PubliCE, (PubliCE) 2019

Article

Efectos de Diez Semanas de Entrenamiento Isométrico o Dinámico de Core en el Rendimiento de la Escalada en Escaladores Altamente Entrenados

Atle Hole Saeterbakken, Einar Loken, Suzanne Scott, Espen Hermans, Vegard Albert Vereide y Vidar Andersen

RESUMEN

Este es el primer estudio en comparar los efectos del entrenamiento de core isométrico versus dinámico y caracterizar las adaptaciones del entrenamiento de core utilizando tests de rendimiento específico de escalada y de fuerza de core en escaladores de élite. El objetivo del estudio fue comparar los efectos de asistir a un programa progresivo de entrenamiento de core sobre el rendimiento de la escalada. 19 escaladores avanzados y de élite (7,3±5,6 años de experiencia en escalada, grado de habilidad de redpoint 19, IRCRA) fueron asignados al azar en un grupo de entrenamiento de core dinámico (DCT) o isométrico (ICT) y entrenaron dos veces por semana durante diez semanas. Los escaladores fueron probados usando dos tests de core específicos de escalada (lock-off del cuerpo y levantamiento del cuerpo) y cuatro tests de fuerza de core no específicos: uno dinámico (superman) y tres isométricos (flexión del tronco y rotación del tronco a la izquierda y a la derecha). Las comparaciones entre grupos no mostraron diferencias entre los grupos post-test (p = 0,328-0,824) y ninguno de los grupos demostró una mayor mejoría en comparación con el otro (p = 0,300-0,926). El grupo de ICT demostró una mejoría del 10,8% y 29,6% en la flexión del tronco y el levantamiento del cuerpo (p = 0,029-0,037 sin mejoría en el lock-off y la rotación del cuerpo (p = 0,101-0,343). El grupo de DCT demostró una mejoría del 5,0-14,9% en los tests de fuerza de core (p = 0,012-0,043), una mejoría no significativa del 33,8% en el levantamiento del cuerpo (p = 0,100) y ninguna mejoría en el lock-off del cuerpo (p = 0,943). En conclusión, ninguno de los grupos de entrenamiento demostró una mayor mejoría que el otro y tanto el entrenamiento de core dinámico como el isométrico mejoraron el rendimiento de los tests específicos de escalada. El entrenamiento dinámico fue ligeramente más favorable, aunque no significativamente superior al entrenamiento isométrico de core para mejorar la fuerza del mismo.

INTRODUCCIÓN

En las competiciones de escalada indoor, una ruta consta de 20-50 paradas y tarda de 2 a 7 minutos en completarse con intensidades que oscilan entre el 71 y el 91% de la frecuencia cardíaca máxima [1-3]. En las últimas décadas, el rendimiento en escalada, medido por el grado de dificultad de las rutas, ha mejorado notablemente en las series de la Copa Mundial de Escalada Deportiva. Sin embargo, el entrenamiento utilizado para mejorar y desarrollar el rendimiento de la

escalada se fundamenta principalmente en el conocimiento basado en la experiencia, estudios transversales [4,5] y algunos estudios de intervención realizados en escalada [6,7].

Varios estudios transversales han informado la fuerza y/o resistencia en los dedos, la composición corporal y la fuerza relativa de la parte superior del cuerpo como los factores físicos más importantes que predicen el rendimiento de la escalada [4,5]. Se han investigado varios factores como predictores del rendimiento de la escalada. También se han examinado los tests más frecuentemente utilizados (Bent-arm hang, Dead-hang y fuerza de los dedos) relacionados a acciones específicas de escalada, y la contribución relativa de los factores antropométricos (altura, peso, grasa corporal) y la experiencia y flexibilidad de la escalada. Entre el 0,3 y el 97% del rendimiento de la escalada se ha explicado por estos factores, solos o en combinación, dependiendo del nivel de rendimiento de escalada y del número de factores incluidos en los análisis [1,4], y la duración en una suspensión de agarre con los dedos ("dead hang") ha resultado ser el mejor predictor individual de rendimiento ($r2 = 0,66-0,76$) [4].

El nivel de dificultad de una ruta es manipulado por varios factores como el tipo de agarre (tamaño y forma), la distancia y la posición entre agarres y la pendiente de la pared de escalada. Como resultado, la escalada incluye movimientos dinámicos y a menudo explosivos con posiciones estáticas cortas antes de la siguiente transición. En las rutas de escalada de élite (24-27 IRCRA), los escaladores a menudo sólo tienen dos puntos de contacto en la pared (normalmente, un brazo y el pie opuesto). Para tener éxito al mantener las posiciones, alcanzar las presas de escalada, sujetar la cuerda a los mosquetones y moverse eficientemente, la estabilidad y la fuerza del core se han propuesto a menudo como factores clave en el rendimiento de la escalada de élite, y aunque esto nunca se ha examinado sistemáticamente, Muehlbauer y sus colegas demostraron un aumento del 19-22% en la fuerza del core (flexión y extensión) entre los adultos sedentarios después de entrenar en escalada dos veces a la semana durante ocho semanas [8]. Un core fuerte y estable puede resistir la rotación del tronco [9] y permitir que la fuerza generada por los pies se transfiera a los brazos sin causar una pérdida de energía, perjudicar la técnica o reducir el rango de movimiento de los brazos.

Los estudios han examinado el entrenamiento del core y el rendimiento en la carrera [10,11], la natación [12], el lanzamiento [13], las patadas [14] y la velocidad del palo de golf [15]; sin embargo, faltan pruebas concluyentes de la contribución de la fuerza del core. [16]. Los estudios que han demostrado una mejora han utilizado programas progresivos de entrenamiento de core y han incluido tanto la fuerza como la estabilidad del core [13,17-19]. Por ejemplo, Saeterbakken et al. [13] demostraron una mejora del 4,9% en la velocidad de lanzamiento entre jugadores de balonmano después de un programa de entrenamiento de core. Aún así, varios estudios han demostrado una mejora en los resultados de los tests de estabilidad y de core sin una mejora en el rendimiento [11,12,20-22].

En la mayoría de los deportes, tanto los movimientos de core dinámicos como los isométricos son importantes [23]. Estudios anteriores sobre la relación entre el entrenamiento de core y el rendimiento han utilizado protocolos de entrenamiento isométrico (10,12,13,16) o dinámico (9,11), solos o en combinación (14,17), sin pruebas concluyentes del mejor enfoque. Sin embargo, no se ha realizado una comparación de los efectos del entrenamiento de core isométrico y dinámico y se desconocen los efectos del entrenamiento progresivo de core sobre el rendimiento de la escalada. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue comparar el entrenamiento de core dinámico e isométrico en tests específicos de rendimiento de escalada en escaladores avanzados y de élite. Se planteó la hipótesis de que las puntuaciones de los tests en ambos grupos aumentarían después de la intervención, sin que se produjeran diferencias significativas para ninguno de los dos grupos.

MÉTODOS

Diseño

El estudio tuvo un diseño de comparación dentro- y entre-grupos. Diecinueve escaladores fueron asignados aleatoriamente para participar en un programa de diez semanas de entrenamiento de core progresivo que consistía en ejercicios isométricos o dinámicos de core. Todos los participantes fueron probados pre- y post-intervención usando una test dinámico y un test isométrico específicos de escalada, un test dinámico de fuerza de core y tres tests isométricos de fuerza de core. Durante la intervención, los escaladores continuaron con sus rutinas normales de escalada.

Participantes

Diecinueve escaladores (14 hombres y 6 mujeres) se ofrecieron a participar en el estudio. Los escaladores (27,4 ± 6,7 años, altura 1,74 ± 0,09 m, peso 70,3 ± 10,1 kg) tuvieron una experiencia media de escalada de 7,3 ± 5,6 años. Después del pre-test, los participantes se estratificaron primero (por sexo) y luego se clasificaron por habilidades de escalada

(rendimiento de escalada red-point on-sight el año pasado) en parejas (es decir, los dos mejores hombres fueron el par uno, el número 3 y el 4 fueron el par dos, etc.). Los escaladores de cada pareja fueron entonces asignados aleatoriamente a un programa de entrenamiento de core isométrico (ICT) o a un programa de entrenamiento de core dinámico (DCT). Diecinueve escaladores completaron los pre- y post-tests (un escalador de élite masculino se retiró). No hubo diferencias entre los grupos en cuanto a la experiencia de escalada, la habilidad de escalada o las medidas antropométricas medias en el pre-test (p = 0,552-0,847). Para más detalles, véase la Tabla 1.

Group	Sex	Age (years)	Weight (kg)	Height (cm)	Climbing experience (years)	Climbing ability Elite / advance	Climbing performance IRCRA scale*
DCT	Male (n = 6)	26.5 ± 6.2	71.3 ± 7.2	177.3 ± 6.0	6.4 ± 6.6	1 / 5	19.2 ± 2.8
	Female (n = 3)	25.3 ± 3.0	68.2 ± 6.4	169.3 ± 2.1	6.8 ± 2.8	0 / 3	17.3 ± 1.5
ICT	Male (n = 7)	30.3 ± 8.7	77.3 ± 7.3	180.5 ± 6.0	8.6 ± 7.2	1 / 5	22.3 ± 2.1
	Female (n = 3)	24.3 ± 4.1	54.0 ± 1.8	159.7 ± 2.3	3.9 ± 0.7	2 / 1	19.9 ± 4.4

* red-point on-sight last year

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203766.t001

Los criterios de inclusión para la participación fueron un mínimo de un año de experiencia en escalada, estar libre de lesiones durante los últimos seis meses, tener una frecuencia de escalada de al menos dos sesiones por semana y una habilidad de escalada de nivel avanzado o superior (>15) de acuerdo con la escala del IRCRA [24].

Declaración de Ética

El estudio fue aprobado por los Comités Regionales de Salud Médica y Ética de la Investigación de Noruega (2009/1735/REK Sør-Øst D) y se ajustó a las normas de tratamiento de los participantes humanos en la investigación, tal como se describe en la 5ª Declaración de Helsinki. Los participantes fueron informados (tanto por escrito como oralmente) sobre todos los procedimientos de prueba y entrenamiento y dieron su consentimiento informado por escrito para participar antes de entrar en el estudio. Los participantes dieron su consentimiento informado por escrito (de acuerdo con las pautas de consentimiento de PLOS) para que sus imágenes se reprodujeran en este manuscrito.

Procedimientos de Prueba

Antes del pre-test, se realizó un estudio piloto de la batería de pruebas, en el que se examinó la distancia y la diferencia de altura (es decir, el ángulo del test) entre el agarre de la mano y la colocación del pie en los dos tests de fuerza del core específicos de la escalada (lock-off del cuerpo y levantamiento del cuerpo). Con una distancia reducida o una mayor diferencia de altura entre la colocación de la mano y el pie, se encontró que la resistencia al agarre (en lugar de la fuerza del core) era el factor limitante. Por lo tanto, los procedimientos de prueba se seleccionaron cuidadosamente para garantizar que el factor que se estaba examinando era la fuerza del core y no la resistencia del agarre. También se incluyeron tests de fuerza de core en la alineación neutra de la columna y la pelvis para probar el efecto de las contracciones dinámicas e isométricas en esta posición. El ejercicio conocido como 'Superman' (versión dinámica del puente prono) se ha utilizado en intervenciones anteriores [13,25], pero no se ha aplicado específicamente como un test. Sin embargo, después de algunas pruebas piloto, encontramos que este ejercicio tiene una alta validez ecológica como test, siempre y cuando se observen estrictamente los criterios para un desempeño correcto (ver métodos). Anteriormente se han realizado tests isométricos de fuerza del core que implican flexión y rotación del tronco [8,25]. Después de completar los procedimientos pre-test, once escaladores (2 mujeres, 9 hombres, edad 28,0 ± 9,0 años, altura (1,78 ± 0,60 m y peso 74,9 ± 6,0 kg, experiencia de escalada 7,8 ± 7,3 años) fueron reclutados con una habilidad de escalada indoor red-point y on-sight de 17 (7a grado francés) y 20 (7b+ grado francés). Los participantes fueron evaluados dos veces en el lock-off del cuerpo, el levantamiento del cuerpo y el superman con 3-10 días de separación de las dos sesiones (ver procedimientos de prueba). La fiabilidad de test-restest (ICC) para el lock-off del cuerpo, el levantamiento del cuerpo y el superman fue de 0,790, 0,908 y 0,874, lo que es coherente con un acuerdo excelente [26].

Tanto en el estudio piloto como en el experimental, los escaladores se abstuvieron de realizar un entrenamiento extenuante dirigido a la parte superior del cuerpo (brazos, hombros, dedos y core) 48 horas antes del test. Los pre- y post-tests se realizaron a la misma hora del día. El orden de los tests fue aleatorizado para cada escalador. Antes de comenzar el test, los escaladores realizaron un calentamiento aeróbico no extenuante de 10 minutos (caminando y trotando), 10 minutos no-

exigentes atravesando el muro de escalada y cinco rocas (5-10 movimientos) con agarres medios. Durante el test, se permitió una recuperación de 10 minutos entre los tests de levantamiento y lock-off del cuerpo y de 3 minutos entre el test dinámico (Superman) y los tests de fuerza isométrica de core, con una recuperación de 1 a 2 minutos entre los intentos de estos tests. Se realizaron dos intentos de lock-off del cuerpo y de levantamiento del cuerpo y tres intentos del test de fuerza isométrica de core y del test de Superman. Finalmente, probamos la fuerza y resistencia de los dedos en el test finger-hang. Durante los tests, se alentó verbalmente a los participantes para maximizar su rendimiento.

Lock-off del Cuerpo

El participante adoptó una posición horizontal con su pie preferido en un peldaño del campus (40,6 cm de largo, 2,5 cm de ancho de agarre, tamaño M, Metolius Climbing, Oregón, EEUU) a 20 cm del suelo con el borde curvo hacia abajo (figura S1). Se le indicó al participante que juntara sus escápulas (retracción escapular) y que levantara el otro pie a la misma altura que su pie en el peldaño sin tocarlo (es decir, apoyo unilateral del pie). Se le dijo al participante que agarrara el peldaño del campus sin usar sus pulgares (Fig. S1) [4], a un ancho de agarre seleccionado por él mismo con el dedo meñique dentro de la longitud del peldaño. La distancia entre los peldaños de los pies y las manos se individualizó a la altura de cada escalador y el peldaño de apoyo de las manos se colocó al 50% de la altura del escalador. El participante fue instruido a levantar su cuerpo manteniendo el hombro, la pelvis y el tobillo en una línea horizontal. El tiempo de la prueba comenzó cuando la pelvis se elevó del suelo y se detuvo cuando cualquier parte del cuerpo tocó el suelo. Los escaladores usaron sus propios zapatos de escalada y tiza para mejorar su agarre.

Levantamiento del Cuerpo

Los escaladores utilizaron un agarre pronado de ancho de hombros para sostener una viga fija de 6 cm fijada a 225 cm del suelo (Fig. S2). Se colocó un chip de pie a 185 cm del suelo. La distancia entre el chip y la viga de madera correspondía a la longitud del cuerpo del participante. Se les pidió a los escaladores que levantaran su cuerpo y colocaran sus pies en el chip. Los participantes tenían que mantener la posición del pie durante un segundo (Fig. S2) antes de bajar el cuerpo a una velocidad controlada a la posición inicial. El balanceo de las piernas desde la fase de descenso se detuvo por completo agarrando los pies de los escaladores antes de cada repetición. No se permitía balancear las piernas para ganar impulso (mover la cadera) antes de comenzar una nueva repetición. El número de repeticiones completadas se utilizó en análisis posteriores. La prueba de levantamiento del cuerpo fue diseñada para integrar los músculos del core con otros grupos musculares y para que se parezca a la escalada. En resumen, para alcanzar la posición horizontal, una contracción dinámica de las fibras del recto abdominal inferior (inserción del tubérculo púbico), integrada con los abdominales oblicuos externos e internos inferiores, orienta los miembros inferiores hacia anterior y superior. Una breve contracción isométrica ocurre a medida que el pie se estabiliza en el estante y, para desacelerar el impulso de las extremidades inferiores antes de que se inicie un nuevo ensayo, los músculos centrales del tronco anterior y la columna lumbar y la pelvis (psoas ilíaco) se contraen de forma excéntrica a medida que se bajan las piernas.

Superman

Los participantes adoptaron una posición de flexión de brazos con las manos sobre una tabla de deslizamiento (Flowin Friction Trainer (Flowin AB, Vintrie, Suecia) con los pies contra la pared y la pelvis en una inclinación neutra). Se les pidió a los escaladores que deslizaran sus brazos hacia adelante hasta donde pudieran y regresaran a la posición inicial mientras mantenían la alineación (altura e inclinación) de su pelvis (ver Fig. S3). La distancia entre los pies y las yemas de los dedos se midió colocando una almohadilla delante de las dos almohadillas de las manos (véase la figura S3). Si los escaladores no pudieron mantener su posición pélvica o no pudieron regresar a la posición inicial, el intento no se contó. La distancia máxima alcanzada se calculó como un porcentaje de la longitud del cuerpo del escalador.

Tests de Fuerza Isométrica del Core

Los tests se realizaron sagitalmente (flexión del tronco) y con rotación a ambos lados [20], con los brazos del participante cruzados sobre el pecho y una banda no elástica sujetada a una celda de fuerza (Ergotest Technology AS, Langesund, Noruega) bajo los brazos. Los escaladores se sentaron en una mesa con un ángulo de 90 grados en la cadera y los pies detrás de las patas de la mesa (véase la figura S4). Los participantes fueron instruidos para aumentar gradualmente su salida de fuerza al máximo y mantener la fuerza máxima durante cinco segundos. Se utilizó la fuerza media más alta en una ventana de tres segundos, identificada por el software Musclelab (V10.13, Ergotest Technology AS, Langesund, Noruega). El mejor intento en cada dirección se utilizó en análisis posteriores.

Test de Finger-Hang

Este test mide la fuerza isométrica de los dedos y/o la resistencia y se ha aplicado como test específico de escalada en varios estudios que ofrecen una descripción más detallada [1,4,6]. Brevemente, un participante usa cuatro dedos (el pulgar está excluido del agarre) para colgar en un peldaño del Campus de 2,5 cm (viga media del Campus, Metolius Climbing,

Oregon, EEUU). Para iniciar el test, el participante debe flexionar las caderas y levantar las piernas del suelo para que la parte superior del cuerpo y el tronco cuelguen verticalmente y el test se detiene cuando sus dedos pierdan el agarre de la viga. Se permitieron dos ensayos separados por un descanso de cuatro minutos y el mejor intento (es decir, la suspensión de mayor duración) se utilizó en los análisis posteriores.

Protocolo de Entrenamiento

Los programas de entrenamiento isométrico y dinámico se realizaron dos veces por semana durante diez semanas. Cada sesión duró de 30 a 40 minutos y contuvo cuatro ejercicios. Los programas de entrenamiento fueron similares en intensidad (4-10 repeticiones máximas), volumen (3-4 series) y descansos entre series y ejercicios (2 minutos). Los ejercicios fueron: foot-lift (Fig. S5), lock-off de brazo (Fig. S6), puente lateral (Fig. S7) y puente prono (Fig. S8). El foot-lift y el lock-off de brazo se realizaron en una pared de búlder artificial. En el ejercicio de foot-lift, los participantes se colgaron de dos agarraderas de mano en una pared pendiente y levantaron una rodilla o pie hacia una posición de pie (Fig. S5). En el ejercicio de lock-off de brazo, los participantes utilizaron el brazo y el pie izquierdo o el brazo y el pie derecho para mantener una posición en la pared y con el brazo libre extendido horizontalmente lo más posible para agarrar con la mano, logrando una posición en la pared antes de regresar a la posición inicial (Fig. S6). El puente lateral (Fig. S7) y el puente prono (Fig. S8) se han descrito en detalle en otra parte [27].

La progresión de los programas de entrenamiento se logró aumentando el número de repeticiones, series, inclinación de la pared, disminuyendo la base de apoyo, aumentando el nivel del/los brazo/s y aumentando la distancia a la posición de pie o a la empuñadura. Los ejercicios en el ICT fueron idénticos, pero en lugar de moverse dinámicamente de una posición de inicio a una de final como el DCT, el ICT realizó una contracción isométrica en la posición final y mantuvo la posición durante tres a cinco segundos, con una recuperación de tres segundos entre cada repetición. Si un participante logró realizar la serie final con el máximo número de repeticiones (DCT) o por el máximo tiempo (ICT), progresó a un nivel superior en su siguiente sesión de entrenamiento. Los detalles de los diferentes niveles de intensidad se presentan en las Tablas 2 y 3. El número de sesiones de escalada, las horas de entrenamiento de escalada y las sesiones de entrenamiento de core fueron informadas semanalmente usando un formulario de registro.

Tabla 2. *Una visión general de la progresión del entrenamiento para el grupo de ICT.*

		Foot-lift*	Arm lock-off*	Prone-bridge	Side-bridge*
Level 1	Time x reps x sets Instructions	5sec x 3 x 4 Lift knee	5sec x 3 x 4 Vertical wall	15 – 20sec x 3 On the knees	15 – 20sec x 3 On the elbows
Level 2	Time x reps x sets Instructions	5sec x 5 x 4	5sec x 5 x 4	15 – 20sec x 3 ↑ distance	25 – 30sec x 3
Level 3	Time x reps x sets Instructions	5sec x 3 x 4 Lifting foot, > 90° hip angle	5sec x 3 x 4 ↑ steeper wall	25 – 30sec x 3 ↑ distance	15 – 20sec x 3 ↑ distance
Level 4	Time x reps x sets Instructions	5sec x 5 x 4	5sec x 5 x 4	15 – 20sec x 3 On the toes	25 – 30sec x 3
Level 5	Time x reps x sets Instructions	5sec x 3 x 4 Lifting hip, < 135° hip angle	5sec x 3 x 4 ↑ distance to hand grip	15 – 20sec x 3 ↑ distance	15 – 20sec x 3 Extended arm
Level 6	Time x reps x sets Instructions	5sec x 5 x 4	5sec x 5 x 4 ↑ steeper wall	25 – 30sec x 4	15 – 20sec x 3 Elevated the foot
Level 7	Time x reps x sets Instructions	5sec x 3 x 4 ↑ distance to foot stance	5sec x 5 x 4 ↑ distance to hand grip	25 – 30sec x 4 Elevated one foot	25 – 30sec x 3

* = the exercise was performed with the right and left arm or foot

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203766.t002

Tabla 3. *Una visión general de la progresión del entrenamiento para el grupo de DCT.*

		Foot-lift*	Arm lock-off*	Prone-bridge	Side-bridge*
Level 1	Reps x sets Instructions	5–6 x 4 Lift knee	5–6 x 4 Vertical wall	5–6 x 3 On the knees	5–6 x 3 On the elbows
Level 2	Reps x sets Instructions	8–10 x 4	8–10 x 4	5–6 x 3 ↑ distance	8–10 x 3
Level 3	Reps x sets Instructions	5–6 x 4 Lifting foot, > 90° hip angle	5–6 x 4 ↑ steeper wall	8–10 x 3 ↑ distance	5–6 x 3 ↑ distance
Level 4	Reps x sets Instructions	8–10 x 4	8–10 x 4	5–6 x 3 On the toes	8–10 x 3
Level 5	Reps x sets Instructions	5–6 x 4 Lifting hip, < 135° hip angle	5–6 x 4 ↑ distance to hand grip	5–6 x 3 ↑ distance	5–6 x 3 Extended arm
Level 6	Reps x sets Instructions	8–10 x 4	8–10 x 4 ↑ steeper wall	8–10 x 4	5–6 x 3 Lifting the foot
Level 7	Reps x sets Instructions	5–6 x 4 ↑ distance to foot stance	8–10 x 4 ↑ distance to hand grip	8–10 x 4 Lifting one foot	8–10 x 4

* = the exercise was performed with the right and left arm or foot

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203766.t003

Estadísticas

Para evaluar las diferencias en el rendimiento, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) bidireccional (grupos x tiempo) con medidas repetidas. Cuando el ANOVA detectó una interacción significativa, se aplicaron t-tests pareados con la corrección post-hoc de Bonferroni para determinar dónde se encontraban las diferencias. Los tests se analizaron utilizando el paquete de software estadístico SPSS (SPSS 23; SPSS Inc., Chicago, IL, EEUU) y se analizaron por protocolo. El nivel de significación se estableció en $p \leq 0,05$; todos los resultados se presentan como media±desviación estándar. Para cuantificar la fuerza de los hallazgos, se utilizó el tamaño del efecto d de Cohen (ES). Un ES de 0,2 se consideró un efecto pequeño, 0,5 un efecto medio y 0,8 un efecto grande [28].

RESULTADOS

Lock-off del Cuerpo

No hubo diferencias entre los grupos pre- (p = 0,931) o post-test (p = 0,592). El grupo de ICT demostró una mejora no significativa del 10,6% en la duración del test (p = 0,192; ES = 0,23), mientras que el DCT tuvo una reducción del -0,5% (p = 0,943) entre el pre- y el post-test (Fig. S9). Ninguno de los grupos demostró una mejoría mayor que el otro (p = 0,817).

Levantamiento del Cuerpo

No hubo diferencias entre los grupos pre- (p = 0,372) o post-test (p = 0,328) en el número de levantamientos exitosos. El ICT mejoró un 29,6% (p = 0,037; ES = 0,30) y el DCT un 33,8% (p = 0,100; ES = 0,43); sin embargo, los aumentos no fueron significativamente mayores que los del otro grupo (p = 0,333; Fig. S9).

Superman

No hubo diferencias entre los grupos pre- (p = 0,561) o post-test (p = 0,824). Se observó una mejora del 2,4% y del 5,0% en el grupo de ICT (p = 0,248, ES = 0,19) y en el grupo de DCT (p = 0,041, ES = 0,68) (Fig. S9). Ninguno de los grupos demostró una mayor mejoría que el otro (p = 0,457).

MVCs del Core

No se observaron diferencias entre los grupos pre- o post-test en la flexión abdominal (p = 0,388-0,636), rotación a la derecha (p = 0,555-0,782) o rotación a la izquierda (p = 0,575-0,712, Fig. S9). En la flexión abdominal, el ICT y el DCT tuvieron una mejoría de 10,8% y 8,7% (ES = 0,50-0,51, p = 0,029-0,045), pero ninguno de los grupos tuvo una mayor mejoría que el otro (p = 0,694). Para la rotación derecha del core en el DCT, hubo una mejora del 8,2% (p = 0,012; ES = 0,92) en comparación con el 5,3% (p = 0,101; ES = 0,21) en el ICT, mientras que en la rotación a la izquierda en el DCT la

mejora fue del 14,9% (p = 0,043; ES = 0,47) en comparación con el 7,4% (p = 0,343; ES = 0,31) en el grupo de ICT.

Test de Finger-Hang

El rendimiento de test mejoró en ambos grupos en un 4,5% ± 16,8 en el DCT y en un 4,1% ± 20,0 en el ICT; sin embargo, la mejora no fue significativa (DCT: p = 0,488; ICT: p = 0,508). No hubo diferencias en la puntuación del test después de la intervención entre los grupos (p = 0,897).

En cuanto a la asistencia, el número medio de sesiones de entrenamiento de core asistidas en cada grupo fue de 24 ± 5 (ICT) y 25 ± 2 (DCT). Además, se registraron 45 ± 21 (75,1 ± 39,3 horas) y 34 ± 11 (54,4 ± 25,1 horas) sesiones de escalada (ICT y DCT, respectivamente) durante la intervención.

DISCUSIÓN

El grupo de DCT demostró mejoría en tres tests isométricos de core (flexión de tronco, rotación hacia la derecha e izquierda) y en la fuerza dinámica de core, sin embargo, no hubo mejoría en los dos tests de core específicos de escalada. En comparación, el grupo de ICT mejoró en los tests de fuerza isométricos de flexión de tronco y en un test específico de escalada (levantamiento del cuerpo), que incluyó la activación dinámica del tronco y la cadera, sin mejoría en los tests de rotación de tronco o de lock-off del cuerpo. Estos resultados no están de acuerdo con las propuestas de adaptaciones específicas del entrenamiento, ya que el grupo con entrenamiento dinámico de este estudio se desempeñó mejor en los tests de fuerza isométrica después de la intervención, con alguna evidencia de que los participantes con entrenamiento isométrico se desempeñaron mejor en una tarea con acciones dinámicas de tronco y cadera.

Se planteó la hipótesis de que habría mejoras para ambos grupos en los tests específicos de escalada: el entrenamiento dinámico con los ejercicios elegidos (foot-lift y lock-off de brazo) requiere flexión unilateral de cadera, ya sea mientras la parte superior del cuerpo soporta el tronco (foot-lift) o durante la estabilización transversal (por ejemplo, desde el apoyo del brazo derecho y de la pierna izquierda), ya que la extremidad superior y el pie no apoyados llegan a la posición de agarre (lock-off de brazo). Ambos ejercicios requieren una stiffness isométrica del tronco para proporcionar una base de soporte para las acciones de las extremidades, con movimientos dinámicos producidos ya sea en el hombro o en la cintura pélvica. Con el volumen prescrito (véanse las Tablas 1 y 2), la dosis durante diez semanas debería haber sido suficiente para inducir la adaptación, de acuerdo con [29]. Conforme nuestra hipótesis, se espera que este protocolo aumente la fuerza bilateral del tronco (ya que ambas extremidades se utilizan durante el entrenamiento), con el entrenamiento de transferencia de fuerza contralateral (brazo y pie opuestos estabilizados recíprocamente en cadena cerrada y luego involucrados en acciones de cadena abierta) especulado para mejorar la fuerza del plano transversal (rotacional), debido a la sinergia en el reclutamiento del oblicuo externo e interno durante el exitoso lock-off de brazo. En el grupo de DCT, los resultados fueron consistentes con esta hipótesis, con mejoría registrada en los tests de fuerza aislados (tests de fuerza de MVC sagitales y oblicuas). Sin embargo, el aumento de la fuerza no se tradujo en una mejora en el rendimiento de los tests específicos de escalada en el DCT, con un aumento en el puntaje que resultó sólo en el grupo de ICT (mejora significativa en el test de levantamiento del cuerpo). Este último hallazgo es sorprendente: el test de levantamiento del cuerpo implica acciones dinámicas de cadera y de columna lumbar que, según la especificidad del entrenamiento [30], deberían favorecer al grupo de DCT, cuyo entrenamiento incluía el movimiento dinámico de la pelvis sobre el tórax (lock-off de brazo en búlder), que ha demostrado evocar altas amplitudes EMG en la activación muscular del oblicuo abdominal [31]. El DCT demostró una mejoría de ~34% con un mayor tamaño del efecto de 0,43 frente a 0,30 que el grupo de ICT, que mejoró en un 30%; sin embargo, un tamaño de muestra pequeño y una desviación estándar grande probablemente dieron lugar a un error tipo II para el grupo de DCT. Además, la prueba de levantamiento del cuerpo no se dirige a los músculos del core de forma aislada, ya que sus acciones se integran durante el test. Se puede especular que la cintura escapular desempeña un papel importante en la asistencia de la posición del tronco a medida que el cuerpo pasa de una alineación vertical (axial) a la gravedad a una posición horizontal, con carga de los músculos apendiculares epiaxiales y los músculos escapulotorácicos. Anatómicamente hay contigüidad e interdigitación fascial entre el serrato anterior y los músculos abdominales oblicuos externos, de manera que cuando el hombro está cargado hay tensión de los músculos miofasciales circundantes.

En el otro test específico de escalada (lock-off del cuerpo), ninguno de los dos grupos mostró una mejoría significativa, lo que quizás sea menos sorprendente ya que este test se realiza horizontalmente, una posición que rara vez se da en la escalada [30]. Las mejoras en ambos grupos fueron sólo ⅓ de las mejoras para el test de levantamiento del cuerpo. Sin embargo, el test fue diseñado para examinar la capacidad de generar fuerza a través de toda la cadena cinética, desde los dedos de los pies hasta el core y terminando en los dedos de las manos [32]. Este es un patrón típico en la escalada y es crucial para que los escaladores puedan alcanzar un nuevo agarre de mano o pie [3]. Los resultados sugieren que ambos

enfoques (ICT y DCT) tuvieron un impacto similar en el resultado del test, induciendo una magnitud comparable de mejora en el tiempo de agarre, sin que ninguno de los dos grupos tuviera un rendimiento superior al del otro en el post-test (tiempo medio en la posición de prueba 30 segundos en ambos grupos).

Hasta donde sabemos, ningún estudio previo ha comparado el efecto del entrenamiento de core aislado versus el dinámico. Algunos, pero no todos los estudios anteriores han demostrado un mejor rendimiento después de una mejora de la fuerza y/o estabilidad del core [19,20,22,33]. Sin embargo, hay varias limitaciones de estos estudios, como no utilizar deportistas de élite, combinar el entrenamiento de core con el entrenamiento de la fuerza general o el entrenamiento de estabilidad de core y no de fuerza del mismo [10,19,34,35]. Varios estudios han realizado intervenciones dinámicas, isométricas o combinadas para examinar los efectos sobre el rendimiento [10,11,13,18,34], sin embargo, como ninguno de los estudios mencionados anteriormente aisló con éxito los modos de entrenamiento de core para compararlos, no son directamente comparables con el presente estudio. Otros estudios han utilizado pruebas de medición del rendimiento después de asistir a un programa de entrenamiento de core, con resultados no concluyentes: algunos han demostrado la ausencia de efecto [11,34] y otros han demostrado una mejora en el rendimiento [13,18,19]. En los estudios que no han demostrado un efecto, se ha argumentado que como los participantes ya estaban en un nivel de rendimiento alto, la capacidad para demostrar mejoras adicionales en el rendimiento después de 8-10 semanas era mínima [11,22,33]. Es importante destacar que en los estudios que demostraron un efecto positivo [13,18,19], se utilizó un programa progresivo de fortalecimiento del core, como se ha adoptado en el presente estudio. Por ejemplo, Saeterbakken y colegas mostraron una mejora del 4,9% en la velocidad de lanzamiento utilizando cuatro niveles de intensidad en un programa de entrenamiento de core, utilizando ejercicios dinámicos que incluían estabilidad y fortalecimiento de core [13], sin embargo, como los ejercicios se combinaron y no se aislaron en el entrenamiento dinámico versus el isométrico, como en este estudio, los resultados no son directamente comparables.

La fuerza del core se midió aisladamente con un test dinámico (Superman) y tres tests isométricos (flexión abdominal y rotación a ambos lados). Ninguno de los dos grupos demostró una mejoría mayor que el otro. Sin embargo, el grupo de DCT se desempeñó mejor en todos los tests después de la intervención, mientras que el grupo de ICT sólo mejoró en Superman y en la flexión del tronco. Es posible que las diferencias en la intensidad del rendimiento del ejercicio (dinámico versus isométrico) puedan haber influido en los resultados, sin embargo, la duración total del ejercicio fue igualada de acuerdo con los enfoques anteriores [36]. Además, la mejoría fue de entre ~8-15%, lo cual es bastante impresionante basado en los valores iniciales de la MVC (94-99% del peso corporal) en el pre-test de flexión del tronco. Estos valores son un 30-50% mayores que los observados en nuestro laboratorio utilizando una población de coincidencia de edad comparable. Basándose en los resultados del pre-test, se podría concluir que los escaladores de alto nivel tienen un core fuerte como resultado de la escalada.

En contraste con el principio de especificidad-entrenamiento [30] y de especificidad-tarea [37], el grupo de entrenamiento de core isométrico no mejoró el rendimiento en los tests de fuerza isométrica de core en rotación, mientras que el grupo de entrenamiento de core dinámico sí lo hizo, lo que sugiere que los dos enfoques de entrenamiento estimularon diferentes adaptaciones en los tejidos blandos. Esta especulación se apoya en pruebas recientes de adaptaciones de modo de entrenamiento específico en la longitud del fascículo y la arquitectura muscular de los isquiotibiales [38,39] y en pruebas previas de adaptaciones del tejido conectivo después del entrenamiento isométrico [29].

El estudio tiene algunas limitaciones: sólo dieciocho escaladores completaron el estudio (nueve participantes en cada grupo), lo que aumenta el riesgo de un error de tipo II debido al bajo poder estadístico. Además, como el entrenamiento de core no se realizó de forma aislada, sino que se incluyó dentro de la rutina general de entrenamiento de los participantes (es decir, escalada y búlder), el impacto de la carga no específica del tronco como resultado de otras actividades de entrenamiento puede haber tenido un efecto en los resultados [16]. Sin embargo, es importante señalar que no hubo diferencias en el estado de entrenamiento, el tiempo de suspensión de los dedos o el nivel de escalada entre los grupos de ICT y de DCT al inicio. Finalmente, como los participantes en este estudio estaban altamente entrenados, estos resultados pueden no ser generalizables para los escaladores con un nivel de participación menos elitista y se puede especular que los escaladores principiantes o de nivel intermedio pueden demostrar mayores mejorías después de un entrenamiento de core específico, como sugieren estudios anteriores [11,12].

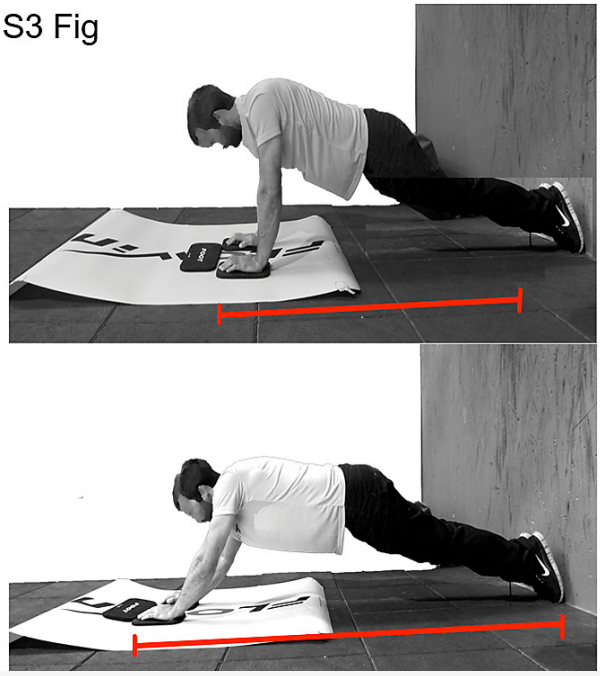
Este estudio es el primero que se realiza para comparar los efectos del entrenamiento de core dinámico e isométrico en escaladores de élite y para examinar si estos modos de entrenamiento de core mejoran el rendimiento de la escalada. Aunque ninguno de los dos enfoques de entrenamiento demostró una mejoría significativamente mayor en general, el DCT mejoró tanto en los tests de fuerza de core sagital como en los de rotación, mientras que el ICT sólo mejoró en el test sagital. Ambos modos de entrenamiento parecen ser igualmente efectivos para mejorar la MVC sagital. Con respecto a los tests específicos de escalada, sólo el grupo de ICT demostró una mejoría después de la intervención, sin embargo, este hallazgo debe interpretarse con precaución, ya que una asociación positiva entre la mejora de la fuerza de core y el rendimiento de la escalada puede ser más difícil de detectar en escaladores altamente entrenados con una fuerza de core alta al inicio. En resumen, basándose en los resultados de éste y otros estudios comparables previos [10,11,13], los autores

recomiendan que el entrenamiento de core dinámico debe incluirse en el régimen de ejercicios de los escaladores para aumentar la fuerza del músculo oblicuo, con un entrenamiento de core isométrico adoptado para maximizar la transferencia funcional de las ganancias de fuerza de core. Se necesita más investigación para proporcionar pruebas concluyentes de la transferibilidad de las mejoras en la fuerza del core al rendimiento, y para demostrar si los protocolos dinámicos o isométricos proporcionan un rendimiento superior.

S1 Fig

S2 Fig

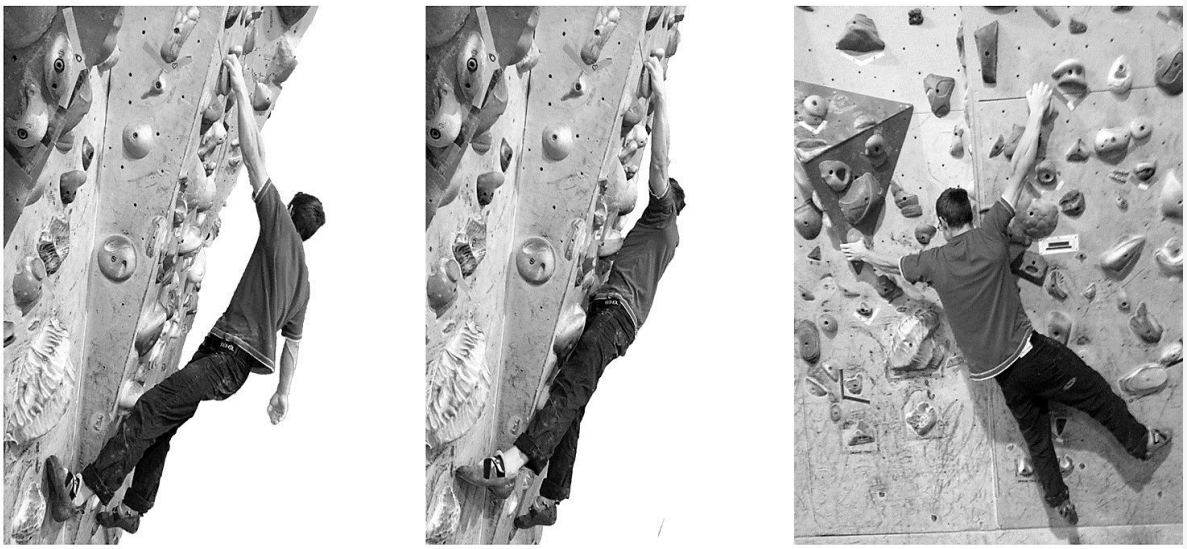
S3 Fig



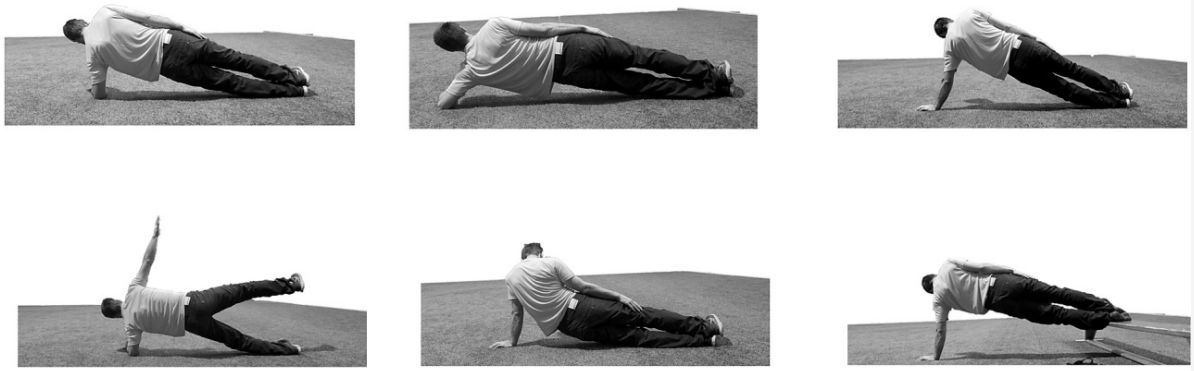
S4 Fig

S5 Fig

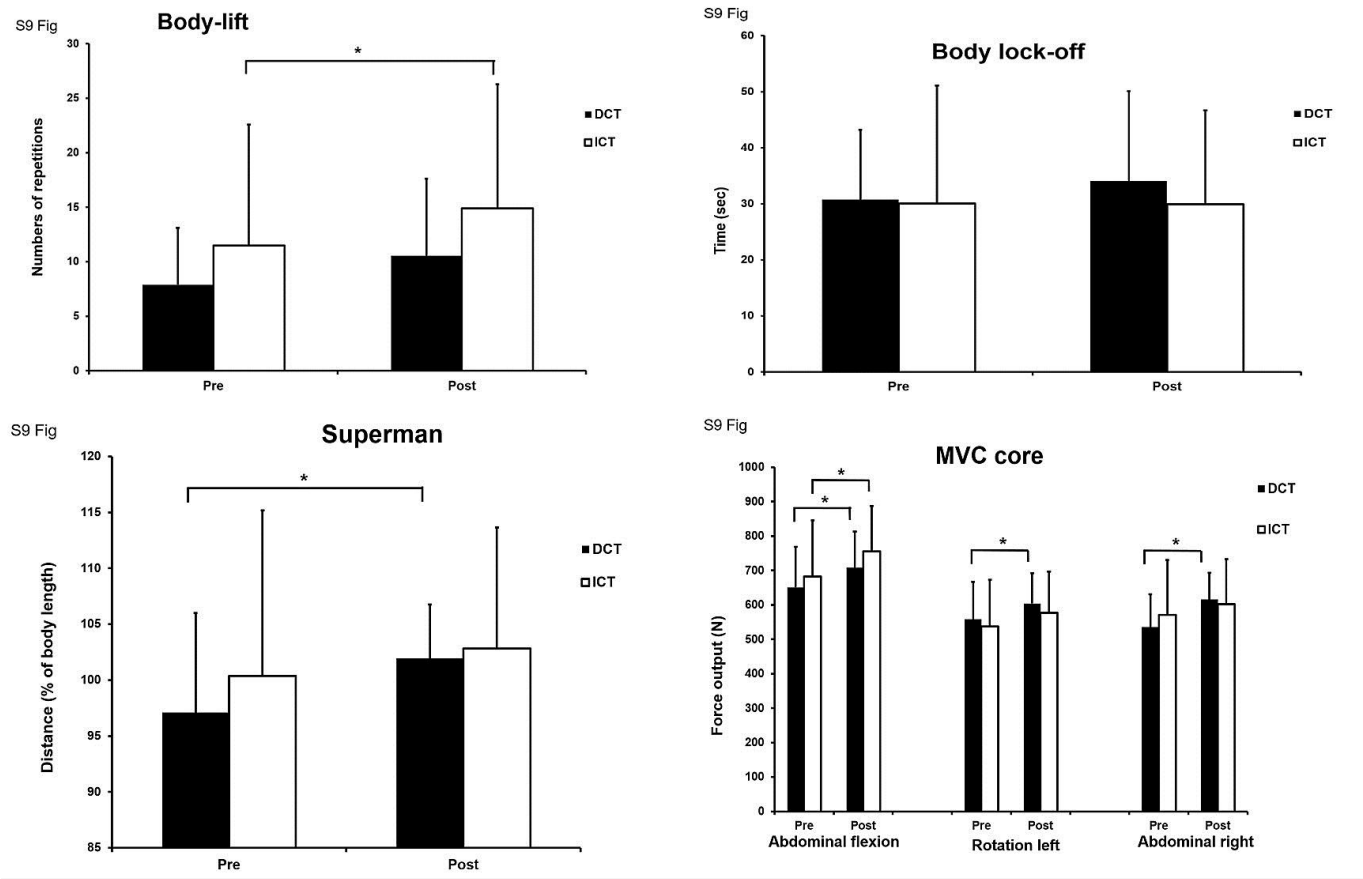
S6 Fig



S7 Fig



S8 Fig



Agradecimientos

Este estudio se llevó a cabo sin ningún tipo de financiación de la organización o de los fabricantes. Los autores desean agradecer a todos los individuos que contribuyeron o participaron en el estudio, especialmente a los participantes.

REFERENCIAS

1. Mermier CM, Janot JM, Parker DL, Swan JG. (2000). Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *Br J Sports Med. 2000;34(5):359–65; discussion 66. pmid:11049146; PubMed Central PMCID: PMC1756253.*
2. Watts PB. (2004). Physiology of difficult rock climbing. *Eur J Appl Physiol. 2004;91(4):361–72. pmid:14985990.*
3. Phillips KC, Sassaman JM, Smoliga JM. (2012). Optimizing Rock Climbing Performance Through Sport-Specific Strength and Conditioning. *Strength and Cond J. 2012;34(3):1–18.*
4. Balas J, Pecha O, Martin AJ, Cochrane D. (2012). Hand–arm strength and endurance as predictors of climbing performance. *Eur J Sport Sci. 2012;12(1):16–25.*
5. Watts PB, Martin DT, Durtschi S. (1993). Anthropometric profiles of elite male and female competitive sport rock climbers. *J Sports Sci. 1993;11(2):113–7. pmid:8497013.*
6. Hermans E, Andersen V, Saeterbakken AH. (2016). The effects of high resistance-few repetitions and low resistance-high repetitions resistance training on climbing performance. *Eur J Sport Sci. 2016:1–8. pmid:27863457.*
7. Balas J, Pecha O, Martin AJ, Cochrane DJ. (2009). Change in upper body strength and body composition after 8 weeks indoor climbing in youth. *Isoki and Exerc Sci. 2009;(17):173–90.*
8. Muehlbauer T, Stuerchler M, Granacher U. (2012). Effects of climbing on core strength and mobility in adults. *Int J Sports Med. 2012;33(6):445–51. Epub 2012/03/17. pmid:22422306.*
9. Kibler WB, Press J, Sciascia A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports Med. 2006;36(3):189–98. Epub 2006/03/11. pmid:16526831.*
10. Sato K, Mokha M. (2009). Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-M performance in runners? Journal of Strength and Conditioning Research. *2009;23(1):133–40. Epub 2008/12/17.*

pmid:19077735.
11. Stanton R, Reaburn PR, Humphries B. (2004). The effect of short-term Swiss ball training on core stability and running economy. *Journal of Strength and Conditioning Research. 2004;18(3):522–8. Epub 2004/08/24. pmid:15320664.*
12. Schibek JS, Guskiewicz KM, Prentice WE, Mays S, Davis JM. (1999). The effects of core stabilization training on functional performance in swimming. *J Athl Train. 1999;34(27).*
13. Saeterbakken AH, van den Tillaar R, Seiler S. (2011). Effect of core stability training on throwing velocity in female handball players. *J Strength Cond Res. 2011;25(3):712–8. pmid:20581697.*
14. Pedersen JLS, Magnussen R, Kuffel E, Seiler S. (2006). Sling exercise training improves balance, kicking velocity and torso stabilization strength in elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc. 2006;(38):243.*
15. Thompson CJ, Cobb KM, Blackwell J. (2007). Functional training improves club head speed and functional fitness in older golfers. *Journal of Strength and Conditioning Research. 2007;21(1):131–7. Epub 2007/02/23. pmid:17313268.*
16. Reed CA, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. (2012). The effects of isolated and integrated 'core stability' training on athletic performance measures: a systematic review. *Sports Med. 2012;42(8):697–706. Epub 2012/07/13. pmid:22784233.*
17. Weston M, Hibbs AE, Thompson KG, Spears IR. (2014). Isolated core training improves sprint performance in national-level junior swimmers. *Int J Sports Physiol Perform. 2015;10(2):204–10. Epub 2014/07/16. pmid:25025936.*
18. Lephart SM, Smoliga JM, Myers JB, Sell TC, Tsai YS. (2007). An eight-week golf-specific exercise program improves physical characteristics, swing mechanics, and golf performance in recreational golfers. *J Strength Cond Res. 2007;21(3):860–9. Epub 2007/08/10. pmid:17685707.*
19. Szymanski DJ, McIntyre JS, Szymanski JM, Bradford TJ, Schade RL, Madsen NH, et al. (2007). Effect of torso rotational strength on angular hip, angular shoulder, and linear bat velocities of high school baseball players. *J Strength Cond Res. 2007;21(4):1117–25. Epub 2007/12/14. pmid:18076221.*
20. Tse MA, McManus AM, Masters RS. (2005). Development and validation of a core endurance intervention program: implications for performance in college-age rowers. *Journal of Strength and Conditioning Research. 2005;19(3):547–52. Epub 2005/08/13. pmid:16095402.*
21. Parkhouse KL, Ball N. (2011). Influence of dynamic versus static core exercises on performance in field based fitness tests. *J Bodyw Mov Ther. 2011;15(4):517–24. Epub 2011/09/29. pmid:21943626.*
22. Lust KR, Sandrey MA, Bulger SM, Wilder N. (2009). The effects of 6-week training programs on throwing accuracy, proprioception, and core endurance in baseball. *J Sport Rehabil. 2009;18(3):407–26. Epub 2009/10/16. pmid:19827504.*
23. Behm DG, Drinkwater EJ, Willardson JM, Cowley PM. (2010). The use of instability to train the core musculature. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism-Physiologie Appliquee Nutrition Et Metabolisme. 2010;35(1):91–108. WOS:000274350100012. pmid:20130672*
24. Draper N, Giles D, Schöffl V, Konstantin Fuss F, Watts P, Wolf P, et al. (2016). Comparative grading scales, statistical analyses, climber descriptors and ability grouping: International Rock Climbing Research Association position statement. *Sports Technology. 2016:1–7.*
25. Prieske O, Muehlbauer T, Borde R, Gube M, Bruhn S, Behm DG, et al. (2016). Neuromuscular and athletic performance following core strength training in elite youth soccer: Role of instability. *Scand J Med Sci Sports. 2016;26(1):48–56. Epub 2015/01/07. pmid:25559249.*
26. Damoiseaux JS, Beckmann CF, Arigita EJ, Barkhof F, Scheltens P, Stam CJ, et al. (2007). Reduced resting-state brain activity in the "default network" in normal aging. *Cereb Cortex. 2008;18(8):1856–64. Epub 2007/12/08. pmid:18063564.*
27. Ekstrom RA, Donatelli RA, Carp KC. (2007). Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. *J Orthop Sports Phys Ther. 2007;37(12):754–62. pmid:18560185.*
28. Cohen J. (1988). Statistical Power for the Behavioral Sciences. *Lawrence Erlbaum Associates Inc Hillsdale, New Jersy. 1988. PubMed PMID: 10543003.*
29. Folland JP, Williams AG. (2007). The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med. 2007;37(2):145–68. Epub 2007/01/24. 3724 [pii]. pmid:17241104.*
30. Sale D, MacDougall D. (1981). Specificity in strength training: a review for the coach and athlete. *Can J Appl Sport Sci. 1981;6(2):87–92. pmid:7016357.*
31. Vera-Garcia FJ, Moreside JM, McGill SM. (2011). Abdominal muscle activation changes if the purpose is to control pelvis motion or thorax motion. *J Electromyogr Kinesiol. 2011;21(6):893–903. Epub 2011/09/20. pmid:21925900.*
32. Kibler WB. (1994). Clinical implications of exercise: injury and performance. *Instr Course Lect. 1994;43:17–24. Epub 1994/01/01. pmid:9097134.*
33. Szymanski DJ, Szymanski JM, Bradford TJ, Schade RL, Pascoe DD. (2007). Effect of twelve weeks of medicine ball training on high school baseball players. *J Strength Cond Res. 2007;21(3):894–901. Epub 2007/08/10. pmid:17685676.*
34. Drinkwater EJ, Pritchett EJ, Behm DG. (2009). Effect of instability and resistance on unintentional squat-lifting kinetics. *Int J Sports Physiol Perform. 2007;2(4):400–13. Epub 2009/01/28. pmid:19171958.*
35. Myer GD, Brent JL, Ford KR, Hewett TE. (2008). A pilot study to determine the effect of trunk and hip focused neuromuscular training on hip and knee isokinetic strength. *Br J Sports Med. 2008;42(7):614–9. Epub 2008/03/01. pmid:18308886; PubMed Central PMCID: PMCPMC4003571.*
36. Folland JP, Hawker K, Leach B, Little T, Jones DA. (2005). Strength training: isometric training at a range of joint angles versus dynamic training. *J Sports Sci. 2005;23(8):817–24. Epub 2005/10/01. pmid:16195033.*
37. Saeterbakken AH, Andersen V, Behm DG, Krohn-Hansen EK, Smaamo M, Fimland MS. (2016). Resistance-training exercises with different stability requirements: time course of task specificity. *Eur J Appl Physiol. 2016. pmid:27671996.*
38. Timmins RG, Shield AJ, Williams MD, Lorenzen C, Opar DA. (2015). Biceps femoris long head architecture: a reliability and retrospective injury study. *Med Sci Sports Exerc. 2015;47(5):905–13. Epub 2014/09/11. pmid:25207929.*
39. Bourne MN, Opar DA, Williams MD, Al Najjar A, Shield AJ. (2016). Muscle activation patterns in the Nordic hamstring exercise: Impact of prior strain injury. *Scand J Med Sci Sports. 2016;26(6):666–74. Epub 2015/06/11. pmid:26059634.*