org/https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003043>
- Feito, Y., Giardina, M., Butcher, S., & Mangine, G. (2019). Repeated anaerobic tests predict performance among a group of advanced CrossFit-trained athletes. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 44(7), 727-735.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0509>.
- Flanagan, E., & Comyns, T. (2008). The Use of Contact Time and the Reactive Strength Index to Optimize Fast Stretch-Shortening Cycle Training. *Strength & Conditioning Journal*, 30(5), 32-38. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318187e25b>
- Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(1):3–12.

- Gómez, A., Gómez, G., & Ahumada, B. (2022). Riesgo de Desarrollar Tendinitis Rotuliana Asociada al Tipo de pie en Personas que Practican CrossFit en un Gimnasio de Valledupar. <https://repositorio.udes.edu.co/server/api/core/bitstreams/7f22c851-2a0c-4a3e-901a-4945c77b1e77/content>
- Haff, C., Garcia-Ramos, A., & James, L. (2020). Using velocity to predict the maximum dynamic strength in the power clean. *Sports*, 8(9), 129. [https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sports8090129​;contentReference\[oaicite:0\]{index=0}](https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sports8090129​;contentReference[oaicite:0]{index=0}).
- Healy, R., Kenny, I., & Harrison, A. (2017). Reactive Strength Index: A Poor Indicator of Reactive Strength? *International journal of sports physiology and performance*, 802-809. <https://doi.org/https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0511>.
- Lácio, M., Vieira, J., Trybulski, R., Campos, Y., Santana, D., & Wilk, M. (2021). Effects of Resistance Training Performed with Different Loads in Untrained and Trained Male Adult Individuals on Maximal Strength and Muscle Hypertrophy: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph182111237>.
- Linhares, M., Façanha, C., Teixeira, M., Santos Alves, K., & Assumpção, C. (2023). Examining strength, muscular power, and maximal performance in the power clean among CrossFit® practitioners. *Journal of Physical Education and Sport*, 23(11), 3119-3126. [https://doi.org/https://doi.org/10.7752/jpes.2023.11356​;contentReference\[oaicite:0\]{index=0}](https://doi.org/https://doi.org/10.7752/jpes.2023.11356​;contentReference[oaicite:0]{index=0}).
- Louder, T., Thompson, B., Banks, N., & Bressel, E. (2019). A mixed-methods approach to evaluating the internal validity of the reactive strength index. *Sports*, 7(7), 157. [https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sports7070157​;contentReference\[oaicite:0\]{index=0}](https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sports7070157​;contentReference[oaicite:0]{index=0}).
- Lum, D., Haff, G., & Barbosa, T. (2020). The Relationship between Isometric Force-Time Characteristics and Dynamic Performance: A Systematic Review. *Sports*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sports8050063>.
- Mangine, G., Tankersley, J., McDougale, J., Velazquez, N., Roberts, M., Esmat, T., & VanDusseldorp, T. (2020). Predictors of CrossFit Open Performance. *Sports*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sports8070102>.
- Mangine, G., Tankersley, J., McDougale, J., Velazquez, N., Roberts, M., Esmat, T., & VanDusseldorp, T. (2020). Predictors of CrossFit Open Performance. *Sports*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sports8070102>.
- Martinopoulou, K., Donti, O., Sands, W., Terzis, G., & Bogdanis, G. (2022). Evaluation of The Isometric and Dynamic Rates of Force Development in Multi-Joint Muscle Actions. *Journal of Human Kinetics*, 135 - 148. <https://doi.org/https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0130>.
- Mattiello, R., Amaral, M., Mundstock, E., & Ziegelmann, P. (2020). Reference values for the phase angle of the electrical bioimpedance: Systematic review and meta-analysis involving more than 250,000 subjects. *Clinical nutrition*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.07.004>.
- McMahon, J., Suchomel, T., Lake, J., & Comfort, P. (2018). Relationship Between Reactive Strength Index Variants in Rugby League Players. *Journal of strength and conditioning research*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002462>.

- Mehrab, M., Wagner, R., & Vuurberg, G. (2022). Risk Factors for Musculoskeletal Injury in CrossFit: A Systematic Review. *International Journal of Sports Medicine*, 247 - 257.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1055/a-1953-6317>.
- Meier, N., Rabel, S., & Schmidt, A. (2021). Determination of a CrossFit® benchmark performance profile. *Sports*, 9(6), 80.
[https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sports9060080​;contentReference\[oaicite:0\]{index=0}](https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sports9060080​;contentReference[oaicite:0]{index=0}).
- Micheli, M., Cannataro, R., Gulisano, M., & Mascherini, G. (2022). Proposal of a New Parameter for Evaluating Muscle Mass in Footballers through Bioimpedance Analysis. *Biología*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/biology11081182>.
- Nickerson, B., Snarr, R., & Ryan, G. (2019). Bias Varies for Bioimpedance Analysis and Skinfold Technique when Stratifying Collegiate Male Athletes Fat-free Mass Hydration Levels. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0616>.
- Ortega, J., & Cuartas, L. (2020). Effect of the velocity resistance training on various manifestations of resistance in older women. 325-332.
<https://doi.org/https://doi.org/10.47197/RETOS.V38I38.73917>
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-medina, L., Gorostiaga, E., & González-Badillo, J. (2014). Effect of Movement Velocity during Resistance Training on Neuromuscular Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 916 - 924.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1055/s-0033-1363985>.
- Párraga-Montilla, J., Linares, J., Reyes, P., Huete, V., & Román, P. (2023). Force–velocity profiles in CrossFit athletes: A cross-sectional study considering sex, age, and training frequency. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*. <https://doi.org/https://doi.org/10.29359/bjhp.15.1.05>
- Petré, H., Psilander, N., & Rosdahl, H. (2023). Between-Session Reliability of Strength- and Power-Related Variables Obtained during Isometric Leg Press and Countermovement Jump in Elite Female Ice Hockey Players. *Sports*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sports11050096>
- Piñeros, J. (2024). Fuerza reactiva - RSI. Universidad de los Llanos, Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo. *Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo*.
- Pulido-Herrera, Y., Molina, F., Guerrero, J., & Ríos-Hernández, L. (2020). Evaluación epidemiológica de las lesiones de practicantes de CrossFit® de la ciudad de Tunja, Colombia. *Revista Con-Ciencias del Deporte*, 2(2), 202-204.
<http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/rccd/article/view/1054>
- Rodríguez, M., García-Calleja, P., Terrados, N., & Crespo, I. (2020). Injury in CrossFit®: A Systematic Review of Epidemiology and Risk Factors. *The Physician and Sportsmedicine*, 3 - 10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00913847.2020.1864675>
- Sauvé, B., Haugan, M., & Paulsen, G. (2024). Physical and physiological characteristics of elite CrossFit athletes. *Sports*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sports12060162>
- Schlegel, P., & Křehký, A. (2022). Performance sex differences in CrossFit®. *Sports*, 10(11), 165.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sports10110165>
- Shiose, K., Kondo, E., Takae, R., Sagayama, H., Motonaga, K., & Yamada, Y. (2020). Validity of Bioimpedance Spectroscopy in the Assessment of Total Body Water and Body Composition

- in Wrestlers and Untrained Subjects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph17249433>.
- Singh, U., Ramachandran, A., Baxter, B., & Allen, S. (2021). The correlation of force-velocity-power relationship of a whole-body movement with 20 m and 60 m sprint performance. *Sports biomechanics*, 1-14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1951344>
- Szeles, P., Costa, T., Cunha, R., Hespanhol, L., Ramos, L., & Cohen, M. (2020). CrossFit and the Epidemiology of Musculoskeletal Injuries: A Prospective 12-Week Cohort Study. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/2325967120908884>.
- Takano, R. (2013). Weightlifting in the development of the high school athlete. *Strength and Conditioning Journal*, 35(6), 66-72. <https://doi.org/https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3182a20099>
- Tavares, L., Souza, E., Ugrinowitsch, C., Laurentino, G., Roschel, H., Aihara, A., Cardoso, F., & Tricoli, V. (2017). Effects of different strength training frequencies during reduced training period on strength and muscle cross-sectional area. *European Journal of Sport Science*, 665 - 672. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1298673>.
- Tibana, R., Romeiro, C., Hanai, A., Brandão, H., Dominski, F., & Voltarelli, F. (2021). Local muscle endurance and strength had strong relationship with CrossFit® Open 2020 in amateur athletes. *Sports*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sports9070098>
- Ünlü, G., Cevikol, C., & Melekoğlu, T. (2020). Comparison of the effects of eccentric, concentric, and eccentric-concentric isotonic resistance training at two velocities on strength and muscle hypertrophy. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 337-344. <https://doi.org/DOI: 10.1519/JSC.0000000000003086>
- Villa, M., Vera, J., Quintero, G., & Marín, I. (2022). Characterization of Beginner Crossfit athletes in the city of Bucaramanga – Colombia / Caracterização de atletas iniciais de Crossfit na cidade de Bucaramanga - Colômbia. *Brazilian Journal of Development*. <https://doi.org/https://doi.org/10.34117/bjdv8n3-324>.
- Zaras, N., Stasinaki, A., Mpampoulis, T., Spiliopoulou, P., Hadjicharalambous, M., & Terzis, G. (2022). Effect of Inter-Repetition Rest Vs. Traditional Resistance Training on The Upper Body Strength Rate of Force Development and Triceps Brachii Muscle Architecture. *Journal of Human Kinetics*, 189 - 198. <https://doi.org/https://doi.org/10.2478/hukin-2022-0016>.