

Transferencia de un programa de entrenamiento de fuerza al sprint y al salto vertical en futbolistas juveniles: sentadillas vs. estocadas

Transfer of a resistance training program to sprinting and vertical jump in youth soccer players: squats vs. lunges

*Adrián Magallanes, **Carlos Magallanes, **Andrés Santiago Parodi Feye, **Andrés González-Ramírez

*Instituto Universitario Asociación Cristiana de Jóvenes (Uruguay), **Universidad de la República (Uruguay)

Resumen. La velocidad de sprint y la capacidad de salto vertical son requisitos fundamentales para alcanzar el alto rendimiento en fútbol. Existe controversia sobre el tipo de ejercicio de fuerza (bilateral o unilateral) que permite mayor transferencia a estos gestos. El objetivo del presente estudio fue comparar el efecto del entrenamiento de fuerza utilizando sentadillas vs. estocadas sobre la velocidad de salto vertical y el sprint lineal en 20 metros en jugadores de fútbol de categoría juvenil. Participaron en el estudio 79 sujetos divididos aleatoriamente en tres grupos: entrenamiento con estocadas (GE) ($n = 28$; edad = $16,5 \pm 1,2$ años); entrenamiento con sentadillas (GS) ($n = 24$; edad = $16,3 \pm 1,4$ años) y grupo control (GC) ($n = 27$; edad = $16,5 \pm 1,2$ años). GE y GS realizaron entrenamiento de fuerza dos veces por semana durante 12 semanas. Previo y posterior a la intervención todos los sujetos fueron testeados en velocidad máxima en CMJ y sprint lineal de 20m. Los tres grupos mejoraron significativamente el rendimiento ($p < ,05$) en el sprint en 20m, siendo la mejora significativamente superior en los grupos experimentales en comparación con GC ($p < ,05$), sin diferencias entre los primeros. No se verificó una mejora significativa en la velocidad máxima en CMJ para ninguno de los grupos. Tanto el entrenamiento de fuerza bilateral como el predominantemente unilateral parecen ser beneficiosos para la mejora del rendimiento en velocidad de desplazamiento horizontal en jugadores de fútbol de categoría juvenil, sin que existan diferencias significativas entre los mismos.

Palabras clave: Fútbol juvenil. Entrenamiento de fuerza bilateral. Entrenamiento de fuerza unilateral. Rendimiento deportivo. Sprint lineal. CMJ.

Abstract. Sprint speed and vertical jumping ability are fundamental requirements to reach high performance in soccer. There is controversy about the type of resistance exercise (bilateral or unilateral) that allows greater transfer to these gestures. The aim of this study was to compare the effect of strength training using squats vs. lunges on vertical jump speed and 20-meter linear sprint in youth soccer players. Seventy-nine subjects randomly divided into three groups participated in the study: lunge training (GE) ($n = 28$; age = 16.5 ± 1.2 years); squat training (GS) ($n = 24$; age = 16.3 ± 1.4 years) and control group (GC) ($n = 27$; age = 16.5 ± 1.2 years). GE and GS performed strength training twice a week during 12 weeks. Before and after the intervention, all subjects were tested for maximum speed at CMJ and linear sprint of 20m. All three groups significantly improved performance ($p < .05$) in the 20m sprint, with the improvement being significantly greater in the experimental groups compared to GC ($p < .05$), with no differences between the former. No significant improvement in maximum speed at CMJ was verified for either group. Both bilateral and predominantly unilateral strength training appear to be beneficial for the improvement of sprint speed performance in youth soccer players, with no significant differences between them.

Keywords: Youth Soccer. Bilateral resistance training. Unilateral resistance training. Athletic Performance. Lineal sprint. CMJ.

Introducción

Desde hace algunas décadas el entrenamiento de fuerza se ha introducido en los deportes colectivos con dos objetivos principales: disminuir la probabilidad de lesión y optimizar las habilidades atléticas del deportista en situación de juego (Siff & Verhoshansky, 2004). Con relación a este último objetivo, se ha observado un efecto positivo del entrenamiento con sobrecarga sobre variables asociadas al rendimiento deportivo. Loturco et al. (2016), con una intervención experimental de seis semanas de entrenamiento intensivo de fuerza realizada en jugadores

de fútbol de élite observaron mejoras significativas ($p < ,05$) en el rendimiento en salto vertical, salto horizontal y desplazamientos con cambio de dirección. Adicionalmente, en un trabajo de meta-análisis, Seitz et al. (2014) determinaron que existió transferencia entre los incrementos de fuerza de miembros inferiores (MMII) y el rendimiento de sprint. Concluyeron que este tipo de entrenamiento adquiere relevancia práctica para entrenadores y deportistas de disciplinas que requieren altos niveles de velocidad.

Son diversas las variables que influyen para que un programa de entrenamiento de fuerza sea efectivo. Entre las más importantes se encuentran el volumen, la intensidad, la dinámica de aplicación y progresividad

de las cargas, las micro y macro pausas, los ejercicios seleccionados y las características de los sujetos entrenados (Bompa, 2004). En cuanto a la selección de los ejercicios, también son varios los factores que hacen que los mismos tengan un buen potencial de transferencia a gestos como saltar o desplazarse a máxima velocidad. Se destaca la correspondencia entre ejercicio y gesto competitivo (en cuanto a aspectos como el tiempo de aplicación de fuerza, los ángulos de inicio y recorrido de las articulaciones involucradas, y la predominancia unilateral vs. bilateral) (Siff & Verkhoshansky, 2004).

Con relación a este último aspecto, no hay consenso entre los expertos (entrenadores e investigadores) en cuánto a cuáles de estos ejercicios (bilaterales o de predominio unilateral) tendrían mayor potencial de transferencia a gestos deportivos explosivos como el salto o la aceleración en la carrera. Tampoco existe acuerdo sobre las razones o mecanismos por los cuales unos u otros serían más efectivos. De manera simplificada se podrían distinguir tres posiciones: (a) la de aquellos que, según el gesto deportivo que se pretenda mejorar (o sea, según la especificidad), sostienen que en ciertos casos será mejor lo bilateral y en otros lo unilateral; (b) quienes sostienen que los ejercicios de predominio unilateral son en la mayoría de los casos superiores independientemente del gesto; (c) aquellos que consideran que los ejercicios bilaterales son en la mayoría de los casos superiores independientemente del gesto.

Los primeros (a), a partir de una argumentación vinculada a la especificidad entre los gestos, afirman que los ejercicios de predominio unilateral y/o asimétricos poseen mayor potencial de transferencia a gestos competitivos que se realicen con estas características, como por ejemplo los desplazamientos. De manera análoga, los ejercicios bilaterales tendrían mayor potencial de transferencia a gestos competitivos bilaterales, como el salto bipodal. En esta línea argumentativa, comparando los ejercicios de estocada y sentadilla, se ha sugerido que el primero, por ser un ejercicio asimétrico con mayor similitud al gesto de desplazamiento horizontal, tendría mayor potencial de transferencia al desplazamiento, mientras que la sentadilla, por su parecido gestual y simetría bilateral, presentaría mayor capacidad de transferencia al salto vertical bipodal (Mulligan & Nijem, 2016).

Por otro lado, algunos autores justifican la superioridad de la ejecución unilateral, o de predominio unilateral (b), apelando al concepto de déficit de fuerza bilateral (DFB). Se dice que existe DFB cuando la producción de fuerza con ambos miembros es inferior a la suma de las fuerzas que puede ejercer cada miembro por separado (Škarabot, et al., 2016). Cuando ocurre lo opuesto, es decir, cuando la producción de fuerza con ambos miembros es superior

a la suma de fuerza que puede ejercer cada miembro por separado, se denomina facilitación bilateral de fuerza (FBF). El argumento por el cual la existencia del DFB implicaría la superioridad de los ejercicios de predominio unilateral sería que éstos permitirían una estimulación neuromuscular más efectiva (considerando cada miembro en forma individual) que los ejercicios bilaterales. Pese a que el DFB es un fenómeno ampliamente extendido —a diferencia de la FBF que suele manifestarse apenas en algunas personas que practican deportes bilaterales como la halterofilia y el remo (Škarabot, et al., 2016)— no se encuentra evidencia concluyente en la literatura revisada de que, en lo que refiere a maximizar la transferencia al sprint o al salto, el DFB sea un factor relevante a considerar a la hora de optar por ejercicios de sobrecarga con predominio unilateral o bilateral.

Finalmente, se podría considerar una tercera postura a favor de los ejercicios bilaterales (c), argumentando que este tipo de ejercicios permiten una mayor activación de la musculatura movilizadora principal. Eliassen et al. (2018) compararon mediante electromiografía la activación del cuádriceps en los ejercicios de squat bilateral vs. squat unilateral en hombres jóvenes entrenados, observando una mayor activación en los primeros. Adicionalmente, Kornecki y Zschorlich (1994) observaron que los ejercicios de predominio unilateral requieren mayor participación y activación de musculatura estabilizadora que los bilaterales. Otros estudios (Boren, et al., 2011; Ebben, et al., 2009; McCurdy et al., 2010) que compararon ejercicios de estocadas, subidas al banco y sentadillas mediante electromiografía también reportaron que los ejercicios de predominio unilateral, además de producir una mayor activación de la musculatura estabilizadora, requieren mayor actividad del músculo glúteo medio, de vital importancia para la estabilización de rodilla y el control del movimiento. Esta necesidad de *estabilizar para ejecutar* resultaría en una menor actividad de la musculatura movilizadora principal. Se observó además que conforme los sujetos tenían menos experiencia en entrenamiento unilateral, mayor era la inestabilidad y, por consiguiente, mayor la necesidad de reclutar musculatura con función estabilizadora, con la concomitante disminución en la actividad de la musculatura movilizadora principal (Bosco, 2000). Esta demanda adicional que implica la función estabilizadora, podría ser la razón por la cual algunos estudios reportan que el entrenamiento de fuerza realizado sobre superficies inestables presenta menor transferencia al sprint y al salto.

Cressey et al. (2007) trabajando con deportistas jóvenes entrenados encontraron que, tras 10 semanas de intervención, la realización de estocadas dinámicas en superficies inestables (discos de goma inflables) redundó

en un menor rendimiento en comparación con el grupo que realizó el mismo ejercicio en superficie estable. Dicho efecto se constató en diversos gestos deportivos, incluyendo el salto vertical y el sprint.

Sin embargo, un estudio llevado a cabo por Maté-Muñoz et al. (2014) con sujetos jóvenes físicamente activos, pero sin experiencia previa en entrenamiento inestable, no detectó diferencias en la mejora del rendimiento al entrenar en superficies estables vs. inestables. El estudio consistió en siete semanas de entrenamiento de fuerza en circuito, involucrando ejercicios de tren superior e inferior. Mientras un grupo entrenó utilizando TRX® y BOSU como dispositivos de inestabilidad, el segundo grupo lo hizo en forma *convencional* sobre superficies estables. Ambos grupos mejoraron el rendimiento, incluyendo la capacidad de salto vertical y la velocidad de desplazamiento sin que se verificaran diferencias significativas entre ambos.

Considerando que, en lo que respecta al potencial de transferencia, el estímulo fisiológico subyacente podría resultar más determinante que la similitud del gesto (Appleby et al., 2020), se plantea como hipótesis que la sentadilla es superior a la estocada para lograr mejoras de rendimiento en el salto vertical y en el sprint lineal en futbolistas de categorías juveniles, particularmente en aquellos con escasa experiencia en entrenamiento de fuerza.

Partiendo de esta hipótesis, y teniendo en consideración la falta de acuerdo entre los estudios y autores mencionada *ut supra*, el objetivo del presente estudio es comparar el efecto del entrenamiento de fuerza utilizando sentadillas vs. estocadas sobre la velocidad de salto vertical y el sprint lineal en 20m en jugadores juveniles de fútbol.

Material y método

Diseño y participantes

En esta investigación se utilizó un diseño experimental controlado aleatorizado. Se escogió una muestra por conveniencia de 79 jugadores correspondientes a las categorías sub 19 (n = 33) y sub 16 (n = 46), de primera división del fútbol uruguayo. Se consideraron como criterios de inclusión: a) tener habilitación médica vigente; b) estar asistiendo regularmente a los entrenamientos al comienzo de la intervención; c) no presentar lesiones previas o durante el tiempo que duró la intervención que pudieran afectar el rendimiento; d) no estar consumiendo fármacos o sustancias que pudieran afectar el rendimiento deportivo.

Inicialmente, 104 jugadores de fútbol juveniles de dos categorías (sub 19, n = 46; sub 16, n = 58) fueron divididos aleatoriamente en dos grupos experimentales (grupo

estocada, GE, n = 35; grupo sentadilla, GS, n = 35) y un grupo control (GC, n = 34), pero 25 fueron excluidos por no haber completado al menos 85% de las sesiones de intervención programadas. Se realizaron evaluaciones de variables dependientes en pre y post intervención.

La investigación contó con el aval del Comité de Ética del Instituto Universitario Asociación Cristiana de Jóvenes (IUACJ; resolución n° 10 del 12 de noviembre de 2021), y se llevó a cabo respetando los principios éticos establecidos en la declaración de Helsinki (Rev.2008). Todos los participantes, además, leyeron y firmaron un consentimiento informado previo al comienzo de la intervención.

Procedimientos

Los sujetos del GE y del GS, en forma adicional al entrenamiento habitual (5 sesiones semanales de 1 hora y 50 minutos de duración, además de una competencia semanal), realizaron entrenamiento de fuerza de MMII dos veces por semana (martes y jueves). Los sujetos del GC realizaron exclusivamente el entrenamiento habitual. Ninguno de los participantes realizó otro tipo de entrenamiento de fuerza adicional durante el tiempo que llevó la intervención. Todos los sujetos fueron evaluados pre y post intervención.

Tres semanas previas al comienzo de la primera evaluación, todos los participantes realizaron sesiones de familiarización con los test que se utilizarían posteriormente y, para el caso de los grupos experimentales, con los ejercicios que se emplearían en la intervención. El propósito de las mismas fue detectar y mejorar posibles errores técnicos de ejecución, así como evitar el sesgo de aprendizaje en la evaluación.

Las sesiones de familiarización tuvieron una frecuencia de dos veces por semana (martes y jueves). Durante cada sesión, después de un calentamiento estandarizado, los sujetos de los grupos GS y GE realizaron tres series de seis repeticiones de los ejercicios correspondientes. La carga fue determinada utilizando la escala de Borg modificada, de tal forma que los sujetos la percibieran como un valor de 2 o 3 sobre 10 (esfuerzo suave a moderado). Durante el mismo tiempo, los sujetos del GC realizaron juegos de fútbol en espacio reducido.

Después de las mencionadas actividades, todos los participantes realizaron tres series de cinco saltos con contramovimiento (CMJ) y cinco sprint de 20m lineales, en exactamente las mismas condiciones utilizadas en las evaluaciones, y que se describen a continuación.

Evaluaciones

El día lunes de la semana previa al inicio de la intervención experimental, en horario de la mañana y

luego de 48 horas de la última sesión de entrenamiento, todos los sujetos realizaron el test de CMJ. El mismo fue llevado a cabo después de un calentamiento estandarizado. Se determinó la velocidad máxima en la fase concéntrica del salto utilizando para tal propósito un encoder lineal (LINEAR ENCODER, BOSCO-SYSTEM). El protocolo utilizado fue basado en el descrito por Bosco (2000); pero a modo de variante del mismo, las manos del ejecutante sujetaban una varilla de plástico de 0,8 kg colocada sobre los trapecios, de manera análoga a como se hace en el ejercicio de sentadillas. El propósito de esta modificación fue permitir la colocación del hilo del encoder lineal. Cada sujeto realizó tres intentos, con un descanso pasivo de al menos dos minutos entre cada uno. Se tomó como válido el mejor resultado obtenido.

El mismo día, y después de un descanso de al menos cinco minutos, todos los participantes realizaron el test de sprint de 20m lineal. El tiempo se midió con células fotoeléctricas (PROCELL X2) utilizándose el software correspondiente (CHRONOJUMP 1.4.7). Para la ejecución, el sujeto se situó erguido por detrás de una línea marcada a nivel de la primera célula. El momento de comienzo fue determinado por el propio ejecutante. Se le estimuló a correr a máxima velocidad hasta una línea marcada a 25m del punto de partida (es decir, 5m más allá de la segunda célula fotoeléctrica). Tras un descanso pasivo de al menos cinco minutos se repitió el test, tomándose el valor del mejor registro de ambas ejecuciones.

Con el fin de determinar la confiabilidad de ambos test (CMJ y sprint de 20m), los mismos fueron repetidos dos días después en exactamente las mismas condiciones, y se calculó el coeficiente de correlación intraclase (CCI). A efectos de la comparación post vs. pre intervención se utilizaron los datos de la segunda evaluación.

Adicionalmente, a los efectos de programar las cargas de entrenamiento de los grupos GS y GE, el día jueves de la misma semana se realizó un test a los sujetos integrantes de los mismos. Los participantes del GS realizaron un test de sentadillas con cargas progresivas (CP), mientras que los sujetos del GE realizaron un test análogo, utilizando el ejercicio de estocadas.

En el test de sentadilla, los sujetos partían de una posición de sentados en un banco (de altura regulable), de tal forma que los muslos quedaran paralelos al suelo con las rodillas en 90 grados de flexión. En el test de estocadas, los sujetos partían desde una posición con miembro inferior derecho adelante y miembro inferior izquierdo atrás, con la rodilla de este último apoyada en el suelo sobre una colchoneta. En ambos casos se utilizaron cinco CP (con excepción de la categoría sub-15, que utilizó cuatro CP), comenzando únicamente con el peso de la barra e

incrementando el peso de acuerdo a la edad y fuerza del sujeto. No se consideraron cargas tales que no permitieran una óptima técnica de ejecución.

Desde esta posición inicial, se les pidió a los sujetos que subieran a la máxima velocidad posible, sin despegar los pies del suelo. La máxima velocidad alcanzada se registró mediante un encoder lineal. Se efectuaron tres repeticiones con cada carga, permitiendo un descanso de al menos dos minutos entre intentos. La velocidad de ejecución correspondiente a cada carga fue considerada para su utilización durante la intervención experimental, como se explica más adelante.

A los dos días posteriores a la finalización de la intervención experimental, todos los deportistas repitieron los test de CMJ y sprint de 20m lineal en las mismas condiciones en que se realizaron pre-intervención.

Intervención experimental

La intervención tuvo una duración de 12 semanas. Los deportistas entrenaron diariamente, pero las sesiones de fuerza de los grupos GS y GE se realizaron dos veces a la semana (los días martes y jueves). El grupo GS realizó ejercicios de sentadillas con barra tras nuca (back squat). En todos los casos se les pidió a los sujetos que la fase negativa la realizaran de forma controlada, hasta que los muslos quedaran paralelos al suelo. El grupo GE realizó ejercicios de estocadas con barra tras nuca. Partiendo desde una posición de pies paralelos, los sujetos daban un paso atrás y descendían en forma controlada, hasta que la rodilla de atrás rozaba (sin descarga de peso) una colchoneta colocada sobre el suelo. Se buscó que, en esta posición, ambas rodillas tuvieran una flexión de aproximadamente 90 grados. Desde aquí, los sujetos volvían a la posición inicial. Las repeticiones se realizaron alternando dentro de cada serie el miembro inferior izquierdo con el miembro inferior derecho.

Para establecer la dinámica de las cargas se utilizó un programa de intensidad progresiva oscilante (González & Serna, 2002). Luego de un calentamiento estandarizado, cada grupo realizó el entrenamiento de fuerza con el ejercicio correspondiente. Las cargas utilizadas por los jugadores fueron individualizadas de acuerdo a los resultados obtenidos en el test de CP. Se utilizaron tres cargas en todo el programa. La carga 1 fue aquella que el sujeto ejecutó a una velocidad media de entre 0,80 y 0,90m/s; la carga 2 entre 0,91 y 1,00m/s; y la carga 3 entre 1,01 y 1,10m/s. Para equiparar las cargas de entrenamiento, y considerando que durante el ejercicio de estocada el miembro inferior retrasado también tiene cierto grado (accesorio) de participación, la cantidad de repeticiones totales para este ejercicio fue de dos repeticiones más (una para cada lado) en comparación con las repeticiones planificadas para

sentadilla. En la tabla 2 se describen las características de dichos programas.

Tabla 1
Programa de entrenamiento. Periodización ondulante en la semana

Semana	Series	Series	Reps (GS)	Reps (GE)	Velocidad de ejecución	Intensidad Martes/Jueves
	Sub 15 Sub16	Sub 17 Sub 19				
1	6	6	6	8	Moderada	Carga 2/2
2	7	8	8	10	Alta	Carga 2/2
3	8	10	4	6	Alta	Carga 1/1
4	9	12	6	8	Máxima	Carga 1/1
5	8	8	6	8	Máxima	Carga 1/1
6	9	10	6/8	8/10	Máxima	Carga 1/2
7	10	12	8	10	Máxima	Carga 2/2
8	11	14	8	10	Máxima	Carga 2/2
9	9	10	8/10	10/12	Máxima	Carga 2/3
10	10	12	5/10	8/12	Máxima	Carga 1/3
11	11	14	5/10	8/12	Máxima	Carga 1/3
12	9	10	5/10	8/12	Máxima	Carga 1/3

Abreviaturas: Carga 1; Carga 2; Carga 3 = peso individualizado de la barra, que el jugador es capaz de levantar a una velocidad máxima de entre 0,80 – 0,90 m/s; 0,91 – 1,00 m/s; y 1,01 – 1,10 m/s respectivamente; Reps = repeticiones; GS = grupo sentadillas; GE = grupo estocadas.

Nota: el número que aparece antes de la barra oblicua referencia el día martes y después refiere al día jueves; Velocidad de ejecución moderada y alta indican aquellas que el deportista perciba como entre el 60-70% y el 80-90% de su máxima posibilidad, respectivamente. Reps (GE) = indica número de repeticiones totales (incluyendo ambos MMII).

Análisis estadístico

Los datos fueron presentados con media y desvío estándar (DE). Para la confiabilidad de la medida se utilizó el coeficiente de correlación intraclase (CCI). La normalidad se verificó por medio de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se valoró la homocedasticidad mediante el test de Levene. Con el fin de realizar las comparaciones (i) entre los grupos antes de la intervención, (ii) entre los grupos después de la intervención, así como (iii) dentro de cada grupo pre vs. post intervención, ya sea para la velocidad máxima en CMJ como para la velocidad de sprint lineal en 20m, se utilizó el test ANOVA de medidas repetidas y la prueba post hoc de Bonferroni. La magnitud de las diferencias entre grupos fue cuantificada aplicando la diferencia estandarizada (tamaño del efecto, ES), utilizando d de Cohen. Valores iguales o menores a 0,20 se consideraron como «ausencia de efecto», valores entre 0,21 y 0,49 como «efecto pequeño», valores entre 0,50 y 0,79 como «efecto moderado», y valores iguales o superiores a 0,80 como «efecto grande» (Caycho et al., 2016).

El nivel de significancia empleado para todos los cálculos estadísticos fue de $p < ,05$. Los cálculos fueron realizados utilizando el software libre JASP 0.14.1. (Universidad de Ámsterdam).

Resultados

El número de sujetos de cada grupo que completó la intervención y las características (edad, talla y masa

corporal promedios) de los mismos se presentan en la tabla 2. Para un nivel de confianza del 95%, no hubo diferencias de edad ($p = ,782$), talla ($p = ,416$) y masa corporal ($p = ,497$) entre ninguno de los grupos.

Tabla 2
Características de la muestra diferenciada por grupos (media y desviación estándar)

	Sujetos	Edad (años)	Talla (cm)	Masa Corporal (kg)
Grupo Estocadas (GE)	28	16,5 ± 1,2	172,3 ± 6,0	69,7 ± 6,0
Grupo Sentadillas (GS)	24	16,3 ± 1,4	173,8 ± 6,5	69,8 ± 5,9
Grupo Control (GC)	27	16,5 ± 1,2	171,7 ± 5,1	68,1 ± 5,4

Para el CMJ, el CCI obtenido fue 0,85; y para el sprint de 20m, 0,90; que se interpreta como excelente ($p < ,05$) (Cicchetti, 1994).

Previo a la intervención experimental, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos en lo que respecta a la velocidad máxima en CMJ ($p > ,05$), o velocidad de sprint en 20 m ($p > ,05$). Los resultados para la velocidad máxima en CMJ y velocidad de sprint lineal en 20m, post vs. pre intervención, se presentan en las tablas 3 y 4.

Respecto a la velocidad máxima en CMJ, al comparar el rendimiento entre grupos al finalizar la intervención, no se verificaron diferencias significativas ($p > ,05$). En relación al rendimiento post vs. pre intervención en esta variable, únicamente en los grupos experimentales (GE y GS) se observó una tendencia a la mejora en el rendimiento; aunque en ninguno de los casos la misma alcanzó significancia estadística ($p > ,05$).

En el sprint lineal de 20m, después de la intervención experimental todos los grupos mejoraron el rendimiento en forma estadísticamente significativa ($p < ,05$). Mientras el tamaño del efecto para el GC fue moderado ($d = 0,58$), para los dos grupos experimentales fue grande (para GE, $d = 1,24$; para GS, $d = 1,26$). Al comparar los resultados post intervención inter-grupos se encontraron diferencias significativas en el rendimiento entre ambos grupos experimentales (GE y GS) y el GC a favor de los primeros (GE vs. GC, $p = ,013$; GS vs. GC, $p = ,004$), no así entre ambos grupos experimentales (GE vs. GS, $p = 1,0$).

Tabla 3
Velocidad máxima en CMJ antes y después de la intervención

CMJ (m/s)	Pre (media ± SD)	Post (media ± SD)	p-valor	Cohens' s d
GE	3,08 ± 0,42	3,22 ± 0,49	,053	0,38
GS	3,11 ± 0,39	3,27 ± 0,37	,062	0,40
GC	3,09 ± 0,46	3,08 ± 0,37	,084	-0,04

Tabla 4
Tiempo de sprint de 20m antes y después de la intervención

Sprint 20m (s)	Pre (media ± SD)	Post (media ± SD)	p-valor	Cohens' s d
GE	3,04 ± 0,11	2,95 ± 0,09	< ,001	1,24
GS	3,06 ± 0,12	2,93 ± 0,07	< ,001	1,26
GC	3,09 ± 0,11	3,03 ± 0,09	< ,05	0,58

Discusión

En el presente trabajo experimental se comparó el resultado de 12 semanas de entrenamiento de fuerza de MMII en futbolistas juveniles, utilizando ejercicios de característica bilateral (sentadilla) vs. predominantemente unilateral (estocada), sobre el rendimiento en CMJ y en sprint lineal de 20m. Ambos ejercicios mostraron ser similarmente eficaces para la mejora de la última variable. Esto resulta particularmente relevante, considerando que en fútbol profesional la mayoría de los sprints se desarrollan en distancias cercanas a ésta (Andrzejewski et al., 2018; Andrzejewski et al., 2013).

Adicionalmente, se observó una tendencia, aunque sin alcanzar significancia estadística ($p > .05$), a la mejora en el CMJ en ambos grupos experimentales. Si bien en el fútbol profesional estos gestos son realizados en pocas ocasiones durante el juego (15,5 saltos y 11,2 sprints en promedio) (Andrzejewski et al., 2013; Papaevangelou et al., 2012), existe asociación entre el rendimiento alcanzado en los mismos y el resultado en la competencia (Andrzejewski et al., 2018; Arnason et al., 2004). Por esta razón, y dado que los niveles de fuerza de MMII correlacionan con el rendimiento en ambos gestos, se ha recomendado para esta población el entrenamiento sistemático de dicha capacidad como medio para mejorar el rendimiento en el juego (Keiner et al., 2022).

Según Appleby et al. (2020), la comparación entre entrenamiento de fuerza bilateral vs. unilateral acarrea numerosas limitaciones prácticas, las cuales determinan que sea difícil aplicar un diseño metodológico apropiado. Entre ellas mencionan la inadecuada familiarización de los deportistas, diferencias entre grupos en el rendimiento pre intervención, prescripción suplementaria de ejercicios o cortos períodos de intervención. En el presente trabajo se tuvieron en cuenta estas limitaciones y se tomaron las medidas para reducirlas. Así, los deportistas tuvieron un período suficiente de familiarización con los ejercicios y test utilizados; no existieron diferencias pre intervención entre los grupos en ninguna de las variables analizadas; los deportistas no realizaron durante el período de intervención trabajos de fuerza suplementarios, incluyendo trabajos de pliometría; y el tiempo y la frecuencia de intervención (12 semanas, 2 veces/semana) es suficientemente largo como para lograr adaptaciones al entrenamiento con sobrecarga (González & Serna, 2000; Otero-Esquina et al., 2017).

Nuestra hipótesis inicial fue que el entrenamiento de fuerza bilateral resulta superior al entrenamiento de fuerza unilateral, en lo que atañe a la mejora de rendimiento en velocidad máxima de desplazamiento vertical y horizontal. La razón que nos llevó a formular dicha hipótesis coincide con la conclusión de Appleby et al. (2020) al establecer

que el estímulo fisiológico subyacente podría resultar más determinante que la similitud del gesto. En este sentido, y aunado al hecho de que el estudio fue realizado en deportistas jóvenes sin experiencia en entrenamiento programado de fuerza (y consecuentemente, con mayor potencial de mejora), hubiéramos esperado un mayor porcentaje de incremento en el rendimiento en los test utilizados en el grupo GS, en relación a GE y GC. Dicha hipótesis, sin embargo, no pudo ser verificada, ya que no se observaron diferencias significativas entre los dos grupos experimentales, para ambos tipos de desplazamiento.

Estos resultados están en concordancia con Liao et al. (2021), quienes en un trabajo de meta-análisis concluyeron que el entrenamiento de fuerza unilateral y bilateral no presentan diferencias significativas en relación a la mejora del salto vertical bipodal y al sprint. No obstante, al igual que Appleby et al. (2020), Stern et al. (2020), Ramirez-Campillo et al. (2018), Gonzalo-Skok et al. (2017) y Fisher y Walin (2014), también en nuestro estudio se observó una tendencia a mayores tamaños de efecto en los sujetos que utilizan ejercicios bilaterales en comparación a los sujetos que utilizan ejercicios con predominio unilateral.

En relación a esto, los resultados de nuestro estudio nos permiten sugerir que, en deportistas juveniles sin experiencia en entrenamiento sistemático de fuerza, la mejora de rendimiento para ambos gestos depende más del entrenamiento de fuerza de MMII que de la especificidad de los ejercicios utilizados. Esto está en concordancia con lo encontrado por Moran et al. (2021), quienes en un estudio de meta-análisis compararon los efectos que produce el entrenamiento de fuerza unilateral vs. bilateral (con sobrecarga, pliométricos y combinados) sobre el rendimiento en la velocidad de movimiento, incluyendo el sprint. Después de verificar que ambos tipos de entrenamiento resultan efectivos para mejorar el rendimiento en el desplazamiento horizontal, sin que se constate la superioridad de uno sobre el otro, los autores concluyeron que los entrenadores deberían utilizar ambos tipos de entrenamiento de fuerza para mejorar el rendimiento en el citado movimiento.

Recientemente, Stern et al. (2020) también llegaron a conclusiones similares. Con una muestra muy similar a la utilizada en el presente trabajo (jugadores de fútbol de élite de categoría juvenil, edad $17,6 \pm 1,2$ años), e igual frecuencia de entrenamiento de sobrecarga (2 veces por semana), tanto los jugadores que realizaron entrenamiento de fuerza bilateral (BI) como unilateral (UNI) mostraron mejoras similares en varias capacidades vinculadas al rendimiento. Entre ellas, se verificaron mejoras en el CMJ, velocidad de sprint en 10m y velocidad de sprint en 30m. No obstante, la diferencia pre vs. post intervención únicamente fue significativa para la velocidad en 10m

(grupos BI y UNI) y 30m (grupo BI). Podría especularse que el menor tiempo de intervención (seis semanas) en comparación a nuestro trabajo (12 semanas) explicaría la falta de significancia en variables como el rendimiento en salto vertical.

En forma similar a la conclusión del trabajo de Moran et al. (2021), los autores del presente estudio entienden que ambos ejercicios utilizados (sentadillas y estocadas) presentan ventajas, y consecuentemente su lugar dentro del entrenamiento deportivo; no siendo en este sentido adecuado asumir la superioridad *per se* de uno sobre el otro. Entre otros factores, se podrían mencionar como ventajas del entrenamiento bilateral: su facilidad de ejecución (particularmente para sujetos con escasa experiencia en entrenamiento de fuerza) y economía de tiempo. Por otro lado, el entrenamiento unilateral permitiría detectar posibles asimetrías en la fuerza de ambos MMII. Al respecto, este tipo de entrenamiento (a diferencia del bilateral) mostró ser efectivo para reducir dicha asimetría en una muestra de basquetbolistas juveniles, concomitantemente reduciendo el posible riesgo de lesiones (Gonzalo-Skok et al., 2017). Sin embargo, en otro estudio que involucró futbolistas juveniles no se verificó dicha reducción con ninguno de los entrenamientos previamente mencionados (Ramírez-Campillo et al., 2018). De todos modos, independientemente de si el entrenamiento unilateral contribuye o no a reducir la asimetría de fuerza, el empleo de ejercicios unilaterales permite el uso de cargas más ligeras en contraposición con los bilaterales, lo cual redundaría en una menor presión axial sobre la región del raquis (Eliassen et al., 2018).

Este estudio presentó limitaciones. Entre ellas, el haber intervenido sobre una muestra de sujetos heterogénea en el seno de cada grupo (en lo que respecta a rendimiento de fuerza y edad), lo que se ve reflejado en los grandes desvíos estándar.

Conclusiones

En jugadores juveniles de fútbol con escasa experiencia en entrenamiento sistemático de fuerza, 12 semanas de entrenamiento de sobrecarga utilizando sentadillas o estocadas resulta beneficioso para mejorar la velocidad de desplazamiento horizontal, con una tendencia a la mejora en la velocidad del salto vertical, pero sin que se manifiesten diferencias entre ambos ejercicios. Este hecho parece indicar que la mejora en dichas capacidades, como consecuencia del entrenamiento de fuerza, estaría fundamentalmente determinada por adaptaciones a nivel neuromuscular y no por la especificidad del ejercicio de fuerza utilizado. En este sentido, se sugiere la realización de estudios similares a éste, que incorporen el análisis

electromiográfico de los músculos estabilizadores y motores primarios involucrados en ambos ejercicios; procurando a partir del análisis neurofisiológico proponer una posible explicación para los resultados obtenidos.

Referencias

- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(2), 278-285. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000113478.92945.CA>
- Andrzejewski, M., Chmura, J., Pluta, B., Strzelczyk, R., & Kasprzak, A. (2013). Analysis of sprinting activities of professional soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 27(8), 2134-2140. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e318279423e>
- Andrzejewski, M., Chmura, P., Konefał, M., Kowalczyk, E., & Chmura, J. (2018). Match outcome and sprinting activities in match play by elite German soccer players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 58(6), 785-792. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07352-2>
- Appleby, B. B., Cormack, S. J., & Newton, R. U. (2020). Unilateral and bilateral lower-body resistance training does not transfer equally to sprint and change of direction performance. *Journal of strength and conditioning research*, 34(1), 54-64. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003035>
- Bompa, T. (2004). *Periodización del entrenamiento deportivo*. Barcelona, España: Paidotribo.
- Bosco, C. (2000). *La fuerza muscular: aspectos metodológicos*. Barcelona, España: INDE.
- Boren, K., Conrey, C., Le Coguic, J., Paprocki, L., Voight, M., & Robinson, T. K. (2011). Electromyographic analysis of gluteus medius and gluteus maximus during rehabilitation exercises. *International journal of sports physical therapy*, 6(3), 206-223.
- Caycho, T., Ventura-León, J., & Castillo-Blanco, R. (2016). Magnitud del efecto para la diferencia de dos grupos en ciencias de la salud. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 39(3), 459-461.
- Cicchetti, D. V. (1994). Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology. *Psychological assessment*, 6(4), 284. <https://doi.org/10.1037/1040-3590.6.4.284>
- Cressey, E. M., West, C. A., Tiberio, D. P., Kraemer, W. J., & Maresh, C. M. (2007). The effects of ten weeks of lower-body unstable surface training on markers of athletic performance. *Journal of strength and conditioning research*, 21(2), 561-567. <https://doi.org/10.1519/R-19845.1>

- Ebben, W. P., Feldmann, C. R., Dayne, A., Mitsche, D., Alexander, P., & Knetzger, K. J. (2009). Muscle activation during lower body resistance training. *International journal of sports medicine*, 30(1), 1–8. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1038785>
- Eliassen, W., Sacterbakken, A. H., & van den Tillaar, R. (2018). Comparison of bilateral and unilateral squat exercises on barbell kinematics and muscle activation. *International journal of sports physical therapy*, 13(5), 871.
- Fisher, J. & Wallin, M. (2014). Unilateral versus bilateral lower-body resistance and plyometric training for change of direction speed. *Journal of Athletic Enhancement*, 3(6). <https://doi.org/10.4172/2324-9080.1000174>
- 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. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2015-0743>
- González, J. J. y Serna, J. (2002). *Bases de la programación de la fuerza*. Barcelona, España: INDE.
- Keiner, M., Brauner, T., Kadlubowski, B., Sander, A., & Wirth, K. (2022). The Influence of Maximum Squatting Strength on Jump and Sprint Performance: A Cross-Sectional Analysis of 492 Youth Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(10), 1-10. <https://doi.org/10.3390/ijerph19105835>
- Kornecki, S., & Zschorlich, V. (1994). The nature of the stabilizing functions of skeletal muscles. *Journal of biomechanics*, 27(2), 215–225. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(94\)90211-9](https://doi.org/10.1016/0021-9290(94)90211-9)
- Liao, K. F., Nassis, G., Bishop, C., Yang, W., Bian, C., & Li, Y. M. (2021). Effects of unilateral vs. bilateral resistance training interventions on measures of strength, jump, linear and change of direction speed: a systematic review and meta-analysis. *Biology of Sport*, 39(3), 485-497. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2022.107024>
- Loturco, I., Nakamura, F. Y., Kobal, R., Gil, S., Pivetti, B., Pereira, L. A., & Roschel, H. (2016). Traditional periodization versus optimum training load applied to soccer players: effects on neuromuscular abilities. *International journal of sports medicine*, 37(13), 1051–1059. <https://doi.org/10.1055/s-0042-107249>
- Maté-Muñoz, J. L., Monroy, A. J., Jodra Jiménez, P., & Garnacho-Castaño, M. V. (2014). Effects of instability versus traditional resistance training on strength, power and velocity in untrained men. *Journal of sports science & medicine*, 13(3), 460–468.
- McCurdy, K., O’Kelley, E., Kutz, M., Langford, G., Ernest, J., & Torres, M. (2010). Comparison of lower extremity EMG between the 2-leg squat and modified single-leg squat in female athletes. *Journal of sport rehabilitation*, 19(1), 57-70. <https://doi.org/10.1123/jsr.19.1.57>
- Moran, J., Ramirez-Campillo, R., Liew, B., Chaabene, H., Behm, D. G., García-Hermoso, A., Izquierdo, M., & Granacher, U. (2021). Effects of bilateral and unilateral resistance training on horizontally orientated movement performance: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(2), 225-242. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01367-9>
- Mullican, K., & Nijem, R. (2016). Are unilateral exercises more effective than bilateral exercises? *Strength & Conditioning Journal*, 38(1), 68-70. <https://doi.org/10.1519/SSC.000000000000181>
- Otero-Esquina, C., de Hoyo Lora, M., Gonzalo-Skok, Ó., Domínguez-Cobo, S., & Sánchez, H. (2017). Is strength-training frequency a key factor to develop performance adaptations in young elite soccer players? *European journal of sport science*, 17(10), 1241-1251. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1378372>
- Papaevangelou, E., Metaxas, T., Riganas, C., Mandroukas, A., & Vamvakoudis, E. (2012). Evaluation of soccer performance in professional, semi-professional and amateur players of the same club. *Journal of Physical Education and Sport*, 12(3), 362. <https://doi.org/10.7752/jpes.2012.03054>
- Ramirez-Campillo, R., Sanchez-Sanchez, J., Gonzalo-Skok, O., Rodríguez-Fernandez, A., Carretero, M., & Nakamura, F. Y. (2018). Specific changes in young soccer player’s fitness after traditional bilateral vs. unilateral combined strength and plyometric training. *Frontiers in physiology*, 9, 265. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00265>
- Seitz, L. B., Reyes, A., Tran, T. T., Saez de Villarreal, E., & Haff, G. G. (2014). Increases in lower-body strength transfer positively to sprint performance: a systematic review with meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(12), 1693–1702. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0227-1>
- Siff, M & Verkhoshansky, Y. (2004). *Superentrenamiento*. España, Barcelona: Paidotribo.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3458-z>
- Stern, D., Gonzalo-Skok, O., Loturco, I., Turner, A., & Bishop, C. (2020). A comparison of bilateral vs. unilateral-biased strength and power training interventions on measures of physical performance in elite youth soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 34(8), 2105–2111. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003659>