

Dinamometría isocinética y antropometría segmentaria como parámetros de lesión de los músculos rotadores de hombro en deportistas

Isokinetic dynamometry and segmental anthropometry as parameters for shoulder rotator muscles injury in athletes

*Diana Carolina Preciado Martínez, **Alejandro Bustamante Garrido, ***Danny Wilson Sanjuanelo Corredor
*Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova (Colombia), **Universidad Santo Tomás (Chile), ***Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (Colombia)

Resumen. Detectar los niveles de fuerza de los músculos de las extremidades superiores, incide en el rendimiento, prevención y rehabilitación en deportistas. Objetivo: estimar el riesgo de lesión de los músculos rotadores de hombro a velocidad de 60°/s y 180°/s. Método: estudio descriptivo, correlacional y transversal, en 80 deportistas amateur quienes realizaron isocinésis utilizando el HumacNorm (CSMI) Isokinetic Testing and Rehabilitation System y antropometría segmentaria mediante un bioimpedanciometro seca mBCA554. Resultados: fueron comparados con baremos estandarizados en diferentes poblaciones de deportistas. Se obtuvo alta correlación antropométrica, entre la masa muscular del brazo dominante (MMBD) y masa muscular del brazo no dominante (MMBND) ($p < 0,001$); e isocinéticas a 60°/s entre los RI de la MMBD y la MMBND ($p < 0,001$); entre 60°/s y 180°/s de los RE ($p < 0,001$); entre la antropometría segmentaria e isocinésis como la MMBND y RE de MMBND a 60°/s con un radio de $r = 0,70$ ($p = 0,01$). El IMC fue normal; pero los valores déficit para RE180°/s supero el 10% y el índice de fatiga (IF) fue alto para los RI180°/s ($p < 0,05$). Conclusión: La fuerza máxima, la masa muscular segmentaria, asimetrías, déficit e IF, si son variables que pueden estimar mejor el riesgo de lesión, aunque debido a la falta de baremos en deportistas amateur y a los resultados limitados e incongruentes en otras disciplinas deportivas y deportistas elite, nuestros resultados pueden servir como parámetros iniciales isocinéticos y de antropometría segmentaria para los deportistas amateur con mayor demanda de extremidades superiores.

Palabras clave: Fuerza muscular, composición corporal, estándares de referencia, factores de riesgo, evaluación.

Abstract: Detecting the muscle strength levels of the upper limbs plays a significant role in athletes' performance, injury prevention, and rehabilitation. Objective: To estimate the risk of injury to the shoulder rotator muscles at speeds of 60°/s and 180°/s. Method: A descriptive, correlational, cross-sectional study was conducted on 80 amateur athletes who underwent isokinetic testing using the HumacNorm (CSMI) Isokinetic Testing and Rehabilitation System and segmental anthropometry using a seca mBCA554 bioimpedance analyzer. Results: The results were compared to standardized benchmarks in various populations of athletes. High anthropometric correlations were observed, including between the muscle mass of the dominant arm (MMBD) and the muscle mass of the non-dominant arm (MMBND) ($p < 0.001$), as well as isokinetic values at 60°/s between the internal rotators (RI) of MMBD and MMBND ($p < 0.001$) and between 60°/s and 180°/s of the external rotators (RE) ($p < 0.001$). Segmental anthropometry also showed a correlation with isokinetic measurements, such as MMBND and MMBND RE at 60°/s, with a correlation coefficient of $r = 0.70$ ($p = 0.01$). BMI was within the normal range, but deficits were observed for RE180°/s exceeding 10%, and the fatigue index (FI) was high for RI180°/s ($p < 0.05$). Conclusion: Maximum strength, segmental muscle mass, asymmetries, deficits, and FI are variables that can better estimate the risk of injury. However, due to the lack of benchmarks for amateur athletes and limited and incongruent results in other sports disciplines and elite athletes, our findings can serve as initial isokinetic and segmental anthropometry parameters for amateur athletes with a high demand on their upper limbs.

Keywords: Muscle strength, body composition, reference standards, risk factors, assessment.

Fecha recepción: 22-07-23. Fecha de aceptación: 02-09-23

David Díaz-Tejerina

diaztejerina.david1992@gmail.com

Introducción

Tradicionalmente los problemas que aquejan a los atletas de diversas disciplinas deportivas que están en formación militar, se derivan de las actividades de sobre esfuerzo, al uso de patrones de movimiento repetitivos y al transporte de peso externo, ya sea, por una alteración del alineamiento y de las cargas que deben soportar las extremidades, que son propias de su lateralidad (dominancia) y/o a la mala distribución de las fuerzas aplicadas (Rosendal et al., 2003). Asimismo, los inadecuados procesos de adaptación al entrenamiento físico y la falta de reposo tisular, se suman al daño progresivo de las estructuras articulares, a la alteración de los parámetros neuromusculares y al riesgo de aparición de lesiones musculoesqueléticas y tendinosas, especialmente, aquellas que se originan en los miembros superiores, como la escápula, el hombro y el codo, durante los procesos de preparación, entrenamiento y re-entrenamiento del atleta (Byram et al., 2010 ;

Escamilla & Andrews, 2009; Mónico et al., 2020).

El uso de dispositivos isocinéticos es una herramienta utilizada con frecuencia para la valoración de la fuerza de distintas articulaciones (Huesa et al., 2005), entre los parámetros valorados se encuentran el momento máximo de fuerza (pico de torque: N·m), la simetría muscular, el déficit de fuerza, e índice de fatiga (IF). En este sentido, se pueden asumir incrementos de la fuerza muscular para los rotadores internos (RI) del brazo dominante (BD) entre el 10 al 15%, en comparación al brazo no dominante (BND), sin embargo, dichos porcentajes no se pueden exceder, ya que el riesgo de sufrir una lesión, se aumenta hasta en un 100% (Edouard et al., 2013). Asimismo, la alteración del pico de torque de los rotadores externos (RE), causa un desequilibrio de los músculos del manguito rotador (*debilidad comparativa de los rotadores por pérdida de la relación: rotación externa/rotación interna (RE/RI) y aductores*) a distintas

velocidades angulares ($60^\circ/s$; $180^\circ/s$; $240^\circ/s$), lo que acelera el riesgo de aparición de luxación del hombro y la escápula (Alderink & Kuck, 1986; McMaster et al., 1991; Walton et al., 2002). Lo anterior, se explica, porque los RE deben producir al menos $2/3$ de la fuerza comparados a los RI, para mantener una relación RE/RI muscular equilibrada (Ellenbecker & Roetert, 2003). Por otra parte, la detección de asimetrías y la alteración en la potencia, podrían detectar un posible déficit bilateral o unilateral (Daneshjoo et al., 2013), tal como ocurre, con el predominio de los RI sobre la acción concéntrica y excéntrica de los RE, cuyo causal es por la adaptación mejorada de los RI a la fuerza. Sin embargo, dicho predominio no debe ser tan amplio entre los grupos musculares y tampoco entre el BD y el BND, ya que, en este caso, se asegura la ocurrencia de una lesión muscular y la inestabilidad articular es casi inevitable (Byram et al., 2010; Daneshjoo et al., 2013).

Otros parámetros relevantes, son los derivados de la composición corporal, como la masa magra, la masa grasa y el porcentaje de masa grasa, los cuales determinan el incremento de la fuerza, la potencia y la velocidad, medidos a través del índice de masa corporal (IMC) y la valoración isocinética, sin embargo, los resultados son incongruentes (Akinoğlu & Kocahan, 2019). Se ha documentado, una relación negativa entre la masa grasa y la fuerza muscular isocinética y una relación positiva entre la masa magra de algunos segmentos corporales y la fuerza muscular isocinética (Tuquet et al., 2020; Zapardiel et al., 2012). Otros estudios, con hallazgos similares, demostraron que, a mayor índice de masa corporal, hay mayor fuerza muscular, cuyo rendimiento del componente magro, se debe a una compensación de los demás tejidos (Slocker et al., 2002; Zapardiel et al., 2012), y específicamente en deportistas de rugby, fútbol, baloncesto y taekwondo, tuvieron una alta correlación entre la masa muscular y la potencia (García-Chaves et al., 2023). Otros autores, demostraron una relación directa entre la masa corporal magra, la masa muscular del torso y la fuerza muscular del torso, utilizando antropometría segmentaria (Akinoğlu & Kocahan, 2019). Sin embargo, en deportistas de balón mano, las diferencias antropométricas y las características de rendimiento físico (potencia y fuerza) en acciones por encima de la cabeza, tienen correlaciones inconsistentes (Zapardiel et al., 2012). Aunque, gestos como la velocidad de lanzamiento y ejercicios de carrera, tienen una relación significativa con la altura y el peso corporal (Havolli et al., 2020). Estos hallazgos, suponen que existe una ligera influencia de algunas variables antropométricas sobre la fuerza máxima isocinética, pero, continua siendo confusa, la relación entre los momentos máximos de fuerza con las variables de altura, peso, masa grasa y masa muscular (Tuquet et al., 2020; Zapardiel et al., 2012). Otros parámetros como la longitud de las extremidades, ha sido asociada con niveles de mayor velocidad en los lanzamientos (Glazier et al., 2000), pero autores como Wormgoor et al. (2010) no respaldan dicha sugerencia, aunque reconocen que la ventaja mecánica, debe beneficiar este tipo de patrones de movimiento (Loram et al.,

2005; Wormgoor et al., 2010). Según Gonçalves et al. (2017) en términos generales, concluye que una composición corporal segmentaria inadecuada o total, afecta la fuerza muscular, lo que se traduce a que los deportistas, tendrán que soportar cargas adicionales de las necesarias, generando una mayor predisposición a las lesiones y a un menor desempeño en las tareas físicas y deportivas cuando las variables antropométricas e incluso las segmentarias no son las adecuadas (Gonçalves et al., 2017).

Durante el proceso de formación deportiva y militar, la predisposición de lesión y re-lesión (Johnson et al., 2018) no solo se debe a la demanda de las actividades de exigencia física, sino también a que el propio individuo, no atiende de manera adecuada a los signos y síntomas que pueden ser propios de un desorden musculoesquelético (DME), el cual tiende a empeorar a lo largo del tiempo. La prevención, la implementación de estrategias de detección temprana y el seguimiento de lesiones, puede disminuir la incidencia de DME, cuyas cifras están por alrededor del 70% (Monico et al., 2020). En este sentido, la dinamometría isocinética, el análisis de las variables de la composición corporal segmentaria y su correlación, permitirá detectar aquellos indicios de lesión articular, muscular y ósea y/o posibles problemas que reinciden por antecedentes de lesión, como en los casos donde el radio de fuerza relativa (peso corporal / capacidad de generación de fuerza) ha sido alterado (Martínez Pérez & Vaquero Cristobal, 2021). Por ende, se facilitará la toma de decisiones y de acciones encaminadas a prevenir, a tratar y a evitar complicaciones que afecte la calidad de vida, que promueva la salud y que mejore el desempeño de las capacidades físicas en el deportista amateur (Kuorinka et al., 1987; Martínez & Alvarado, 2017).

Material y métodos

En el presente estudio, descriptivo y correlacional de corte transversal, participaron ciento diez (110) deportistas amateur pertenecientes de la Facultad de Educación Física Militar, que participan en los juegos inter-escuelas del Ejército Nacional de Colombia, que practican deportes de conjunto, conformaron la población objeto de este estudio y aceptaron su participación voluntaria al firmar el consentimiento informado. Los participantes fueron hombres con edad promedio de 19 ± 0.82 años, peso corporal de 68.03 ($\pm 7,46$ kg) y talla de 1,71 (± 0.05 m), sin historial clínico de trastornos de miembros superiores o sin episodios de lesión dentro de las seis (6) semanas previas al estudio, además que hubiesen participado en competencias juveniles a nivel nacional. Se excluyeron aquellos sujetos que no terminaron o no cumplieron a satisfacción con las exigencias de los protocolos de evaluación de esta investigación. Un total de 80 deportistas aficionados cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión. Este estudio contó con la aprobación del Comité de Ética de la Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova" (ESMIC en adelante) mediante el número de acta 2022922001439246.

Evaluación de la Composición Corporal Segmentaria

El análisis de la composición corporal segmentaria incluyó doce (12) variables: edad (años), peso corporal (kg), talla (m), índice de masa corporal (IMC), masa grasa relativa (%), masa grasa absoluta (%), masa libre de grasa (kg), masa muscular total (MM), masa muscular segmentaria del brazo dominante (MMBD), masa muscular segmentaria del brazo no dominante (MMBND), perímetro de cintura (m), grasa visceral (%). El dispositivo mBCA 55® fue utilizado para el análisis de la composición corporal y los datos obtenidos fueron analizados mediante el software Seca Analytics 115®.

Evaluación de la fuerza isocinética

Los sujetos realizaron una activación de 5 minutos en bicicleta estática a 60 rpm (revoluciones por minuto) y cinco 5 minutos de movilidad articular de los miembros superiores (circunducción), seguido de ejercicios de estiramiento con predominio en los músculos de rotación interna (RI) y rotación externa (RE). Finalmente, realizaron cinco 5 ejercicios de familiarización de cada patrón de movimiento a evaluar. Cada sujeto se posicionó en bípedo con estabilización de correas a nivel del antebrazo del miembro superior evaluado. El eje de rotación del brazo del dinamómetro se colocó lateral al epicóndilo externo del humero y el extremo móvil se fijó a la parte media del antebrazo en posición neutral, con una abducción entre 35° y 45° y una flexión de codo a 90°. Los patrones de movimiento evaluados fueron: rotación interna (RI) y rotación externa (RE) de los músculos de hombro de manera bilateral. Para medir la fuerza muscular, se determinó el torque (N·m), realizando cinco (5) repeticiones a una velocidad de 60°/s y a velocidad de 180°/s y para la resistencia muscular, se fijó el torque (N·m) realizando quince (15) repeticiones a una velocidad de 60°/s y a una velocidad de 180°/s, registrando los datos del brazo dominante (BD) y brazo no dominante (BND). Para la evaluación isocinética, se utilizó el Humac-Norm (CSMI) Isokinetic Testing and Rehabilitation System. Las variables que se incluyeron en este estudio son: torque (N·m) para los músculos rotadores internos (RI) a velocidad angular de 60°/s y 180°; torque (N·m) para los músculos rotadores externos (RE) a velocidad angular de 60°/s y 180°; déficit de fuerza de los RI y de los RE; torque relativo a la masa muscular del brazo dominante (MMBD) de los RI y de los RE (N·m/kg); torque relativo a masa muscular del brazo no dominante (MMBND) de los RI y de los RE (N·m/kg) e índice de fatiga (IF).

Análisis de los Datos

Fue realizada la prueba de Shapiro-Wilk para establecer la normalidad de los datos, cuyos resultados mostraron la distribución no normal para algunas variables antropométricas. Para el análisis descriptivo y para las correlaciones entre las variables antropométricas (MMBD, MMBND) y las variables isocinéticas (torque de los RI y RE, déficit de RI y RE, radio RI/RE, índice de fatiga (IF), se utilizó el programa estadístico R (R Core Team, 2021), con la interfaz gráfica de usuario RStudio (RStudioTeam, 2022). Para el

análisis descriptivo de las variables antropométricas y de las variables isocinéticas, se toma un coeficiente de variación (CV) entre 0% al 10% como variabilidad muy baja, 50% alta variabilidad y 100% variabilidad muy alta (Koo & Li, 2016). Se consideró un coeficiente de correlación excelente o alto de >0,9, una correlación buena entre 0,90 – 0,75, una correlación moderada entre 0,75 – 0,50 y correlación baja o pobre < 0,50 (Koo & Li, 2016) y el valor p como: (*p<0,05,** p<0,01,*** p<0,001). Adicionalmente, se utilizó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney, para establecer las diferencias entre los datos que lo requirieron y se prosiguió con un análisis de regresión lineal simple, para comprobar la relación entre las variables de fuerza isocinética con las variables antropométricas. Los resultados de estos últimos análisis, se graficaron con el software estadístico GraphPadPrism9.4.1. El nivel de significancia definido fue el valor de la probabilidad menor o igual que 5% ($p \leq 0,05$).

Resultados

Según el análisis descriptivo para las variables antropométricas a partir de r, se observa que, según el IMC, el 50% de los sujetos está en el límite inicial de sobrepeso ($Q3=25,42\text{kg}/\text{m}^2$); para la masa grasa relativa se obtuvo valores normales para los dos cuartiles, ($Q1=12,58$; $Q3=19,43$), mientras que los valores de masa grasa absoluta, mostro que el 50% está en el límite superior de normalidad. Para el perímetro de cintura, el promedio está en bajo riesgo (0,78 m), la masa grasa tiene un promedio saludable (1,33%) y el promedio de masa libre de grasa está por encima del 50%, lo que se traduce a un buen indicador para este tipo de población. En relación a los datos de antropometría segmentaria del brazo, mostro que los valores entre la masa muscular del brazo dominante (MMBD) y la masa muscular del brazo no dominante (MMBND) tuvieron valores muy similares: 1,78 kg y 1,76 kg respectivamente, aunque muy por debajo de la media poblacional para deportistas (Stagi, 2021). Así mismo, las variables de masa grasa relativa y la masa grasa absoluta tuvieron una variabilidad moderada, lo que afirma, que la masa grasa tiene una dispersión mayor en comparación a las demás variables antropométricas (Tabla 1).

Según el análisis en r para las características antropométricas, se destacan las variables con un coeficiente de correlación alto, cuya diferencia fue estadísticamente significativa para: la masa grasa absoluta con la masa grasa relativa ($r=0,927$); La MM con la masa libre de grasa ($r=0,980$), la MMBND con la masa libre de grasa ($r=0,963$), la MMBD con la MM ($r=0,958$), la MMBD con la MMBND ($r=0,963$) (Figura 1). Estos resultados indican, que el uso de las extremidades en los procesos de entrenamiento, mejora el desarrollo de la masa muscular y la masa muscular segmentaria, especialmente en el brazo con mayor demanda o brazo dominante. Las demás variables tuvieron bajas correlaciones y nulas, de tal forma que no aportan información relevante al propósito del estudio (Figura 1).

Tabla 1. Caracterización de las variables de composición corporal y antropometría segmentaria

	Mínimo	Q1	Mediana	Promedio	Q3	Máximo	DE	EE	CV (%)
edad (años)	19	20	21	21,16	22	23	1,13	0,14	5,36
peso (kg)	24,23	64,05	68,35	68,03	73,82	82,15	8,74	1,11	12,85
Talla (m)	1,58	1,67	1,7	1,71	1,75	1,84	0,05	0,01	3,13
IMC (kg/m ²)	19,62	22,07	23,76	23,62	25,42	27,74	2,1	0,27	8,9
MGR (%)	4,49	12,58	16,23	16,09	19,46	29,82	5,29	0,67	32,85
MGA (%)	2,56	7,9	11,41	11,17	14,17	21,71	4,16	0,53	37,24
MLG (kg)	49,56	54,71	57,52	57,5	60,31	65,99	4,26	0,54	7,41
MM (kg)	22,23	25,64	27,05	27,3	29,14	32,78	2,38	0,3	8,73
MMBND (kg)	1,37	1,62	1,75	1,76	1,85	2,27	0,2	0,02	11,18
MMBD (kg)	1,43	1,65	1,75	1,78	1,92	2,24	0,2	0,02	11,04
PP(m)	0,65	0,75	0,78	0,78	0,81	0,88	0,05	0,01	6,07

IMC: Índice de Masa Corporal; MGR: Masa grasa relativa; MGA: Masa grasa absoluta; MLG: Masa libre de grasa; MM: Masa muscular; MMBND: Masa Muscular Brazo No Dominante; MMBD: Masa Muscular Brazo Dominante; PP: perímetro de cintura; DE: Desviación estándar; EE: Error estándar; CV: Coeficiente de variación; Q1: Primer cuartil; Q2: Segundo cuartil; Q3: Tercer cuartil Q4: Cuarto cuartil.

Fuente de elaboración propia.

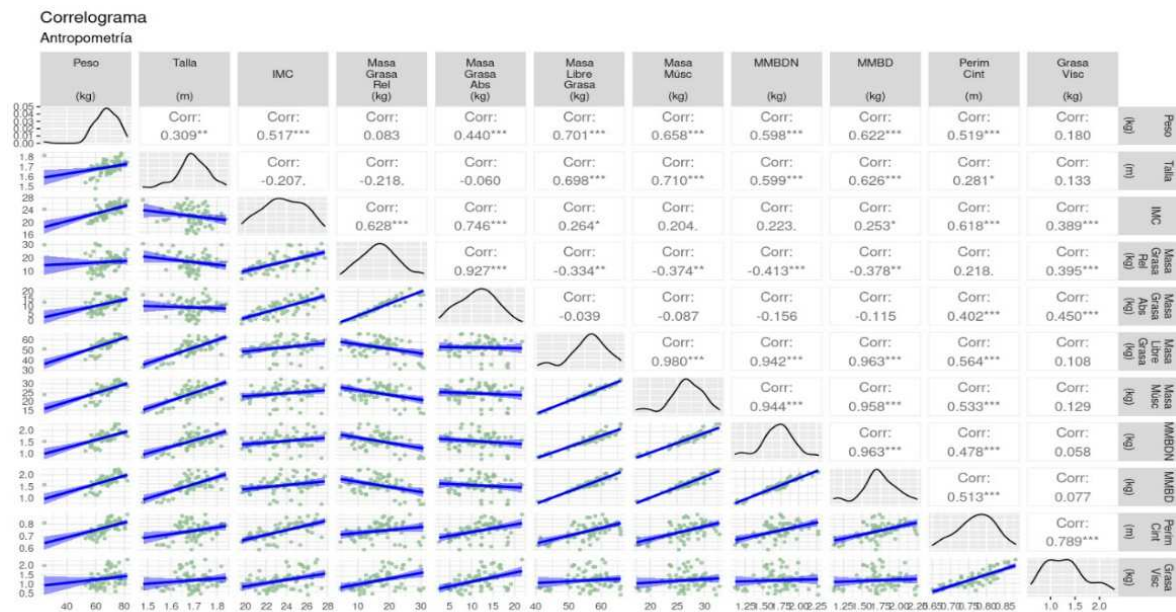


Figura 1. Correlación entre la Composición Corporal y el Análisis Corporal Segmentario. IMC: Índice de masa corporal; Masa Grasa Rel: Masa grasa relativa; Masa Musc (kg): Masa muscular; MMBND: Masa muscular del brazo no dominante; MMBD: Masa muscular del brazo dominante; Perim Cint: perímetro de cintura; valores p: *p<0,05; **p<0,01; *** p<0,001. Fuente de elaboración propia

Para los resultados descriptivos de las variables de la fuerza isocinética a velocidad de 60°/s, los RI del BD tuvieron una media de torque de 36,76 N·m (23 N·m-68 N·m) y del BND de 33,88 N·m (22 N·m-64 N·m); mientras que la media en los RE en BD fue de 24,43 N·m (15 N·m-45 N·m) y para el BND fue de 23,50 N·m (15 N·m-39 N·m) y para los valores torque a velocidad de 180°/s, se observó que la media para RI en BD es de 27,75 N·m (12 N·m-53 N·m) y BND: 26,66 N·m (12 N·m-43 N·m); mientras que los RE en

BD es de 17,42 N·m (11 N·m-33 N·m) y BND: 16,69 N·m (11 N·m-30 N·m). De acuerdo a dichos valores, se mantiene la tendencia de un mayor torque para los RI del BD en comparación a los RE. Así mismo, los valores torque en los deportistas amateur, se encuentran en rangos similares a los deportistas con patrones de movimiento por encima de la cabeza (Batalha et al., 2012; Caicedo et al., 2017; Drapsin et al., 2019; Gonçalves et al., 2017; Katti et al., 2022; Suner-Keklik et al., 2020; Zapardiel et al., 2012) (Figura 2).

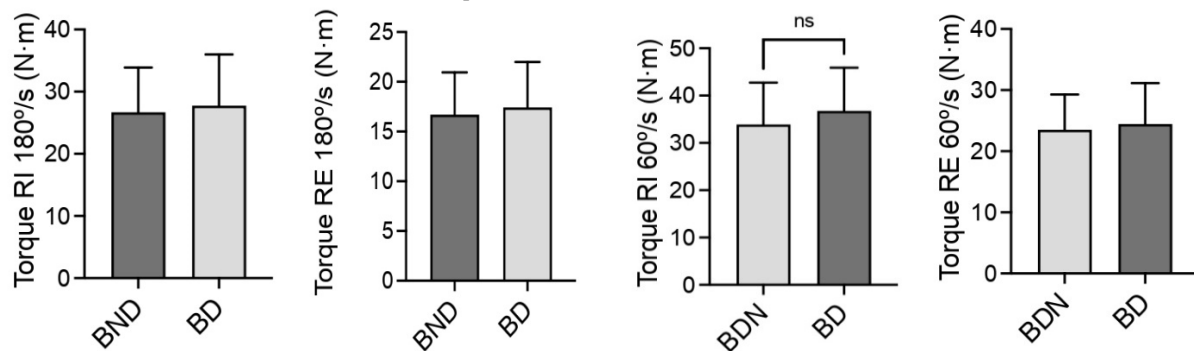


Figura 2. Análisis descriptivo de las variables de fuerza isocinética (N·m) de los rotadores internos (RI) y externos (RE) del brazo dominante (BD) y del brazo no dominante (BND) a velocidades angulares de 60°/s y 180°/s. Torque RI 60°/s: torque de rotadores internos a velocidad angular de 60°/s; BND: brazo no dominante; BB: brazo dominante; Torque RE 60°/s: torque de rotadores externos a velocidad angular de 60°/s; BND: brazo no dominante; BB: brazo dominante; Torque RI180°/s: torque de rotadores internos a velocidad angular de 180°/s; BND: brazo no dominante; BB: brazo dominante; Torque RE 180°/s: torque de rotadores externos a velocidad angular de 60°/s; BND: brazo no dominante; BD: brazo dominante.

Fuente de elaboración propia

En relación al déficit de los músculos rotadores de hombro, se observa que a velocidades angulares de 60°/s y 180°/s, todas las variables se encuentran por encima del 10% (Marcondes et al., 2019), lo que supera el valor déficit aceptado como parámetro fisiológico diferencial de fuerza entre los RI y los RE. Sin embargo, la variabilidad fue muy

alta para todas las variables. Por lo tanto, se deduce que la población de este estudio, se encuentra en un riesgo de lesión, especialmente para los RE, en su acción excéntrica, comprometiendo la estabilidad dinámica a nivel de la articulación glenohumeral (Tabla 2).

Tabla 2.

Valores de torque déficit para los rotadores internos y rotadores externos a velocidad angular de 60°/s y 180°/s.

	Mínimo	Q1	Mediana	Promedio	Q3	Máximo	DE	EE	CV (%)
TDRI 60°/s	0	4	9	11,19	17	31	8,31	1,06	74,22
TDRE 60°/s	0	6	12,5	13,65	21	40	10,4	1,33	76,51
TDRI 180°/s	0	6	11,5	11,94	17	31	7,78	0,99	65,2
TDRE 180°/s	0	7	13,5	14,55	23	39	10,79	1,37	74,17

TDRI 60°/s: Torque déficit rotadores Internos a velocidad angular de 60°/s; TDRE 60°/s: Torque déficit rotadores externos a velocidad angular de 60°/s; TDRI 180°/s: Torque déficit rotadores Internos a velocidad angular de 180°/s; TDRE 180°/s: Torque déficit rotadores externos a velocidad angular de 180°/s; DE: Desviación estándar; EE: Error estándar; CV: Coeficiente de variación; Q1: Primer cuartil; Q2: Segundo cuartil; Q3: Tercer cuartil; Q4: Cuarto cuartil.

Fuente de elaboración propia.

Según el análisis en r para las variables de fuerza isocinética, mostró una buena correlación y diferencia estadísticamente significativa para las variables de: RI a 60°/s, entre el BND y el BD (0,856), RI del BD entre 180°/s y 60°/s (0,869), RI del BND entre 180° y 60°/s (0,895), RI a 180°/s entre el BND y BD (0,850), RE del BD y BND entre 180°/s y 60°/s (0,850) y para los RE del BND entre 180°/s

y 60°/s (0,853). Así mismo, buena correlación y diferencia estadísticamente significativa para RE/RI a 60°/s del BD (0,837). También, se observó una correlación moderada entre RE/RI a 180°/s del BD (0,729) y del BND (0,763). Las demás variables tuvieron correlaciones bajas y nulas de tal forma que no aportan información relevante al propósito del estudio (Figura 3).

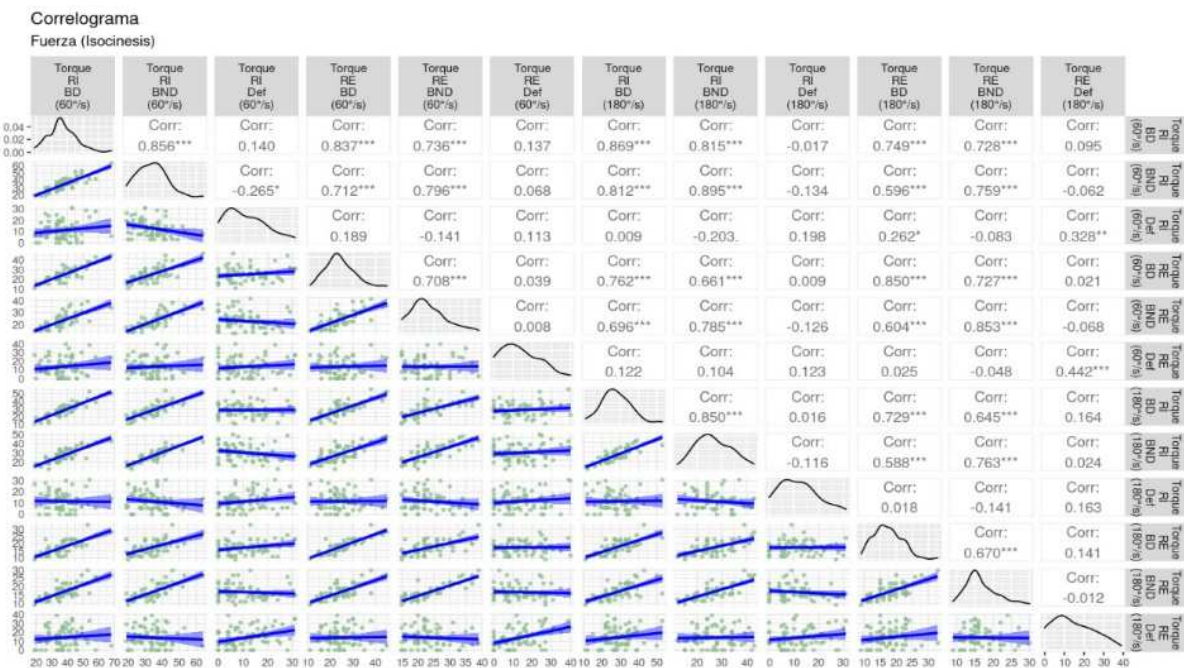


Figura 3. Correlación de las variables de fuerza isocinética: Torque RIBD60°/s: torque rotadores internos del brazo dominante a velocidad angular 60°/s; Torque RIBND60°/s: torque rotadores internos del brazo no dominante a velocidad angular 60°/s; Torque RIDef60°/s: torque déficit rotadores internos a velocidad angular de 60°/s; Torque REBD60°/s: torque rotadores externos del brazo dominante a velocidad angular 60°/s; Torque REBND60°/s: torque rotadores externos del brazo no dominante a velocidad angular 60°/s; Torque REDef60°/s: torque déficit rotadores externos a velocidad angular de 60°/s; Torque RIBD180°/s: torques rotadores internos del brazo dominante a velocidad angular 180°/s; Torque RIBND180°/s: torque rotadores internos del brazo no dominante a velocidad angular 180°/s; Torque RIDef180°/s: torque déficit rotadores internos a velocidad angular de 180°/s; Torque REBD180°/s: torque rotadores externos del brazo dominante a velocidad angular 180°/s; Torque REBND180°/s: torque rotadores externos del brazo no dominante a velocidad angular 180°/s; Torque REDef180°/s: torque déficit rotadores externos a velocidad angular de 180°/s; Valores p: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001.

Fuente de elaboración propia.

Para el análisis de correlación entre la antropometría segmentaria y la fuerza muscular isocinética, los deportistas amateurs tuvieron una correlación moderada y fuerte entre la MMBND y el torque de RE del BND a 60°/s (r=0,70), las demás correlaciones fueron moderadas para esta velocidad, mientras que todas las correlaciones a 180°/s fueron

bajas. Lo anterior indica, que los deportistas amateurs podrían presentar un factor de riesgo para lesión de los músculos rotadores de hombro en acciones con mayor demanda de fuerza de contracción muscular y máxima velocidad, que pueden facilitar la inestabilidad glenohumeral (Johnson et al., 2018; Walton et al., 2002) (Figura 4).

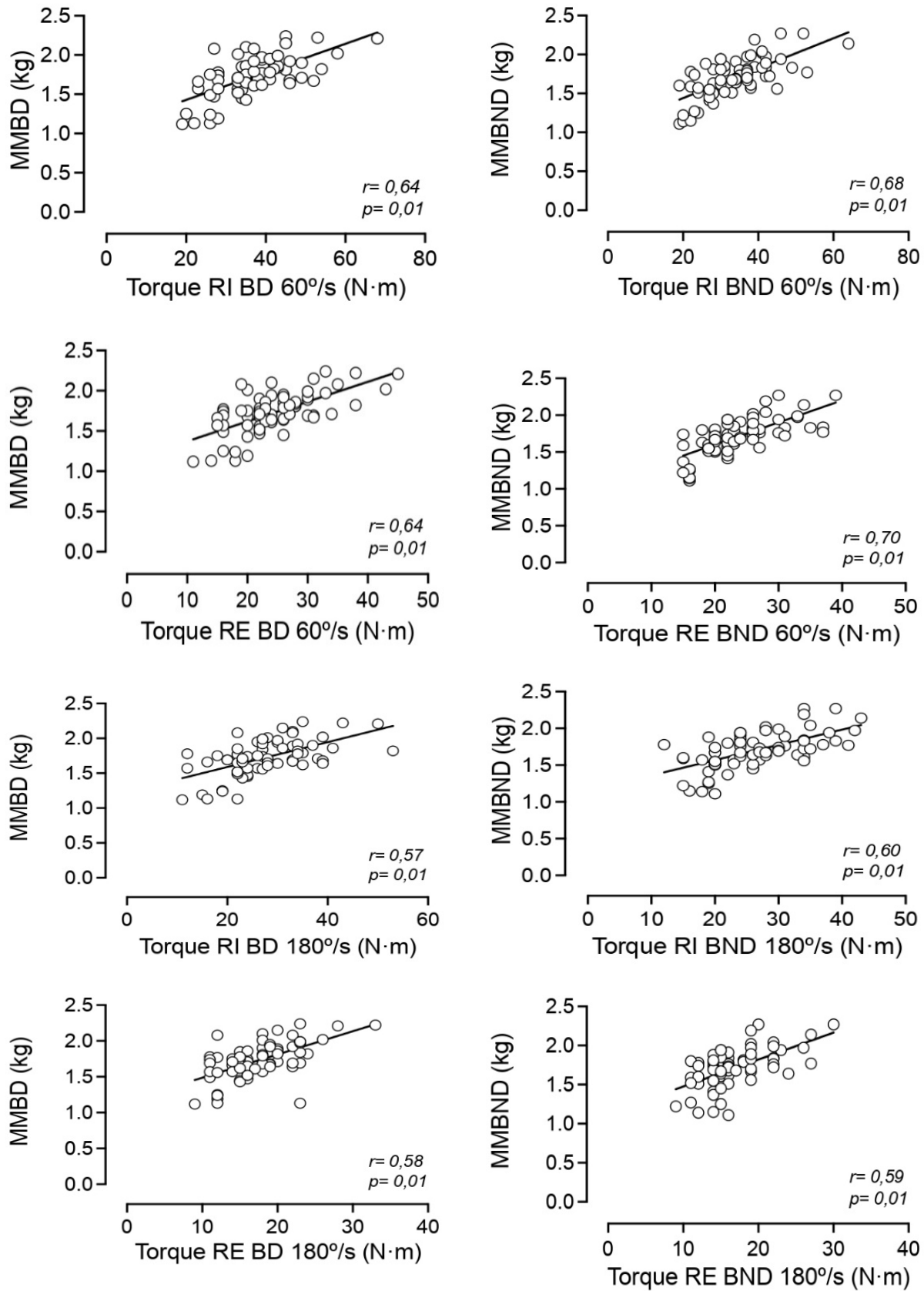


Figura 4. Correlación entre la fuerza muscular isocinética newton·metro (N·m) de los rotadores internos (RI) y externos (RE) a velocidades angulares de 60°/s y 180°/s y la antropometría segmentaria del brazo dominante (MMBD) y del brazo no dominante (MMBND): MMBD (kg): masa muscular del brazo dominante; MMBND (kg): masa muscular del brazo no dominante; Torque RI BD 60°/s (N·m): torque de rotadores internos del brazo dominante a velocidad angular de 60°; Torque RI BND 60°/s (N·m): torque de rotadores internos del brazo no dominante a velocidad angular de 60°; Torque RE BD 60°/s (N·m): torque de rotadores externos del brazo dominante a velocidad angular de 60°; Torque RE BND 60°/s (N·m): torque de rotadores externos del brazo no dominante a velocidad angular de 60°; Torque RI BD 180°/s (N·m): torque de rotadores internos del brazo dominante a velocidad angular de 180°; Torque RI BND 180°/s (N·m): torque de rotadores internos del brazo no dominante a velocidad angular de 180°; Torque RE BD 180°/s (N·m): torque de rotadores externos del brazo dominante a velocidad angular de 180°; Torque RE BND 180°/s (N·m): torque de rotadores externos del brazo no dominante a velocidad angular de 180°.

velocidad angular de 180°/s; Torque RE BND 180°/s (N·m): torque de rotadores externos del brazo no dominante a velocidad angular de 180°/s.
Fuente de elaboración propia.

En relación a los resultados descriptivos del índice de fatiga (IF) de los músculos rotadores de hombro, en función a la velocidad angular de 180°/s, se observó que el promedio fue menor para los RI del BD (-11,36%) en comparación al BND (-16,26%), mientras que el promedio de los RE del BD y BND estuvieron en el rango de normalidad (9,52% y 9,26%) respectivamente. Todas las variables fueron significativas ($p < 0,05$). Sin embargo, varios autores reportaron valores de RI del BD entre 5,94% y de 5,98% y del BND 5,96% y 6,09% mientras que los RE del BD pueden ir desde 14,19%, 14,71%, y 15,76% y del BND entre 15,76% y 17,31% aproximadamente (Batalha et al., 2015; Dark et al., 2007; Ellenbecker & Roetert, 2003). Estos valores difieren de los hallados por nuestro estudio, ya que el IF de los RE de las dos extremidades estuvieron en el rango de normalidad. Por lo tanto, se puede concluir que la capacidad de generación de fuerza de los RI relativa a los RE es pobre o esta disminuida. Lo anterior, podría acelerar el riesgo de una lesión articular y muscular y por ende bajo rendimiento (Figura 5).

Según el análisis correlacional en r para el IF de los RE y de los RI a velocidad de 180, se obtuvo una correlación

moderada del IF entre el RE del BND y el RI del BND ($r=0,543$), Las demás variables no se tienen en cuenta en estudio, ya que tuvieron una correlación baja o nula (Figura 6).

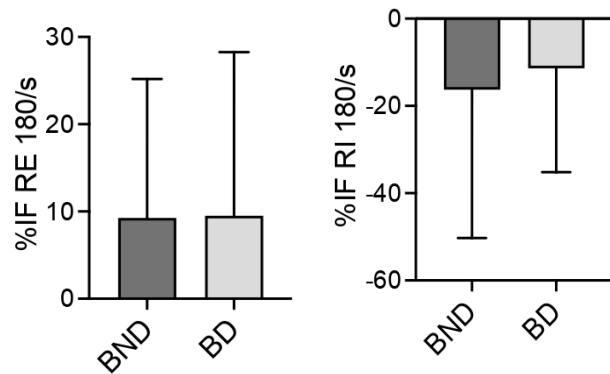


Figura 5. Descripción del índice de fatiga (IF) de los rotadores internos (RI) y externos (RE) a velocidad angular de 180°/s y de la antropometría segmentaria del brazo (BD) y del brazo (BND): %IF RI 180°/s: porcentaje del índice de fatiga de los rotadores internos a velocidad angular de 180°/s; %IF RE 180°/s: porcentaje del índice de fatiga de los rotadores externos a velocidad angular de 180°/s; BND: Brazo no dominante; BD: Brazo dominante.
Fuente de elaboración propia.

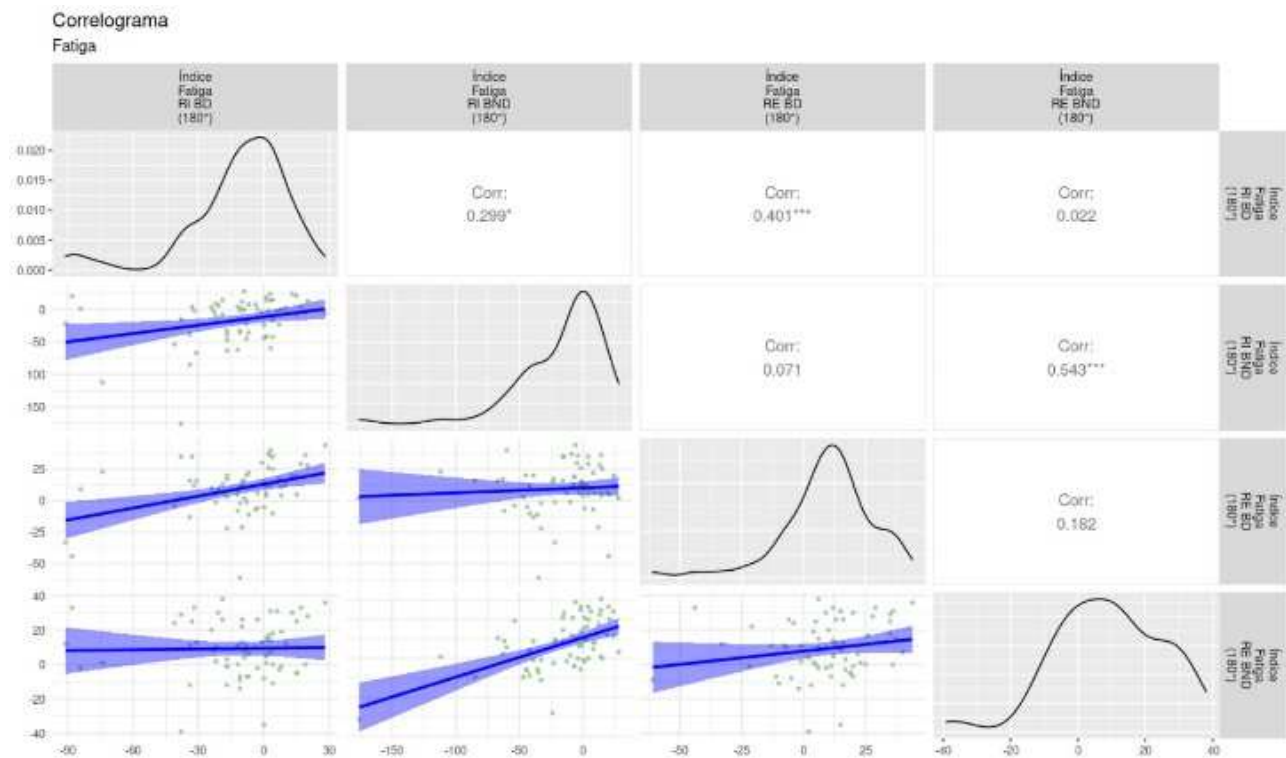


Figura 6. Correlación del índice de fatiga entre los RE/RI a velocidad angular de 180°/s. índice fatiga RI BD (180°): índice de fatiga de los Rotadores Internos del brazo dominante a velocidad angular de 180°/s; Índice fatiga RI BND (180°): índice de fatiga de los Rotadores Internos del brazo no dominante a velocidad angular de 180°/s; Índice Fatiga RE BD (180°): índice de fatiga de los rotadores externos del brazo dominante a velocidad angular de 180°/s; Índice Fatiga RE BND (180°): índice de fatiga de los rotadores externos del brazo no dominante a velocidad angular de 180°/s.
Fuente de elaboración propia.

Discusión

El propósito de este estudio fue evaluar los músculos rotadores de hombro a velocidades angulares de 60°/s y 180°/s, utilizando dinamometría isocinética y

antropometría segmentaria como predictores de lesión en deportistas amateur de la ESMIC en la ciudad de Bogotá, que participan de los juegos inter-escuelas en deportes de conjunto y que además están sometidos a realizar actividades de esfuerzo físico como lanzamientos, levantamientos,

sopORTE y transporte de cargas con los miembros superiores, cuyas actividades son propias de su formación, en la Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova. En este sentido, la literatura ha sido incongruente, debido a que algunos autores argumentan, que no hay una relación directa entre los valores de fuerza muscular y la asimetría como riesgo de lesión osteomuscular o con un menor rendimiento deportivo, ya que los procesos asimétricos son características adaptativas al movimiento, a las características del entrenamiento, a las actividades deportivas y de la vida cotidiana (Gray et al., 2015; Kountouris et al., 2012; Olivier et al., 2013). Mientras que la simetría, puede ser relacionada con el riesgo de aparición del dolor (Martin et al., 2017). Resultados similares, reportadas por Johnson et al. (2019), mediante una ecuación de estimación generalizada (GEE) y regresiones logísticas simples, demostró que la fuerza del hombro, la fuerza ipsilateral, la asimetría bilateral y/o alteración de la cinemática escapular, no son factores que predisponen a una lesión de hombro (Johnson et al., 2019), incluso un mayor análisis en deportistas con predominio de acciones unilaterales, demuestro que pueden ocurrir adaptaciones antropométricas positivas asociadas al desarrollo de asimetrías bilaterales (Duvenage, 2019). Sin embargo, otros estudios se oponen a lo expresado anteriormente, argumentando que la relación entre la asimetría bilateral y el riesgo de aparición de lesión, puede ser mayor al 15% (Ojeda-Aravena et al., 2021) cuya causalidad se debe al uso y sobreuso de la extremidad dominante, como consecuencia de la demanda muscular única del deporte (Vargas et al., 2021) sumado a los factores como la edad, el género y/o a la poca experiencia del entrenamiento (Olivier & Daussin, 2018). De acuerdo a lo anterior, este estudio observó que las variables antropométricas están en el rango de normalidad, excepto para la MMBN y MMBND, cuyo promedio fue similar para los dos brazos 1,78 kg y 1,76 kg, pero muy por debajo de la normalidad comparado con otros estudios, cuyos valores están entre 2,2 kg y 3,3 kg (Stagi, 2021). A pesar de dichos resultados, se obtuvo alta correlación entre las variables de MMBD con MM ($r=0,958$) y MMBD con MMBND ($r=0,963$) con una diferencia estadísticamente significativa ($p<0,001$). Por otra parte y en relación a la fuerza toque, numerosos estudios continúan en la búsqueda de establecer, si los desequilibrios musculares pueden estar asociados a las lesiones de hombro (Andrade et al., 2013; Olivier & Daussin, 2018; Vargas et al., 2021). De acuerdo a lo anterior, este estudio observó que el torque a velocidad de $60^\circ/s$ y $180^\circ/s$, fue mayor para los RI comparado con los RE en el BD (RI $60^\circ/s$: $36,76 \text{ N}\cdot\text{m}$ y RE $60^\circ/s$: $24,43 \text{ N}\cdot\text{m}$; RI $180^\circ/s$: $27,75 \text{ N}\cdot\text{m}$ y RE $180^\circ/s$: $17,42 \text{ N}\cdot\text{m}$) con predominio en los RI a $60^\circ/s$. Dichos valores fueron similares a los reportados por Batalha et al. 2012; Drapsin et al. 2019 & Zapardiel et al. 2012, cuyo promedio para RI $60^\circ/s$ oscilan entre $26 \text{ N}\cdot\text{m}$ a $47 \text{ N}\cdot\text{m}$ y para los RE $60^\circ/s$ entre $23 \text{ N}\cdot\text{m}$ a $31 \text{ N}\cdot\text{m}$ (Batalha et al., 2012; Drapsin et al., 2019; Zapardiel et al., 2012). Sin embargo, autores como Caicedo et al. 2017; Katti et al. 2022 & Suner-Keklik et al. 2020, reportaron valores muy

superiores a velocidad angular de $60^\circ/s$ en jugadores de balón playa, voleibol y fútbol, cuyos promedios para RI pueden ir desde $60 \text{ N}\cdot\text{m}$ a $160 \text{ N}\cdot\text{m}$ y para los RE entre $57 \text{ N}\cdot\text{m}$ a $132 \text{ N}\cdot\text{m}$ (Caicedo et al., 2017; Katti et al., 2022) mientras que a velocidad de $180^\circ/s$, los RI tuvieron un promedio de $39 \text{ N}\cdot\text{m}$ a $60 \text{ N}\cdot\text{m}$ y para los RE de $23 \text{ N}\cdot\text{m}$ a $27 \text{ N}\cdot\text{m}$, $36 \text{ N}\cdot\text{m}$. (Batalha et al., 2012; Caicedo et al., 2017; Drapsin et al., 2019; Gonçalves et al., 2017; Katti et al., 2022). Contrario a los anteriores estudios, Lucena et al. (2021), demostró que en atletas de powerlifters, el torque máximo de los RE del BD predomina sobre los RI en contracciones isométricas y concéntricas a velocidades angulares de $60^\circ/s$ y $180^\circ/s$, pero con la particularidad, que esto atletas, deben efectuar la fuerza máxima de manera simultánea, sin tener en cuenta la extremidad superior dominante, (Lucena et al., 2021), Así mismo, en los gestos deportivos de halterofilia como el *push press*, *push jerk* o *split jerk*, cuyos movimientos exigen un ROM (rango de movimiento) máximo en hombro y codos, alcanzan mayores tasas de producción de fuerza, fuerza máxima dinámica y potencia, gracias a la activación neural y a la acción sinérgica de toda la cadena muscular extensora de las extremidades, lo que al final permite mejores adaptaciones en el manejo de cargas altas a velocidades rápidas (Mateluna et al., 2022). En este sentido, se puede concluir que los diferentes promedios de torque, dependen de los gestos deportivos predominantes, el tiempo de entrenamiento, la disciplina deportiva y la experticia deportiva. Por lo tanto, se puede deducir que los deportistas amateurs de este estudio, deben incrementar sus valores de fuerza torque y masa muscular de los músculos rotadores de hombro, con la finalidad de alcanzar los valores ideales entre la antropometría segmentaria y la fuerza muscular necesarios, para soportar las actividades de mucha potencia, fuerza y velocidad, las cuales son obligatorias y frecuentes en este tipo de población.

Por otra parte, y sumado a los anteriores hallazgos, Jordan et al. (2018) estimo que el déficit en el arco de movimiento y en la fuerza muscular no deberían superar los 18° - 20° del ROM y el 10% de la diferencia de fuerza entre los RI y los RE, ya que se estiman como valores límite para estar en riesgo en lesión articular y muscular (Johnson et al., 2018). Asimismo, Guney et al. (2016) argumento que la disminución del ROM se asocia con la disminución de la fuerza excéntrica de los RE, debido a la traslación del centro de rotación de la glenohumeral, durante las actividades de carga excéntrica en acciones repetitivas por encima de la cabeza (Guney et al., 2016). Adicionalmente, los valores déficit, los explican desde la modalidad deportiva, la posición de juego del atleta, la histéresis muscular, el somatotipo y la concentricidad de los RI, junto a la excentricidad de los RE como indicador de fuerza funcional (Andrade et al., 2013; Drapsin et al., 2019; Drigny et al., 2022; Hurd et al., 2011; Rodríguez & Shoji, 2017; Santos et al., 2022). De acuerdo a lo anterior, los valores descriptivos de déficit de fuerza observados en este estudio, superaron el valor fisiológico porcentual entre los RI y los RE a velocidad de $60^\circ/s$ y $180^\circ/s$, con predominio en los RE, lo que podría indicar un desequilibrio muscular, entre los músculos

rotadores agonistas y antagonistas de hombro. Sin embargo, al comparar estos resultados con los expuestos por Ellenbecker & Davies (2000), cuyo valor déficit de fuerza entre los RI y los RE inicia a partir del 5% para atletas y no atletas (Ellenbecker & Davies, 2000), se podría estimar, que el riesgo de lesión es casi inminente y tal vez de mayor complejidad. Según los resultados del análisis correlacional, los resultados mostraron buena correlación y diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,001$), para los RI y los RE entre las dos extremidades y entre las dos velocidades angulares, así mismo, para la relación RE/RI a $60^\circ/s$. Lo anterior confirma lo estipulado por la literatura, cuyos argumentos se basan en afirmar que la diferencia de fuerza en la relación RE/RI no debe exceder el rango entre el 66% y el 75%, o que la fuerza de los RE debe alcanzar los 2/3 de la fuerza de los RI (Ellenbecker et al., 1988; Kim et al., 2020; Meliski et al., 2017).

Adicional a lo anterior, el análisis de correlación entre la antropometría segmentaria y la fuerza muscular isocinética, se utilizó el modelo estadístico de regresión (lineal) simple, teniendo en cuenta la clasificación de niveles de correlación (Martínez et al., 2009). Así mismo, se define un índice de fuerza normal con valores entre el 0.60 al 0.75, por encima o por debajo de este rango, se considera un factor de riesgo para lesiones de hombro, especialmente para deportistas con predominio de acciones por encima de la cabeza (Ellenbecker & Davies, 2000). También, la literatura ha reportado valores de torque relativo a la masa muscular ($N \cdot m/kg$) a velocidades angulares de $60^\circ/s$ y $180^\circ/s$. De este modo, los valores para la velocidad angular de $60^\circ/s$ para los RI del BD oscilan entre $r=0,72$ Nm/kg y $r=0,76$ Nm/kg , para el BND $r=0,69$ Nm/kg . Para los RE del BD entre $r=0,56$ Nm/kg y $r=0,32$ Nm/kg , y del BND $r=0,35$ Nm/kg . A velocidad angular de $180^\circ/s$, los valores aproximados de RI para el BD $r=0,62$ Nm/kg y del BND $r=0,59$ Nm/kg . Para los RE del BD de $r=0,26$ Nm/kg y del BND $r=0,29$ Nm/kg (Kim et al., 2020; Lategan, 2011). En este sentido, los deportistas aficionados tuvieron una correlación moderada y fuerte entre la MMBND y el torque de RE del BND a $60^\circ/s$ ($r=0,70$), las demás correlaciones fueron débiles. Así mismo, todas las correlaciones a velocidad angular de $60^\circ/s$ se ubican en un rango de normalidad, excepto, las correlaciones a velocidad angular de $180^\circ/s$. Por lo tanto, se podría estimar que los deportistas amateurs de este estudio, no se están adaptando de manera adecuada a la carga de entrenamiento y podrían estar en riesgo de lesión por inestabilidad articular y por tener un índice de fuerza funcional bajo para las exigencias deportivas y de actividades físicas militares.

Otras de las variables relevantes y novedosas, que interfiere en el comportamiento de las variables isocinéticas, son las variables de la composición corporal normalizadas. En otras palabras, se trata del análisis de las características de la antropometría segmentaria y su relación con las variables de fuerza muscular, las cuales poseen implicaciones relevantes sobre la capacidad funcional y del rendimiento físico del atleta (Samsudin et al., 2022). En este sentido, varios

autores argumentan, que el peso corporal relativo correlacionado con la fuerza muscular, es el parámetro más efectivo para reducir la variabilidad de los valores de la fuerza a diferencia de otras medidas de la composición corporal (la altura, la longitud del brazo, el IMC) (Hurd et al., 2011). Así mismo, Cochrane et al. (2015) concluye que los parámetros antropométricos más específicos como el área muscular del brazo, el segmento corporal (masa magra), el posicionamiento óptimo de la extremidad y la edad, influyen en las diversas manifestaciones de fuerza, tal como la fuerza de propulsión, la cual es necesaria para mejorar la velocidad en nadadores, y por ende la mejora del rendimiento deportivo, sin depender únicamente de la técnica deportiva (Cochrane et al., 2015). Adicional a lo anterior, se incluyen correlaciones positivas entre parámetros antropométricos no modificables como los perímetros y componentes óseos, con la fuerza de agarre, lo cual influye de manera positiva en la velocidad de los lanzamientos, gracias a su componente de rigidez ósea y a la función estabilizadora de las extremidades, mejorando la resistencia ósea y la fuerza muscular (Borges et al., 2017). De acuerdo a las razones anteriormente expuestas, este estudio se interesó en caracterizar a los sujetos, bajo las variables de índice de masa corporal y la masa muscular segmentaria y su asociación con el riesgo de lesión. En este sentido, los resultados mostraron que el 50% de la población está en los límites de normalidad y que el comportamiento de las variables de la masa magra y masa muscular segmentaria si se correlacionan fuertemente con las variables de masa grasa y no tanto con el IMC, tal como lo afirman diversos estudios (Cochrane et al., 2015; Duvenage, 2019; Gonzalez, 2018; Zarpardiel et al., 2012). Así mismo, otros hallazgos de este estudio, permitieron establecer que, si existe correlación lineal entre las variables de masa muscular segmentaria y las variables de fuerza isocinética, lo que sugiere que el incremento en los valores de cualquiera de estas dos variables, conducirá a mayores niveles de fuerza y menos riesgo de alteraciones osteoarticulares y musculares, causadas, tal vez, por la demanda en el uso de una extremidad debido a las características propias del gesto deportivo.

Por otra parte, el análisis de las variables de índice de fatiga (IF) mostro que los RI a velocidad angular de $180^\circ/s$, tuvo valores más altos de IF en el lado no dominante con respecto a los RE, cuyos valores fueron similares para los dos lados, pero hay predominio más alto en el lado dominante. Sin embargo, el análisis general entre las variables no mostro diferencias estadísticamente significativas. Según la literatura, se ha argumentado que los RI son los que más se fatigan durante la fase excéntrica, posiblemente las causas se deben, a los micro traumas producidos por sobreuso, a la pérdida de grados de movilidad articular ($>5^\circ$) y a los antecedentes de lesión de los músculos del manguito rotador (Dale et al., 2007), por otra parte, Ellenbecker (1988) determino que los RE del lado dominante pueden mostrar mayores valores de IF gracias a los valores similares de los ángulos de los momentos máximos de las dos extremidades sin tener en cuenta el lado dominante (Ellenbecker et al., 1988). Sumado a los anteriores postulados, autores como

Horobeanu (2019) argumento que los índices de fatigabilidad medidos a través de dos protocolos isocinéticos tuvieron alta confiabilidad para su reproductibilidad, aunque no mostro baremos de IF debido a la variabilidad de los datos (Batalha et al., 2012; Horobeanu et al., 2019; Uzun et al., 2008), mientras que Cha et al (2014), encontró que un programa de rehabilitación de doce (12) semanas en beisbolistas, redujo los niveles de fatiga de los rotadores internos y externos de manera significativa (Cha et al., 2014). En este sentido, se puede deducir la necesidad de realizar cálculos de fatigabilidad a través de los protocolos isocinéticos válidos y confiables con la finalidad de mitigar la variabilidad de los datos y confirmar la relación conceptual que explica la relación inversa entre la velocidad angular de los rotadores de hombro con el IF.

Conclusiones

Las variables isocinéticas como el torque, los valores déficit, la asimetría y las diversas manifestaciones de fuerza asociadas a las variables antropométricas específicas como la masa muscular segmentaria, la masa grasa relativa y absoluta, si son parámetros útiles para detectar el riesgo de lesión de los músculos rotadores de hombro, especialmente en deportistas amateur, cuyo gesto deportivo implica la mayor utilización de las extremidades superiores. Así mismo, los hallazgos de este estudio, permiten establecer una línea de base, para la planificación de cargas y las acciones encaminadas en la prevención de lesiones. Sin embargo, es clara la necesidad de realizar investigaciones, enfocadas en desarrollar índices isocinéticos y valores antropométricos segmentarios, que sirvan como predictores de posibles riesgos de lesión, especialmente en deportistas en formación.

Agradecimientos

Laboratorio de Biomecánica Deportiva, Unidad de Ciencias Aplicadas al Deporte, Instituto Nacional de Deportes, Chile.

Referencias

- Akınoğlu, B., & Kocahan, T. (2019). Body composition and torso muscle strength relationship in athletes. *Progress in Nutrition*, 21, 1019-1028.
- Alderink, G. J., & Kuck, D. J. (1986). Isokinetic shoulder strength of high school and college-aged pitchers. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 7(4), 163-172. <https://doi.org/10.2519/jospt.1986.7.4.163>
- Andrade, M. D. S., de Lira, C. A. B., Vancini, R. L., de Almeida, A. A., Benedito-Silva, A. A., & da Silva, A. C. (2013). Profiling the isokinetic shoulder rotator muscle strength in 13- to 36-year-old male and female handball players. *Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 14(4), 246-252. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2012.12.002>
- Batalha, N. M. P., Raimundo, A. M. de M., Tomas-Carus, P., Fernandes, O. de J. S. M., Marinho, D. A., & Silva, A. J. R. M. da. (2012). Shoulder rotator isokinetic strength profile in young swimmers. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 14, 545-553. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2012v14n5p545>
- Borges Hernández, P. J., Ruiz Lara, E., & Argudo Iturriaga, F. M. (2017). Relación entre parámetros antropométricos, agarre máximo y velocidad de lanzamiento en jugadores jóvenes de waterpolo. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 31, 212-218.
- Byram, I. R., Bushnell, B. D., Dugger, K., Charron, K., Harrrell, F. E., & Noonan, T. J. (2010). Preseason shoulder strength measurements in professional baseball pitchers: Identifying players at risk for injury. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(7), 1375-1382. <https://doi.org/10.1177/0363546509360404>
- Caicedo Obando, M. C., Pérez Hurtado, J. D., Sarmiento Bedoya, N., & Zambrano Sarasti, D. C. (2017). Determinación del nivel de la fuerza muscular de rotadores internos y externos del hombro en deportistas competitivos de voleibol, fútbol campo y población sana no deportista de una universidad de la ciudad de Cali. [Thesis]. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/10277>
- Cha, J.-Y., Kim, J.-H., Hong, J., Choi, Y.-T., Kim, M.-H., Cho, J.-H., Ko, I.-G., & Jee, Y.-S. (2014). A 12-week rehabilitation program improves body composition, pain sensation, and internal/external torques of baseball pitchers with shoulder impingement symptom. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 10(1), 35-44. <https://doi.org/10.12965/jer.140087>
- Cochrane, K. C., Housh, T. J., Smith, C. M., Hill, E. C., Jenkins, N. D. M., Johnson, G. O., Housh, D. J., Schmidt, R. J., & Cramer, J. T. (2015). Relative contributions of strength, anthropometric, and body composition characteristics to estimated propulsive force in young male swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(6), 1473-1479. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000942>
- Dale, R. B., Kovaleski, J. E., Ogletree, T., Heitman, R. J., & Norrell, P. M. (2007). The effects of repetitive overhead throwing on shoulder rotator isokinetic work-fatigue. *North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT*, 2(2), 74-80.
- Daneshjoo, A., Rahnama, N., Mokhtar, A. H., & Yusof, A. (2013). Bilateral and unilateral asymmetries of isokinetic strength and flexibility in male young professional soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 36, 45-53. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0005>
- Drapsin, M., Trajković, N., Atanasov, D., Radanović, D., Imbronjević, M., Roklicer, R., Madić, D., Maksimovic, N., Raonić, V., Trivic, T., & Drid, P. (2019). Isokinetic performance of shoulder external and internal rotators in judo and karate female elite athletes. *Exercise and Quality of Life*, 11, 41-46. <https://doi.org/10.31382/eqol.191205>
- Drigny, J., Guermont, H., Reboursière, E., & Gauthier, A. (2022). Shoulder Rotational Strength and Range of Motion in Unilateral and Bilateral Overhead Elite Athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*, 1-8. <https://doi.org/10.1123/jsr.2021-0342>
- Duvenage, K.-K. (2019). Bilateral differences in anthropometric measurements and isokinetic strength variables of

- female university level netball players [Thesis, North-West University (South-Africa)]. <https://repository.nwu.ac.za/handle/10394/33758>
- Edouard, P., Degache, F., Oullion, R., Plessis, J.-Y., Gleizes-Cervera, S., & Calmels, P. (2013). Shoulder strength imbalances as injury risk in handball. *International Journal of Sports Medicine*, 34(7), 654-660. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1312587>
- Ellenbecker, T., & Roetert, E. P. (2003). Age specific isokinetic glenohumeral internal and external rotation strength in elite junior tennis players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(1), 63-70. [https://doi.org/10.1016/S1440-2440\(03\)80009-9](https://doi.org/10.1016/S1440-2440(03)80009-9)
- Ellenbecker, T. S., & Davies, G. J. (2000). The application of isokinetics in testing and rehabilitation of the shoulder complex. *Journal of Athletic Training*, 35(3), 338-350.
- Ellenbecker, T. S., Davies, G. J., & Rowinski, M. J. (1988). Concentric versus eccentric isokinetic strengthening of the rotator cuff. Objective data versus functional test. *The American Journal of Sports Medicine*, 16(1), 64-69. <https://doi.org/10.1177/036354658801600112>
- Escamilla, R. F., & Andrews, J. R. (2009). Shoulder muscle recruitment patterns and related biomechanics during upper extremity sports. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(7), 569-590. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939070-00004>
- García Chaves, D. C., Corredor Serrano, L. F., & Díaz Millán, S. (2023). Relación entre la fuerza explosiva, composición corporal, somatotipo y algunos parámetros de desempeño físico en jugadores de rugby sevens. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 47, 103-109.
- Glazier, P. S., Paradisis, G. P., & Cooper, S. M. (2000). Anthropometric and kinematic influences on release speed in men's fast-medium bowling. *Journal of Sports Sciences*, 18(12), 1013-1021. <https://doi.org/10.1080/026404100446810>
- Gonçalves, M., Marson, R., Fortes, M., Neves, E., & Novaes, J. (2017). The relationship between total muscle strength and anthropometric indicators in Brazilian army military. *Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento*, 11, 330-337.
- Gonzalez Arango, L. F. (2018). Composición corporal segmentaria como factor predictivo de la fuerza máxima. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15796.60804>
- Gray, J., Aginsky, K., Derman, W., Vaughan, C., & Hodges, P. (2015). Symmetry, not asymmetry, of abdominal muscle morphology is associated with low back pain in cricket fast bowlers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.04.009>
- Guney, H., Harput, G., Colakoglu, F., & Baltaci, G. (2016). The effect of glenohumeral internal-rotation deficit on functional rotator-strength ratio in adolescent overhead athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*, 25(1), 52-57. <https://doi.org/10.1123/jsr.2014-0260>
- Havolli, J., Pori, P., & Arifi, F. (2020). The impact of physical activity on body composition between play positions in handball. *Iranian journal of public health*, 49, 1799-1801. <https://doi.org/10.1249/00005768->
- Horobeanu, C., Croisier, J., Paulus, J., Pullinger, S., & Forthomme, B. (2019). The reproducibility of fatigue-related indices of the shoulder rotator muscles: A clinical perspective. *Isokinetics and exercise science*. <https://doi.org/10.3233/IES-193129>
- Huesa Jiménez, F., García Díaz, J., & Vargas Montes, J. (2005). Dinamometría isocinética. *Rehabilitación*, 39(6), 288-296. [https://doi.org/10.1016/S0048-7120\(05\)74362-0](https://doi.org/10.1016/S0048-7120(05)74362-0)
- Hurd, W. J., Morrey, B. F., & Kaufman, K. R. (2011). The effects of anthropometric scaling parameters on normalized muscle strength in uninjured baseball pitchers. *Journal of Sport Rehabilitation*, 20(3), 311-320. <https://doi.org/10.1123/jsr.20.3.311>
- Johnson, C. D., Nijst, B. K. J. F., Eagle, S. R., Kessels, M. W. M., Lovalekar, M. T., Krajewski, K. T., Flanagan, S. D., Nindl, B. C., & Connaboy, C. (2019). Evaluation of shoulder strength and kinematics as risk factors for shoulder injury in United States special forces personnel. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 7(3), 2325967119831272. <https://doi.org/10.1177/2325967119831272>
- Johnson, J. E., Fullmer, J. A., Nielsen, C. M., Johnson, J. K., & Moorman, C. T. (2018). Glenohumeral internal rotation deficit and injuries: A systematic review and meta-analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 6(5), 2325967118773322. <https://doi.org/10.1177/2325967118773322>
- Katti, A., Verma, S., & Gupta, A. (2022). Isokinetic strength testing of shoulder rotators in collegiate throw ball players.
- Kim, D.-K., Park, G., Kuo, L.-T., & Park, W.-H. (2020). Isokinetic performance of shoulder external and internal rotators of professional volleyball athletes by different positions. *Scientific Reports*, 10(1), 8706. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65630-9>
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155-163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
- Kountouris, A., Portus, M., & Cook, J. (2012). Quadratus lumborum asymmetry and lumbar spine injury in cricket fast bowlers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(5), 393-397. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.03.012>
- Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sørensen, F., Andersson, G., & Jørgensen, K. (1987). Standardised nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Applied Ergonomics*, 18(3), 233-237. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(87\)90010-x](https://doi.org/10.1016/0003-6870(87)90010-x)
- Lategan, L. (2011). Isokinetic norms for ankle, knee, shoulder and forearm muscles in young South African men. *Isokinetics and exercise science*, 19. <https://doi.org/10.3233/IES-2011-0392>
- Loram, L. C., McKinnon, W., Wormgoor, S., Rogers, G. G., Nowak, I., & Harden, L. M. (2005). Determinants of ball release speed in schoolboy fast-medium bowlers in cricket. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45(4), 483-490.
- Lucena, E., Ferland, P.-M., Ahmadi, S., Teixeira, L., Comtois, A. S., & Uchida, M. C. (2021). Isokinetic strength of shoulder rotator muscles in powerlifters: Correlation between isometric and concentric muscle actions. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 62. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.21.11921-8>

- Martin, C., Olivier, B., & Benjamin, N. (2017). Asymmetrical abdominal muscle morphometry is present in injury free adolescent cricket pace bowlers: A prospective observational study. *Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 28, 34-42. <https://doi.org/10.1016/j.ptsmp.2017.08.078>
- Martínez, M., & Alvarado Muñoz, R. (2017). Validación del cuestionario nórdico estandarizado de síntomas musculoesqueléticos para la población trabajadora chilena, adicionando una escala de dolor. *Revista de Salud Pública*. <https://doi.org/10.31052/1853.1180.v21.n2.16889>
- Martínez Ortega, R. M., Tuya Pendás, L. C., Martínez Ortega, M., Pérez Abreu, A., & Cánovas, A. M. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de spearman caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2), 0-0.
- Martínez Pérez, P., & Vaquero Cristobal, R. (2021). Revisión sistemática del entrenamiento de fuerza en futbolistas preadolescentes y adolescentes. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 41, 272-284.
- Mateluna Núñez, C. A., Zavala Crichton, J. P., Monsalves-Álvarez, M., Olivares Arancibia, J., & Yáñez Sepúlveda, R. (2022). Efectos del entrenamiento con movimientos de halterofilia en el rendimiento de esprint, salto y cambio de dirección en deportistas: Una revisión sistemática. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 44, 464-476.
- McMaster, W. C., Long, S. C., & Caiozzo, V. J. (1991). Isokinetic torque imbalances in the rotator cuff of the elite water polo player. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(1), 72-75. <https://doi.org/10.1177/036354659101900112>
- Meliski, G., Monteiro, L., Furumoto, M., Lopes, G., Carnesecca, E., & Vasconcelos, E. (2017). Alterations in strength of the shoulder rotators in young elite swimmers. *Fisioterapia em Movimento*, 30, 11-18. <https://doi.org/10.1590/1980-5918.030.001.ao01>
- Mónico, J. L., Silva, F., Marques, J. P., Cardoso, J., Mónico, L., & Fonseca, F. (2020). Study on Overload Injuries during Periods of Intense Physical Activity Complemented by Isokinetic Dynamometry Evaluation. *Revista Brasileira de Ortopedia*, 55(6), 681-686. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1712137>
- Ojeda Aravena, A., Azocar Gallardo, J., Herrera Valenzuela, T., & García García, J. M. (2021). Relación de la asimetría bilateral y el déficit bilateral con la velocidad del cambio de dirección en atletas cadetes de karate: Un estudio piloto. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 42, 100-108.
- Olivier, B., Stewart, A., & Mckinon, W. (2013). Side-to-side asymmetry in absolute and relative muscle thickness of the lateral abdominal wall in cricket pace bowlers. *South African Journal of Sports Medicine*, 25, 81. <https://doi.org/10.17159/2078-516X/2013/v25i3a364>
- Olivier, N., & Daussin, F. (2018). Relationships between isokinetic shoulder evaluation and fitness characteristics of elite french female water-polo players. *Journal of Human Kinetics*, 64, 5-11. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0181>
- Rodríguez, A. T. M., & Shoji, F. H. (2017). Disminución de la rotación interna del hombro (GIRD) en atletas lanzadores. *Orthotips AMOT*, 12(3), 137-144.
- Rosendal, L., Langberg, H., Skov-Jensen, A., & Kjaer, M. (2003). Incidence of injury and physical performance adaptations during military training. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 13(3), 157-163. <https://doi.org/10.1097/00042752-200305000-00006>
- Samsudin, N., Ooi, F., & Chen, C. (2022). Bone health status, muscular strength and power, and aerobic and anaerobic capacities of malaysian male athletes involved in sports with different mechanical loading on bones. *Malaysian Journal of Medical Sciences*, 29, 54-67. <https://doi.org/10.21315/mjms2022.29.3.6>
- Santos, Y., Carneiro, N., Franken, M., Jesus, K. de, Jesus, K. de, & Medeiros, A. (2022). Comparison of isokinetic force of the internal and external rotators of the shoulders between swimmers of alternate and simultaneous techniques. *ISBS Proceedings Archive*, 40(1), 620.
- Slocker De Arce, A., Carrascosa Sánchez, J., Fernández Camacho, F. J., Clemente De Arriba, C., & Gómez Pellico, L. (2002). Análisis isocinético de la flexo-extensión de la rodilla y su relación con la antropometría del miembro inferior. *Rehabilitación*, 36(2), 86-92. [https://doi.org/10.1016/S0048-7120\(02\)73247-7](https://doi.org/10.1016/S0048-7120(02)73247-7)
- Stagi, S. (2021). Long-term effects of sport on segmental body composition: A study in adult and elderly subjects.
- Suner-Keklik, S., Cobanoglu, G., Savas, S., Seven, B., Kafa, N., & Atalay Guzel, N. (2020). Comparison of shoulder muscle strength of deaf and healthy basketball players. 20-27. <https://doi.org/10.33438/ijds.694943>
- Tuquet Higuera, J., Zapardiel Cortés, J., Saavedra, J., Jaén Carrillo, D., & Lozano, D. (2020). Relationship between anthropometric parameters and throwing speed in amateur male handball players at different ages. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197022>
- Uzun, S., Kasap, H., Şayli, Ö., Tatar, Y., & Cotuk, B. (2008). The evaluation of fatigue during isometric contractions in elite wrestlers and sedentary subjects by surface emg.
- Vargas, V. Z., Motta, C., Vancini, R. L., Barbosa de Lira, C. A., & Andrade, M. S. (2021). Shoulder isokinetic strength balance ratio in overhead athletes: A cross-sectional study. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16(3), 827-834. <https://doi.org/10.26603/001c.22162>
- Walton, J., Paxinos, A., Tzannes, A., Callanan, M., Hayes, K., & Murrell, G. A. C. (2002). The unstable shoulder in the adolescent athlete. *The American Journal of Sports Medicine*, 30(5), 758-767. <https://doi.org/10.1177/03635465020300052401>
- Wormgoor, S., Harden, L., & Mckinon, W. (2010). Anthropometric, biomechanical, and isokinetic strength predictors of ball release speed in high-performance cricket fast bowlers. *Journal of sports sciences*, 28, 957-965. <https://doi.org/10.1080/02640411003774537>
- Zapardiel Cortés, J., Arce, S., & Carrascosa, J. (2012). Valoración funcional isocinética de los músculos rotadores del complejo articular del hombro.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11005.61921>