PubliCE, (PubliCE) 2022

Article

Efectos de Seis Semanas de Entrenamiento de Peso Muerto Rumano de una Sola Pierna con Flywheel sobre el Rendimiento en Velocidad, Salto y Cambio de Dirección

Esther Morencos[1], Pablo González-Frutos[1], Carlos Rivera[1] y Santiago Veiga[2]

[1]*Faculty of Health Sciences, Universidad Francisco de Vitoria, 28223 Madrid, Spain*
[2]*Sports Department, Faculty of Physical Activity and Sport Sciences, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain*

RESUMEN

Varios estudios han confirmado la eficacia del entrenamiento con flywheel, principalmente en el ejercicio de media sentadilla bilateral. El objetivo del presente estudio fue analizar los efectos del entrenamiento con flywheel inercial en peso muerto rumano con una sola pierna sobre el rendimiento en velocidad, salto y cambio de dirección. Diecisiete hombres jóvenes sanos se sometieron a dos períodos de entrenamiento de 3 semanas basados en dos sesiones semanales de 3 series × 7 repeticiones o 4 series × 7 repeticiones de peso muerto rumano con una sola pierna (momento de inercia de 0.037 kg/m²) con sus músculos de sus piernas dominante y no dominante. Después de las primeras tres semanas del programa, el CMJ, los tiempos de sprint de 10 m, 30 m y sprint total, así como la prueba COD-90, presentaron efectos probablemente beneficiosos sustanciales y una pequeña disminución en la relación entre el rendimiento de sprint y el test de COD-90. Después del segundo período del entrenamiento de tres semanas, se observaron posibles efectos perjudiciales en algunas de las condiciones de cambio de dirección y un aumento en la relación entre el rendimiento de sprint y el test de COD-180. Podría plantearse la hipótesis de que la mayoría de los efectos del entrenamiento con flywheel reportados en los protocolos tradicionales que duran un mínimo de 5 a 6 semanas ocurrirían en las primeras semanas de entrenamiento.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han desarrollado y utilizado ampliamente diferentes dispositivos de entrenamiento, como el flywheel, para mejorar varios aspectos de la fuerza y de la potencia relacionados con el rendimiento deportivo [1]. Estos dispositivos están diseñados para proporcionar resistencia por el torque generado por la rotación del flywheel durante las fases de movimiento de aceleración (concéntrico) y de frenado (excéntrico). Tanto la fuerza excéntrica como la concéntrica

son componentes clave en casi cualquier actividad deportiva (es decir, aceleración de sprint, saltos, cambio de dirección, etc.) [2], especialmente aquellas que requieren la generación de fuerza en un corto período de tiempo [3]. La capacidad de 'romper' rápidamente el movimiento aumenta la cantidad de energía elástica almacenada en los grupos musculares, optimizando el ciclo de estiramiento-acortamiento y, por lo tanto, contribuyendo a aumentar la aceleración durante el movimiento concéntrico [4].

Varios estudios han confirmado la eficacia de los dispositivos de entrenamiento con flywheel para mejorar la hipertrofia [5], la potencia [6], el rendimiento del salto con contramovimiento (CMJ) [4,7,8], el tiempo de sprint de 10 m y los cambios de dirección (COD) [4,7,8,9] y prevención o rehabilitación de lesiones [4,10,11]. La mayoría de los estudios coinciden en que se requieren procesos de familiarización, progresión adecuada y control de carga (con encoder). Sin embargo, hasta donde sabemos, no existe ninguna investigación que analice la progresión de la carga en la metodología. Aunque existe algún enfoque en la literatura para establecer pautas [12,13], todavía hay una falta de información específica que dificulta la prescripción y el control de los programas de entrenamiento que utilizan dispositivos de flywheel.

Los hallazgos previos sobre el entrenamiento con flywheel sugieren que el entrenamiento unilateral es más efectivo para mejorar el rendimiento del test de COD-90, a través de una comparación de ejercicios de sentadillas y estocadas [14]. En este estudio, los participantes realizaron un programa de 6 semanas, 2 días/semana, 4 × 7 (series × repeticiones) con 3 min de recuperación entre series, utilizando un momento de inercia de 0.05 kg/m2. Otro estudio recomendó medias sentadillas bilaterales para mejorar las acciones de COD, mientras que una media sentadilla con una pierna sería la mejor opción para mejorar la capacidad de salto horizontal [15]. La prescripción de entrenamiento consistió en 6 semanas, 2 días/semana, 4 × 8 (series × repeticiones) con 2 min de recuperación entre series, utilizando un momento de inercia de 0.025 kg·m2. Ambos estudios realizaron ejercicios de rodilla dominante; sin embargo, las lesiones de los isquiotibiales son algunas de las lesiones musculoesqueléticas más comunes en los deportes competitivos [16], debido a su papel crucial en la producción de la fuerza de propulsión durante la aceleración [17]. Por lo tanto, el movimiento unilateral de la parte inferior del cuerpo, como el peso muerto rumano con una sola pierna, empleado para desarrollar la estabilidad, la fuerza y la potencia de la cadena posterior y el *core* de los atletas [18], podría emplearse para examinar los efectos del entrenamiento con flywheel.

Además, se necesita más investigación para aplicar una amplia variedad de protocolos de intervención en la práctica [19]. Debido a la diversidad en los diseños de estudio y las variedades en el tipo de equipo (eje cilíndrico, polea cónica, etc., basados en ejercicios de una o varias articulaciones y diferentes momentos de inercia [1,20]), se necesita más información basada en evidencia para su implementación más amplia en la práctica diaria. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo desarrollar el conocimiento del entrenamiento con flywheel, analizando los efectos del peso muerto rumano con una sola pierna utilizando un dispositivo de flywheel sobre el rendimiento físico (medido como potencia de las extremidades inferiores, sprint de 30 m (10–20–30), CMJ, COD-90 y COD-180). Para analizar la adaptación y progresión de la carga, estas pruebas se midieron antes (PRE), y después de 1 (post-1) y 2 (post-2) períodos de tres semanas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Participantes

Se incluyeron en el estudio diecisiete estudiantes de ciencias del deporte varones, jóvenes y sanos (edad: 22.8±2.5 años; masa corporal: 75.2±7.9 kg; altura: 175.6±5.4 cm). Todos los sujetos habían estado involucrados activamente en el entrenamiento de la fuerza (al menos dos veces por semana) durante los últimos tres años y estaban familiarizados con la ejecución de la técnica de peso muerto rumano con una sola pierna, aunque eran novatos en el entrenamiento estructurado de flywheel. El protocolo experimental se explicó completamente a todos los participantes y dieron su consentimiento por escrito, de acuerdo con la Declaración de Helsinki II. El Comité de Ética de la Universidad Local aprobó el estudio.

Procedimientos experimentales

Las pruebas de laboratorio y de campo se midieron antes (pre) y después de 1 (post-1) y 2 (post-2) períodos de tres semanas de entrenamiento de peso muerto rumano con una sola pierna utilizando una máquina de flywheel (Figura 1). Las pruebas de campo se realizaron en una cancha de futsal bajo techo en el siguiente orden: CMJ, pruebas de COD, luego el sprint de 30 m. La potencia de los miembros inferiores se evaluó utilizando un dispositivo de flywheel en el laboratorio, 72 horas después de las pruebas de campo (Figura 2). Se pidió a los participantes que siguieran una dieta similar a la de los días previos al experimento y que se abstuvieran de realizar ejercicios extenuantes el día anterior a cada prueba. Además, se les permitió completar dos sesiones de familiarización con calentamientos específicos de pruebas de laboratorio y de campo para controlar los efectos del aprendizaje.

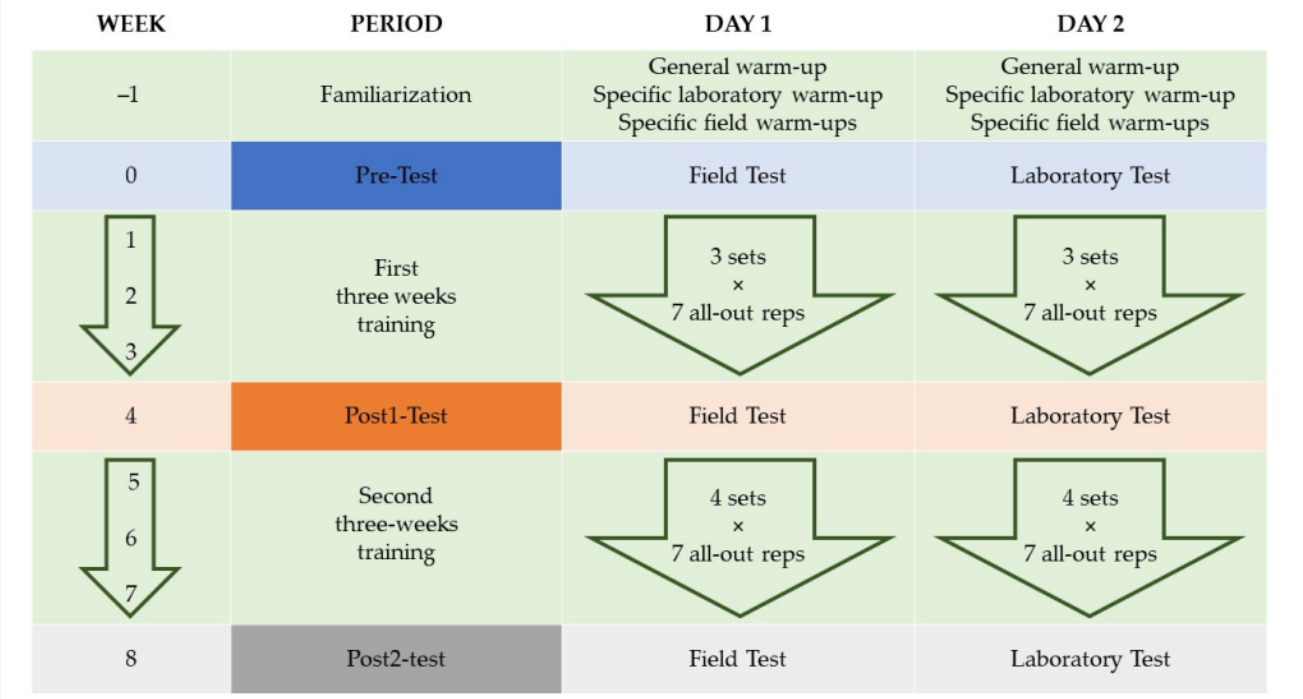

Figura 1. *Procedimientos experimentales.*

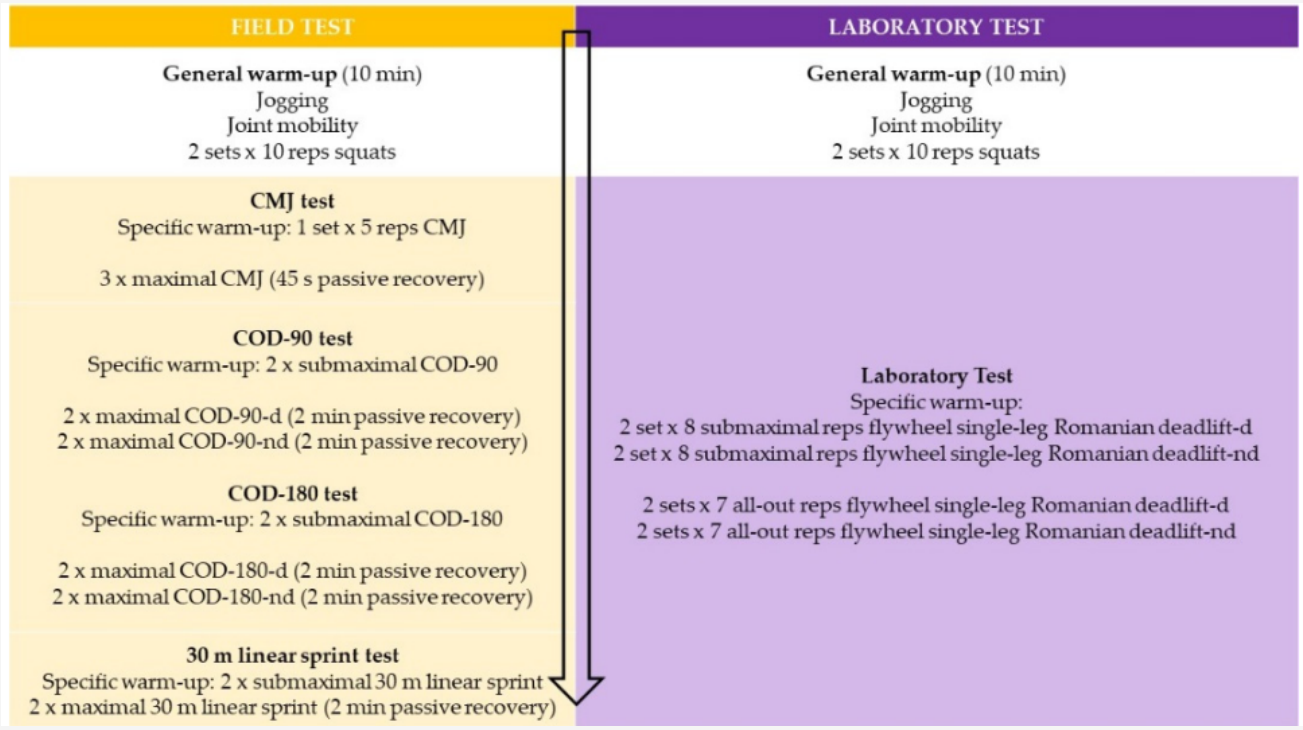

Figura 2*. Protocolos de prueba de campo y laboratorio empleados para evaluar los efectos del entrenamiento con flywheel.*

Pruebas de campo

Después de un calentamiento general estandarizado de 10 min, que incluyó trote, ejercicios de movilidad articular y 2 series de 10 repeticiones de sentadillas, se realizaron las pruebas de campo. Adicionalmente, se realizó un calentamiento

específico antes de cada test: 1 serie de 5 repeticiones (CMJ) y 2 actividades de esfuerzo submáximo (COD y sprint lineal) (Figura 2).

Las pruebas de salto con contramovimiento (CMJ) se realizaron utilizando una plataforma de contacto (Chronojump-BoscoSystem, Barcelona, España). La altura de salto se determinó en base al tiempo de vuelo (Altura de salto = Tiempo de vuelo2 × 9.81/8) con el software Chronojump (Chronojump-BoscoSystem, Barcelona, España). Durante el CMJ, se instruyó a todos los sujetos para que colocaran las manos en las caderas, lo que fue seguido por un salto vertical realizado con el máximo esfuerzo y aterrizando en una posición erguida, manteniendo las rodillas extendidas. El CMJ se realizó tres veces, con 45 seg de recuperación pasiva entre ellos, y se utilizó el mejor rendimiento de salto para un análisis posterior.

Los sujetos realizaron una prueba de sprint lineal de 30 m y el tiempo se registró utilizando células fotoeléctricas (Racetime2, Microgate, Bolzano, Italia) que se ajustaron según la altura de los participantes (130 y 150 cm sobre el suelo) [21] en línea de 10 m, 20 m y 30 m. Al igual que con la prueba de COD, el pie delantero se colocó 0.5 m antes de la primera marca de cronometraje y los sujetos comenzaban voluntariamente, de modo que se eliminó el tiempo de reacción. Después de una entrada en calor específica, que incluía 2 actividades de esfuerzo submáximo, se completaron dos intentos. Se produjeron dos minutos de recuperación pasiva entre las pruebas [22]. El mejor rendimiento para el tiempo total de sprint en 30 m (TT-30 m) se utilizó para un análisis posterior, calculando el tiempo empleado para cada 10 m: 0 a 10 m (10 m), 10 a 20 m (20 m) y 20 a 30 m (30 m).

La capacidad de COD se midió usando los protocolos descritos por estudios previos [14]. Los participantes realizaron cuatro series de sprints máximos de 5 m + 5 m en línea recta, dos con un giro de 90° (COD-90) y dos con un giro de 180° (COD-180). En la prueba de COD-90, el espacio de giro se determinó mediante 5 postes (altura: 1.2 m) que se colocaron verticalmente para evitar una trayectoria curvilínea. Una repetición se realizó con la pierna dominante por fuera (COD-90-d) durante el giro y la otra con la pierna no dominante (COD-90-nd). En la prueba de COD-180, los sujetos realizaron un giro tocando una línea con su pierna dominante (COD-180-d), y luego un giro con su pierna no dominante (COD-180-nd). Los sujetos realizaron dos intentos de cada prueba lo más rápido posible. Se establecieron dos minutos de recuperación pasiva entre prueba y prueba. El tiempo se registró con las mismas células fotoeléctricas (Racetime2, Microgate1, Bolzano, Italia), utilizándose dos de ellas en las pruebas de COD-90-d y de COD-90-nd (colocadas en la línea de salida y de meta), pero sólo una, colocada en la línea de salida/llegada, en las pruebas de COD-180-d y de COD-180-nd. El pie delantero se colocó 0.5 m detrás del primer poste de cronometraje y los sujetos comenzaban voluntariamente. El mejor tiempo de cada prueba (COD-90-d, COD-90-nd, COD-180-d y COD-180-nd) y los valores medios de ambas piernas (COD-90-dnd y COD-180-nd) dnd) con los tiempos de 10 m (para calcular el porcentaje de pérdida de velocidad media debido a la ejecución del COD (DEC-COD-90-d, DEC-COD-90-nd, DEC-COD-90-dnd, DEC-COD -180-d, DEC-COD-180-nd y DEC-COD-180-dnd), a través de la fórmula [(COD − T10 m)/T10 m) × 100], como se detalló anteriormente [14].

Prueba de laboratorio

Tras una entrada en calor general estandarizada de 10 min, que incluía trote, ejercicios de movilidad articular y 2 series de 10 repeticiones de sentadillas, se realizó un test de laboratorio (test de potencia). Se realizó un calentamiento específico con el mismo dispositivo de flywheel: dos series submáximas de 8 repeticiones de ejercicio de peso muerto rumano con una sola pierna (momento de inercia de 0.037 kg/m²) (Figura 2).

Las pruebas consistieron en una evaluación de la potencia en el ejercicio de peso muerto rumano a una pierna utilizando una máquina de flywheel (RSP Squat, RSP Inertial Performance, Pontevedra, España) conectada al atleta con un arnés ajustable (RSP arnés, RSP Inercial Performance S.L., Pontevedra, España), lo que permite a los sujetos realizar acciones máximas CON y ECC. La potencia se muestreó a 64 pulsos/rpm utilizando un *encoder* rotatorio (RSP-e, RSP Inercial Performance S.L., Pontevedra, España) y el software asociado (RSP app 2.1.1, RSP Inercial Performance S.L., Pontevedra, España). Los sujetos ejecutaron 2 series de 7 repeticiones máximas (precedidas por 3 repeticiones submáximas) de peso muerto rumano con una sola pierna (momento de inercia de 0.037 kg/m²) con sus piernas dominante (Potencia d) y no dominante (Potencia nd). El momento de inercia empleado fue menor que el de investigaciones anteriores [9], para obtener valores altos de producción de potencia máxima concéntrica [23]. El mejor de las 2 series, de acuerdo con el criterio de mayor potencia rotacional media en relación con el peso corporal, se consideró para el análisis posterior. Se instruyó a los participantes para que extendieran la cadera lo más rápido posible durante las series de trabajo. El rango de movimiento era de aproximadamente 90°. Se pidió a los participantes que empujaran con el máximo esfuerzo durante todo el rango de movimiento en la acción CON (desde ~90° hasta una extensión casi completa), donde se desenrollaba la correa alrededor del eje del flywheel. Luego, mientras la correa se rebobinaba, intentaban resistir suavemente la fuerza del flywheel durante el primer tercio de la acción ECC, y luego aplicaban el máximo esfuerzo para detener el movimiento en una flexión de cadera de aproximadamente 90°. Se hizo un descanso de 2 minutos entre las series consecutivas, como se empleó anteriormente [24]. Siempre se ofreció a los participantes información sobre el rendimiento en tiempo real sobre la potencia máxima. La capacitación fue realizada por los mismos 3 investigadores. Se midió la potencia media para cada repetición acoplada CON-ECC [25], calculándose las medias de 7 repeticiones máximas para las siguientes variables:

potencia de la fase concéntrica con la pierna dominante (Power d-con) y con la pierna no dominante (Power nd-con); potencia de la fase excéntrica con la pierna dominante (Power d-ecc) y con la pierna no dominante (Power nd-ecc); potencia media de las fases concéntrica y excéntrica con la pierna dominante (Potencia d) y de la pierna no dominante (Potencia nd); y potencia media de ambas fases y ambas piernas (Power dnd).

Entrenamiento de ejercicios de fuerza con el flywheel

Los participantes se sometieron a dos períodos de un programa de entrenamiento de 3 semanas basado en el peso muerto rumano con una sola pierna con el mismo dispositivo de flywheel y condiciones utilizadas en la prueba de potencia, realizando 2 sesiones/semana con al menos 48 hs de descanso entre las sesiones. Esto permitió a los participantes superar la mayoría de los cambios en las propiedades del músculo contráctil después del entrenamiento con volante que ocurren dentro de las 24 horas posteriores al ejercicio [26]. Cada sesión se estructuró con un breve calentamiento estandarizado (similar al utilizado anteriormente en el test de potencia) y 3 series (durante las primeras tres semanas) o 4 series (durante las segundas tres semanas) de realizar 7 repeticiones (precedidas por 3 repeticiones submáximas) de peso muerto rumano con una sola pierna (momento de inercia de 0.037 kg/m^2) con la pierna dominante y la no dominante. El entrenamiento fue realizado por los mismos tres investigadores y el orden de las piernas dominantes fue aleatorizado para controlar cualquier sesgo durante el proceso de entrenamiento. Se permitió un período de recuperación de 2 minutos entre series, y siempre se ofreció a los participantes información sobre el rendimiento en tiempo real de la potencia máxima.

Análisis estadístico

Primero, se seleccionó la prueba de Shapiro-Wilk para confirmar la distribución normal de los datos. Luego, se calcularon las inferencias basadas en la magnitud, los tamaños del efecto (ES) con intervalos de confianza (IC) del 90% y los cambios más pequeños que valen la pena (%) entre las condiciones previas y posteriores a 1 y posteriores a 2 utilizando una hoja de cálculo creada para este propósito [27]. Las magnitudes de los ES se interpretaron como triviales (ES <0.20), pequeñas (ES = 0.20–0.59), moderadas (ES = 0.60–1.19), grandes (ES = 1.20–2.00) y muy grandes (ES >2.00). Las diferencias se definieron como poco claras cuando los límites de confianza para el tamaño del efecto incluían valores positivos y negativos sustanciales (±0.2 × estandarización). Los descriptores de probabilidad se interpretaron utilizando la siguiente escala: <0.5 %, lo más probable; <5%, muy improbable; <25%, improbable; 25–75%, posiblemente; >75%, probable; >95%, muy probable; y >99.5%, lo más probable [28]. Además, todas las variables del estudio se compararon a lo largo del programa de entrenamiento de seis semanas usando un t-test (pre- vs post-1- vs post-2), y las relaciones entre los cambios de las pruebas de laboratorio y de campo durante cada ciclo de entrenamiento se calcularon con los coeficientes de correlación de Pearson. Para este propósito se empleó el software SPSS versión 25 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.). Los datos se presentan como media ±desviación estándar y el nivel de significación estadística se estableció en $p < 0.05$.

RESULTADOS

Efectos del entrenamiento del flywheel desde condiciones previas a Post-1

Los efectos del entrenamiento con flywheel en las pruebas de campo y de laboratorio realizadas por estudiantes de ciencias del deporte entre las condiciones previas y post-1 se presentan en la Tabla 1. El CMJ, los tiempos de sprint de 10 m, 30 m y TT 30 m, y todas las pruebas de COD-90 (dominante y no dominante) probablemente presentaron efectos beneficiosos sustanciales después de las primeras tres semanas del programa de entrenamiento basado en peso muerto rumano con una sola pierna en un dispositivo flywheel. Las relaciones entre el tiempo total de sprint y la prueba de COD-90 probablemente disminuyeron por la condición post-1. En relación con las pruebas de potencia, tanto las pruebas excéntricas como las concéntricas con piernas dominante y no dominante presentaron un gran efecto beneficioso muy probable después de tres semanas de entrenamiento con flywheel. Se obtuvieron diferencias estadísticas entre las pruebas pre- y post-1 en CMJ (Figura 3A), 30 m, TT 30 m (Figura 3B), COD-90-d, COD-90-nd, COD-90-dnd (Figura 3C), potencia dnd (w/kg), potencia d (w/kg), potencia nd (w/kg), potencia d-con (w/kg), potencia d-ecc (w/kg), potencia nd-con (w/kg) y pruebas de potencia nd-ecc (w/kg) (Figura 3E). Se encontraron las siguientes relaciones entre los cambios de las pruebas de laboratorio y de campo de pre- a post-1: relaciones moderadas o grandes entre Power d con COD-180-d ($r = -0.513$; $p = 0.035$), COD-180- nd ($r = -0.495$; $p = 0.043$), y COD-180-dnd ($r = -0.597$; $p = 0.011$); y relaciones moderadas entre Power d-con con CMJ ($r = 0.49$; $p = 0.045$), COD-180-d ($r = -0.483$; $p = 0.05$) y COD-180-dnd ($r = -0.491$; 0.045).

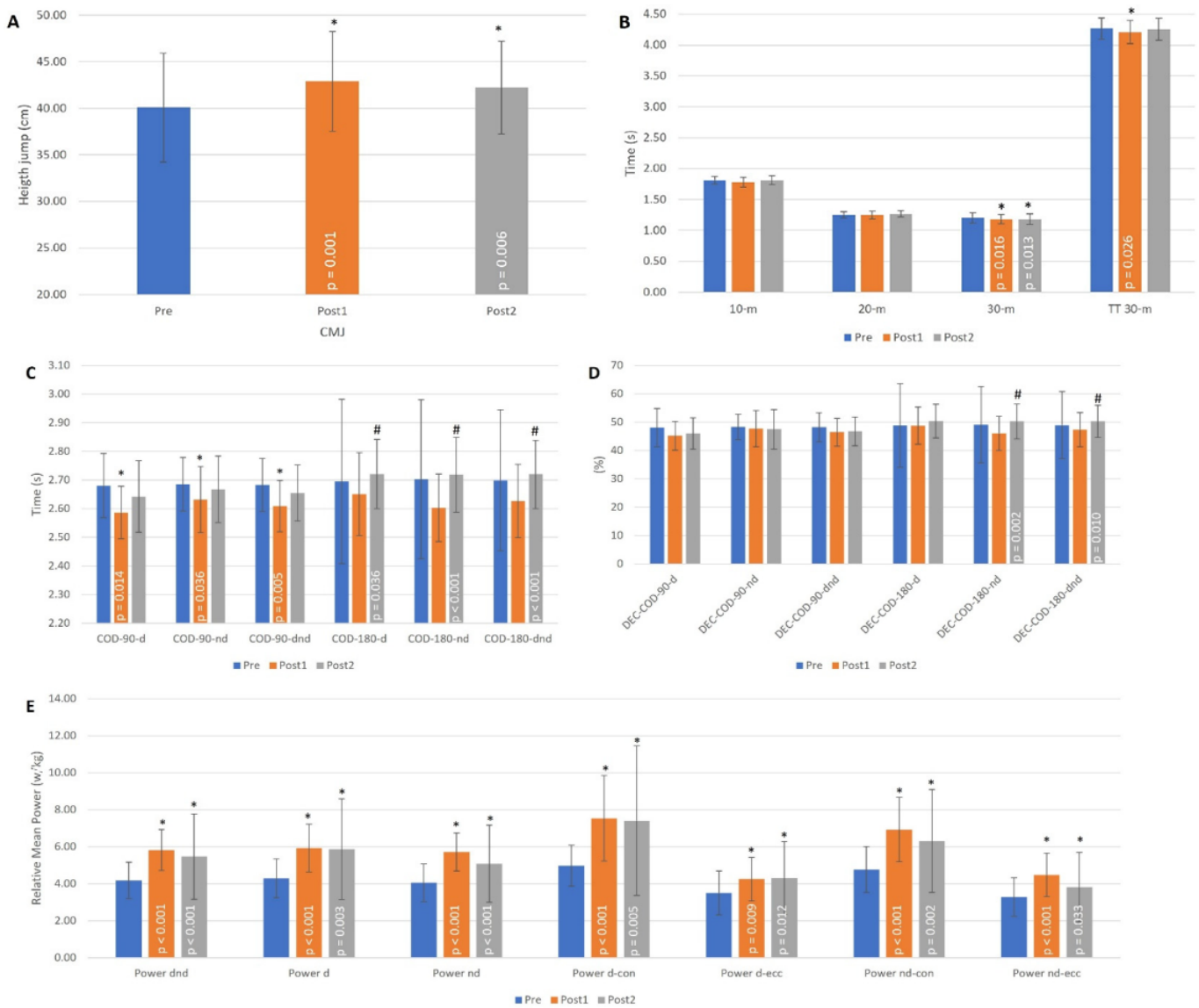

Figura 3. *Evolución de las variables CMJ (A), 30 m (B), COD (C), DEC-COD (D) y laboratorio (E) durante las pruebas pre, post-1 y post-2. (*) Diferente al pretest en p <0.05; (#) Diferente de la prueba post-1 en p <0.05. Abreviaturas: CMJ, altura de salto con contramovimiento; TT 30 m, 30 m tiempo total de sprint 30 m; COD, cambio de dirección; DEC, porcentaje de disminución respecto a 10 m; d, pierna dominante; nd, pierna no dominante; dnd, valor medio de ambas piernas; con, acción concéntrica; ecc, acción excéntrica.*

Tabla 1. *Cambios en el rendimiento después del primer período de tres semanas (pre- a post-1) de entrenamiento con flywheel.*

Variables. Field Test	Pre Mean ± SD	Post-1 Mean ± SD	% Difference (90% CL)	Standardized Difference (90% CL)	Chances of Best/Trivial/Worse Effect	Qualitative Magnitude
CMJ (cm)	40.08 ± 5.84	42.89 ± 5.36	7.3 (4.7; 9.9)	0.46 (0.30; 0.62)	99/01/00	Very Likely
10 m (s)	1.81 ± 0.07	1.78 ± 0.08	−1.6 (−3.5; 0.4)	−0.42 (−0.94; 0.52)	03/21/77	Likely
20 m (s)	1.25 ± 0.05	1.25 ± 0.06	−0.6 (−2.0; 0.8)	−0.15 (−0.49; 0.20)	05/56/39	Unclear
30 m (s)	1.20 ± 0.08	1.18 ± 0.08	−0.6 (−2.0; −0.8)	−0.30 (−0.48; 0.12)	00/18/82	Likely
TT 30 m (s)	4.27 ± 0.17	4.21 ± 0.18	−1.4 (−2.4; −0.4)	−0.35 (−0.59; 0.10)	00/15/84	Likely
COD-90-d (s)	2.68 ± 0.11	2.59 ± 0.09	−3.5 (−5.5; −1.5)	−0.81 (−1.29;0.34)	00/02/98	Very Likely
COD-90-nd (s)	2.69 ± 0.09	2.63 ± 0.12	−2.0 (−3.6; −0.4)	−0.55 (−1.00;0.10)	01/09/90	Likely
COD-90-dnd	2.68 ± 0.09	2.61 ± 0.09	−2.7 (−4.2; −1.3)	−0.76 (−1.16;0.36)	00/01/99	Very Likely
COD-180-d (s)	2.70 ± 0.29	2.65 ± 0.14	−1.2 (−5.5; 3.2)	−0.10 (−0.46; 0.26)	08/60/31	Unclear
COD-180-nd (s)	2.70 ± 0.28	2.65 ± 0.12	−3.2 (−7.4; 1.1)	−0.27 (−0.63; 0.09)	02/35/61	Unclear
COD-180-dnd	2.70 ± 0.25	2.63 ± 0.13	−2.4 (−5.7; 1.1)	−0.24 (−0.59; 0.11)	02/40/58	Possibly
DEC-COD-90-d (%)	48.11 ± 6.72	45.20 ± 5.10	−5.8 (−12.0; 0.9)	−0.42 (−0.90; 0.07)	02/20/78	Likely
DEC-COD-90-nd (%)	48.33 ± 4.52	47.74 ± 6.38	−1.7 (−6.3; 3.3)	−0.18 (−0.69; 0.34)	11/42/47	Possibly
DEC-COD-90-dnd (%)	48.22 ± 5.16	46.47 ± 4.96	−3.6 (−8.0; 1.0)	−0.34 (−0.77; 0.09)	02/27/71	Possibly
DEC-COD-180-d (%)	48.81 ± 14.78	48.73 ± 6.53	8.9 (−13.0; 36.3)	0.15 (−0.24; 0.53)	41/53/07	Possibly
DEC-COD-180-nd (%)	49.14 ± 13.50	46.10 ± 6.04	1.6 (−19.1; 27.7)	0.03 (−0.36; 0.42)	23/61/16	Possibly
DEC-COD-180-dnd (%)	48.97 ± 11.85	47.41 ± 6.01	−0.3 (−11.8; 12.6)	−0.01 (−0.40; 0.38)	18/62/20	Possibly
Laboratory test						
Power dnd (w/kg)	4.18 ± 0.98	5.82 ± 1.11	40.0 (28.7; 52.2)	1.47 (1.10; 1.83)	100/00/00	Most Likely
Power d (w/kg)	4.30 ± 1.04	5.92 ± 1.29	38.2 (25.3; 52.4)	1.34 (0.93; 1.74)	100/00/00	Most Likely
Power nd (w/kg)	4.06 ± 1.02	5.72 ± 1.02	42.3 (30.2; 55.6)	1.46 (1.09; 1.83)	100/00/00	Most Likely
Power d-con (w/kg)	4.98 ± 1.10	7.53 ± 2.31	48.4 (31.8; 67.0)	1.75 (1.22; 2.27)	100/00/00	Most Likely
Power d-ecc (w/kg)	3.51 ± 1.19	4.26 ± 1.18	24.0 (6.6; 44.3)	0.57 (0.17; 0.97)	94/06/00	Likely
Power nd-con (w/kg)	4.77 ± 1.24	6.93 ± 1.75	44.8 (26.3; 66.1)	1.46 (0.92; 2)	100/00/00	Most Likely
Power nd-ecc (w/kg)	3.29 ± 1.03	4.48 ± 1.18	37.7 (20.7; 57.0)	1.04 (0.61; 1.47)	100/00/00	Most Likely

Abbreviations: CL, confidence limits; CMJ, countermovement jump height; TT, 30 m total sprint time 30 m; COD, change of direction; DEC, percentage decrement respect 10 m; d, dominant leg; nd, non-dominant leg; dnd, mean value of both legs; con, concentric action; ecc, eccentric action.

Efectos del entrenamiento del flywheel de las condiciones Post-1 a Post-2

Desde la condición post-1 a la post-2 (Tabla 2), la prueba de campo mostró efectos perjudiciales probables del entrenamiento con flywheel en la prueba COD-90 con la pierna dominante y en todas las condiciones de COD-180, excepto con la pierna dominante. Además, la relación entre el TT 30 m y el rendimiento de la prueba de COD-180 muy probablemente aumentó. La prueba de potencia, por otro lado, mostró posibles efectos perjudiciales de las condiciones post-1 a post-2 en todas las pruebas a favor de la pierna dominante. Se obtuvieron diferencias estadísticas entre las pruebas post-1 y post-2 en pruebas COD-180-d, COD-180-nd, COD-180-dnd (Figura 3C), DEC-COD-180-nd y DEC-COD-180 -dnd (Figura 3D). Se encontraron las siguientes relaciones entre los cambios producidos en las pruebas de laboratorio y campo de post-1 a post-2: gran relación entre Power d-con con DEC-COD-90-dnd ($r = 0.586$; $p = 0.017$), como así también entre Power nd-con con COD-180-dnd ($r = -0.574$; $p = 0.020$) y DEC-COD-90-d ($r = 0.517$; $p = 0.040$).

Tabla 2. *Cambios en el rendimiento después del segundo período de tres semanas (post-1 a post-2) de entrenamiento con flywheel.*

Variables. Field Test	Post-1, Mean ± SD	Post-2, Mean ± SD	% Difference (90% CL)	Standardized Difference (90% CL)	Chances of Best/Trivial/Worse Effect	Qualitative Magnitude
CMJ (cm)	42.89 ± 5.36	42.22 ± 4.98	−0.3 (−2.8; 2.2)	−0.02 (−0.18; 0.14)	02/95/04	Unclear
10 m (s)	1.78 ± 0.08	1.81 ± 0.0.08	1.3 (−0.2; 2.8)	0.34 (−0.04; 0.73)	74/25/01	Unclear
20 m (s)	1.25 ± 0.06	1.27 ± 0.0.05	1.1 (−0.3; 2.4)	0.26 (−0.06; 0.58)	62/36/01	Unclear
30 m (s)	1.18 ± 0.08	1.18 ± 0.09	−0.8 (−2.6; 1.1)	−0.11 (−0.38; 0.16)	03/69/28	Unclear
TT 30 m (s)	4.21 ± 0.18	4.25 ± 0.18	0.7 (−0.2; 1.5)	0.16 (−0.05; 0.37)	37/63/00	Unclear
COD-90-d (s)	2.59 ± 0.09	2.64 ± 0.12	1.7 (0.1; 3.3)	0.39 (−0.92; 0.08)	81/19/01	Likely
COD-90-nd (s)	2.63 ± 0.12	2.67 ± 0.12	1 (−1.7; 3.8)	0.27 (−0.47; 1.02)	57/29/14	Unclear
COD-90-dnd	2.61 ± 0.09	2.66 ± 0.10	1.4 (−0.4; 3.1)	0.37 (−0.10; 0.84)	73/24/03	Possibly
COD-180-d (s)	2.65 ± 0.14	2.72 ± 0.12	2.1 (0.6; 3.6)	0.17 (0.05; 0.28)	31/69/00	Unclear
COD-180-nd (s)	2.65 ± 0.12	2.72 ± 0.13	4.0 (2.5; 5.5)	0.32 (0.22; 0.44)	95/05/00	Very Likely
COD-180-dnd	2.63 ± 0.13	2.72 ± 0.12	3.0 (1.8; 4.2)	0.30 (0.18; 0.41)	91/09/00	Likely
DEC-COD-90-d (%)	45.20 ± 5.10	46.01 ± 5.51	1.1 (−4.8; 7.4)	0.08 (−0.34; 0.50)	31/56/13	Possibly
DEC-COD-90-nd (%)	47.74 ± 6.38	47.47 ± 6.98	−1.0 (−7.5; 5.9)	−0.11 (−0.83; 0.61)	23/36/41	Possibly
DEC-COD-90-dnd (%)	46.47 ± 4.96	46.74 ± 5.01	0.2 (−4.1; 4.7)	0.02 (−0.39; 0.42)	22/60/18	Possibly
DEC-COD-180-d (%)	48.73 ± 6.53	50.39 ± 5.92	2.3 (−1.8; 6.6)	0.04 (−0.3; 0.11)	00/100/00	Most Likely
DEC-COD-180-nd (%)	46.10 ± 6.04	50.24 ± 6.23	8.4 (4.6; 12.4)	0.14 (0.08; 0.20)	05/95/00	Very Likely
DEC-COD-180-dnd (%)	47.41 ± 6.01	50.31 ± 5.68	5.3 (2.2; 8.5)	0.16 (0.07; 0.26)	25/75/00	Possibly
Laboratory test						
Power dnd (w/kg)	5.82 ± 1.11	5.81 ± 1.88	9.6 (0.9; 19.0)	0.40 (0.04; 0.76)	83/17/01	Likely
Power d (w/kg)	5.92 ± 1.29	6.24 ± 2.33	14.0 (1.8; 27.7)	0.54 (0.07; 1.01)	89/10/01	Likely
Power nd (w/kg)	5.72 ± 1.02	5.40 ± 1.66	4.3 (−4.0; 13.2)	0.17 (−0.17; 0.51)	45/52/04	Possibly
Power d-con (w/kg)	7.53 ± 2.31	7.87 ± 3.68	11.0 (−2.7; 6.7)	0.46 (−0.12; 1.05)	78/19/03	Likely
Power d-ecc (w/kg)	4.26 ± 1.18	4.58 ± 1.69	18.9 (3.2; 37.0)	0.46 (0.08; 0.84)	88/12/00	Likely
Power nd-con (w/kg)	6.93 ± 1.75	6.70 ± 2.33	7.0 (−5.9; 21.7)	0.27 (−0.24; 0.77)	59/35/06	Possibly
Power nd-ecc (w/kg)	4.48 ± 1.18	4.05 ± 1.65	−0.8 (−12.8; 12.8)	−0.03 (−0.44; 0.39)	18/58/24	Possibly

Abbreviations: CL, confidence limits; CMJ, countermovement jump height; TT, 30 m total sprint time 30 m; COD, change of direction; DEC, percentage decrement respect 10 m; d, dominant leg; nd, non-dominant leg; dnd, mean value of both legs; con, concentric action; ecc, eccentric action.

Efectos del entrenamiento del flywheel desde condiciones previa a Post-2

Finalmente, la comparación entre las condiciones previa y post-2 (Tabla 3), mostró efectos beneficiosos probables del entrenamiento con flywheel en las pruebas de campo CMJ, 30 m y COD-90. Además, el desempeño en todas las pruebas de potencia en la condición post-2 presentó al menos efectos benéficos muy probables en comparación con el desempeño previo a la prueba. Se obtuvieron diferencias estadísticas entre pre- y post-2 test en CMJ (Figura 3A), 30 m (Figura 3B), Potencia dnd (w/kg), Potencia d (w/kg), Potencia nd (w/kg), Pruebas de potencia d-con (w/kg), potencia d-ecc (w/kg), potencia nd-con (w/kg) y potencia nd-ecc (w/kg) (Figura 3E). Se encontraron las siguientes relaciones entre los cambios producidos en las pruebas de laboratorio y de campo de pre- a post-2: gran relación entre Power nd-con con el sprint de 20 m ($r = 0.567$; $p = 0.022$).

Tabla 3. *Cambios en el rendimiento después de dos períodos de tres semanas (antes y después de 2) de entrenamiento con flywheel.*

Variables. Field Test	Pre, Mean ± SD	Post-2, Mean ± SD	% Difference (90% CL)	Standardized Difference (90% CL)	Chances of Best/Trivial/Worse Effect	Qualitative Magnitude
CMJ (cm)	40.08 ± 5.84	42.22 ± 4.98	7.1 (3.3; 1.1)	0.45 (0.21; 0.69)	96/04/00	Very Likely
10 m (s)	1.81 ± 0.07	1.81 ± 0.08	−0.5 (−2.5; 1.5)	−0.14 (−0.67; 0.40)	14/44/42	Unclear
20 m (s)	1.25 ± 0.05	1.27 ± 0.05	0.5 (−0.9; 2.0)	0.13 (−0.22; 0.48)	37/57/06	Unclear
30 m (s)	1.20 ± 0.08	1.18 ± 0.09	−2.8 (−4.5; −1.1)	−0.41 (−0.66; −0.15)	00/09/91	Likely
TT 30 m (s)	4.27 ± 0.17	4.25 ± 0.18	−0.9 (−1.9; 0.2)	−0.21 (−0.46; −0.05)	01/48/51	Unclear
COD-90-d (s)	2.68 ± 0.11	2.64 ± 0.12	−1.8 (−4.0; 0.4)	−0.42 (−0.92; 0.08)	02/20/77	Likely
COD-90-nd (s)	2.69 ± 0.09	2.67 ± 0.12	−1.3 (−2.9; 0.4)	−0.35 (−0.79; 0.10)	02/26/71	Unclear
COD-90-dnd	2.68 ± 0.09	2.66 ± 0.10	−1.5 (−3.0; 0.0)	−0.42 (−0.84; 0.00)	01/18/81	Likely
COD-180-d (s)	2.70 ± 0.29	2.72 ± 0.12	1.0 (−3.7; 6.1)	0.08 (−0.31; 0.48)	31/58/11	Unclear
COD-180-nd (s)	2.70 ± 0.28	2.72 ± 0.13	0.6 (−3.9; 5.3)	0.05 (−0.33; 0.43)	25/62/13	Unclear
COD-180-dnd	2.70 ± 0.25	2.72 ± 0.12	0.7 (−3.0; 4.4)	0.7 (−0.30; 0.43)	27/62/11	Possibly
DEC-COD-90-d (%)	48.11 ± 6.72	46.01 ± 5.51	−3.98 (−10.3; 2.9)	−0.28 (−0.76; 0.20)	05/34/61	Possibly
DEC-COD-90-nd (%)	48.33 ± 4.52	47.47 ± 6.98	−2.8 (−8.5; 3.2)	−0.30 (−0.93; 0.33)	09/30/61	Possibly
DEC-COD-90-dnd (%)	48.22 ± 5.16	46.74 ± 5.01	−3.1 (−7.9; 1.9)	−0.29 (−0.76; 0.17)	04/32/63	Possibly
DEC-COD-180-d (%)	48.81 ± 14.78	50.39 ± 5.92	13.5 (−11.5; 45.5)	0.22 (−0.21; 0.64)	53/42/05	Possibly
DEC-COD-180-nd (%)	49.14 ± 13.50	50.24 ± 6.23	11.5 (−11.5; 40.5)	0.19 (−0.21; 0.58)	48/47/05	Possibly
DEC-COD-180-dnd (%)	48.97 ± 11.85	50.31 ± 5.68	6.2 (−6.6; 20.6)	0.19 (−0.22; 0.60)	48/46/06	Possibly
Laboratory test						
Power dnd (w/kg)	4.18 ± 0.98	5.81 ± 1.88	53.4 (39.1; 69.2)	1.87 (1.44; 2.30)	100/00/00	Most Likely
Power d (w/kg)	4.30 ± 1.04	6.24 ± 2.33	58.9 (38.3; 82.6)	1.91 (1.34; 2.49)	100/00/00	Most Likely
Power nd (w/kg)	4.06 ± 1.02	5.40 ± 1.66	47.1 (34.3; 61.2)	1.60 (1.22; 1.97)	100/00/00	Most Likely
Power d-con (w/kg)	4.98 ± 1.10	7.87 ± 3.68	66.8 (38.3; 101.2)	2.26 (1.44; 3.09)	100/00/00	Most Likely
Power d-ecc (w/kg)	3.51 ± 1.19	4.58 ± 1.69	48.4 (27.3; 73.0)	1.05 (0.64; 1.45)	100/00/00	Most Likely
Power nd-con (w/kg)	4.77 ± 1.24	6.70 ± 2.33	53.9 (34.3; 76.5)	1.70 (1.16; 2.23)	100/00/00	Most Likely
Power nd-ecc (w/kg)	3.29 ± 1.03	4.05 ± 1.65	34.8 (14.8; 58.4)	0.97 (0.45; 1.49)	99/01/00	Very Likely

Abbreviations: CL, confidence limits; CMJ, countermovement jump height; TT, 30 m total sprint time 30 m; COD, change of direction; DEC, percentage decrement respect 10 m; d, dominant leg; nd, non-dominant leg; dnd, mean value of both legs; con, concentric action; ecc, eccentric action.

Discusión

El objetivo principal de la presente investigación fue analizar los efectos del entrenamiento con flywheel (dos períodos de tres semanas) de peso muerto rumano con una sola pierna en varias pruebas de rendimiento físico. Los resultados indicaron mejoras probables o muy probables en los atletas en sus habilidades de salto, sprint, COD-90 y potencia después de las primeras tres semanas de entrenamiento con flywheel. Sin embargo, estas mejoras no progresaron más en la mayoría de las pruebas de campo cuando se aumentó el volumen de entrenamiento de flywheel después de las 3 semanas iniciales.

Efectos del entrenamiento del flywheel desde la condición previa a Post-1

Las habilidades de salto de los estudiantes de ciencias del deporte en la prueba de CMJ presentaron mejoras muy probables (7.3%) después de las tres primeras semanas de intervención. Este cambio era esperado de acuerdo con hallazgos previos [9,29], pero fue mayor que el informado anteriormente (entre 4.4% y 4.7%) después de protocolos más largos (5 a 7 semanas) de entrenamiento de sentadillas laterales o unilaterales en deportistas de élite o atletas de élite de nivel activo, respectivamente [7,14]. En relación con las habilidades de sprint, los tiempos totales de 30 m probablemente mejoraron en un 1.4% después del entrenamiento con flywheel, incluida una mejora del 1.6 % en los primeros 10 m y del 0.6 % en los segmentos de 20 a 30 m. Estos resultados no corresponden a los efectos del entrenamiento con flywheel con sentadilla unilateral [14], donde se observaron efectos poco claros sobre las habilidades de sprint a 10 m; sin embargo, esto igualó los efectos del entrenamiento con flywheel observados durante toda una temporada en jóvenes jugadores profesionales de fútbol [30]. Las diferencias con la literatura en los efectos de salto y sprint podrían estar relacionadas con la baja carga de inercia empleada en la presente investigación en comparación con los estudios mencionados (0.037 kg/m2 en la presente investigación en comparación con 0.05–0.10 kg/m2 utilizados en otros lugares). Esto podría facilitar una mayor velocidad de ejecución en el entrenamiento de flywheel de los estudiantes atletas y, en consecuencia, adaptaciones tempranas en la arquitectura muscular basadas en una mayor longitud del fascículo muscular [31]. De hecho, se ha informado que la activación muscular, así como la rigidez muscular, responden de manera diferente según las cargas de inercia en el entrenamiento de flywheel; por lo tanto, pueden usarse para prescripciones de carga en dispositivos de flywheel [26,32]. Además, se ha informado que los dispositivos de flywheel estimulan aumentos más rápidos en los sarcómeros en serie que en paralelo, en comparación con los sistemas tradicionales, lo que mejoraría las capacidades relacionadas con la velocidad [14].

Para las pruebas de cambio de dirección de 90°, los tiempos de los estudiantes atletas mejoraron de 2.0% a 3.5% dependiendo del lado no dominante o dominante, respectivamente. Sin embargo, estos cambios no se observaron en las

pruebas de COD-180, donde las posibilidades de un efecto beneficioso del entrenamiento con flywheel no alcanzaron el 60%. Estos resultados están en línea con los datos informados anteriormente [15], donde se observaron mejoras similares a las de las pruebas de COD-90. Al comparar el rendimiento de sprint y del cambio de dirección (DEC-COD), se observó una disminución de las diferencias debido al entrenamiento en flywheel (hasta un 6%), especialmente en el test de COD-90 realizado con la extremidad dominante. Por otro lado, el patrón fue el contrario con la prueba de COD-180, donde las diferencias en el rendimiento de sprint después del entrenamiento con flywheel aumentaron hasta un 8.9% con la extremidad dominante. Estos cambios son considerablemente más bajos que los presentados en otros lugares después del entrenamiento de sentadilla unilateral, donde los hombres sanos y activos mostraron disminuciones de DEC-COD del 13% al 21% [14]. La razón podría ser una correlación de moderada a grande que se ha observado entre los niveles de fuerza excéntrica de los músculos y el rendimiento de COD [33], y que sugiere que las ganancias de fuerza y potencia en las extremidades inferiores podrían volverse más importantes en giros y cambios de dirección bruscos [34]. En esta línea, las relaciones observadas en el presente estudio entre las ganancias de potencia y el COD fueron mayores que con la carrera lineal o las habilidades de salto. También se debe tener en cuenta que se ha propuesto que el entrenamiento de sentadilla unilateral es más efectivo que el entrenamiento de sentadillas bilaterales para mejorar el rendimiento en las pruebas de cambio de dirección [14]. Sin embargo, todavía no existe un consenso claro sobre qué forma de entrenamiento es óptima para desarrollar el rendimiento de COD [35].

En relación con las pruebas de potencia, los resultados del entrenamiento con flywheel después de las primeras tres semanas revelaron efectos beneficiosos tanto en las condiciones excéntricas como concéntricas (con extremidades dominantes y no dominantes), aunque las magnitudes de los cambios fueron mayores para las concéntricas (alrededor del 40%) versus las condiciones excéntricas (máximo 24%). Estas ganancias de potencia fueron similares a los resultados en la sentadilla bilateral [14] y ligeramente mayores que las reportadas después de 5 semanas de entrenamiento con flywheel de los músculos extensores de la rodilla [36]. Además, las diferencias observadas entre los efectos concéntricos y excéntricos coincidieron con los resultados anteriores [37], lo que respalda el uso de cargas de inercia bajas (≈0.025 a 0.05 kg/m2) para maximizar los efectos concéntricos. También se debe destacar que los efectos del entrenamiento con flywheel en los estudiantes atletas después de tres semanas fueron similares a los protocolos anteriores que duraron un mínimo de 5 semanas, lo que representa un hallazgo importante de la presente investigación para facilitar la implementación por parte de los atletas [19].

Efectos del entrenamiento del flywheel de la condición Post-1 a Post-2

La evolución de las respuestas del entrenamiento del flywheel después de un entrenamiento prolongado desde la semana 4 hasta la semana 6 (condición post-2) fue considerablemente diferente del período inicial del entrenamiento de tres semanas. A pesar de los pequeños efectos beneficiosos que ocurrieron en las pruebas de potencia dominante, varias condiciones de las pruebas de COD presentaron efectos perjudiciales (aumentos de tiempo de hasta 4%) después de este segundo período de entrenamiento; no está claro, o posiblemente no se observaron efectos en las pruebas de campo restantes (Tabla 2). Esto se observó a pesar de que se incrementó la carga de entrenamiento en el período de 4 a 6 semanas (de tres a cuatro series por sesión de entrenamiento con flywheel), según los protocolos anteriores [10,34], aunque los resultados no pueden compararse fácilmente con otros estudios porque no se han informado mediciones desde la mitad del período de entrenamiento del flywheel. Nuestros datos post-2 indican que los efectos del entrenamiento con flywheel en los estudiantes atletas parecen ocurrir en un período de corto plazo, probablemente más corto que las 6 semanas de entrenamiento empleadas en otros lugares [38]. Estas ganancias de fuerza a corto plazo con el dispositivo de flywheel podrían estar relacionadas con un mayor reclutamiento y sincronización de unidades motoras durante el ejercicio, además de un aumento en la actividad EMG en comparación con las máquinas de pesas tradicionales [39]. No se han informado aumentos de volumen muscular después del entrenamiento con flywheel; Probablemente se requerirán protocolos de entrenamiento más largos para ver los efectos [38]. Los efectos adicionales del entrenamiento con flywheel después del período inicial de tres semanas probablemente requerirían un período de adaptación antes de aumentar la carga de entrenamiento, de acuerdo con las reglas generales de adaptación a la sobrecarga [2]. Los cambios específicos observados en las pruebas de potencia con la extremidad dominante en la condición post-2, a diferencia de la extremidad no dominante (Tabla 2), confirmarían la diferente estimulación durante el entrenamiento del flywheel debido a las diferentes fuerzas verticales del suelo entre las extremidades [9], y tendría implicaciones claras para los programas de prescripción de entrenamiento y prevención de lesiones [40,41].

Efectos del entrenamiento del flywheel desde la condición previa a Post-2

Finalmente, a pesar de que los efectos sustanciales del entrenamiento con flywheel se observaron principalmente en las primeras tres semanas de entrenamiento, las variables de salto y potencia se mantuvieron durante las seis semanas de entrenamiento con flywheel de los estudiantes atletas (Tabla 3). Esto indicaría que el entrenamiento prolongado con flywheel inercial con una carga aumentada después de las tres semanas iniciales mantendría (pero no mejoraría) algunos de los efectos del entrenamiento en los estudiantes atletas. Por otro lado, las habilidades de COD de los estudiantes atletas parecían disminuir después de las primeras tres semanas de entrenamiento (Figura 3C, D). La mayor complejidad de esta

habilidad, así como la falta de un consenso claro sobre qué forma de entrenamiento es óptima para desarrollar el rendimiento de COD [35], justifica la necesidad de más investigación sobre la progresión de la carga para el rendimiento de COD.

Conclusiones

El entrenamiento de peso muerto rumano con una sola pierna de estudiantes atletas con un dispositivo de flywheel mostró un efecto probablemente sustancial y beneficioso sobre el rendimiento de sprint lineal, salto y COD, así como los valores de potencia durante las primeras tres semanas de entrenamiento. Por otro lado, se observaron probables efectos perjudiciales en algunas de las condiciones de cambio de dirección en un segundo período de tres semanas de entrenamiento. Además, las variables de salto y de potencia se mantuvieron durante todo el período de entrenamiento de seis semanas. Podría plantearse la hipótesis de que la mayoría de los efectos del entrenamiento con flywheel reportados en los protocolos tradicionales que duran un mínimo de 5 a 6 semanas ocurrirían en las primeras semanas de entrenamiento.

Aplicaciones prácticas e investigaciones futuras

El uso de dispositivos con flywheel con un momento de inercia bajo y durante un período de tiempo corto parece proporcionar mayores efectos sobre las habilidades de salto y sprint lineal que los protocolos informados anteriormente de una carga mayor. Sin embargo, los entrenadores de la fuerza deben considerar las respuestas dependientes de la dosis del entrenamiento con flywheel. Los estímulos de entrenamiento después de tres semanas o con un aumento de la carga después del período inicial mostraron una clara disminución. Se necesita más investigación para desarrollar estrategias que puedan mantener el estímulo y los efectos del entrenamiento durante un período de entrenamiento prolongado, así como establecer una progresión adecuada en términos de periodización. Las principales limitaciones de la presente investigación que deben reconocerse fueron la falta de un grupo de control y de información sobre la confiabilidad del protocolo de prueba. Además, se deben monitorear los cambios en la masa muscular de los atletas para ayudar a explicar los efectos del entrenamiento.

Financiamiento
Esta investigación ha sido financiada por la Universidad Francisco de Vitoria, beca número UFV18-21.

Declaración de la Junta de Revisión Institucional
El estudio se realizó de acuerdo con las directrices de la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Francisco de Vitoria (14/2020).

Declaración de consentimiento informado
Se obtuvo el consentimiento informado de todos los sujetos involucrados en el estudio.

Declaración de disponibilidad de datos
Los datos presentados en este estudio están disponibles previa solicitud al autor correspondiente. Los datos no están disponibles públicamente debido a restricciones de privacidad.

Conflictos de interés
Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS

1. Para ver las referencias bibliográficas remitirse al artículo original (https://doi.org/10.3390/ijerph19031200). Effects of Six Weeks of Flywheel Single-Leg Romanian Deadlift Training on Speed, Jumping and Change of Direction Performance.

Cita Original

Effects of Six Weeks of Flywheel Single-Leg Romanian Deadlift Training on Speed, Jumping and Change of Direction Performance. Esther Morencos, Pablo González-Frutos,Carlos Rivera, Santiago Veiga. Int. J. Environ. Res. Public Health 2022, 19(3), 1200; https://doi.org/10.3390/ijerph19031200