

TRABAJO FIN DE GRADO

**REVISIÓN SOBRE LOS EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE
FUERZA BILATERAL VERSUS UNILATERAL EN LAS
ADAPTACIONES NEUROMUSCULARES**

Ciencias de la Actividad Física y Del deporte



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Alumno: Mario Gómez Harriero

Tutor Académico: José Luis Hernández Davó

Curso Académico: 2018/2019

Índice.

1. Introducción.....	2
2. Método.....	4
3. Resumen de los artículos.....	6
4. Resultados.....	11
5. Discusión.....	13
6. Conclusiones.....	15
7. Propuesta de intervención.....	16
8. Bibliografía.....	18



1. Introducción.

El entrenamiento de fuerza ha demostrado tener numerosos beneficios sobre la salud y el rendimiento deportivo. Investigaciones actuales (Hamaguchi, Kurihara, Fujimoto, Iemitsu, Sato, Hamaoka, y Sanada, 2017) muestran como el entrenamiento de fuerza realizado regularmente (2-3 veces por semana) es capaz de combatir y mejorar la pérdida degenerativa de la masa muscular y la disminución en la densidad del tejido óseo con sus consecuencias debilitantes. Igualmente, se ha visto como la capacidad de producir fuerza de forma rápida es crucial a la hora de prevenir riesgo de caídas (Wang, 2017). Además, el entrenamiento de fuerza tiene la capacidad de reducir y mejorar enfermedades crónicas del corazón, diabetes tipo 2, hipertensión y perfil lipídico, al tiempo que mejora la calidad del sueño y reduce la depresión (Küüsmaa-Schildt, et. al., 2019; Shiroma, 2017). Al mismo tiempo, diversos autores (McGuigan, Wright, y Fleck, 2012), sugieren que el entrenamiento de fuerza tiene beneficios significativos para atletas en términos de fuerza, potencia, aumento de masa muscular y disminución del riesgo de lesiones. Por otro lado, estudios como los de Beattie, et al., (2014), Rønnestad, (2015) y Vikmoen, (2017) muestran como el entrenamiento de fuerza puede incrementar el rendimiento en deportistas de resistencia mejorando la economía de carrera, velocidad asociada al consumo máximo de oxígeno (vVO_{2max}), potencia asociada al consumo máximo de oxígeno (wVO_{2max}) y potencia muscular.

El entrenamiento de fuerza puede llevarse a cabo mediante el uso de numerosas metodologías. La utilización de un tipo/metodología de entrenamiento de la fuerza u otro vendrá determinado, en gran medida, por el objetivo que se pretenda alcanzar. Incluso empleando una misma metodología de entrenamiento de la fuerza, existen numerosas variables que se pueden modificar en función del objetivo específico a tratar. Entre estas variables podemos destacar la frecuencia de entrenamiento, intensidad utilizada, volumen, descanso entre series, velocidad de ejecución, carácter del esfuerzo, selección de ejercicios, secuenciación, variación y progresión de estos (Badillo y Serna, 2002). Todas estas variables tienen una influencia a nivel agudo y crónico en las adaptaciones musculares, neurológicas y endocrinas de nuestro deportista. En cuanto a la selección de los ejercicios, será primordial elegir aquellos que, por sus características, sean más importantes para la mejora del rendimiento específico de cada deporte en función de los factores determinantes y las necesidades de fuerza de este (Balsalobre-Fernández y Jiménez-Reyes, 2014).

Dentro de la variable de selección de ejercicios, se puede distinguir entre entrenamientos que utilicen ejercicios unilaterales frente aquellos que empleen ejercicios bilaterales. Boyle (2017), sugiere que el entrenamiento unilateral ha de tener cabida en la selección de ejercicios debido a sus numerosos beneficios como puede ser: la mejora en la fase de impulso de la carrera, mejora de la estabilidad, mejor reclutamiento de la musculatura estabilizadora, disminución de desequilibrios entre extremidades, mejora del déficit bilateral o mejora de la parte contralateral, el fenómeno conocido como educación cruzada. En contra posición, otros autores argumentan que una ventaja del ejercicio bilateral es que permite una mayor magnitud de la carga externa involucrada y, por lo tanto, el desarrollo resultante de la fuerza máxima (Comfort, 2012; Seitz, 2014; Stone, 2003). Sin embargo, dada la naturaleza unilateral de muchas acciones deportivas (por ejemplo, carreras de velocidad y cambio de dirección), los ejercicios unilaterales se consideran más específicos del deporte (McCurdy, 2003; Santana, 2001).

En las acciones unilaterales, la suma de la fuerza o potencia generada en cada extremidad puede ser mayor que la producida cuando se realizan de forma bilateral, fenómeno conocido como déficit bilateral. Según Vandervoort, Sale, y Moroz (1984) se debe a la reducción del impulso neural incapacitando la máxima activación de las extremidades simultáneamente, aunque hay evidencia de que se puede reducir o incluso eliminar con entrenamiento (Häkkinen, et al., 1996). Otros estudios no encontraron diferencias en la

producción de fuerza (Jakobi y Cafarelli, 1998), o incluso una fuerza mayor en la producción bilateral frente a la unilateral (facilitación bilateral; Hakkinen et al., 1997). Si nos fijamos en la activación electromiográfica de las acciones unilaterales frente a las bilaterales, encontramos que hay una mayor activación especialmente en la musculatura estabilizadora en los gestos unilaterales. Esto se debe a la necesidad de contrarrestar las fuerzas producidas por un hemisferio o extremidad (Calatayud, et al., 2015; Saeterbakken y Fimland, 2012). Además, se ha visto que entrenar de forma unilateral tiene transferencia a un posible aumento de intensidad en ejercicio bilateral ya que no fatiga tanto al sistema nervioso central, pudiendo aumentar el tiempo bajo tensión, beneficiando las adaptaciones fisiológicas (Marchante, 2015). Por lo general, realizar tanto entrenamiento unilateral como bilateral tiene el consecuente aumento de la repuesta endocrina. Si los comparamos, observamos como el trabajo de fuerza bilateral tiene una mayor demanda metabólica debido a la masa muscular implicada produciendo una mayor hormona anabólica post ejercicio como son la testosterona, hormona del crecimiento (GH) e IGF-1 (Wilkinson, 2006). Siguiendo a Migiano, (2010) observamos como el aumento del lactato o la GH se elevó en ambos entrenamientos, pero fue significativamente más alto para el bilateral. Ambos entrenos vieron amentados los niveles de insulina y testosterona, disminuyéndose de forma considerable tras los 30 minutos post ejercicio. Produciéndose una mayor disminución de cortisol durante el entrenamiento unilateral debido a la pronta recuperación en comparación con el bilateral en consecuencia a la fatiga y a la masa movilizada.

Tras la repetición de sesiones de entrenamiento, se producen cambios en el organismo que perduran a lo largo del tiempo. Estos cambios se pueden ver reflejados en una mejora de la fuerza, potencia, resistencia muscular e hipertrofia. Aumentándose el índice metabólico basal como consecuencia al incremento en las concentraciones de hormonas anabólicas (testosterona, GH, IGF-1 e insulina), enzimas (glucolíticas y niveles de fosfágenos) y sustratos musculares (adenosintrifosfato (ATP) y fosfocreatina (PCr)). Estas, causan cambios estructurales (aumento en la densidad/masa ósea y masa muscular) y neurológicos (amplitud del EMG, reclutamiento de las unidades motoras y frecuencia de descarga de las unidades motoras). Contribuyendo a una mejora en la ratio de producción de fuerza (RFD) (Speirs, Bennett, Finn y Turner, 2016). Existe una controversia entre que metodología o entrenamiento genera mayores adaptaciones en la mejora del rendimiento. Diversos autores (Gonzalo-Skok, et al., (2017); Bogdanis, et al., (2019); Makaruk, et al., (2011)) defienden que con el entrenamiento unilateral las adaptaciones tras un periodo de entrenamiento en la capacidad de salto son mayores comparado con el entrenamiento bilateral. Mientras, otros autores (Núñez, et al., (2018)) han sacado conclusiones opuestas. Además, otra problemática que puede surgir cuando queremos estudiar si es mejor unilateral frente a bilateral es que los estudios no utilizan protocolos similares. En la bibliografía existen diferentes metodologías que han abordado esta temática desde el entrenamiento con fuerza máxima, otros orientados más a la hipertrofia, entrenamientos pliométricos, o entrenamiento con sobrecarga excéntrica.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es realizar una revisión sobre los efectos que tiene el entrenamiento de fuerza unilateral versus bilateral sobre las adaptaciones neuromusculares. Como objetivo secundario, se intentará averiguar qué método de entrenamiento es más efectivo para la mejora de diversas variables relacionadas con el rendimiento deportivo (fuerza máxima, potencia, hipertrofia, capacidad de salto y aceleración en sprint).

2. Método

Fuentes de búsqueda

La revisión bibliográfica sistemática se realizó desde 1997 hasta 2019. La elección de los documentos de interés de ayuda para su elaboración se basa en diferentes fuentes de información como son artículos científicos, libros o manuales, con lo que justificaremos la información redactada a lo largo de este trabajo de fin de grado, la cual ha sido escogida por su importancia con respecto al tema elegido y por su rigor científico. Las fuentes de búsqueda utilizadas fueron: la Biblioteca de la Universidad Miguel Hernández de Elche, Google Scholar y PubMed. La última fuente, es una base de datos especializada tanto en medicina como en actividad física del deporte.

Claves de búsqueda

Las palabras clave elegidas para la búsqueda fueron: bilateral and unilateral eccentric overload, bilateral and unilateral eccentric training, bilateral and unilateral isoinertial, bilateral and unilateral power, bilateral and unilateral resistance training, bilateral and unilateral squat, bilateral and unilateral training, bilateral and unilateral strength, y diferentes combinaciones entre ellas para encontrar la información deseada. Se seleccionaron aquellas que estaban incluidas dentro del título o abstract. Los conectores utilizados fueron: "AND" Y "OR".

Criterios de inclusión

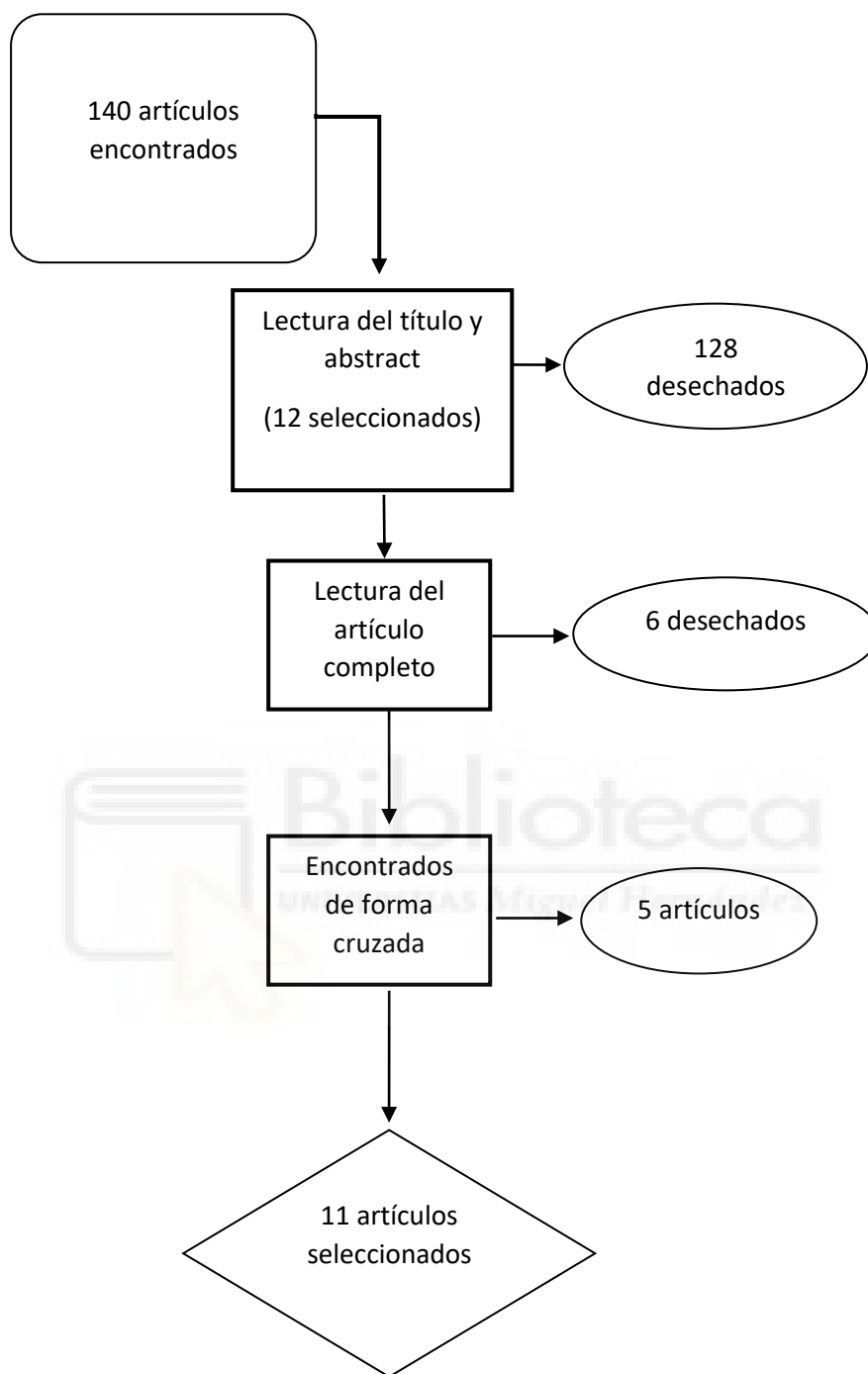
Los métodos de análisis y criterios de inclusión fueron artículos realizados en ámbito del entrenamiento, que contuviesen información relativa a comparativas entre entrenamiento unilateral y bilateral. Que fuesen un trabajo de intervención enfocado en la mejora o comparativa de ambos tipos de entrenamiento y su desarrollo, adaptaciones o transferencias a otro tipo de movimiento o modalidad deportiva específica.

Criterios de exclusión

En cuanto a criterios de exclusión, se decidió descartar aquella información que no hiciese referencia a los criterios de inclusión ya mencionados, los que aquellos que se centraban en un único deporte o todos los que hicieran referencia en la muestra utilizada a personas con patologías y menores de edad.

Proceso de selección

La revisión inicial de la literatura identificó 140 citas para la selección. Una vez revisados los títulos, se rechazaron 128 artículos. De los 12 artículos restantes, se rechazaron 6 porque no cumplían con los criterios de inclusión. Se incluyeron 5 artículos de forma cruzada en las referencias de los artículos. Finalmente, 11 fueron los artículos incluidos en la revisión.



3. Resumen de los artículos.

Artículo	Muestra	Protocolo	Variables	Resultados
Taniguchi, (1997)	9 mujeres y 9 hombres estudiantes 21.2 años SEM 0.2 1.67 m SEM 0.02 63.8 kg SEM 2.9	Frecuencia: 3 veces por semana durante 6 semanas Leg Extension Unilateral 3x Isokinetic dynamometers/15-30''rest Bilateral 6x /2-3' rest	Fuerza Potencia Déficit bilateral	▲ Potencia con entrenamiento unilateral (0,033 – 0,23) ▲ Potencia con entrenamiento bilateral (0,53 – 0,96) ▲ BI en grupo unilateral (1,1) ▼ BI en grupo bilateral (2,29)
Gonzalo-Skok et al., (2017)	22 hombres Edad 16.9 ± 2.1 años masa corporal: 77.6 ± 9.3 kg altura: 189.7 ± 6.9 cm	2 veces por semana durante 6 semanas 3x≥Reps 90%PMax 2x5DJ(uni)(0.25m) 2x5CMJ(0.5m)	25 m Velocidad de carrera. CMJ COD múltiple (V-cut test) Una carrera de 15 m (7.5 m + 7.5 m) con una 180º-COD Incremento de carga de sentadilla bilateral y unilateral	▲ Potencia: Grupo BI (0,93) Grupo UNI (0,96) con ambas piernas. Piernas por separado más potencia para UNI (1,99 – 2,24) vs BI (0,93 – 1,22). ▲ BI: Grupo unilateral (1,44) Grupo Bilateral (0,52). ▼ Tiempo Sprint: Grupo BI (0,73 – 1,05) Grupo UNI (0,66 – 1,08). ▼ Tiempo COD: Grupo BI (0 – 0,47) Grupo UNI (0,54 – 0,56) ▲ Salto CMJ: Grupo BI (0,31) Grupo UNI (0,51).

<p>Appleby et al., (2019)</p>	<p>N = 23 Edad = 22.4 ± 4.1 años [rango de edad: 18–29 años] Altura = 185.3 ± 5.5 cm Masa = 102.9 ± 12.0 kg</p>	<p>2 veces por semana durante 8 semanas</p> <p>Unilateral Step-up: 3-4x6-10 (45-88%RM) Bilateral Back Squat: 3x10-25 (45-88%RM)</p>	<p>Test back squat 1RM</p> <p>Test step-up 1RM</p>	<p>▲ Fuerza máxima: Grupo BI (0,22 – 0,79) Grupo UNI (0,44 – 0,63)</p> <p>▲ Back squat: Grupo BI (0,79) Grupo UNI (0,44)</p> <p>▲ Step-up: Grupo BI (0,22) Grupo UNI (0,63)</p>
<p>McCurdy et al., (2005)</p>	<p>38 hombres y mujeres (masa corporal media 78.3 ± 21.47 kg; edad 20.74 ± 2.6 años)</p>	<p>2 veces por semana durante 8 semanas</p> <p>Ejercicios con carga: 3x15(50%RM) 6x5(87%RM)</p> <p>Ejercicios pliométricos: 3x5-15</p>	<p>Bilateral power con CMJ</p> <p>Unilateral power CMJ con pie dominante</p> <p>Test 5RM back squat</p> <p>Potencia unilateral con test Margaria-Kalamen stair-climb test (M-K)</p>	<p>▲ Mejora significativa en CMJ</p> <p>▲ Fuerza máxima mejora significativa</p> <p>▲ Potencia máxima mejora significativa</p>
<p>Núñez et al., (2018)</p>	<p>27 hombres: Zancada unilateral (UG n = 14; edad: 22.8 ± 2.9 años; masa corporal: 75.3 ± 8.8 kg; altura: 177.3 ± 3.7 cm) y un grupo de sentadilla bilateral (BG n = 13; edad: 22.6 ± 2.7 años; masa corporal: 79.5 ± 12.8 kg; altura: 164.2 ± 7 cm)</p>	<p>2 veces por semana durante 6 semanas</p> <p>Bilateral 4x7(0,10kg.m2)/3' Unilateral</p>	<p>CMJ</p> <p>Sprint 10m</p> <p>Potencia con dispositivo de inercia</p>	<p>▲ CMJ: Grupo BI (0,42) Grupo UNI (0,28)</p> <p>▲ Potencia: Grupo BI (0,9) Grupo UNI (0,7)</p>

		1x1(0,05kg.m2)/3'	<p>Cambios de dirección 90º y 180º</p> <p>Media sentadilla (isoinercial 0,10kg/m2)</p> <p>Zancada Lateral (isoinercial 0,05kg/m2)</p>	<p>▲Tiempo de Sprint Grupo BI (-0,03) Grupo UNI (-0,31)</p> <p>▼ Tiempo COD 180º: Grupo BI (0,01 – 0,11) Grupo UNI (0,29 – 0,33)</p> <p>▼ Tiempo COD 90º. Grupo BI (0,29 – 0,70) Grupo UNI (0,54 – 0,75)</p> <p>▲ Hipertrofia: Grupo BI (-0,12 – 0,62) Grupo UNI (-0,07 – 0,61)</p>
Appleby et al., (2019)	<p>33 participantes (edad promedio de entrenamiento = 5.4 ± 2.9 años y 1 repetición máxima [1RM] 90 ° sentadilla = 177.6 ± 26.7 kg)</p> <p>Un grupo bilateral (BIL, n = 13) unilateral (UNI, n = 10) control (COM, n = 10)</p>	<p>2 veces por semana durante 18 semanas</p> <p>6-8 series × 4-8 repeticiones a 45-88% 1RM)</p> <p>Bilateral (squat) o unilateral (step-up)</p>	<p>1RM squat</p> <p>Sprint 20m</p> <p>COD 50º</p>	<p>▲ Fuerza máxima en ambos grupos</p> <p>▼ Tiempo Sprint: Grupo BI (0,38) Grupo UNI (0,31)</p> <p>▼ Tiempo cambio de dirección (mejor para el grupo BIL)</p>
Speirs et al., (2016)	<p>18 jugadores de rugby (18.1 ± 0.5 años, 97.4 ± 11.3 kg, 183.7 ± 11.3 cm)</p>	<p>2 veces por semana durante 5 semanas</p> <p>3-6x4(75-92%RM)/3' Tempo utilizado 2-0-1</p>	<p>Sprint de 10 y 40 m,</p> <p>Prueba de agilidad</p> <p>1 repetición máxima (1RM) máx</p>	<p>▼ Tiempo en Sprint: Grupo BI (0,24 – 0,48) Grupo UNI (0,41 – 0,58)</p> <p>▼ Tiempo test Agilidad: Grupo BI (0,48) Grupo UNI (0,86)</p>

			BS y la sentadilla de 1RM RESS.	▲ 1RM: Grupo BI (1,245) Grupo UNI (1,245)
Botton et al., (2016)	43 mujeres (18–30 años). Grupo unilateral (UG) (n = 14: 24.8 6 1.4 años; 60.8 6 6.4 kg; 163.0 6 6.5 cm), Grupo bilateral (BG) (n = 15: 24.3 6 3.7 años; 57.0 6 4.8 kg; 160.2 6 5.8 cm), o Grupo de control (CG) (n = 14: 22.7 6 2.8 años; 58.0 6 5.7 kg; 163.6 6 6.2 cm).	2 veces por semana durante 12 semanas Semana 1-3: 2x12-15RM/1' Semana 4-6: 3x9-12RM/2' Semana 7-9: 3x7-10RM/2' Semana 10-12: 4x5-8RM/3'	Leg extension 1RM bilateral and unilateral EMG Déficit bilateral	▲ RM Bilateral: Grupo BI (1,25) Grupo UNI (1,04) ▲ RM Unilateral: Grupo BI (1,16) Grupo UNI (1,51) ▲ EMG: Grupo BI (0,18 – 0,24) Grupo UNI (0,9 - 1,61)
Hernández-Davó et al., (2018)	10 participantes (edad: 21.6 ± 2.41 años, altura: 1.80 ± 0.09 m, peso: 83.6 ± 21.4 kg)	2 veces por semana durante 6 semanas 2 x 8 (0,025kg/m2) squat bipodal 4 x 8 (0,025kg/m2) squat monopodal 2' de descanso entre series	Test de potencia en el dispositivo de sobrecarga excéntrica CMJ bilateral CMJ unilateral Test de triple salto Hop test Test de agilidad T-Test	▲ Potencia máxima bilateral: Grupo BI (0,66) Grupo UNI (0,52) ▲ Potencia máxima unilateral: Grupo BI (0,57 – 0,87) Grupo UNI (0,38 – 0,84) ▲ CMJ: Grupo BI (0,21) Grupo UNI (0,4) ▲ UCMJ: Grupo BI (0,4) Grupo UNI (0,2 – 0,45) ▲ Triple hop. Grupo BI (0,14 – 0,21) Grupo UNI (0,66 – 0,69)

				▼Tiempo en t-test. Grupo BI (1,41 – 1,57) Grupo UNI (0,64 – 0,87)
Bogdanis et al., (2019)	15 estudiantes (media ± DE : rango de edad: 18.2 a 25.8; 8 hombres [edad: 19.8 ± 2.9 años, altura: 1.78 ± 0.06 m, masa corporal: 72.3 ± 10.2 kg] y 7 mujeres [media ± DE: edad: 19.4 ± 0.5 años, altura: 1.64 ± 0.07 m, masa corporal: 58.0 ± 4.1 kg])	2 veces por semana durante 6 semanas 2-4x10/1' 3' entre ejercicios	CMJ UCMJ DJ Fuerza isométrica máxima RFD Déficit bilateral	▲CMJ: Grupo BI (0,66) Grupo UNI (0,79) ▲UCMJ: Grupo BI (0,11 – 1,74) Grupo UNI (0,73 – 0,80) ▲Fuerza isométrica máxima bilateral: Grupo BI (0,54) Grupo UNI (0,92) ▲Fuerza isométrica máxima suma de extremidades: Grupo BI (0,4) Grupo UNI (1,12)
Makaruk et al., (2011)	49 chicas 3 grupos: Unilateral: 20.6 ± 1.3 años, 1.67 ± 1.7 m ± 59.2 ± 4.9 kg Bilateral: 20.9 ± 1.7 años, 1.66 ± 0.5 m, 57.3 ± 4.2 kg Control: 21.0 ± 1.9 años, 166 ± 0.6 m, 60.2 ± 5.2 kg	12 semanas con 1 semana sin entrenamiento durante la sexta semana. Se realizaron dos entrenamientos por semana (lunes y jueves). 2-12x1-12	Potencia pico: Wingate (10 segundos) Ejercicio alternativo de piernas: 5 límites alternos de piernas CMJ UCMJ	▲Potencia máxima: Grupo BI (1,68) Grupo UNI (1,46) ▲Salto alternativo: Grupo BI (0,87) Grupo UNI (1,03) ▲CMJ: Grupo BI (1,66) Grupo UNI (1,13) ▲UCMJ: Grupo BI (1,17) Grupo UNI (1,96)

4. Resultados.

Fuerza.

Un total de 6 artículos (Appleby et al., (2019); McCurdy et al., (2005); Appleby et al., (2019)(2); Speirs et al., (2016); Botton et al., (2016); Bogdanis et al., (2019)) han analizado los valores de fuerza máxima pre y post intervención. En todos ellos tras el periodo de intervención la fuerza máxima mejoró en ambos grupos. Teniendo tendencia a mejorar más la fuerza máxima en los grupos bilaterales cuando se medían test bilaterales (0,54 – 1,25) y en grupos unilaterales cuando se medían test unilaterales (0,63 – 1,51).

Estudio	Test Bilateral		Test Unilateral	
	GBI	GUNI	GBI	GUNI
Appleby et al., (2019)	0,79	0,44	0,22	0,63
McCurdy et al., (2005)	NR		NR	
Appleby et al., (2019)(2)	NR		NR	
Speirs et al., (2016)	1,24			1,36
Botton et al., (2016)	1,25	1,04	1,16	1,51
Bogdanis et al., (2019)	0,54	0,92	0,4	1,12

*NR=No Reportados

Potencia.

Se han analizado 6 artículos (Taniguchi (1997); Gonzalo-Skok et al., (2017); McCurdy et al., (2005); Núñez et al., (2018); Hernández-Davó et al., (2018); Makaruk et al., (2011)) que medían los valores de potencia máxima. Todos los estudios muestran que tras el periodo de intervención la potencia máxima mejoró en los dos grupos. También se observó que la potencia máxima mejoraba más en los grupos bilaterales cuando se medían test bilaterales (0,66 – 1,68) y en grupos unilaterales cuando se medían test unilaterales (0,033 – 1,99).

Estudio	Test Bilateral		Test Unilateral	
	GBI	GUNI	GBI	GUNI
Taniguchi (1997)	0,96	0,23	0,53	0,033
Gonzalo-Skok et al., (2017)	0,93	0,96	0,93-1,22	1,99-2,22
McCurdy et al., (2005)	NR		NR	
Núñez et al., (2018)	0,9		0,7	
Hernández-Davó et al., (2018)	0,66	0,57-0,87	0,52	0,38-0,84
Makaruk et al., (2011)	1,68		1,46	

*NR=No Reportados

Velocidad.

Se encontraron 4 estudios (Gonzalo-Skok et al., (2017); Núñez et al., (2018); Appleby et al., (2019) (2); Speirs et al., (2016)) que analizaban los valores de velocidad pre y post entrenamiento. En la mayoría de ellos (3 estudios) tras el periodo de entrenamiento la velocidad mejoró en ambos grupos. En este caso no existe una tendencia de mejora en ningún grupo (bilateral vs unilateral). Parece que tanto el entrenamiento bilateral como el unilateral es igual de efectivo para la mejora de rendimiento en sprint. La tendencia de mejora en los grupos bilaterales es (0,24 – 1,05) y en grupos unilaterales (0,29 – 1,08). En tan sólo un estudio el rendimiento en los test de velocidad empeora tras el entrenamiento tanto bilateral como unilateral.

Estudio	Test	
	GBI	GUNI
Gonzalo-Skok et al., (2017)	0,73 – 1,05	0,66 – 1,08
Núñez et al., (2018)	-0,03	-0,29 – -0,33
Appleby et al., (2019) (2)	0,38	0,31

Speirs et al., (2016)	0,24 – 0,48	0,41 – 0,58
-----------------------	-------------	-------------

Cambios de dirección.

Hay 5 estudios (Gonzalo-Skok et al., (2017); Núñez et al., (2018); Appleby et al., (2019) (2); Speirs et al., (2016); Hernández-Davó et al., (2018)) en los que se analizaban los valores de tiempo en los cambios de dirección pre y post entrenamiento. Todos ellos tras el periodo de entrenamiento, muestran como el tiempo en los cambios de dirección disminuye en ambos grupos. No existiendo una tendencia clara de mejora en ningún grupo (bilateral vs unilateral). Parece que tanto el entrenamiento bilateral como el unilateral es igual de efectivo para la mejora de rendimiento en el tiempo de cambio de dirección. La tendencia de mejora en los grupos bilaterales va desde (0 – 1,57) y en grupos unilaterales (0,29 – 0,87).

Estudio	Test Bilateral	
	GBI	GUNI
Gonzalo-Skok et al., (2017)	0 – 0,47	0,54 – 0,56
Núñez et al., (2018)	0,01 – 0,70	0,29 – 0,75
Appleby et al., (2019) (2)	NR	NR
Speirs et al., (2016)	0,48	0,86
Hernández-Davó et al., (2018)	1,41 – 1,57	0,64 – 0,87

*NR=No Reportados

Capacidad de salto.

Un total de 6 artículos (Gonzalo-Skok et al., (2017); McCurdy et al., (2005); Núñez et al., (2018); Hernández-Davó et al., (2018); Bogdanis et al., (2019); Makaruk et al., (2011)) han analizado los valores de salto pre y post intervención. En todos los casos, tras el periodo de intervención la capacidad de salto mejoró. Cuando se midió la capacidad de salto en test bilaterales, mejoraron más los grupos que entrenaron de forma bilateral (0,21 – 1,66). Mientras que cuando se midió la capacidad de salto en test unilateral mejoraron más los grupos que entrenaron de forma unilateral (0,2 – 1,96) en comparación a los que entrenaron de forma bilateral.

Estudio	Test Bilateral		Test Unilateral	
	GBI	GUNI	GBI	GUNI
Gonzalo-Skok et al., (2017)	0,31		0,51	
McCurdy et al., (2005)	NR		NR	
Núñez et al., (2018)	0,42		0,28	
Hernández-Davó et al., (2018)	0,21	0,4	0,4	0,2-0,45
Bogdanis et al., (2019)	0,66	0,79	0,11-1,74	0,73-0,8
Makaruk et al., (2011)	1,66	1,13	1,17	1,96

*NR=No Reportados

Déficit y facilitación bilateral.

Un total de 2 artículos (Taniguchi (1997); Gonzalo-Skok et al., (2017)) han analizado los valores de déficit y facilitación bilateral pre y post intervención. En todos ellos, el déficit bilateral aumentó para el grupo que entrenó unilateral, mientras que, en la mayoría, el déficit bilateral disminuyó en el grupo que entrenó bilateral.

Estudio	Déficit		Facilitación	
	GBI	GUNI	GBI	GUNI
Taniguchi, (1997)	-2,29	1,1	NR	NR
Gonzalo-Skok et al., (2017)	0,52	1,44	NR	NR

*NR=No Reportados

Otros: Hipertrofia y EMG.

En un artículo (Núñez et al., (2018)), nos habla sobre los efectos del entrenamiento bilateral vs unilateral sobre la hipertrofia muscular midiendo el área de sección transversal en varios músculos del tren inferior. En la mayoría, el área de sección transversal aumenta tanto para el entrenamiento unilateral vs bilateral sin diferencia significativa entre grupos. En un artículo (Botton et al., (2016)), estudia la actividad electromiográfica en músculos del tren inferior. En todos, la actividad aumenta tras el periodo de intervención. Si comparamos ambos grupos, el grupo unilateral vs bilateral aumentó más la actividad electromiográfica tras el periodo de intervención.

Estudio	Hipertrofia		EMG	
	GBI	GUNI	GBI	GUNI
Núñez et al., (2018)	-0,12 – 0,62	-0,07 – 0,61		
Botton et al., (2016)			0,18 – 0,24	0,9 – 1,61

5. Discusión.

Fuerza.

En relación con los valores de fuerza máxima post intervención, podemos decir que, de acuerdo con el principio de especificidad, tanto los grupos de entrenamiento bilaterales como los unilaterales demostraron mayores mejoras en su movimiento entrenado a igualdad de condiciones de entrenamiento (Appleby et al., 2019). Además, ambos grupos también demostraron pequeñas mejoras en el movimiento no entrenado. Por lo que, los estímulos fisiológicos y biomecánicos otorgados pueden desarrollar adaptaciones tanto en la variante entrenada como en la no entrenada. Un hallazgo podría ser que la fuerza en el tren inferior puede desarrollarse utilizando medios bilaterales o unilaterales y que puede transferirse entre movimientos.

Si nos fijamos en los resultados obtenidos, en tan solo un estudio (Bogdanis et al., 2019), los valores de fuerza en el test bilateral son superiores para el grupo que entrenó unilateral frente al que entrenó de forma bilateral. Para dar explicación a esto, observamos que este es el primer estudio que examinó la fuerza explosiva, así como el rendimiento muscular dinámico durante un movimiento multiarticular que involucra la extensión de cadera, rodilla y tobillo, en oposición a los movimientos monoarticulares utilizados en la mayoría de los estudios anteriores (Botton et al., 2013; Janzen et al., 2006; Turki et al., 2011) lo que puede explicar parcialmente la mayor mejora en la fuerza del grupo unilateral.

Potencia.

Observamos como en ambos grupos los valores de potencia post entrenamiento mejoraron en todos los estudios. La tendencia de mejora es que los grupos que entrenaron bilateralmente tengan mejores valores de potencia en los test que se realizaron bilateralmente frente a los que entrenaron unilateralmente y viceversa. Existe cierta controversia sobre qué tipo de intervención es más efectiva para mejorar esta variable. Hay estudios (Taniguchi, 1997) que nos dicen que el grupo bilateral mejoró más que el unilateral tanto en test bilaterales como en test unilaterales. Otros (Gonzalo-Skok et al., 2017) nos dice que en los test bilaterales tanto los grupos que entrenaron de forma unilateral como bilateral mejoraron lo mismo, mientras que para los grupos que entrenaron de forma unilateral, los valores expuestos en los test unilaterales son mucho mayores para el grupo unilateral. Mientras que, Hernández-Davó et al., (2018) nos muestra como hay personas del grupo bilateral que mejoran más en test bilateral mientras que hay personas del grupo unilateral que mejoran más en test bilateral y viceversa. Para dar explicación a esto, observamos que cada uno realizó un tipo de

intervención diferente. En el primer caso se realizó entrenamiento en máquina isocinética con una frecuencia de entrenamiento de tres días por semana durante 6 semanas. En el segundo caso, se realizaban series con tantas repeticiones como fueran posibles hasta perder un 10% de velocidad con una frecuencia de dos días por semana durante 6 semanas y para el último caso se realizaron entrenamientos en máquina excéntrica con un bajo volumen de entrenamiento por sesión con el que posiblemente algunos sujetos no llegaran al volumen mínimo efectivo para mejorar (MEV) por sesión. Como vemos, cada intervención es diferente y habría que seguir estudiando si realmente son efectivas para mejorar la variable a estudiar o habría que optimizarlas.

Velocidad.

Los resultados obtenidos en los estudios sugieren que el entrenamiento de fuerza tiene transferencia positiva al rendimiento en sprint. En todos los estudios analizados, los valores de tiempo en sprint mejoraron cuando se entrenó de forma concéntrica tanto en los grupos bilaterales como unilaterales. Esto podría explicarse por el consecuente aumento en la producción de fuerza con relación a este tipo de entrenamiento. Se ha visto (Comfort et al., 2012) que el aumento de fuerza está directamente relacionado con el rendimiento en sprint, especialmente en la primera fase, donde los requerimientos de fuerza son aún mayores durante la fase de aceleración inicial. En tan sólo un estudio (Speirs et al., 2016) el tiempo de sprint empeoró. Podemos deducir que al tratarse de sujetos con experiencia en el entrenamiento y realizar tan solo entrenamiento excéntrico se produjo un desentrenamiento para la producción de fuerza explosiva en la velocidad de sprint. Está bien establecido que las fuerzas de reacción máximas en el suelo y el impulso son determinantes importantes del rendimiento en sprint (Hunter et al., 2005), y en base a esto, se esperaba que un aumento en la producción de fuerza contribuyera a mejorar los tiempos de carrera. Quizás, en este caso, un entrenamiento de velocidad simultáneo podría haber provocado una adaptación positiva a la transferencia en el sprint junto al entrenamiento excéntrico. Ya que la especificidad es fundamental para el concepto de transferencia de entrenamiento.

Cambios de dirección.

Si nos fijamos en los valores analizados en los estudios sobre cambios de dirección. En todos los casos el entrenamiento de fuerza dio como resultado una mejora en los tiempos de cambio de dirección. Sin embargo, hay valores de effect size que van desde 0 hasta 1,57. Esto puede deberse a la diversidad de formas en las que se hacen los cambios de dirección que van desde los 50º hasta los 180º cambiando a su vez la pierna con la que se realiza el giro (dominante o no dominante). Se cree que la capacidad de cambio de dirección depende de una gran variedad de factores, como la técnica, la velocidad de carrera lineal, las cualidades de los músculos de las piernas y la antropometría (Sheppard et al., 2006). Otro factor a tener en cuenta sería la forma de medición, ya que en este campo se exponen desde test específicos de agilidad hasta cambios lineales de dirección y sprint a su vez en los grados expuestos con anterioridad. En el estudio presentado por Hernández-Davó et al., (2018) muestra la mayor diferencia de mejora en comparación con los demás, esto es debido a que se selecciona una forma de medición a través del T-test, que entre otras cosas puede tener un alto componente de aprendizaje (Abraham et al., 2014).

Capacidad de Salto.

El entrenamiento de fuerza en las extremidades inferiores es eficaz para mejorar el rendimiento en el salto tanto unilateral como bilateral. De acuerdo con los resultados podemos afirmar que el entrenamiento bilateral tiene mejores resultados sobre test bilaterales (0,21-1,66) mientras que el entrenamiento unilateral los tiene sobre los unilaterales (0,11-1,74). Esto contrasta con el principio de especificidad, aunque también hubo transferencia a movimientos contrarios. En algunos estudios como los de Hernández-Davó et

al., (2018) y Bogdanis et al., (2019) observamos como los grupos que entrenaron unilateralmente tienen mejores resultados en los test bilaterales que los grupos que entrenaron bilateralmente. Una explicación a esto podría estar relacionada con factores neurales, ya que se ha visto como el entrenamiento unilateral aumenta significativamente la actividad electromiográfica (Botton et al., 2016). Por lo que el entrenamiento unilateral puede haber resultado en una mayor activación neural traduciéndose a una mejora en el rendimiento. Otra explicación podría ser el fenómeno conocido como educación cruzada, por el cual la actividad motora puede afectar al rendimiento de los músculos homólogos en la extremidad contralateral (Carroll et al., 2006). Sin embargo, en la mayoría de los estudios, se ve como los grupos que entrenan bilateralmente tienen mejores resultados en test bilaterales y los que entrenan unilateralmente los tienen en test unilaterales.

Déficit y facilitación bilateral.

Los desequilibrios entre las extremidades y el déficit bilateral en la producción máxima de fuerza se redujeron o aumentaron sustancialmente, respectivamente, después del entrenamiento bilateral y unilateral. En función del objetivo, el control del déficit bilateral es importante, por ejemplo, en deportistas que utilizan ambas extremidades simultáneamente (powerlifters o remeros) un déficit bilateral limitaría su rendimiento en competición. Por el contrario, en los que su disciplina predomina el movimiento de un miembro sobre el otro (lanzadores o saltadores), sería lógico que existiera (Škarabot et al., 2016). Hasta la fecha no hay reportados estudios que relacionen el déficit bilateral con un mayor riesgo de lesión, por lo cual no podemos relacionarlo con esta variable. Los estudios que analizaron los valores de déficit bilateral vieron que los ejercicios unilaterales repercutían negativamente en esta variable, mientras que los grupos que entrenaban de forma bilateral mejoraban. Por lo tanto, a pesar de que se necesita más investigación, parece que las intervenciones de entrenamiento que involucran fuerza bilateral podrían ser efectivas para reducir el déficit bilateral. De manera similar, el déficit bilateral se incrementó en gran medida después de la intervención con entrenamiento unilateral con cambios mucho mayores comparado con el grupo bilateral. Teniendo en cuenta que las mejoras más grandes en producción de fuerza y potencia fueron observadas mayoritariamente en entrenamiento unilateral, se esperaban estos hallazgos.

Otros.

Si nos centramos en otros parámetros como la hipertrofia, vemos como un estudio analizó esta variable, observando mejoras en ambos grupos. Aunque la información es escasa, podemos confirmar que con entrenamiento de fuerza bien organizado las ganancias de fuerza y masa muscular en mayor o menor medida serán inevitables. Por otro lado, otro estudio analizó la actividad electromiográfica en la musculatura del tren inferior tanto en el grupo que entrenó de forma bilateral como el unilateral. Se observó como en el grupo unilateral la actividad era mayor. Anteriormente ya hemos hablado sobre esta variable, y es que, para realizar ejercicios de forma unilateral se necesita de mayor activación de la musculatura debido a la necesidad de estabilizar el cuerpo en situaciones con menor superficie de apoyo para la producción de fuerza.

6. Conclusiones.

Los resultados de este trabajo sugieren que tanto el entrenamiento unilateral como el bilateral son metodologías válidas y deben ser consideradas por los profesionales del entrenamiento. El problema entre cuándo usar uno u otro parece ser uno de los conflictos más usuales, lo que puede hacer que el profesional se cuestione cuándo enfatizar más en una forma sobre la otra.

El entrenamiento de fuerza generalmente se prescribe de manera bilateral, aunque las acciones más importantes en los deportes de equipo (es decir, saltos, carreras de velocidad, cambios de dirección...) se realizan principalmente de manera unilateral (Gonzalo-Skok et al., 2017). Como tal, en base a los resultados actuales, la inclusión de ejercicios de entrenamiento de fuerza unilateral puede ser de interés para los jugadores con asimetrías de fuerza y potencia entre las piernas, así como para los jugadores que desean mejorar su capacidad de producir fuerza de forma unilateral (deportes de lanzamiento o golpeo).

Aunque el entrenamiento unilateral permitió el uso de cargas de entrenamiento más pesadas, no hubo mayores ganancias en masa muscular en comparación con entrenamiento bilateral por lo que ambas metodologías podrían ser efectivas para mejorar esta variable. Vale la pena señalar, sin embargo, que períodos de entrenamiento más largos pueden haber resultado en mayores adaptaciones neuromusculares en los grupos unilaterales, ya que las diferencias en las cargas de entrenamiento solo se hicieron evidentes en las últimas semanas de entrenamiento (Botton et al., 2016; Bogdanis et al., 2019).

Por otro lado, el entrenamiento bilateral redujo las diferencias entre los miembros (es decir, déficit bilateral) y logró mayores mejoras en aquellas acciones que requieren la aplicación de fuerza bilateral en comparación con el entrenamiento unilateral. En contraposición, el entrenamiento unilateral indujo mayores adaptaciones sustanciales en saltos, carreras de velocidad lineal y capacidad de cambios de dirección (Taniguchi, 1997; Gonzalo-Skok et al., 2017).

También se podría hipotetizar que el entrenamiento unilateral ofrecería beneficios adicionales para variables no evaluadas, incluida la prevención de lesiones, dada la prevalencia de movimientos unilaterales durante el deporte y la vida diaria. Además, un aumento en la capacidad de desarrollar la potencia puede ser importante para personas débiles y de edad avanzada que desean mejorar el equilibrio y prevenir caídas (Speirs et al., 2016).

La evidencia actual es escasa y los protocolos de intervención muy variados, por lo que se recomienda más estudio hasta llegar a un consenso para discernir la manera óptima de incorporar estos métodos de entrenamiento.

7. Propuesta de intervención.

Tras la revisión de los diferentes estudios, se pretende ser capaz de proponer un modelo de intervención de entrenamiento mediante el cual obtener resultados positivos en las variables analizadas para el rendimiento deportivo.

Muestra.

Se tomó a un equipo de fútbol masculino fuera de temporada. Compuesto por 24 jugadores jóvenes (21 ± 3.4 años), una altura de 178 ± 4.5 cm y un peso de 70 ± 7.2 kg. Todos eran físicamente activos, llevaban una alimentación saludable, dormían una media de 8 ± 1.5 horas diarias y realizaban entrenamiento de fuerza incluido en la planificación de su equipo de 1 o 2 días en semana dependiendo de la época de la temporada durante 2 ± 0.6 años. El cumplimiento del plan de intervención fue del 100% de la muestra obtenida. Todos los participantes fueron notificados de los riesgos potenciales involucrados y dieron su consentimiento informado por escrito. Todos los participantes comenzaron sin lesiones o con un historial de lesiones previas que pueden haber inhibido el rendimiento. Se separaron a los sujetos de forma aleatoria en dos grupos de entrenamiento (12 para el grupo bilateral y 12 para el grupo unilateral).

Pruebas de campo.

Test RM.

El test de 1RM fue el seleccionado para evaluar la fuerza máxima. El protocolo se realizó de forma directa en máquina leg extension. Todo ello se realizó con la ayuda de un encoder para medir de forma individual cual es la velocidad de ejecución de 1RM en cada sujeto y posteriormente poder ir prescribiendo semanalmente la intensidad de ejercicio. Se prescribió a los participantes unas series de calentamiento (4 repeticiones al 50% del 1RM estimado, 3 repeticiones al 70%, 2 repeticiones al 80% y 1 repetición al 90%), cada una separada por 2-5 minutos dependiendo del sujeto y su capacidad de recuperación. Después del calentamiento, se realizaron los intentos máximos separados por un mínimo de 5 minutos hasta que se obtuvo 1RM.

Prueba de salto de contramovimiento (CMJ).

La prueba de salto CMJ se utilizó para evaluar la fuerza explosiva de los músculos de las extremidades inferiores. La prueba se realizó utilizando una plataforma de contacto infrarrojo. Se instruyó a todos los sujetos para que colocaran las manos en sus caderas, se colocaran en posición erguida y bajarán sin elevar los talones para después dar un salto hacia arriba a la máxima intensidad posible. El CMJ se realizó tres veces, y se separó por 60 s de recuperación pasiva. El mejor rendimiento de salto se utilizó para el análisis estadístico posterior. Se realizó tanto de forma bilateral como de forma unilateral.

Prueba de velocidad y cambios de dirección.

Se utilizó el test 505 para evaluar la velocidad de sprint y de cambios de dirección. Se colocó una fotocélula en la salida para que salieran cuando quisieran y eliminar el tiempo de reacción, a 10 metros de esta se colocó otra para evaluar la velocidad en los 10 metros y se dibujó una línea 5 metros detrás para realizar el cambio de dirección y volver a pasar por la fotocélula para calcular el tiempo en realizar dicho cambio. El test se realizó dos veces, una vez con la pierna dominante y otra vez con la pierna no dominante, separados por 60 segundos de recuperación pasiva.

Déficit bilateral y potencia.

En base a los resultados obtenidos en casa salto, se utilizó un software de interpretación para obtener una estimación de la potencia mecánica máxima indirecta (PMMi) y el cálculo del déficit bilateral.

Protocolo de entrenamiento.

Se realizaron dos entrenamientos por semana durante ocho semanas. Los participantes tuvieron un mínimo de 72 horas de recuperación entre sesiones. Siguió un calentamiento estandarizado que incluía ejercicios de movilidad dinámica del tren inferior, activación de la musculatura estabilizadora del tronco y del tren inferior y activación cardiovascular de 5 minutos en bicicleta estática a una intensidad subjetiva de 6 sobre 10 en la escala de borj. El protocolo de entrenamiento consistía en realizar extensiones de rodilla en máquina leg extension (bilateral para el grupo bilateral y unilateral para el grupo unilateral) a 1x8x60%RM; 1x6x70%RM; 2x5x85%RM, cada una separada de 2 a 5 minutos de descanso dependiendo de la capacidad de recuperación del sujeto. Posteriormente se realizaron y 4x4xCMJ o 4x4xUCMJ para grupo unilateral con un descanso entre series y ejercicios de 2 minutos.

8. Bibliografía.

- Abraham, C. S., McInnes, G., Glaister, M., Hauck, H., Merry, K. L., Beaver, D., & Woods, B. (2014). Familiarización, Confiabilidad y Comparabilidad del Test Máximo de Ir y Volver de 40 m-G-SE. *PubliCE*.
- Appleby, B. B., Cormack, S. J., & Newton, R. U. (2019). Specificity and Transfer of Lower-Body Strength: Influence of Bilateral or Unilateral Lower-Body Resistance Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(2), 318-326.
- Appleby, B. B., Cormack, S. J., & Newton, R. U. (2019). Unilateral and Bilateral Lower-Body Resistance Training Does not Transfer Equally to Sprint and Change of Direction Performance. *Journal of strength and conditioning research*.
- Badillo, J. J. G., & Serna, J. R. (2002). Bases de la programación del entrenamiento de fuerza (Vol. 308). Inde.
- Baechle, T. R., Earle, R. W., & Baechle, T. R. (2004). NSCA's essentials of personal training.
- Balsalobre-Fernández, C., & Jiménez-Reyes, P. (2014). Entrenamiento de fuerza. Nuevas perspectivas metodológicas.
- Beattie, K., Kenny, I. C., Lyons, M., & Carson, B. P. (2014). The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports Medicine*, 44(6), 845-865.
- Bogdanis, G. C., Tsoukos, A., Kaloheri, O., Terzis, G., Veligekas, P., & Brown, L. E. (2019). Comparison Between Unilateral and Bilateral Plyometric Training on Single- and Double-Leg Jumping Performance and Strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(3), 633-640.
- Bompa, T. O. (2006). Periodización del entrenamiento deportivo (Vol. 24). Editorial Paidotribo.
- Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2009). Theory and Methodology of training.
- Botton, C. E., Radaelli, R., Wilhelm, E. N., Rech, A., Brown, L. E., & Pinto, R. S. (2016). Neuromuscular adaptations to unilateral vs. bilateral strength training in women. *Journal of strength and conditioning research*, 30(7), 1924-1932.
- Botton, C. E., Radaelli, R., Wilhelm, E. N., Silva, B. G., Brown, L. E., & Pinto, R. S. (2013). Bilateral deficit between concentric and isometric muscle actions. *Isokinetics and Exercise Science*, 21(2), 161-165.
- Boyle, M. (2017). El entrenamiento funcional aplicado a los deportes. Ediciones Tutor, SA.
- Bračič, M., Supej, M., Peharec, S., Bačić, P., & Čoh, M. (2010). An investigation of the influence of bilateral deficit on the counter-movement jump performance in elite sprinters. *Kinesiology*, 42(1), 73-81.
- Buresh, R., Berg, K., & French, J. (2009). The effect of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength, and hypertrophy with training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 62-71.
- Calatayud, J., Martín, F., Colado, J. C., Benítez, J. C., Jakobsen, M. D., & Andersen, L. L. (2015). Muscle Activity During Unilateral vs. Bilateral Battle Rope Exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(10), 2854-2859.
- Carroll, T. J., Herbert, R. D., Munn, J., Lee, M., & Gandevia, S. C. (2006). Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. *Journal of applied physiology*, 101(5), 1514-1522.
- Colliander EB, Tesch PA. Effects of eccentric and concentric muscle actions in resistance training. *Acta Physiol Scand*. 1990;140(1):31-9. Epub 1990/09/01.

- Comfort P, Haigh A, Matthews MJ. Are changes in maximal squat strength during preseason training reflected in changes in sprint performance in rugby league players? *J Strength Cond Res* 26: 772–776, 2012.
- Comfort, P., Haigh, A., & Matthews, M. J. (2012). Are changes in maximal squat strength during preseason training reflected in changes in sprint performance in rugby league players?. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(3), 772-776.
- Crenshaw AG, Karlsson S, Styf J, Backlund T, Friden J. Knee extension torque and intramuscular pressure of the vastus lateralis muscle during eccentric and concentric activities. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1995;70(1):13–9. Epub 1995/01/01
- De Luca, C. J. (1997). The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of applied biomechanics*, 13(2), 135-163.
- Deschenes, M. (1989). Short review: Rate coding motor unit recruitment patterns. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 3(2), 34-39.
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Suarez-Arrones, L., Arjol-Serrano, J. L., Casajús, J. A., & Mendez-Villanueva, A. (2017). Single-leg power output and between-limbs imbalances in team-sport players: Unilateral versus bilateral combined resistance training. *International journal of sports physiology and performance*, 12(1), 106-114.
- Hakkinen K, Kraemer WJ, Newton RU (1997) Muscle activation and force production during bilateral and unilateral concentric and isometric contractions of the knee extensors in men and women at different ages. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 37:131–142
- Häkkinen, K., Kallinen, M., Linnamo, V., Pastinen, U. M., Newton, R. U., & Kraemer, W. J. (1996). Neuromuscular adaptations during bilateral versus unilateral strength training in middle-aged and elderly men and women. *Acta Physiologica Scandinavica*, 158(1), 77-88.
- Hamaguchi, K., Kurihara, T., Fujimoto, M., Iemitsu, M., Sato, K., Hamaoka, T., & Sanada, K. (2017). The effects of low-repetition and light-load power training on bone mineral density in postmenopausal women with sarcopenia: a pilot study. *BMC geriatrics*, 17(1), 102.
- Hernández-Davó, J. L., Jiménez, P. M., & Solana, R. S. (2018). Comparison of six weeks eccentric overload training between bilateral and unilateral squat in basketball players. *European Journal of Human Movement*, 40, 111-121.
- Higbie EJ, Cureton KJ, Warren GL 3rd, Prior BM. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *J Appl Physiol* (1985). 1996;81(5):2173–81. Epub 1996/11/01.
- Hortobagyi T, Devita P, Money J, Barrier J. Effects of standard and eccentric overload strength training in young women. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(7):1206–12. Epub 2001/07/11.
- Hunter, J. P., Marshall, R. N., & McNair, P. J. (2005). Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. *Journal of applied biomechanics*, 21(1), 31-43.
- Izquierdo, M., Ibanez, J., González-Badillo, J. J., Hakkinen, K., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., ... & Gorostiaga, E. M. (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *Journal of applied physiology*, 100(5), 1647-1656.
- Jakobi JM, Cafarelli E (1998) Neuromuscular drive and force production are not altered during bilateral contractions. *J Appl Physiol* 84:200–206

- Janzen, C. L., Chilibeck, P. D., & Davison, K. S. (2006). The effect of unilateral and bilateral strength training on the bilateral deficit and lean tissue mass in post-menopausal women. *European journal of applied physiology*, 97(3), 253-260.
- Kraemer, W. J., Fleck, S. J., & Evans, W. J. (1996). Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. *Exercise and sport sciences reviews*, 24, 363-397.
- Kraemer, W. J., Noble, B., Culver, B., & Lewis, R. V. (1985). Changes in plasma proenkephalin peptide F and catecholamine levels during graded exercise in men. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 82(18), 6349-6351.
- Kraemer, W. J., Staron, R. S., Hagerman, F. C., Hikida, R. S., Fry, A. C., Gordon, S. E., ... & Newton, R. U. (1998). The effects of short-term resistance training on endocrine function in men and women. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 78(1), 69-76.
- Küusmaa-Schildt, M., Liukkonen, J., Vuong, M.K., Nyman, K., Häkkinen, K., y Häkkinen, A. (2019). Efectos del entrenamiento de fuerza y resistencia combinados de la mañana y la noche sobre el rendimiento físico, el sueño y el bienestar. *Cronobiología internacional*, 1-15.
- Maclaren, D. P., Gibson, H., Parry-Billings, M. A. R. K., & Edwards, R. H. (1989). A review of metabolic and physiological factors in fatigue. *Exercise and sport sciences reviews*, 17(1), 29-66.
- Makaruk, H., Winchester, J. B., Sadowski, J., Czaplicki, A., & Sacewicz, T. (2011). Effects of unilateral and bilateral plyometric training on power and jumping ability in women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(12), 3311-3318.
- Maltais, M. L., Ladouceur, J. P., & Dionne, I. J. (2016). The effect of resistance training and different sources of postexercise protein supplementation on muscle mass and physical capacity in sarcopenic elderly men. *Journal of strength and conditioning research*, 30(6), 1680-1687.
- Marchante, D. (2015). *Power explosivo. Entrenamiento Eficiente*. Madrid, España: Editorial LuluAlcoi.
- McBride, J. M., McCaulley, G. O., Cormie, P., Nuzzo, J. L., Cavill, M. J., & Triplett, N. T. (2009). Comparison of methods to quantify volume during resistance exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 106-110.
- McCurdy K, Conner C. Unilateral support resistance training incorporating the hip and knee. *Strength Cond J* 25: 45–51, 2003
- McCurdy, K. W., Langford, G. A., Doscher, M. W., Wiley, L. P., & Mallard, K. G. (2005). The effects of short-term unilateral and bilateral lower-body resistance training on measures of strength and power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 9-15.
- McGuigan, M. R., Wright, G. A., & Fleck, S. J. (2012). Strength training for athletes: does it really help sports performance?. *International journal of sports physiology and performance*, 7(1), 2-5.
- Migiano, M. J., Vingren, J. L., Volek, J. S., Maresh, C. M., Fragala, M. S., Ho, J. Y., ... & Earp, J. E. (2010). Endocrine response patterns to acute unilateral and bilateral resistance exercise in men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(1), 128-134.
- Núñez, F. J., Santalla, A., Carrasquilla, I., Asian, J. A., Reina, J. I., & Suarez-Arrones, L. J. (2018). The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy,

- muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players. *PLoS one*, 13(3), e0193841.
- Ratamess, N. A., Falvo, M. J., Mangine, G. T., Hoffman, J. R., Faigenbaum, A. D., & Kang, J. (2007). The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. *European journal of applied physiology*, 100(1), 1-17.
- Robergs, R. A., Pearson, D. R., Costill, D. L., Fink, W. J., Pascoe, D. D., Benedict, M. A., ... & Zachweija, J. J. (1991). Muscle glycogenolysis during differing intensities of weight-resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 70(4), 1700-1706.
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., Hollan, I., & Ellefsen, S. (2015). Strength training improves performance and pedaling characteristics in elite cyclists. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(1), e89-e98.
- Rutherford, O. M., & Jones, D. A. (1986). The role of learning and coordination in strength training. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 55(1), 100-105.
- Santana JC. Single-leg training for 2-legged sports: Efficacy of strength development in athletic performance. *Strength Cond J* 23: 35, 2001.
- Schoenfeld, B. J., Ratamess, N. A., Peterson, M. D., Contreras, B., Sonmez, G. T., & Alvar, B. A. (2014). Effects of different volume-equated resistance training loading strategies on muscular adaptations in well-trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(10), 2909-2918.
- Schwab, R., Johnson, G. O., Housh, T. J., Kinder, J. E., & Weir, J. P. (1993). Acute effects of different intensities of weightlifting on serum testosterone. *Medicine and science in sports and exercise*, 25(12), 1381-1385.
- Seger JY, Arvidsson B, Thorstensson A. Specific effects of eccentric and concentric training on muscle strength and morphology in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1998;79(1):49-57. Epub 1999/03/03.
- Seguin, R., & Nelson, M. E. (2003). The benefits of strength training for older adults. *American journal of preventive medicine*, 25(3), 141-149.
- Seitz LB, Reyes A, Tran TT, de Villarreal ES, Haff GG. Increases in lower-body strength transfer positively to sprint performance: A systematic review with meta-analysis. *Sports Med* 44: 1693-1702, 2014.
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of sports sciences*, 24(9), 919-932.
- Shiroma, E. J., Cook, N. R., Manson, J. E., Moorthy, M. V., Buring, J. E., Rimm, E. B., & Lee, I. M. (2017). Strength training and the risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease. *Medicine and science in sports and exercise*, 49(1), 40.
- Škarabot, J., Cronin, N., Strojnik, V., & Avela, J. (2016). Bilateral deficit in maximal force production. *European journal of applied physiology*, 116(11-12), 2057-2084.
- Speirs, D. E., Bennett, M. A., Finn, C. V., & Turner, A. P. (2016). Unilateral vs. bilateral squat training for strength, sprints, and agility in academy rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(2), 386-392.
- Speirs, D. E., Bennett, M. A., Finn, C. V., & Turner, A. P. (2016). Unilateral vs. bilateral squat training for strength, sprints, and agility in academy rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(2), 386-392.

- Stone MH, Sanborn K, O'Bryant HS, Hartman M, Stone ME, Proulx C, et al. Maximum strength-power-performance relationships in collegiate throwers. *J Strength Cond Res* 17: 739–745, 2003.
- Taniguchi, Y. (1997). Lateral specificity in resistance training: the effect of bilateral and unilateral training. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 75(2), 144-150.
- Thibaudeau, C., & Schwartz, T. (2007). El libro negro de los secretos de entrenamiento (pp. 45-61). Editorial F. Lepine.
- Turki, O., Chaouachi, A., Drinkwater, E. J., Chtara, M., Chamari, K., Amri, M., & Behm, D. G. (2011). Ten minutes of dynamic stretching is sufficient to potentiate vertical jump performance characteristics. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(9), 2453-2463.
- Vandervoort, A. A., Sale, D. G., & Moroz, J. (1984). Comparison of motor unit activation during unilateral and bilateral leg extension. *Journal of applied physiology*, 56(1), 46-51.
- Vikmoen, O., Rønnestad, BR, Ellefsen, S., y Raastad, T. (2017). El entrenamiento de fuerza pesada mejora el rendimiento en carrera y ciclismo después de un trabajo submáximo prolongado en atletas femeninas bien entrenadas. *Informes fisiológicos*, 5 (5).
- Wang, E., Nyberg, S. K., Hoff, J., Zhao, J., Leivseth, G., Tørhaug, T., ... & Richardson, R. S. (2017). Impact of maximal strength training on work efficiency and muscle fiber type in the elderly: Implications for physical function and fall prevention. *Experimental gerontology*, 91, 64-71.
- Westing SH, Seger JY. Eccentric and concentric torque-velocity characteristics, torque output comparisons, and gravity effect torque corrections for the quadriceps and hamstring muscles in females. *Int J Sports Med*. 1989;10(3):175–80. Epub 1989/06/01.
- Wilkinson, S. B., Tarnopolsky, M. A., Grant, E. J., Correia, C. E., & Phillips, S. M. (2006). Hypertrophy with unilateral resistance exercise occurs without increases in endogenous anabolic hormone concentration. *European journal of applied physiology*, 98(6), 546-555.