

Article

Improving Sprint Performance in Soccer: Effectiveness of Jump Squat and Olympic Push Press Exercises

Irineu Loturco, Lucas Adriano Pereira, Ronaldo Kobal, Thiago Maldonado, Alessandro Fromer Piazzi, Altamiro Bottino, Katia Kitamura, Cesar Cavinato Cal Abad, Miguel de Arruda y Fabio Yuzo Nakamura

Editor: Stephen E. Alway, West Virginia University School of Medicine, UNITED STATES

Recibido: Noviembre 26, 2015; **Aceptado:** Abril 6, 2016; **Publicado:** Abril 21, 2016

Copyright: © 2016

RESUMEN

Entrenarse a una carga de potencia óptima (optimum power load, OPL) es una manera eficaz de mejorar las capacidades neuromusculares de atletas muy entrenados. El propósito de este estudio fue evaluar los efectos de usar los ejercicios de sentadilla de salto (J) o de empujón de press Olímpico (OPP) en OPL durante una pretemporada de corta duración sobre las capacidades relacionadas de velocidad-potencia en jugadores de fútbol sub-20 de alto nivel. Los jugadores fueron divididos en dos grupos de entrenamiento: grupo de JS (JS) y grupo de OPP (OPP). Ambos grupos emprendieron 12 sesiones orientadas a la potencia, usando ejercicios de JS o de OPP solamente. Pre- y post- 6 semanas de entrenamiento, los atletas realizaron el salto desde sentadilla (SJ), el salto con contramovimiento (CMJ), velocidad de sprint (5, 10, 20 y 30 m), cambio de dirección (COD) y tests de velocidad. Para calcular el coeficiente del efecto de transferencia (TEC) entre JS y MPP OPP y la velocidad en 5, 10, 20, y 30 m, la proporción entre la ganancia del resultado (tamaño del efecto [ES]) en el ejercicio no entrenado y la ganancia del resultado en el ejercicio entrenado fueron calculadas. La inferencia basada en la magnitud del ES fue utilizada para probar los efectos significativos. El TEC entre JS y la VEL 5, 10, 20, y 30 m fue de 0.77 a 1.29, mientras que solamente el TEC que pudo calcularse entre OPP y VEL 5 m fue bastante bajo (0.2). En suma, los efectos del entrenamiento de JS sobre las capacidades relacionadas con saltar y la velocidad fueron superiores (ES va de pequeño a grande) a aquellos causados por OPP (ES trivial). Para concluir, el ejercicio de JS es superior al OPP para mejorar las capacidades de velocidad-potencia en jugadores de fútbol jóvenes de élite.

INTRODUCCIÓN

La evolución de la técnica y el rendimiento físico del fútbol de alto nivel exige el desarrollo progresivo de capacidades neuromusculares relacionadas al compromiso en actividades potentes relacionadas a los partidos [1], como el sprint y el salto. Mejorar estas capacidades es un desafío en el fútbol, sobre todo durante los períodos de exposición alta al entrenamiento de la resistencia (es decir, pretemporada), cuando el efecto de la interferencia podría dañar las

adaptaciones del rendimiento de potencia y velocidad [2-4]. No obstante, el entrenamiento a cargas de potencia "óptimas" (OPL, es decir, una carga capaz de aumentar al máximo la potencia del músculo medida en la barra) en los ejercicios de media sentadilla y sentadilla con salto (JS) son eficaces en neutralizar los decrementos de velocidad y la potencia que normalmente ocurren en los jugadores de fútbol de élite durante las pretemporadas cortas [2].

En suma, se reportó que el entrenamiento en la zona de la potencia óptima provocaba mejoras neuromusculares similares a las observadas después del entrenamiento de la fuerza tradicional [5]. Es importante notar que a lo largo del período de temporada (durante el cual, el volumen de entrenamiento es reducido comparado con la pretemporada), la periodización de la fuerza-potencia clásica (como la propuesta por Plisk y Stone [6]), ha demostrado ser menos eficaz a la hora de mejorar las capacidades relacionadas con la velocidad-potencia en jugadores de fútbol de élite que entrenándose "solamente" en la zona de la potencia óptima usando ejercicios de JS (resultados inéditos). Aunque este modo de entrenamiento (es decir, JS en zona OPL) parece ser una alternativa eficaz y práctica para mejorar el rendimiento neuromecánico de jugadores de fútbol durante el período de temporada, es necesario establecer si el JS "per se" es el ejercicio más apropiado para ser usado en los programas de entrenamiento de atletas de élite. En suma, ya que ambos ejercicios son "verticalmente orientados" y este eje de entrenamiento demostró ser superior a los ejercicios "horizontalmente orientados" para mejorar el rendimiento de aceleración en 20-m en jugadores de fútbol de élite (quienes realizaron saltos sin carga) [7], sería valioso probar su efectividad bajo condiciones de carga (es decir, JS y OPP en zona OPL).

Los entrenadores de la fuerza y del acondicionamiento físico usan ejercicios de fuerza-potencia multi-articulares complejos como estrategias específicas para mejorar el rendimiento neuromuscular de atletas de alto nivel. A este respecto, los levantamientos de pesas olímpico están entre los ejercicios preferidos que llevan a cabo los practicantes debido a su alta similitud a los movimientos específicos [8]. Sin embargo, se ha demostrado recientemente que las correlaciones entre potencias del músculo recogidas en el press de empuje olímpico (OPP) en zona OPL y los rendimientos de sprint y salto eran más débiles ($r = 0.40$ a 0.48) que las correlaciones entre rendimientos de tests de campo y potencia de JS ($r = 0.71$ a 0.86) [9]. Por lo tanto, aunque las correlaciones necesariamente no implican causa y efecto, uno podría sospechar que el JS produciría mayores ganancias sobre las capacidades neuromusculares que el ejercicio OPP en intervenciones longitudinales. No obstante, hasta la fecha, ningún estudio ha trabajado sobre esta cuestión.

Por lo tanto, el propósito de este estudio fue evaluar y comparar los cambios en capacidades relacionadas con la velocidad-potencia que ocurren en jugadores de fútbol de alto nivel sub-20 después de realizar dos regímenes de entrenamiento diferentes (es decir, ejercicios JS o ejercicios OPP realizados en zona OPL) durante una pretemporada de corta duración. Para evitar una mala interpretación de los datos, ambos programas eran idénticos en sus componentes (es decir, series, intervalos y repeticiones).

MÉTODOS

Diseño del estudio

En este estudio, un diseño longitudinal de dos grupos paralelos, emparejados y aleatorizados fue dirigido para probar la efectividad de los ejercicios de JS o de OPP en jugadores de fútbol jóvenes de alto nivel, ambos realizados en zona de OPL. Durante la realización del estudio que duró 6 semanas en la pretemporada, aparte del entrenamiento de JS o de OPP, ambos grupos de entrenamiento estaban "solamente" implicados en formatos diferentes de juegos reducidos (SSGs) para el desarrollo técnico-táctico (Tabla 1). Los juegos reducidos fueron planeados por el personal técnico y consistieron en 3 a 6 jugadores por equipo, y campos de dimensiones pequeñas a medias que van de 12×20 m a 30×40 m, como las propuestas por Rampinini y cols. [10]. Los jugadores fueron divididos en parejas según su rendimiento básico en el test de sprint de 30m, y fueron asignados a cada grupo al azar. Todos los atletas habían sido acostumbrados previamente con los patrones de coordinación de los ejercicios de JS y OPP y con los tests de rendimiento debido a su evaluación profesional y rutinas de entrenamiento. Además de evaluar el rendimiento en zona OPL de ambos ejercicios en el laboratorio, las velocidades de sprint en 5, 10, 20 y 30 m, la velocidad del cambio de dirección (COD) y el rendimiento en el salto desde sentadilla (SJ) y salto con contramovimiento (CMJ) de los jugadores fueron evaluados como componentes físicos distintivos específico del fútbol (pre- y post-entrenamiento). Antes de que se realizaran todas las sesiones de prueba, una rutina de la entrada en calor general y específica, involucrando carrera ligera (5 minutos a un ritmo auto-seleccionado seguido por 3 minutos de estiramiento activo de los miembros inferiores) e intentos submáximos en cada ejercicio de evaluación (por ejemplo, carreras cortas y saltos verticales submáximos). La entrada en calor antes de las sesiones de entrenamiento de JS o de OPP comprendieron 5 min de trote y ejercicios de estiramiento suave. En suma, los jugadores realizaron algunos movimientos submáximos con cargas auto-seleccionadas (2 x 8 con intervalos de 2 minutos) con respecto al ejercicio asignado. Los jugadores asistieron a las sesiones de entrenamiento de potencia en un estado de no fatiga. Durante el

período experimental, todos los jugadores de fútbol realizaron 12 sesiones de entrenamiento orientadas a la potencia, como sigue: sesiones 1-4) 6 x 8 JS u OPP usando una carga de potencia óptima; sesiones 5-8) 6 x 6 JS u OPP usando 1.05 x carga de la potencia óptima; sesiones 9-12) 6 x 4 JS u OPP usando 1.10 x carga de la potencia óptima. Un intervalo de 2 minutos era dado entre cada serie de los ejercicios de potencia. El entrenamiento de JS se realizó en una máquina Smith, mientras que el entrenamiento de OPP se hizo usando una barra Olímpica.

Tabla 1. Representación esquemática de un programa de entrenamiento semanal típico, y volumen de entrenamiento total durante seis semanas de una pretemporada de fútbol.

Sesión	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Mañana	Potencia (JS u OPP)	SSG	Potencia (JS u OPP)	SSG	SSG	
Tarde	SSG	Descanso	SSG	SSG	Descanso	P. Amistoso
Volumen Total Semanal (min/%)	1ª Semana	2ª Semana	3ª Semana	4ª Semana	5ª Semana	6ª Semana
SSG (J.Reducidos)	365' (*73%)	310' (54%)	330' (61%)	400' (65%)	420' (61%)	380' (74%)
Potencia (JS u OPP)	40' (8%)	80' (15%)	120' (22%)	120' (19%)	80' (11%)	40' (9%)
Partido Amistoso	90' (19%)	180' (31%)	90' (17%)	90' (16%)	180' (28%)	90' (17%)

Nota: SSG = entrenamiento con juegos reducidos; El entrenamiento de la Potencia (sentadilla con salto o press de empuje olímpico); Los SSG involucraban formatos de juego con 3 a 6 jugadores por equipo y dimensiones de campo de pequeñas a medias que van de 12 x 20 m a 30 x 40 m. (*) porcentaje del volumen de entrenamiento semanal total que este tipo de entrenamiento representa.

Sujetos

Veintisiete jugadores de fútbol varones Sub-20 de alto nivel de un mismo club de 1ª división (edad: 18.4±1.2 años, altura: 1.78±0.70 m, masa corporal: 74.4±9.5 kg, experiencia en entrenamientos: 7.2±1.9 años), tomaron parte en esta investigación, después de estar informado de los beneficios potenciales y los riesgos asociados con la participación. Los atletas se emparejaron en dos grupos de entrenamiento: grupo de la sentadilla con salto (JSG; n = 14) y el grupo del press de empuje olímpico (OPPG; n = 13). Se excluyeron 10 jugadores de la muestra debido a las lesiones sin conexión al entrenamiento/testeo propuesto o transferencia a otro equipo. Por lo tanto, diecisiete jugadores completaron el estudio (n = 9 y n = 8 para JSG y OPPG, respectivamente). El protocolo del estudio tuvo lugar antes del campeonato Sub-20 de fútbol del estado de São Paulo, durante el período de entrenamiento de pretemporada. El estudio fue aceptado por el Comité de Ética de la Universidad Bandeirante Anhanguera, conforme a la Declaración de Helsinki, y los participantes y sus tutores (en el caso de <18 años de edad) firmaron un consentimiento informado antes del comienzo de la investigación.

Tests de salto vertical

La altura de salto vertical fue determinada usando el SJ y el CMJ. En el SJ, se les exigió a los sujetos permanecer en una posición estática con un ángulo de 90° de flexión de rodillas durante 2 segundos antes de saltar. En el CMJ, los jugadores de fútbol ejecutaban un movimiento descendente seguido por una extensión completa de las piernas. El SJ y el CMJ se realizaron con las manos colocadas en las caderas. Todos los saltos se realizaron en una plataforma de contacto (Smart Jump; Fusion Sport, Coopers Plains, Australia). Un total de cinco intentos fue permitido para cada salto, entremezclados por 15 segundos de pausa. Se conservaron los mejores intentos en SJ y CMJ.

Potencia promedio de propulsión de la barra en la sentadilla con salto y press de empuje olímpico

La potencia promedio de propulsión de la barra (MPP) en los ejercicios de JS y de OPP se evaluó en una máquina Smith personalizada (adaptada por Hammer Strength, Rosemont, EE.UU.) y con un equipo Multi-Hack (Hammer Strength, Rosemont, EE.UU.), respectivamente. Los jugadores de fútbol ejecutaron tres repeticiones a velocidad máxima para cada carga, empezando al 40% de su masa corporal (BM) en los JS y al 30% de su BM en el OPP. En el ejercicio de JS, los atletas ejecutaron una flexión de rodillas hasta que el muslo estaba paralelo al piso (~100° ángulo de la rodilla) y, después de una orden, saltaban tan rápido como fuera posible sin perder contacto entre su hombro y la barra. En el ejercicio de OPP, los atletas empezaban en "posición de rack" (sin contramovimiento) y se acomodó la barra en los hombros con el lado posterior de los brazos en paralelo con el suelo [11]. Después de una ligera flexión auto-seleccionada de cadera y de rodillas, los atletas extendían caderas y piernas rápidamente para generar una velocidad ascendente, y con los brazos totalmente extendidos para terminar el movimiento sobre la cabeza con la barra, en una trayectoria perpendicular completa (respecto al suelo). Una carga del 10% del BM (en JS) y del 5% del BM (en OPP) fue agregada en cada serie gradualmente hasta que una disminución en la potencia de impulso promedio era observada. Un intervalo de 5 minutos era dado entre las series. Para determinar la MPP, un transductor lineal (T-Force, Dynamic Measurement System; Ergotech Consulting S.L., Murcia, España) se ligó a la barra de la máquina Smith (en el JS) y a la barra olímpica (en el OPP). Las cargas de inicio respectivas

y la progresión de carga permitieron la determinación de los picos de potencia promedio de impulso para todos los individuos de forma consistente y con precisión. La especificación técnica del análisis de la MPP, su cálculo y validez, y la validez respectiva del equipo usado para esta medición, se ha reportado extensivamente en la literatura [12-14]. La técnica de diferenciación finita fue usada para calcular la velocidad de la barra y su aceleración [14]. Los valores máximos obtenidos de la MPP de la barra fueron considerados para propósitos de análisis de datos.

Velocidad de sprint

Cuatro pares de fotocélulas (Smart Speed, Fusion Equipment, AUS) se posicionaron en las distancias de 0, 5, 10, 20, y 30 m a lo largo de la pista de sprint. Los jugadores de fútbol corrieron a toda velocidad dos veces, empezando desde una posición de pie 0.3 m detrás de la línea de salida. Para evitar las influencias de tiempo climático, los tests de sprints se realizaron en una pista de carrera interior. Un intervalo de pausa de 5 minutos fue permitido entre los dos intentos y el tiempo más rápido fue considerado para los análisis.

Velocidad de cambio de dirección en zig-zag (Test de velocidad de cambio de dirección)

El trayecto del cambio de dirección consistió en cuatro secciones marcadas de 5m con conos puestos a ángulos de 100° ángulos, en un campo interior (Fig. 1). Los atletas fueron exigidos a acelerar y desacelerar lo más rápido posible sin perder la estabilidad del cuerpo. Se realizaron dos intentos máximos con un intervalo de pausa de 5 minutos entre los intentos. Empezaban desde una posición de pie con el pie delantero puesto a 0.3 m detrás del primer par de fotocélulas (es decir, línea de salida), y los atletas corrían y cambiaban de dirección tan rápidamente como fuera posible hasta cruzar el segundo par de fotocélulas, puesto 20 m de la línea de salida [15]. El tiempo más rápido de los dos intentos se conservó para los análisis.

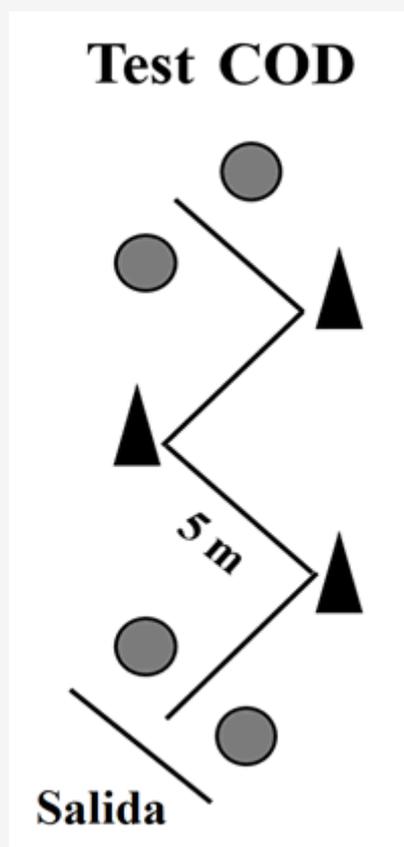


Figura 1. Una representación esquemática del Test de velocidad COD Zig-zag. Los círculos grises representan la posición de las fotocélulas.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se presentan los datos como promedio \pm desviación estándar (SD). Ambos grupos experimentales eran similares en la línea de base con respecto a todas las variables dependientes. Para analizar las diferencias en los saltos verticales, velocidad de sprint (VEL), velocidad de COD, y MPP en los ejercicios de JS y OPP en los grupos JSG y OPPG pre- y post-entrenamiento, tales diferencias en base a las magnitudes [16] fueron calculadas. Es más, el ANOVA bidireccional (interacción de tiempo x grupo) seguido por el test de Bonferroni *post-hoc* (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp) fue usado para evaluar las posibles diferencias entre los grupos. Las oportunidades cuantitativas de los grupos JSG u OPPG, usando un intervalo de confianza del 90%, teniendo valores superiores, similares o inferiores, fueron evaluados cualitativamente como sigue: <1%, casi ciertamente no; 1% a 5%, muy poco probable; 5% a 25%, improbablemente; 25% a 75%, posible; 75% a 95%, probablemente; 95% a 99%, muy probablemente; >99%, casi cierto. Si las oportunidades de tener resultados mejores o peores eran ambos >5%, la verdadera diferencia se evalúa como incierta. El nivel de significación estadística era fijada como $P < 0.05$. Adicionalmente, para determinar la magnitud de las diferencias entre los grupos pre- y post-entrenamiento y sus cambios delta, el tamaño del efecto (ES: d de Cohen) fueron calculados también [17]. Las magnitudes del ES fueron interpretados usaron los siguientes umbrales [18]: <0.2, 0.2-0.6, 0.6-1.2, 1.2-2.0, 2.0-4.0, y >4.0 para trivial, pequeño, moderado, grande, muy grande, y casi perfecto, respectivamente.

Para calcular el coeficiente del efecto de transferencia (TEC) entre la MPP en los ejercicios de JS y de OPP, y los rendimientos de sprint de 5, 10, 20, y 30 m, usamos la ecuación propuesta por Zatsiorsky y Kraemer [19] como sigue:

$TEC = \text{ganancia del resultado en el ejercicio no entrenado} / \text{ganancia del resultado en el ejercicio entrenado}$.

Los TECs sólo fueron calculados para variables que presentan un ES de al menos 0.2 que son considerados un tamaño de efecto pequeño [18].

Los coeficientes de variación (CV) y los coeficientes de correlación de intraclass (ICCs) fueron usados para indicar la confiabilidad absoluta y relativa, respectivamente, para los ejercicios de OPP y de JS (para la MPP), SJ y CMJ (para la altura del salto vertical), y para los tests de sprints y Test de COD (para la VEL media). Las CCI y CV eran 0.94 y 3.8% para OPP; 0.96 y 4.1% para JS; 0.96 y 3.1% para SJ; 0.94 y 3.5% para CMJ; 0.97 y 2.3% para la velocidad de 30-m; y 0.96 y 2.4% para el test de COD.

RESULTADOS

Ambos grupos eran similares en PRE para todas las variables evaluadas. La Tabla 2 presenta el rendimiento del salto vertical y la MPP en los ejercicios JS y OPP, en los momentos pre- y post-entrenamiento, en los grupos JSG y OPPG, junto con las diferencias entre los grupo en los cambios. Después del entrenamiento, las alturas del salto vertical (SJ y CMJ) y de la MPP en el ejercicio de JS presentó mejoras *probables* a *casi ciertas* en el JSG (ES = 0.53, 0.38 y 1.30, respectivamente), mientras que el grupo OPPG sólo presentó una mejora casi cierta en el ejercicio de OPP (ES = 1.23). El grupo JSG presentó mejoras superiores en el SJ, el CMJ, y la MPP del JS que el grupo OPPG (ES de 1.32 a 3.18), mientras que el grupo OPPG presentó una mayor mejora en la MPP de OPP que el grupo JSG (ES = 2.49) (efecto de la interacción [tiempo x grupo], $P < 0.05$) (Tabla 2). Adicionalmente, los valores agrupados de pre- y post-, el ejercicio de OPP presentó (00/16/84) un valor de MPP superior comparado con el ejercicio de JS (712.92 ± 113.34 W vs 755.74 ± 145.95 W; para los ejercicios JS vs OPP; ES = 0.33).

Tabla 2. Saltos verticales y la potencia promedio de propulsión (MPP) en la sentadilla con salto (JS) y el press de empuje olímpico (OPP), pre- y post- 6 semanas de pretemporada en jugadores de fútbol Sub-20.

	Grupo	Grupo JS	Grupo OPP	Diferencias entre grupos en escala de cambio
SJ (cm)	Pre	38.31 ± 4.26	36.39 ± 4.87	ES: 1.42 (0.43; 2.19) Grande
	Post	40.56 ± 3.78	35.86 ± 3.97	98/02/00 Muy probable
	Δ%	5.9 (3.6–8.2)	-1.5 (-5.1–2.2)*	
CMJ (cm)	Pre	40.07 ± 4.74	37.15 ± 4.67	ES: 1.32 (0.32; 2.05) Grande
	Post	41.86 ± 4.42	37.51 ± 4.11	85/15/00 Probable
	Δ%	4.4 (3.5–5.4)	0.9 (-1.0–2.9)*	
MPP JS (W)	Pre	688.00 ± 123.88	688.22 ± 98.02	ES: 3.18 (1.50; 3.66) Muy grande
	Post	849.25 ± 173.63	714.16 ± 97.59	100/00/00 Casi cierto
	Δ%	23.4 (15.3–31.6)	3.8 (2.6–4.9)*	
MPP OPP (W)	Pre	725.50 ± 172.98	721.33 ± 92.94	ES: 2.49 (1.27; 3.33) Muy grande
	Post	760.60 ± 182.54	826.98 ± 107.83	00/01/99 Muy Probable
	Δ%	4.8 (2.6–7.1)	14.7 (11.6–17.8)*	

Nota: Δ%: porcentaje de cambio (90% límites de confianza); ES: tamaño del efecto (90% límites de confianza); SJ: salto desde sentadilla; CMJ: salto con contramovimiento; JSG: grupo de la sentadilla con salto; OPPG: grupo del press de empuje olímpico. * efecto de interacción (tiempo x grupo), $P < 0.05$.

La Tabla 3 presenta las comparaciones de la VEL 5, 10, 20 y 30 m y la velocidad COD en pre- y post-entrenamiento, junto con las diferencias de cambio ente los grupos. La velocidad de sprint en todas las distancias (5, 10, 20, y 30 m) y la velocidad del COD presentó mejoras *casi ciertas* después del entrenamiento en el grupo JSG (ES = 1.68, 1.45, 1.26, 0.94, 1.00, y 0.94, respectivamente), mientras que en el grupo OPPG, los rendimientos de la velocidad de sprint y de COD no cambiaron sustancialmente (ES = 0.23, 0.06, 0.01, -0.10, y 0.09, para VEL 5, 10, 20 y 30 m, y COD, respectivamente). Adicionalmente, los cambios en el rendimiento de sprint y de COD fueron *casi de muy probables a casi ciertamente* más altos en el grupo JSG comparado con el grupo OPPG (ES de 1.26 a 2.64) (efecto de la interacción [tiempo x grupo], $P < 0.05$) (Tabla 3).

El TEC fue calculado entre los ejercicios entrenado (JS y OPP) y desentrenados (sprints de 5, 10, 20, y 30 m). El TEC entre JS y VEL 5, 10, 20, y 30 m fue de 1.29, 1.12, 0.97, y 0.77, respectivamente. El único TEC que pudo calcularse en el OPPG (entre OPP y VEL 5 m [TEC = 0.20]) fue bastante bajo.

Tabla 3. Velocidad de sprint (VEL) y velocidad de cambio de dirección (COD), pre- y post- 6 semanas de pretemporada en jugadores de fútbol Sub-20.

	Grupo	Grupo JS	Grupo OPP	Diferencias entre grupos en escala de cambio
VEL 5 m (m-seg ⁻¹)	Pre	4.95 ± 0.22	5.16 ± 0.30	ES: 1.47 (0.51; 2.30) Grande
	Post	5.32 ± 0.16	5.23 ± 0.27	99/01/00 Muy Probable
	Δ%	7.7 (4.7–10.5)	1.4 (-1.2–3.9)*	
VEL 10 m (m-seg ⁻¹)	Pre	5.83 ± 0.22	5.92 ± 0.34	ES: 1.92 (0.87; 2.78) Grande
	Post	6.15 ± 0.17	5.94 ± 0.26	100/00/00 Casi cierto
	Δ%	5.5 (3.8–7.0)	0.3 (-1.4–2.0)*	
VEL 20 m (m-seg ⁻¹)	Pre	6.77 ± 0.19	6.90 ± 0.35	1.74 (0.69; 2.53) Grande
	Post	7.01 ± 0.17	6.90 ± 0.30	99/01/00 Muy Probable
	Δ%	3.6 (2.5–4.6)	0.0 (-1.5–1.5)*	
VEL 30 m (m-seg ⁻¹)	Pre	7.33 ± 0.22	7.42 ± 0.39	ES: 2.64 (1.44; 3.57) Muy grande
	Post	7.55 ± 0.21	7.38 ± 0.35	100/00/00 Casi cierto
	Δ%	3.0 (2.1–3.8)	-0.7 (-1.5–0.3)*	
Velocidad COD (m-seg ⁻¹)	Pre	3.60 ± 0.16	3.63 ± 0.11	ES: 1.65 (0.64; 2.46) Grande
	Post	3.75 ± 0.15	3.64 ± 0.14	99/01/00 Muy Probable
	Δ%	4.2 (2.8–5.6)	0.3 (-1.4–1.9)*	

Nota: Δ%: porcentaje de cambio (90% límites de confianza); ES: tamaño del efecto (90% límites de confianza); JSG: grupo de la sentadilla con salto; OPPG: grupo del press de empuje olímpico. * efecto de interacción (tiempo x grupo), $P < 0.05$.

DISCUSIÓN

Este estudio apuntó a comparar las adaptaciones neuromusculares provistas por dos ejercicios multi-articulares complejos diferentes (es decir, el JS y el OPP) realizados en la zona de la potencia óptima. Aunque ambos ejercicios fueron casi ciertamente eficaces para aumentar sus respectivas capacidades de potencia muscular específicamente (es decir, la MPP de JS y la MPP de OPP), de acuerdo con nuestras expectativas, los JS fueron más eficaces para desarrollar las capacidades relacionadas con la velocidad-potencia en jugadores de fútbol jóvenes de alto nivel. Esta superioridad evidente probablemente se relaciona a las características neuromecánicas de estos ejercicios balísticos.

Acerca de este tema, se ha reportado ya que el OPP puede producir potencias superiores que los JS, además de evitar "fuerzas de impacto" (es decir, las fuerzas de reacción del suelo) que se elevan de la fase de la caída [9,11]. En realidad, nuestros resultados confirmaron esta observación y los atletas fueron capaces de generar valores mayores de MPP en el OPP comparado con JS. De una perspectiva mecánica, es muy predecible que el uso concomitante de las extremidades inferiores y superiores a lo largo de la ejecución del OPP fueran capaces de optimizar su producción de potencia muscular [11,20]. No obstante, aparentemente este efecto "de empuje" no afecta positivamente los resultados del entrenamiento, al menos para el desarrollo específico de la velocidad y la capacidad de los saltos verticales. Posiblemente, el mayor impulso mecánico (en las articulaciones del tobillo, rodilla y cadera) dado por la extensión simultánea de los miembros superiores e inferiores, crean una condición neuromecánica inusual, muy diferente de la encontrada en los sprints y en las actividades de salto [21].

En realidad, está bien establecido que los músculos de la cadera y la rodilla juegan un rol crucial y central en los rendimientos de velocidad y del salto [22,23]. También, la contribución relativa de los músculos de la cadera al torque total producido en las extremidades inferiores durante el sprint y en los saltos verticales tienden a aumentar con el aumento de la intensidad [24,25]. De la misma manera, en los movimientos de los miembros inferiores, el momento de extensión de la articulación de la cadera se incrementa en tanto aumenta la intensidad de la carga [23]. Así, parece ser que el desarrollo máximo de la capacidad de extensión de la cadera es directamente dependiente de la "estrategia de la carga de entrenamiento". En este sentido, cabe destacar las diferencias mecánicas en el equilibrio *fuerza-momento* durante la ejecución de los ejercicios OPP y JS. En la física, el *momentum* (velocidad adquirida) es definido como el producto de la masa y su velocidad relativa (i. e., $momentum = velocidad \times masa$) [26]. A lo largo del ejercicio OPP, el uso sincronizado de brazos y piernas les permite a atletas que logren velocidades de la barra muy altas (usando cargas muy ligeras), comprometiendo así el equilibrio mecánico de la ecuación del *momentum*. Por lo tanto, a pesar de las mayores producciones mecánicas en este movimiento de "cuerpo completo", la intensidad de carga parece estar significativamente comprometida en el OPP. Al contrario, la OPL en el JS ocurre en una zona mecánica más equilibrada, con los sujetos moviendo cargas moderadas (a pesadas) en velocidades moderadas (a altas). En suma, durante los JS, la ausencia del componente inercial causada por la acción concomitante de los brazos (que ocurre durante el ejercicio OPP) posiblemente resulte en un reclutamiento mayor de los músculos de la cadera y de la rodilla. Indudablemente, este patrón secuencial neuromecánico se relaciona mucho más a las capacidades de velocidad y de salto, que la extensión concomitante inusual de brazos y piernas.

En efecto, los JS balísticos se han correlacionado extensivamente al rendimiento de salto y del sprint [27-29]. En parte, esta asociación puede clarificarse al analizar las características cinemáticas y cinéticas de este ejercicio explosivo. Para saltar más alto (y producir potencias musculares superiores, por consiguiente), un atleta tiene que aplicar mayores cantidades de fuerza contra el suelo, tan rápidamente como sea posible [30]. Esencialmente, el rendimiento en el JS es muy dependiente de la capacidad del atleta para ejecutar rápido y fuerte acciones concéntricas, usando simultáneamente los grupos musculares extensores de la rodilla y de la cadera [31,32]. Igualmente, en el rendimiento de sprint, los músculos de las articulaciones de la cadera y de la rodilla pueden ser consideradas como los contribuyentes más importantes para producir los niveles más altos de velocidad en los atletas de élite [33]. Es más, al realizar los JS, los atletas logran rangos superiores de movimiento que a lo largo de las ejecuciones del OPP, lo que posiblemente lleva a magnitudes diferentes de adaptaciones neuromusculares. Está bien establecido que los movimientos "más profundos" (por ejemplo, mayor nivel de flexión de cadera y rodillas) produce adaptaciones favorables en los músculos extensores de la rodilla [34], un grupo muscular que juega un rol determinante en el rendimiento del salto y del sprint. Posiblemente, estas similitudes mecánicas afectaron positivamente la capacidad de velocidad en el grupo de JS, aumentando el efecto de la transferencia de los rendimientos de JS así como en el rendimiento de sprint.

El cálculo de la transferencia es una herramienta estadística diseñada para estimar el efecto de transferencia de las ganancias en el ejercicio "entrenado" sobre en el ejercicio "desentrenado" [7,19]. En este estudio, además de las intervenciones experimentales (es decir, los ejercicios JS y OPP), los jugadores de fútbol jóvenes realizaron juegos reducidos solamente (SSG). Puesto que está bien establecido que los Juegos reducidos son incapaces de mejorar la capacidad de velocidad [7,35-37], es razonable considerar que los ejercicios de JS y de OPP pudieran causar los cambios en

el rendimiento de sprint después de la intervención experimental. Esta afirmación puede confirmarse fácilmente cuando se analizan los distintos cambios de la velocidad de sprint observados por los grupos al final del período de entrenamiento. Los tamaños de efecto superiores observados en el grupo de JS para todas las distancias evaluadas (VEL 5, 10, 20, y 30 m) pudieron producir valores mayores de *efecto de transferencia* en este grupo [19]. Por otro lado, en el grupo de OPP, la ausencia de, como mínimo, de pequeños aumentos en la capacidad de la velocidad excluyó el cálculo de la transferencia entre ejercicio entrenado (OPP) y ejercicio desentrenado (sprint).

Curiosamente, el rendimiento de velocidad de COD sólo fue mejorado en el grupo de JS. Aunque la capacidad de COD parece depender de factores múltiples [38,39], es posible que las mecánicas del JS igualmente favorezcan a esta capacidad. En realidad, Hewitt y cols. [38] identificaron los rasgos técnicos "claves" del rendimiento de COD, resaltando la importancia de aplicar niveles altos de fuerza rápidamente contra el suelo en el despegue, que les permite a los atletas acelerar lo más rápidamente posible en la nueva dirección. Este desarrollo de fuerza concéntrica "rápida" también es crítico para generar niveles mayores de potencia del músculo durante los saltos verticales [40,41]. No obstante, a pesar de los aumentos importantes en la MPP del JS, el grupo de JS presentó sólo mejoras pequeñas en la capacidad del salto vertical (es decir, evaluado por medio de la altura del SJ y del CMJ). Estos resultados posiblemente se relacionan a los distintos mecanismos involucrados en actividades de salto realizadas bajo condiciones de carga o sin carga. Debido a la sobrecarga externa, los JS cargados se ejecutan a velocidades inferiores que el SJ y el CMJ. Así, hasta algún punto, el rendimiento en JS es dependiente de la capacidad de producir cantidades mayores de fuerza a velocidades inferiores (es decir, la fuerza dinámica máxima) [42,43]. Al contrario, el rendimiento en los saltos verticales sin carga (es decir, SJ y CMJ) parecen ser más dependientes de los ajustes precisos y específicos en la maquinaria contráctil (es decir, las estructuras neuromusculares responsables de la coordinación del patrón de salto) [44,45]. Conceptualmente, para mejorar estas capacidades neuromecánicas particulares, los jugadores de fútbol deben tener que incluir un número sustancial de sesiones pliométricas específicas (por ejemplo, series de salto en caída) en sus rutinas de entrenamiento [7,40,46]. De estos resultados, debe considerarse la necesidad de adoptar un plan de entrenamiento mixto (es decir, los entrenamientos de fuerza-potencia combinados con los ejercicios pliométricos) para lograr mayores adaptaciones neuromusculares y más consistentes en jugadores de fútbol de alto nivel.

Es de notar que el rango de cargas usadas en este estudio fue muy eficaz para producir adaptaciones positivas (y más grandes) en la MPP en los ejercicios JS y OPP. Como fue mencionado, se ha demostrado que la OPL es capaz de desarrollar las capacidades de fuerza-potencia en ambos extremos de la curva de fuerza/velocidad [5,47], aparte de estar estrechamente asociada con el rendimiento específico deportivo [28,29,48-50]. Sin embargo, sorprendentemente, aún con las ganancias presentadas por el grupo de OPP en la MPP del OPP, los sujetos fueron incluso incapaces para transferir estas adaptaciones "positivas" para el rendimiento de la velocidad de sprint y el rendimiento del salto. Desde un punto de vista práctico, aparentemente la transferencia "correcta" de la potencia muscular para las capacidades relacionadas con la velocidad-potencia depende no sólo de la intensidad del entrenamiento, sino de una opción apropiada de las técnicas de ejercicio. A este respecto, al menos para las capacidades físicas directamente relacionadas a la capacidad de aplicar mayor nivel de fuerza rápida contra el suelo (es decir, capacidad de sprint corto), los JS balísticos con carga deben preferirse por sobre el ejercicio de OPP multi-complejo. Posiblemente, estos resultados se relacionan directamente a las características mecánicas de estos ejercicios, incluyendo su ejecución per se y los distintos rangos de movimiento logrados en cada ejercicio. Este nuevo hallazgo puede tener implicaciones importantes sobre la prescripción del entrenamiento de la fuerza-potencia.

Nosotros reconocemos que la ausencia de un grupo de control (por ejemplo, un grupo de entrenamiento del sprint) es una limitación de esta investigación. Sin embargo, este estudio se realizó con jugadores de fútbol de alto nivel durante una pretemporada de corta duración (antes de una temporada competitiva importante), que restringe mucho las posibilidades experimentales.

CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio apoyan la adopción de los ejercicios de JS en detrimento del OPP en jugadores de fútbol, debido a sus mayores efectos de transferencia en el sprint sobre distancias cortas (5 m) y largas (30 m). El uso de JS podría ser una estrategia segura para aumentar la capacidad de velocidad en jugadores de fútbol, sin riesgos inherentes involucrados en el entrenamiento del sprint máximo (por ejemplo, lesiones de los isquiotibiales) [51]. Posiblemente, esta superioridad se relaciona a las características mecánicas de los JS que estrechamente se parecen a la extensión "triple segmentaria" realizadas durante los pasos largos del sprint. Es de destacar que los JS son un ejercicio seguro y no requieren el mismo nivel de coordinación exigido que en el levantamiento de peso olímpico [52]. Por estas razones, puede llevarse a cabo fácilmente en las rutinas de entrenamiento de fútbol y debe preferirse comparado con el OPP más complejo. Deben dirigirse estudios más extensos para probar la efectividad de combinar los JS con ejercicios pliométricos

para mejorar la plétora de las capacidades físicas relacionadas con el campo en el fútbol.

REFERENCIAS

1. Barnes C, Archer DT, Hogg B, Bush M, Bradley PS. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *Int J Sports Med.* 2014;35: 1095-1100.
2. Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Zanetti V, Gil S, Kitamura K, et al. (2015). Half-squat or jump squat training under optimum power load conditions to counteract power and speed decrements in Brazilian elite soccer players during the preseason. *J Sports Sci.* 2015;33: 1283-1292.
3. Faude O, Schnitker R, Schulte-Zurhausen R, Muller F, Meyer T. (2013). High intensity interval training vs. *high-volume running training during pre-season conditioning in high-level youth football: a cross-over trial.* *J Sports Sci.* 2013;31: 1441-1450.
4. Noon MR, James RS, Clarke ND, Akubat I, Thake CD. (2015). Perceptions of well-being and physical performance in English elite youth footballers across a season. *J Sports Sci.* 2015;18: 1-10.
5. Loturco I, Ugrinowitsch C, Roschel H, Tricoli V, Gonzalez-Badillo JJ. (2013). Training at the optimum power zone produces similar performance improvements to traditional strength training. *J Sports Sci Med.* 2013;12: 109-115.
6. Plisk SS, Stone MH. (2003). Periodization Strategies. *Strength Cond J.* 2003;25: 19-37.
7. Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Zanetti V, Kitamura K, Abad CC, et al. (2015). Transference effect of vertical and horizontal plyometrics on sprint performance of high-level U-20 soccer players. *J Sports Sci.* 2015;33: 2182-2191.
8. Holmberg PM. (2013). Weightlifting to improve volleyball performance. *Strength Cond J.* 2013;35: 79-88.
9. Loturco I, Kobal R, Maldonado T, Piazzzi AF, Bottino A, Kitamura K, et al. (2015). Jump squat is more related to sprinting and jumping abilities than Olympic push press. *Int J Sports Med.* 2015;In Press.
10. Rampinini E, Impellizzeri FM, Castagna C, Abt G, Chamari K, Sassi A, et al. (2007). Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *J Sports Sci.* 2007;25: 659-666.
11. Lake JP, Mundy PD, Comfort P. (2014). Power and impulse applied during push press exercise. *J Strength Cond Res.* 2014;28: 2552-2559.
12. Garnacho-Castano MV, Lopez-Lastra S, Mate-Munoz JL. (2015). Reliability and validity assessment of a linear position transducer. *J Sports Sci Med.* 2015;14: 128-136.
13. Loturco I, Nakamura FY, Tricoli V, Kobal R, Abad CC, Kitamura K, et al. (2015). Determining the optimum power load in jump squats using the mean propulsive velocity. *PLoS One.* 2015;10: e0140102.
14. Sanchez-Medina L, Perez CE, Gonzalez-Badillo JJ. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *Int J Sports Med.* 2010;31: 123-129.
15. Little T, Williams AG. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 2005;19: 76-78.
16. Batterham AM, Hopkins WG. (2006). Making meaningful inferences about magnitudes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2006;1: 50-57.
17. Cohen J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. *Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates.*
18. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41: 3-13.
19. Zatsiorsky V, Kraemer WJ. (2006). Science and Practice of Strength Training. *Champaign, IL: Human Kinetics.*
20. Chiu LZ, Salem GJ. (2006). Comparison of joint kinetics during free weight and flywheel resistance exercise. *J Strength Cond Res.* 2006;20: 555-562.
21. Hunter JP, Marshall RN, McNair PJ. (2005). Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. *J Appl Biomech.* 2005;21: 31-43.
22. Yamauchi J, Ishii N. (2007). Relations between force-velocity characteristics of the knee-hip extension movement and vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* 2007;21: 703-709.
23. Beardsley C, Contreras B. (2014). The increasing role of the hip extensor musculature with heavier compound lower-body movements and more explosive sport actions. *Strength Cond J.* 2014;36: 49-55.
24. Lees A, Vanrenterghem J, De Clercq D. (2004). The maximal and submaximal vertical jump: implications for strength and conditioning. *J Strength Cond Res.* 2004;18: 787-791.
25. Schache AG, Blanch PD, Dorn TW, Brown NA, Rosemond D, Pandy MG. (2011). Effect of running speed on lower limb joint kinetics. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43: 1260-1271.
26. Ohton D. (1988). Sports performance series: a kinesiological look at the long snap in football. *Strength Cond J.* 1988;10: 4-15.
27. Cronin JB, Hansen KT. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *J Strength Cond Res.* 2005;19: 349-357.
28. Loturco I, Pereira LA, Cal Abad CC, D'Angelo RA, Fernandes V, Kitamura K, et al. (2015). Vertical and horizontal jump tests are strongly associated with competitive performance in 100-m dash events. *J Strength Cond Res.* 2015;29: 1966-1971
29. Loturco I, D'Angelo RA, Fernandes V, Gil S, Kobal R, Abad CCC, et al. (2015). Relationship between sprint ability and loaded/unloaded jump tests in elite sprinters. *J Strength Cond Res.* 2015;29: 758-764.
30. Waller M, Gersick M, Holman D. (2013). Various Jump Training Styles for Improvement of Vertical Jump Performance. *Strength Cond J.* 2013;35: 82-89.
31. Requena B, Garcia I, Requena F, de Villarreal ES, Cronin JB. (2011). Relationship between traditional and ballistic squat exercise with vertical jumping and maximal sprinting. *J Strength Cond Res.* 2011;25: 2193-2204.

32. Tsiokanos A, Kellis E, Jamurtas A, Kellis S. (2002). The relationship between jumping performance and isokinetic strength of hip and knee extensors and ankle plantar flexors. *Isokinet Exerc Sci.* 2002;10: 107-116.
33. Delecluse C. (1997). Influence of strength training on sprint running performance. *Current findings and implications for training. Sports Med.* 1997;24: 147-156.
34. Bloomquist K, Langberg H, Karlsen S, Madsgaard S, Boesen M, Raastad T. (2013). Effect of range of motion in heavy load squatting on muscle and tendon adaptations. *Eur J Appl Physiol.* 2013;113: 2133-2142.
35. Hill-Haas SV, Coutts AJ, Rowsell GJ, Dawson BT. (2009). Generic versus small-sided game training in soccer. *Int J Sports Med.* 2009;30: 636-642.
36. Harrison CB, Kinugasa T, Gill N, Kilding AE. (2015). Aerobic Fitness for Young Athletes: Combining Game-based and High-intensity Interval Training. *Int J Sports Med.* 2015;36: 929-934.
37. Katis A, Kellis E. (2009). Effects of small-sided games on physical conditioning and performance in young soccer players. *J Sports Sci Med.* 2009;8: 374-380.
38. Hewit J, Cronin J, Hume P. (2012). Understanding Change of Direction Performance: A Technical Analysis of a 180 Ground-Based Turn and Sprint Task. *Int J Sports Sci Coaching.* 2012;7: 493-502.
39. Sheppard JM, Young WB. (2006). Agility literature review: classifications, training and testing. *J Sports Sci.* 2006;24: 919-932.
40. Adams K, O'Shea KL, Climstein M. (1992). The Effect of Six Weeks of Squat, Plyometric and Squat-Plyometric Training on Power Production. *J Strength Cond Res.* 1992;6: 36-41.
41. Sleivert G, Taingahue M. (2004). The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2004;91: 46-52.
42. Stone MH, O'Bryant HS, McCoy L, Coglianese R, Lehmkuhl M, Schilling B. (2003). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *J Strength Cond Res.* 2003;17: 140-147.
43. Loturco I, Nakamura FY, Kobal R, Gil S, Cal Abad CC, Cuniyochi R, et al. (2015). Training for Power and Speed: Effects of Increasing or Decreasing Jump-Squat Velocity in Elite Young Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 2015;In Press.
44. Wilson JM, Flanagan EP. (2008). The role of elastic energy in activities with high force and power requirements: a brief review. *J Strength Cond Res.* 2008;22: 1705-1715.
45. Bobbert MF, Gerritsen KG, Litjens MC, Van Soest AJ. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Med Sci Sports Exerc.* 1996;28: 1402-1412.
46. Impellizzeri FM, Rampinini E, Castagna C, Martino F, Fiorini S, Wisloff U. (2008). Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. *Br J Sports Med.* 2008;42: 42-46.
47. Moss BM, Refsnes PE, Abildgaard A, Nicolaysen K, Jensen J. (1997). Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1997;75: 193-199.
48. Loturco I, Nakamura FY, Artioli GG, Kobal R, Kitamura K, Cal Abad CC, et al. (2016). Strength and power qualities are highly associated with punching impact in elite amateur boxers. *J Strength Cond Res.* 2016;30: 109-116.
49. Loturco I, Artioli GG, Kobal R, Gil S, Franchini E. (2014). Predicting punching acceleration from selected strength and power variables in elite karate athletes: a multiple regression analysis. *J Strength Cond Res.* 2014;28: 1826-1832.
50. Loturco I, Barbosa AC, Nocentini RK, Pereira LA, Kobal R, Kitamura K, et al. (2015). A correlational analysis of tethered swimming, swim sprint performance and dry-land power assessments. *Int J Sports Med.* 2015;In Press.
51. Engebretsen AH, Myklebust G, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. (2010). Intrinsic risk factors for hamstring injuries among male soccer players: a prospective cohort study. *Am J Sports Med.* 2010;38: 1147-1153.
52. Kilgallon M, Beard A. (2010). The assisted jump squat: an alternative method for developing power in adolescent athletes. *Strength Cond J.* 2010;32: 26-29.

Cita Original

Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Maldonado T, Piazzi AF, Bottino A, et al. (2016) Improving Sprint Performance in Soccer: Effectiveness of Jump Squat and Olympic Push Press Exercises. *PLoS ONE* 11(4): e0153958. doi:10.1371/journal.pone.0153958