Selected Papers from Impact

Efectos a Corto Plazo del Entrenamiento de Sprints Repetidos sobre la Capacidad de Salto Vertical y la Aptitud Aeróbica en Jugadores Universitarios de Vóleibol durante la Pretemporada

Short-Term Effects Of Repeated-Sprint Training On Vertical Jump Ability And Aerobic Fitness In Collegiate Volleyball Players During Pre-Season

Petrus Gantois[1,2], Gilmário Ricarte Batista[1], Matheus Dantas[2], Leonardo de Sousa Fortes[1], Daniel Gomes da Silva Machado[2], Arnaldo Luís Mortatti[2] y Breno Guilherme de Araújo Tinôco Cabral[2]

[1]*Associate Graduate Program in Physical Education, Federal University of Paraíba, João Pessoa-PB, BRAZIL*
[2]*Department of Physical Education, Federal University of Rio Grande do Norte, Natal-RN, BRAZIL*

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del entrenamiento de sprint repetido (RST) sobre la capacidad de salto vertical y la potencia aeróbica en jugadores universitarios de vóleibol. Diecinueve jugadores de vóleibol masculino, con edades entre 18 y 24 años, fueron asignados aleatoriamente al grupo RST (RST; n = 10) y al grupo control (GC; n = 9). El RST incluyó 2-3 series de sprints máximos de 6x30 m, dos veces por semana, además de la rutina de entrenamiento habitual. El grupo de control realizó sólo las sesiones regulares de entrenamiento de vóleibol (es decir, principalmente ejercicios técnico-tácticos). Todos los jugadores realizaron una prueba máxima graduada en cinta rodante, salto con contramovimiento vertical (CMJ) y prueba de capacidad de salto vertical repetido (RVJA) antes y después de 6 semanas del programa de entrenamiento. Las siguientes variables se determinaron a partir del RVJA: pico (RVJApico), promedio (RVJAprom y tasa de disminución (RVJADis). Un ANOVA de dos vías con medidas repetidas mostró un efecto de interacción en el CMJ ($F(1,17) = 6.92$; $p = 0.018$; $\eta2 = 0.289$), RVJApeak ($F(1,17) = 4.92$; $p = 0.040$; $\eta2 = 0.225$), consumo máximo de oxígeno ($F(1,17) = 9.29$; $p = 0.007$; $\eta2 = 0.353$) y velocidad máxima alcanzada en el test de cinta ergométrica ($F(1,17) = 8.66$; $p = 0.009$; $\eta2 = 0.337$), con mejoras significativas sólo en el grupo RST. En conclusión, el RST, dos veces por semana, mejoró la RVJA y la potencia aeróbica en comparación con el entrenamiento técnico-táctico regular de vóleibol.

Palabras Clave: Deporte de equipo; desempeño atlético; esfuerzos de alta intensidad; aptitud física

ABSTRACT

The aim of this study was to assess the effect of repeated-sprint training (RST) on vertical jump ability and aerobic power in college volleyball players. Nineteen male volleyball players, aged between 18-24 years, were randomized into the RST group (RST; n = 10) and control group (CG; n = 9). The RST included 2-3 sets of 6×30m all-out sprints, twice per week, in addition to the regular training routine. The control group performed only the regular volleyball training sessions (i.e. mainly of technical-tactical drills). All players performed a maximal graded treadmill test, vertical countermovement jump (CMJ), and repeated-vertical jump ability (RVJA) test before and after 6-weeks of the training program. The following variables were determined from the RVJA: peak (RVJApeak), average (RVJAmean), and rate of decrement (RVJADec). A two-way ANOVA with repeated measures showed an interaction effect on CMJ ($F (1,17) = 6.92$; $p = 0.018$; $\eta 2 = 0.289$), RVJApeak ($F (1,17) = 4.92$; $p = 0.040$; $\eta 2 = 0.225$), maximal oxygen uptake ($F (1,17) = 9.29$; $p = 0.007$; $\eta 2 = 0.353$) and maximal speed attained in the treadmill test ($F (1,17) = 8.66$; $p = 0.009$; $\eta 2 = 0.337$), with significant improvements only on the RST group. In conclusion, RST, twice per week, improved RVJA and aerobic power in comparison to regular skill-based volleyball training.

Keywords: Team sport; athletic performance; high-intensity efforts; physical fitness.

INTRODUCCIÓN

El vóleibol es un deporte de equipo que se caracteriza por series cortas de acciones de alta intensidad intercaladas con actividades de baja intensidad o recuperación pasiva (33,41). Las acciones de alta intensidad se basan en la capacidad neuromuscular de los jugadores para realizar habilidades técnicas de vóleibol (45). Por ejemplo, se ha demostrado previamente que los jugadores de vóleibol realizan un promedio de 30 saltos por set (42). Además, los jugadores de vóleibol realizan al menos una acción de salto durante un peloteo de un total de ~45 peloteos por set (33). Dado que un partido de vóleibol puede tener hasta cinco sets, los jugadores experimentan un alto nivel de fatiga muscular (38). Por lo tanto, la capacidad de mantener las habilidades de vóleibol en condiciones de fatiga muscular juega un papel importante en los resultados del entrenamiento y en los partidos.

Los saltos con contramovimiento vertical se caracterizan por la utilización del ciclo de estiramiento-acortamiento (SSC) del músculo esquelético, en el que la energía cinética almacenada durante la fase excéntrica del movimiento se utiliza para mejorar la fase concéntrica (24,27). El mismo fenómeno ocurre durante las acciones de sprint (16,24), lo que puede explicar la relación positiva reportada previamente entre la altura del salto vertical con contramovimiento (CMJ) y los sprints de carrera máximos alcanzados durante distancias de 30-40 m (1,25,40). Estos datos correlativos están respaldados por estudios previos que mostraron que los métodos de entrenamiento basados en sprints (es decir, entrenamiento de sprints repetidos) aumentaron el rendimiento del CMJ (3,22). Sin embargo, hasta la fecha, no se ha investigado el impacto del RST sobre la capacidad de salto repetido (RVJA).

Cabe señalar que las mejoras en un sólo salto vertical pueden no traducirse necesariamente en una mejora de la RVJA, como se requiere durante las sesiones de entrenamiento y los partidos de vóleibol (41). Además, se ha encontrado previamente una relación negativa entre los cambios en la RVJA y la carga de entrenamiento interna percibida en una muestra de atletas universitarios de vóleibol de alto nivel durante 6 semanas en una pretemporada (14). Estos datos sugieren que los jugadores con mayor RVJA son capaces de afrontar mejor el entrenamiento externo y las cargas competitivas; por lo tanto, los entrenadores de la fuerza y del acondicionamiento físico deben apuntar a desarrollar el rendimiento de la RVJA de los jugadores.

El entrenamiento de sprint repetido (RST, por sus siglas en inglés) podría usarse para desarrollar la condición física de los jugadores (3,15,22,44). El RST se caracteriza por sprints repetidos “máximos” (<10 seg) intercalados con períodos cortos de recuperación (<60 seg) (16), que se aproxima a la relación trabajo:pausa observada en los partidos de vóleibol (33,34). Aunque el RST no involucra acciones específicas del vóleibol, parece ser un estímulo de entrenamiento interesante que podría implementarse durante la pretemporada para mejorar la capacidad neuromuscular, metabólica y aeróbica (9). Está bien establecido que un mayor consumo máximo de oxígeno (VO2máx) juega un rol importante en la recuperación de las acciones repetidas de alta intensidad en deportes de naturaleza intermitente, lo que representa un factor clave para mantener el rendimiento de los esfuerzos de alta intensidad (5,15). Además, se encontró que los jugadores que muestran un alto nivel de potencia aeróbica pueden afrontar mejor las cargas de entrenamiento (31). Por lo tanto, el entrenamiento de vóleibol debería mejorar tanto la capacidad anaeróbica como la aeróbica. Sin embargo, la mayoría de las

investigaciones en jugadores de vóleibol se han centrado en mejorar la producción de potencia mecánica de los miembros inferiores y en los aspectos técnico-tácticos, y poca atención se ha dirigido directamente a mejorar la potencia aeróbica (37). En este sentido, el RST parece ser un modo de entrenamiento eficaz destinado a mejorar el rendimiento físico de múltiples componentes (es decir, sprints, capacidad de sprint repetido y salto) y el VO2máx (6).

Teniendo en cuenta que las acciones de vóleibol como saques, bloqueos y remates juegan un papel clave en las sesiones de entrenamiento de vóleibol y de los partidos competitivos, no hay duda de que los entrenadores de la fuerza y del acondicionamiento físico deben desarrollar el rendimiento de salto en los jugadores de vóleibol. Además, también es importante mejorar la capacidad de los jugadores para mantener el rendimiento de salto en condiciones de fatiga neuromuscular para afrontar mejor las demandas fisiológicas de los partidos. Por lo tanto, identificar métodos de entrenamiento capaces de aumentar simultáneamente la RVJA y la potencia aeróbica podría ser útil para los entrenadores y preparadores físicos que trabajan con jugadores de vóleibol. Para conocimiento de los autores, este es el primer estudio que denomina efectos del RST y de la potencia aeróbica en la RVJA en una muestra de jugadores de vóleibol. Presumimos que incluir un RST en las sesiones de entrenamiento de vóleibol conduciría a mayores aumentos en el rendimiento de CMJ, RVJA y potencia aeróbica en comparación con las sesiones regulares de entrenamiento de vóleibol basadas en habilidades técnicas.

MÉTODOS

Participantes

Se realizó una estimación del tamaño de la muestra *a priori* antes del inicio del estudio, utilizando la versión 3.0.10 de G∗Power (Heinrich-Heine-Universitat Dusseldorf, Alemania). Los resultados estimaron un tamaño de muestra mínimo de 18 participantes para ser incluidos en el estudio (1-β >0.80) con base en un tamaño del efecto moderado (ES = 0.63) (44). Veintiún (n = 21) jugadores universitarios de vóleibol masculino del mismo equipo, que competían en torneos regionales y nacionales de nivel universitario, participaron en este estudio. Todos los participantes tenían más de tres años de experiencia en vóleibol competitivo y no tenían antecedentes de lesiones musculares o articulares en los últimos seis meses.

El equipo de vóleibol realizaba tres sesiones de entrenamiento por semana. Durante el programa de entrenamiento, dos jugadores del GC fueron excluidos del estudio (es decir, asistencia <85% de las sesiones de entrenamiento). Por lo tanto, diecinueve (n = 19) jugadores completaron las sesiones experimentales (CG = 09 y RST = 10). El estudio fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación institucional (CAAE: 58886816.2.0000.5537; número de protocolo: 1.812.430), siguió los principios éticos contenidos en la Declaración de Helsinki, y esta investigación se llevó a cabo siguiendo íntegramente las normas éticas de la Revista Internacional de Ciencias del Ejercicio (36). Todos los jugadores participaron voluntariamente en este estudio y se firmó un formulario de consentimiento por escrito antes de ingresar al estudio.

Protocolo

Se realizó un diseño aleatorizado, controlado y de grupos paralelos para evaluar la hipótesis del estudio. El estudio actual duró 6 semanas durante la pretemporada e incluyó tres sesiones de entrenamiento específicas de vóleibol por semana (~120 minutos cada sesión), que fueron diseñadas para desarrollar el rendimiento técnico-táctico específico y general de acuerdo con la posición de juego (es decir, armador, rematador o líbero). Una semana antes del inicio del protocolo de estudio, todos los jugadores se familiarizaron con las pruebas funcionales. La evaluación inicial se realizó a la semana siguiente, incluida la composición corporal, la prueba máxima graduada en cinta rodante, el CMJ y la RVJA, en tres sesiones de evaluación con un intervalo de 48 a 72 horas entre ellas. Al final del programa de entrenamiento de 6 semanas, un microciclo de recuperación de una semana precedió a las evaluaciones posteriores al entrenamiento (es decir, 30 min de reducción en la duración del entrenamiento diario) para permitir un período de recuperación adecuado para los jugadores (es decir, puesta a punto) (28).

Las sesiones de entrenamiento comenzaban con ~15 minutos de ejercicios de vóleibol basados en habilidades, calentamiento, trote, estiramientos de cuerpo completo y saltos submáximos. Luego, los jugadores en el grupo RST realizaban turnos de sprints repetidos completos además del entrenamiento regular de vóleibol, dos veces por semana. La progresión del entrenamiento se basó en el número de series realizadas por semana; dos series de 6×30m en la primera semana, tres series de 6×30m de la segunda a la quinta semana y dos series de 6×30m en la sexta semana. El volumen de entrenamiento se redujo en la última semana para minimizar el efecto residual de la fatiga neuromuscular. Los sprints se intercalaron con 20 seg de recuperación pasiva, y cada serie estuvo separada por 5 min de recuperación activa a baja intensidad (a ritmo propio). Los jugadores en el GC se sometieron a sus sesiones regulares de entrenamiento de vóleibol

basadas en habilidades (es decir, técnico-tácticas). El entrenamiento técnico involucraba ejercicios de saque, remate, recepción, defensa, armado y bloqueo. El entrenamiento táctico incluyó partidos en espacios reducidos para trabajar estrategias ofensivas y defensivas. Ambos grupos realizaron rutinas de entrenamiento técnico-táctico similares.

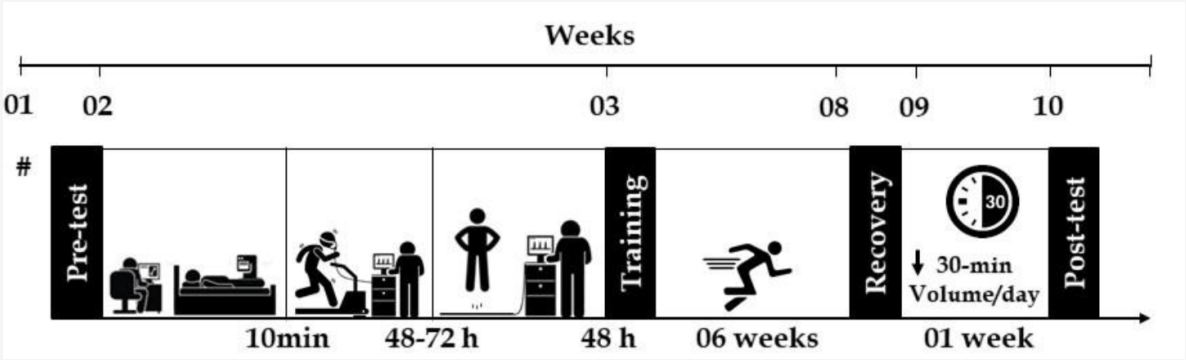

Figura 1. *Diseño experimental.*
Nota: # = sesiones de familiarización; la línea vertical representa la recuperación entre procedimientos.

Las características de la muestra se determinaron mediante evaluaciones antropométricas y de composición corporal. La masa corporal y la talla fueron medidas en balanza electrónica con estadiómetro (Welmy®, São Paulo, Brasil), con precisión de 0.1 cm en el estadiómetro y 50 g en balanza electrónica, respectivamente (35). Se realizó un escaneo corporal total mediante absorciometría radiológica de energía dual (DEXA) (Lunar®/G.E PRODIGY - LNR41.990, Estados Unidos).

Prueba máxima graduada en cinta rodante: La potencia aeróbica se evaluó mediante una prueba máxima graduada en cinta rodante (Centurion 200®, Micromed, Brasilia, Brasil). La prueba comenzaba con una velocidad inicial de 8 km·h-1 y se mantenía constante durante los primeros 3min, aumentando 1 km·h-1 cada 1min hasta el agotamiento subjetivo (2). La frecuencia cardíaca (monitor RS800cx, Polar Electro®, Finlandia) y el aire espirado 'respiro a respiro' (Metalyzer 3B®, Cortex, Alemania) se midieron continuamente durante la prueba. Se debían cumplir al menos dos de los siguientes criterios adoptados para considerar la prueba incremental como esfuerzo máximo: (a) tasa de intercambio respiratorio, R >1.1; (b) >90 % de la frecuencia cardíaca máxima prevista (FCmáx = 220 − edad); y (c) RPE ≥19 informado por la escala de Borg (7). Todas las pruebas fueron precedidas por una calibración de flujo, volumen y gases de la tabla metabólica de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y la temperatura del laboratorio fue similar en todas las visitas (~24 °C). La velocidad final alcanzada en el protocolo incremental (Vmáx) y el valor promedio más alto de 20 seg de consumo de oxígeno (VO2máx) se retuvieron para el análisis. A todos los jugadores se les pidió previamente que se abstuvieran de actividad física vigorosa el último día antes de la prueba, que no comieran comidas pesadas y que no bebieran bebidas con cafeína en las tres horas anteriores a la prueba. Finalmente, todos los participantes recibieron un fuerte estímulo verbal durante la prueba.

Salto con contramovimiento (CMJ) y habilidad de salto vertical repetido (RVJA): La evaluación del CMJ y de la RVJA se realizó el mismo día con 3 minutos de descanso entre las pruebas. La altura del CMJ se determinó en una plataforma de contacto conectada al software Jump System 1.0 (CEFISE®, São Paulo, Brasil). Los procedimientos adoptados en la investigación actual siguieron recomendaciones previamente establecidas (24). Todos los jugadores realizaron dos pruebas de CMJ con 1 minuto de recuperación pasiva entre ellas como criterio válido para la prueba de RVJA. La mejor altura del CMJ se retuvo para el análisis. Antes de la prueba de RVJA, se pidió a todos los jugadores que alcanzaran una altura de salto de al menos el 90% de su mejor CMJ individual y se les animó a realizar un esfuerzo máximo y "saltar lo más alto posible" durante la prueba. La RVJA consistió en cuatro series de saltos máximos continuos de 15 seg con 10 seg de recuperación pasiva entre intentos (19). Las siguientes medidas fueron obtenidas durante la prueba de RVJA: mejor promedio de 15 seg de saltos repetidos (RVJApico); salto repetido promedio de 60 seg (RVJApromedio); y disminución del rendimiento de saltos repetidos (RVJAdis). Este último se calculó de la siguiente manera: RVJAdis= 100 x {(RVJApico – RVJApeor)/RVJApico}; donde el peor RVJA fue considerado como el peor salto promedio de 15 seg. Anteriormente se informó una buena confiabilidad para esas variables (20).

Carga de entrenamiento interna: La carga de entrenamiento interna fue monitoreada diariamente a través del método de calificación de esfuerzo percibido por sesión (s-RPE), determinado utilizando la escala CR-10 de Borg (13). La escala CR-10 es una categoría que va desde 0 = nada en absoluto a 10 = extremadamente fuerte. Para determinar el sRPE, se le preguntaba a los jugadores ("¿qué tan dura fue su sesión de entrenamiento?") sobre su esfuerzo percibido dentro de los 15

minutos posteriores a la sesión de entrenamiento (43). Todos los jugadores fueron sometidos a un proceso de familiarización con la escala 2 semanas antes del inicio del estudio.

Análisis estadístico

Los datos se informaron como media y desviación estándar después de confirmar la suposición de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Se utilizó un t-test independiente para comparar las variables al inicio del estudio. Se utilizó la prueba de ANOVA de medidas repetidas de modelo mixto de 2 vías para verificar los principales efectos e interacciones (grupo x tiempo) para las variables dependientes. Se utilizó la prueba *post hoc* de Bonferroni para encontrar las diferencias significativas. El supuesto de esfericidad de los datos se verificó mediante la prueba de Mauchly y se adoptó la corrección de Greenhouse-Geisser cuando se violaba este supuesto. Además, se calcularon los tamaños del efecto (ES) dentro y entre sujetos y la inferencia basada en la magnitud (MBI) para obtener un significado práctico. El ES se interpretó según Cohen como 0.2 (pequeño), 0.5 (moderado) y 0.8 (grande) (11). El MBI se utilizó para determinar si los cambios observados se consideraban dañinos, triviales o beneficiosos. El cambio más pequeño que valió la pena se calculó como 0.2 de la desviación estándar agrupada entre grupos al inicio del estudio (4). Se utilizaron los siguientes umbrales: 1% = casi seguro que no; 1%–5% = muy improbable; 5%–25% = improbable; 25%–75% = posiblemente; 75%–95% = probable; 95%–99% = muy probable; y >99% = casi seguro (21). Si la posibilidad de tener un rendimiento beneficioso/mejor o perjudicial/peor era >5%, la verdadera diferencia se consideraba incierta. El nivel de significación se fijó en $p < 0.05$ y los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico *Statistical Package for Social Sciences*, versión 20.0 (Chicago, IL, EE. UU.).

RESULTADOS

No hubo diferencias estadísticas en el rendimiento físico y las características antropométricas de los jugadores de vóleibol al inicio del estudio ($p > 0.05$).

Tabla 1. *Características basales de los jugadores universitarios masculinos de vóleibol.*

Variables	RST (n = 10)	CG (n = 9)	p
Age (years)	21.6 ± 3.34	21.33 ± 2.91	0.856
Weight (kg)	81.81 ± 15.52	80.37 ± 14.52	0.837
Height (cm)	180.80 ± 6.68	181.44 ± 7.71	0.485
Body fat (%)	23.23 ± 5.35	24.62 ± 8.63	0.674
Fat-free mass (kg)	59.13 ± 6.31	58.03 ± 8.23	0.538
CMJ (cm)	36.31 ± 5.66	37.33 ± 7.10	0.317
VO_{2max} (ml min^{-1} kg^{-1})	50.39 ± 4.30	48.84 ± 5.89	0.293

Nota: GC = grupo control; RST = grupo de entrenamiento de sprints repetidos; CMJ = salto con contramovimiento; VO2máx = consumo máximo de oxígeno.

La Figura 2 muestra la carga de entrenamiento interno semanal a lo largo de la intervención del estudio. No se observaron diferencias entre los grupos ($F(5,50) = 1.11$; $p = 0.36$; $\eta2 = 0.10$). El principal efecto del tiempo se encontró entre la sexta semana y las primeras semanas de entrenamiento ($F(5,50) = 24.70$; $p = 0.01$; $\eta2 = 0.71$) en ambos grupos.

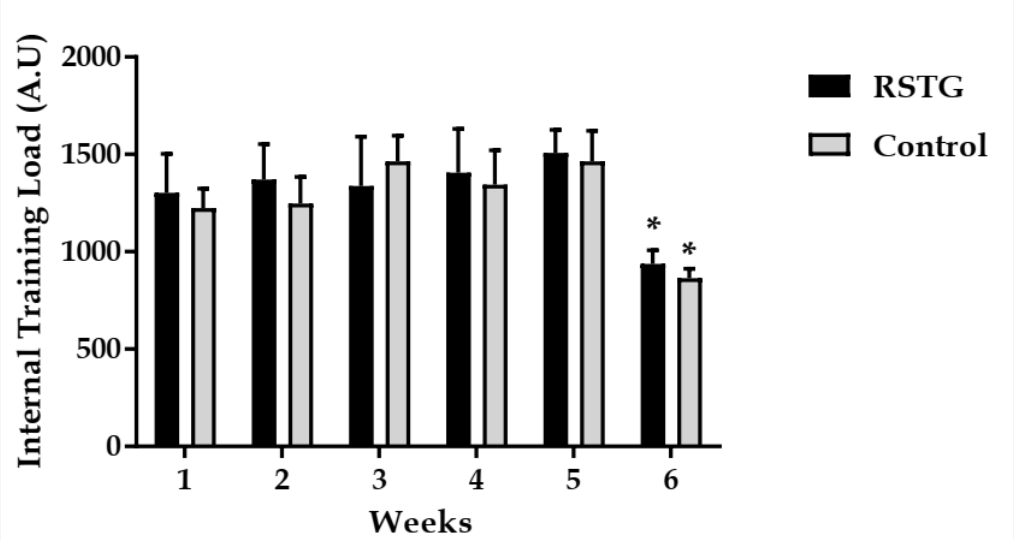

Figura 2. *Carga de entrenamiento interna semanal evaluada utilizando las calificaciones por sesión a partir del método de esfuerzo percibido. RST= grupo de entrenamiento de sprints repetidos; * = diferencia significativa de la semana uno a la cinco (p = 0.01).*

La Tabla 2 presenta el efecto del RST sobre la capacidad de salto vertical y la potencia aeróbica. Se observó un efecto de interacción para CMJ ($F(1,17) = 6.92$; $p = 0.018$; $\eta2 = 0.289$), RVJApico ($F(1,17) = 4.92$; $p = 0.040$; $\eta2 = 0.225$), VO2máx ($F(1,17) = 9,29$; $p = 0.007$; $\eta2 = 0.353$) y Vmáx ($F(1,17) = 8.66$; $p = 0.009$; $\eta2 = 0.337$). El análisis *post hoc* indicó que sólo el RST mejoró el rendimiento.

Tabla 2. *Efecto de seis semanas de entrenamiento de sprints repetidos sobre la capacidad de salto vertical y la potencia aeróbica en jugadores universitarios de vóleibol (media ±SD).*

Variables	RST Group		Control Group		ES (90% CI)	ES magnitude	Qualitative change
	Pre	Post	Pre	Post			% chance to be Beneficial / trivial / harmful
CMJ (cm)	36.31 ± 5.66	38.34 ± 5.90[a]	37.33 ± 7.10	37.61 ± 7.34	0.53 (0.15 to 0.71)	Moderate	92 / 08 / 0
$RVJA_{peak}$ (cm)	31.04 ± 5.33	33.43 ± 4.85[a]	31.97 ± 5.30	31.93 ± 5.55	0.47 (0.10 to 0.84)	Small	89 / 11 / 0
$RVJA_{mean}$ (cm)	28.66 ± 4.84	31,52 ± 5.07	28.96 ± 5.23	29.99 ± 5.75	0.37 (-0.10 to 0.85)	Small	73 / 24 / 03
$RVJA_{DEC}$ (%)	8.19 ± 5.03	5.34 ± 3.28	9.57 ± 5.12	6.22 ± 4.88	0.10 (-0.55 to 0.76)	Trivial	40 / 39 / 21
VO_{2max} ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$)	50.39 ± 4.30	52.30 ± 4.92[a,b]	48.84 ± 5.89	47.87 ± 5.13	0.53 (0.16 to 0.90)	Moderate	93 / 07 / 0
Vmax ($km \cdot h^{-1}$)	15.70 ± 1.34	16.60 ± 1.78[a]	15.33 ± 1.22	15.44 ± 1.43	0.62 (0.26 to 0.93)	Moderate	97 / 03 / 0

Nota: ES = diferencias estandarizadas de Cohen; CMJ = salto con contramovimiento; RVJApico = capacidad de salto vertical repetido mejor de 15 seg; RVJApromedio = salto repetido promedio de 60 seg; RVJAdis = disminución de rendimiento de salto repetido; VO2máx = consumo máximo de oxígeno; Vmáx = velocidad final alcanzada en la prueba incremental en cinta ergométrica. a = post hoc en comparación con la prueba previa; b = significativamente diferente del grupo de control en el mismo punto de tiempo.

La figura 3 muestra la posibilidad cualitativa de que la intervención sea beneficiosa, trivial o dañina. En consecuencia, el RST mejoró el CMJ, RVJApico y la potencia aeróbica con una posibilidad positiva de tener un efecto práctico "posiblemente" beneficioso en la RVJApromedio en comparación con el grupo de control.

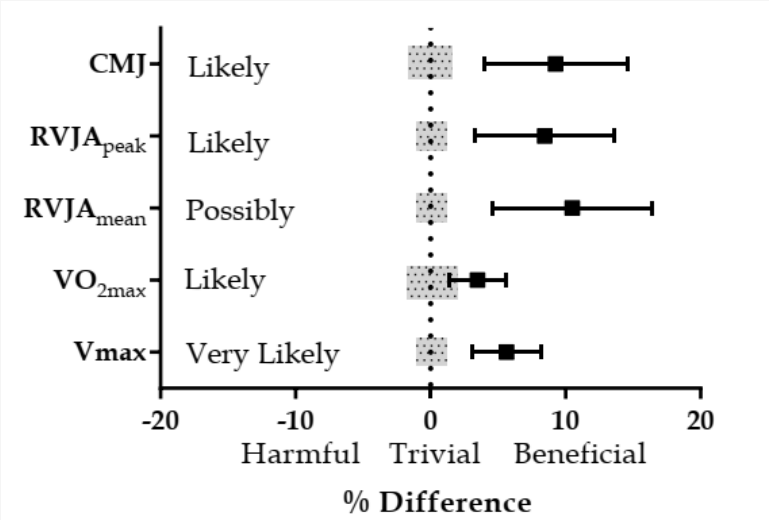

Figura 3*. Efectos del entrenamiento de sprints repetidos en comparación con el entrenamiento de vóleibol convencional para mejorar la capacidad de salto vertical y la potencia aeróbica de los jugadores de vóleibol.*

Nota: índices de RVJA y de potencia aeróbica. Las barras indican incertidumbre en los cambios medios verdaderos con intervalos de confianza del 90%. Las áreas triviales (sombreadas) se calcularon a partir del cambio más pequeño que valió la pena (ver métodos). CMJ = salto con contramovimiento; RVJApico = capacidad de salto vertical repetido mejor en 15 seg; RVJApromedio = capacidad de salto vertical repetido en 60 seg; Vmáx = velocidad final alcanzada en la prueba incremental en cinta ergométrica.

DISCUSIÓN

Los principales hallazgos de este estudio fueron que el RST resultó en un efecto práctico positivo de "probable" a "muy probable" en comparación con las sesiones de entrenamiento de vóleibol específicas basadas en habilidades para mejorar el CMJ, RVJApico, VO2máx y Vmáx, a pesar de la carga interna de entrenamiento percibida semanalmente similar entre grupos. De igual manera, el análisis de significancia práctica sugirió que el RST fue "posiblemente" más efectivo que el entrenamiento regular de vóleibol para mejorar la media de la RVJA. Hasta donde sabemos, este es el primer estudio que evalúa el efecto de un RST sobre el rendimiento de la RVJA en jugadores de vóleibol durante el período de pretemporada. Como nuestros participantes eran jugadores universitarios de vóleibol, la altura del salto es un factor crucial en el rendimiento general (42).

La mejora en el CMJ con el RST está en línea con estudios que reclutaron muestras de atletas de diferentes deportes de equipo (3,9,22). Por ejemplo, Buchheit y cols. (9) demostraron que el CMJ mejoró en jugadores de fútbol, luego de 10 semanas de RST con cambio de dirección (COD 180°) una vez por semana. Asimismo, Attene y cols. (3) demostraron que el CMJ mejoró en jugadores de baloncesto después de dos protocolos de RST (COD 180° y COD múltiples) realizados dos veces por semana durante 4 semanas.

Además, Iacono y cols. (22) informaron una mejora en el CMJ en jugadores de balonmano de élite después de ocho semanas de RST (COD 180°) y tiros en suspensión, con una frecuencia de entrenamiento de dos semanas. Por el contrario, Soares-Caldeira y cols. (43) no encontraron un efecto del RST adicional (durante 4 semanas en la pretemporada) sobre el CMJ, la capacidad de sprint repetido y la potencia aeróbica en jugadores de fútbol sala de élite.

Algunos estudios son contradictorios sobre el efecto del RST en el rendimiento del CMJ (3,18,22,43). Si bien las razones de los diferentes resultados no están claras, es posible sugerir que las mejoras encontradas en el presente estudio pueden estar relacionadas con las características deportivas y/o el nivel competitivo de los jugadores. Por ejemplo, el hecho de que los participantes del presente estudio no hayan estado expuestos previamente a un RST puede haber inducido mayores adaptaciones. De hecho, los estudios en los que participaron jugadores adultos de élite (43) o jugadores jóvenes de fútbol o futsal altamente entrenados (18) a menudo no logran encontrar respuestas positivas al RST. Además, también es posible que el microciclo de recuperación (es decir, volumen de entrenamiento reducido) incluido en el diseño de nuestro estudio haya reducido la fatiga residual durante el RST y favorecido los cambios en el rendimiento inducidos por el entrenamiento (28).

Aunque el mecanismo subyacente está mucho más allá del alcance de la investigación actual, se ha establecido que las mejoras en el CMJ están relacionadas, pero no exclusivamente, con el aumento en el reclutamiento y la tasa de activación de mayores unidades motoras y un uso más eficiente de la energía elástica, producido por los músculos flexores de la rodilla (es decir, el SSC) (10,16,27). Esta afirmación está respaldada por las correlaciones encontradas entre la altura del CMJ y la velocidad de carrera (≥30 m) en jugadores de élite (1,25,40). Estos datos correlacionados se ven reforzados por los resultados de un estudio de meta-análisis que muestra que el RST produjo una mejora en el CMJ con un tamaño del efecto moderado (ES = 0.63) (44). Además, una posible explicación para este efecto de transferencia podría estar relacionada con el SSC y la mayor fuerza de reacción vertical con el suelo requerida tanto en el CMJ como en las acciones de sprint (>20 m) (10,40).

Durante un partido de vóleibol, es probable que la altura de salto más alta proporcione algunas ventajas en el desempeño de las habilidades técnicas que predicen los resultados del partido final (por ej., bloqueo, remate, contraataque) (26,45). En este sentido, mejorar la altura del CMJ, la RVJApico y la RVJApromedio representan una adaptación importante a través de sesiones de RST debido a la alta demanda de rendimiento de salto en el entrenamiento de vóleibol y partidos competitivos. En el presente estudio, realizar sesiones de RST dio como resultado mejoras en la RVJApico y la RVJApromedio, lo que demuestra que el entrenamiento regular de vóleibol basado en habilidades no proporcionó suficientes estímulos para mejorar la RVJA. Por lo tanto, las sesiones de entrenamiento de acondicionamiento físico junto con el entrenamiento de vóleibol basado en lo técnico son necesarias para mejorar el rendimiento físico de los jugadores de vóleibol durante la pretemporada. Durante los esfuerzos de sprints repetidos, la mayor demanda energética se deriva de la hidrólisis de la fosfocreatina (PCr) y la glucólisis anaeróbica (12,30). Además, también hay un aumento en la contribución aeróbica cuando se repiten los sprints (29). Por lo tanto, es posible suponer que las adaptaciones inducidas por el entrenamiento sobre la RVJA podrían estar relacionadas, en parte, debido a determinantes metabólicos y fisiológicos similares (por ej., metabolitos musculares, demandas energéticas y patrón de impulso neural) cuando se repiten los sprints y los saltos (8). Sin embargo, se justifican estudios futuros para investigar los principales determinantes fisiológicos del rendimiento de la RVJA.

Los esfuerzos de alta intensidad se realizan repetidamente durante un partido de vóleibol durante 60 a 90 minutos, lo que sugiere que los atletas no sólo deben tener una capacidad anaeróbica bien desarrollada sino también una capacidad

aeróbica para hacer frente a la demanda fisiológica del partido (39). Estudios previos han sugerido la importancia del fitness aeróbico en esfuerzos intermitentes de alta intensidad debido a su papel en el suministro de trifosfato de adenosina (ATP) para restaurar la PCr y amortiguar los subproductos metabólicos durante el período de descanso (17,29,32). Nuestros hallazgos demostraron que el RST mejoró el VO2máx y la Vmáx con efectos prácticos beneficiosos cualitativos de "probable" a "muy probable", respectivamente. Por lo tanto, el presente estudio proporciona algunos datos que podrían ser considerados por los entrenadores de la fuerza y del acondicionamiento físico con el objetivo de mejorar la RVJA y la potencia aeróbica en los jugadores de vóleibol. Además, encontramos un aumento en la Vmáx, lo que representa una adaptación aeróbica al RST.

Se encontraron resultados similares en jugadores de vóleibol que mejoraron el VO2máx y el tiempo hasta el agotamiento en una prueba incremental en una cinta rodante después de 6 semanas (18 sesiones) de RST (23). Sin embargo, en el presente estudio, se utilizó un volumen de entrenamiento más bajo (es decir, 12 sesiones), lo que puede permitir más tiempo para el entrenamiento de vóleibol basado en habilidades técnicas (es decir, ejercicios técnicos y tácticos).

Desde una perspectiva práctica, el RST podría considerarse una estrategia eficiente para mejorar los diferentes componentes del rendimiento deportivo, como la potencia aeróbica y los saltos repetitivos en jugadores universitarios de vóleibol. A pesar de las mejoras observadas en nuestro estudio, no pueden generalizarse a jugadores de vóleibol de alto nivel o de élite. Por lo tanto, futuras investigaciones deberían investigar los efectos del RST en el rendimiento del salto y la potencia aeróbica, considerando el nivel competitivo de los jugadores de vóleibol.

En conclusión, nuestros hallazgos respaldan la eficacia de 6 semanas de RST para mejorar el rendimiento de saltos simples y repetidos y la potencia aeróbica de los jugadores de vóleibol durante la pretemporada en comparación con sus sesiones regulares de entrenamiento de vóleibol basadas en habilidades técnicas en jugadores universitarios de vóleibol.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo financiero a través de becas de posgrado brindadas por la Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (fundación CAPES).

REFERENCIAS

1. Alemdaroglu U. (2012). The relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. *J Hum Kinet 31(3): 149–58.*
2. Alvarez JC, D'Ottavio S, Vera JG, Castagna C. (2009). Aerobic fitness in futsal players of different competitive level. *J Strength Cond Res 23(7): 2163–6.*
3. Attene G, Laffaye G, Chaouachi A, Pizzolato F, Migliaccio GM, Padulo J. (2015). Repeated sprint ability in young basketball players: one vs. *two changes of direction (Part 2). J Sports Sci 33(15): 1553–63.*
4. Batterham AM, Hopkins WG. (2006). Making meaningful inferences about magnitudes. *Int J Sports Physiol Perform 1(1): 50–7.*
5. Bishop D, Edge J, Goodman C. (2004). Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *Eur J Appl Physiol 92(4–5): 540–7.*
6. Bishop D, Girard O, Mendez-Villanueva A. (2011). Repeated-sprint ability - Part II: recommendations for training. *Sports Med 41(9): 741–56.*
7. Borg G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. *Champaign. IL: Human Kinetics.*
8. Buchheit M. (2010). Performance and physiological responses to repeated-sprint and jump sequences. *Eur J Appl Physiol 110(5): 1007–18.*
9. Buchheit M, Mendez-Villanueva A, Delhomel G, Brughelli M, Ahmaidi S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. *explosive strength training. J Strength Cond Res 24(10): 2715–22.*
10. Buchheit M, Samozino P, Glynn JA, Michael BS, Al Haddad H, Mendez-Villanueva A, et al. (2014). Mechanical determinants of acceleration and maximal sprinting speed in highly trained young soccer players. *J Sports Sci 32(20): 1906–13.*
11. Cohen J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences. *Routledge.*
12. Dawson B, Goodman C, Lawrence S, Preen D, Polglaze T, Fitzsimons M, et al. (1997). Muscle phosphocreatine repletion following single and repeated short sprint efforts. *Scand J Med Sci Sports 7(4): 206–13.*
13. Foster C, Florhaug J a, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin L a, Parker S, et al. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res 15(1): 109–15.*
14. Freitas-Junior C, Gantois P, Fortes L, Correia G, Paes P. (2020). Effects of the improvement in vertical jump and repeated jumping ability on male volleyball athletes' internal load during a season. *J Phys Educ Sport 20(supplement 5): 2924–31.*

15. Girard O, Mendez-Villanueva A, Bishop D. (2011). Repeated-sprint ability part I: Factors contributing to fatigue. *Sport Med 41(8): 673–94.*
16. Harrison AJ, Keane SP, Coglan J. (2004). Force-velocity relationship and stretch-shortening cycle function in sprint and endurance athletes. *J Strength Cond Res 18(3): 473.*
17. Haseler LJ, Hogan MC, Richardson RS, Mccully KK, Mulcahy TK, Ryan TE, et al. (1999). Skeletal muscle phosphocreatine recovery in exercise-trained humans is dependent on O 2 availability. *J Appl Physiol 2013–8.*
18. Haugen T, Tonnessen E, Oksenholt Y, Haugen FL, Paulsen G, Enoksen E, et al. (2015). Sprint conditioning of junior soccer players: Effects of training intensity and technique supervision. *PLoS One 10(3).*
19. Hespanhol J, Silva Neto L, Arruda M, Dini C. (2007). Assessment of explosive strength-endurance in volleyball players through vertical jumping test. *Rev Bras Med do Esporte 13(19): 181–4.*
20. Hespanhol JE, Silva Neto LG, Arruda M. (2006). Reliability of the four series 15-second vertical jumping test. *Rev Bras Med do Esporte 12(2).*
21. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc 41(1): 3–12.*
22. Dello Iacono A, Ardigò LP, Meckel Y, Padulo J. (2016). Effect of small-sided games and repeated shuffle sprint training on physical performance in elite handball players. *J Strength Cond Res 30(3): 830–40.*
23. Kaynak K, Eryılmaz SK, Aydoğan S, Mihailov D. (2017). The effects of 20-m repeated sprint training on aerobic capacity in college volleyball players. *Biomed Hum Kinet 9(1): 43–50.*
24. Komi P V. (2000). Stretch-shortening cycle: A powerful model to study normal and fatigued muscle. *J Biomech 33(10): 1197–206.*
25. López M, Marques M, Van den Tillaar R, González J. (2011). Relationships between vertical jump and full squat power outputs with sprint times in U21 soccer players. *J Hum Kinet 30: 135–44.*
26. Marelic N, Resetar T, Jankovic V. (2004). Discriminant analysis of the sets won and the sets lost by one team in A1 Italian volleyball league - a case study. *Kinesiology 36: 75–82.*
27. Markovic G, Mikulic P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sport Med 40(10): 859–95,.*
28. Marrier B, Robineau J, Piscione J, Lacome M, Peeters A, Hausswirth C, et al. (2017). Supercompensation kinetics of physical qualities during a taper in team sport athletes. *Int J Sports Physiol Perform 12(9): 1163-69.*
29. McGawley K, Bishop DJ. (2015). Oxygen uptake during repeated-sprint exercise. *J Sci Med Sport 18(2): 214–8,.*
30. Mendez-Villanueva A, Edge J, Suriano R, Hamer P, Bishop D. (2012). The recovery of repeated-sprint exercise is associated with PCr resynthesis, while muscle pH and EMG amplitude remain depressed. *PLoS One 7(12): e51977.*
31. Milanez VF, Pedro RE, Moreira A, Boullosa DA, Salle-Neto F, Nakamura FY. (2011). The role of aerobic fitness on session rating of perceived exertion in futsal players. *Int J Sports Physiol Perform 6(3): 358–66,.*
32. Milioni F, Zagatto AM, Barbieri RA, Andrade VL, Dos Santos JW, Gobatto CA, et al. (2017). Energy systems contribution in the running-based anaerobic sprint test. *Int J Sports Med 38(2): 226–32.*
33. Moreno SJ, Afonso J, Mesquita I, Ureña A. (2016). Dynamics between playing activities and rest time in high-level men's volleyball. *Int J Perform Anal Sport 16(2): 317–31.*
34. Mroczek D, Januszkiewicz A, Kawczyński AS, Borysiuk Z, Chmura J. (2014). Analysis of male volleyball players' motor activities during a top level match. *J Strength Cond Res 28(8): 2297–305.*
35. Naimo M, de Souza E, Wilson J, Carpenter A, Gilchrist P, Lowery R, et al. (2014). High-intensity interval training has positive effects on performance in ice hockey players. *Int J Sports Med 36(01): 61–6.*
36. Navalta JW, Stone WJ, Lyons TS. (2019). Ethical issues relating to scientific discovery in exercise science. *Int J Exerc Sci 12(1): 1–8.*
37. Purkhús E, Krustrup P, Mohr M. (2016). High intensity training improves exercise performance in elite women volleyball players during a competitive season. *J Strength Cond Res.*
38. Ribeiro F, Santos F, Gonçalves P, Oliveira J. (2008). Effects of volleyball match-induced fatigue on knee joint position sense. *Eur J Sport Sci 8(6): 397–402.*
39. Riggs MP, Sheppard JM. (2009). The relative importance of strength and power qualities to vertical jump height of elite beach volleyball players during the counter-movement and squat jump. *J Hum Sport Exerc 4(3): 221–36.*
40. Shalfawi S, Sabbah A, Kailani G, Tønnessen E, Enoksen E. (2011). The relationship between running speed and measures of vertical jump in professional basketball players: a field-test approach. *J Strength Cond Res 25(11): 3088–92.*
41. Sheppard JM, Gabbett T, Borgeaud R. (2008). Training repeated effort ability in national team male volleyball players. *Int J Sports Physiol Perform 3(3): 397–400.*
42. Sheppard JM, Gabbett T, Taylor KL, Dorman J, Lebedew AJ, Borgeaud R. (2007). Development of a repeated-effort test for elite men's volleyball. *Int J Sports Physiol Perform 2(3): 292–304.*
43. Soares-Caldeira LF, de Souza EA, de Freitas VH, de Moraes SMF, Leicht AS, Nakamura FY. (2014). Effects of additional repeated sprint training during preseason on performance, heart rate variability, and stress symptoms in futsal players. *J Strength Cond Res 28(10): 2815–26.*
44. Taylor J, Macpherson T, Spears I, Weston M. (2015). The effects of repeated-sprint training on field-based fitness measures: a meta-analysis of controlled and non-controlled trials. *Sport Med 45(6): 881–91.*
45. Ziv G, Lidor R. (2010). Vertical jump in female and male volleyball players: A review of observational and experimental studies. *Scand J Med Sci Sport 20(4): 556–67.*

Cita Original

Gantois P, Batista GR, Dantas M, de Sousa Fortes L, da Silva Machado DG, Mortatti AL, de Araújo Tinôco Cabral BG. Short-Term Effects of Repeated-Sprint Training on Vertical Jump Ability and Aerobic Fitness in Collegiate Volleyball Players

During Pre-Season. Int J Exerc Sci. 2022 Jul 1;15(6):1040-1051. PMID: 36159339; PMCID: PMC9458279.