

Universidad Pablo de Olavide

Facultad de Deporte

Departamento de Deporte e Informática



“Efecto de 4 modelos de secuenciaciones de cargas en las capacidades de fuerza, velocidad, potencia muscular y en el grado de la transferencia sobre la velocidad”

TESIS DOCTORAL

Irineu Loturco Filho

Director:

Dr. Juan José González Badillo

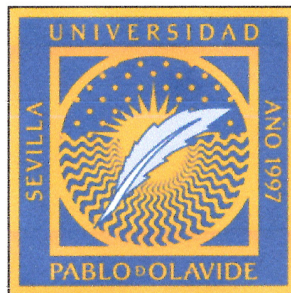
Agosto

2014

Universidad Pablo de Olavide

Facultad de Deporte

Departamento de Deporte e Informática



“Efecto de 4 modelos de secuenciaciones de cargas en las capacidades de fuerza, velocidad, potencia muscular y en el grado de la transferencia sobre la velocidad”

TESIS DOCTORAL

Doctorando

A handwritten signature in blue ink, consisting of a series of loops and curves, representing the name Irineu Loturco Filho.

Irineu Loturco Filho

Director

Dr. Juan José Gonzáles Badillo

Sevilla, Agosto 2014

Al recuerdo de mi padre, donde quiera que esté.

AGRADECIMIENTOS

Es muy difícil entender la importancia que tienen los agradecimientos en una tesis doctoral. Al final de todo el largo periodo de investigación, análisis y confección de la tesis, es que tenemos en cuenta la importancia que tanta gente tiene en ese proceso. Entonces, concluimos que no hay espacio y ni tampoco palabras para expresar la inmensa gratitud que sentimos por todas las personas presentes en esa importante jornada de conocimiento y crecimiento personal. Y es claro que sería imposible agradecer a todos. Llegar hasta aquí fue un sueño. Posible, solamente, con la ayuda, comprensión y apoyo de muchas y muchas personas que viven a mi lado.

Mi más amplio agradecimiento para el Dr. Juan José Gonzáles Badillo, infatigable director de esta tesis, que me haya abierto las puertas de la UPO hace seis años, aceptándome como su alumno de doctorado, dándome la oportunidad de estudiar con alguien que aprendí a admirar a través de libros, publicaciones y artículos científicos. Agradezco inmensamente por compartir su extenso conocimiento conmigo, teniendo en cuenta que no hay nada en este mundo más valioso que la enseñanza.

Especialmente, quisiera mostrar mi sincero cariño al Sr. Abilio Diniz, mi gran profesor de la vida, que me hace recordar todos los días que *“mañana yo puedo ser mejor de lo que era hoy”*. Sin su apoyo incondicional este trabajo sería tan solamente un sueño lejano. Gracias por su inestimable ayuda y comprensión a lo largo de todo este período y, lo más importante, por ofrecerme su verdadera amistad.

Al Sr. João Paulo Diniz, mi gran hermano y amigo de siempre. Aún me acuerdo de nuestra primera clase en el gimnasio. Ya han pasado veinte años. No podría imaginar que mi vida estaba a punto de cambiar tanto a partir de aquel momento. Mi enorme gratitud por siempre acreditar en mi trabajo y apoyar mis proyectos.

A la Sra. Geyze Marchesi Diniz, mi querida amiga de dulces palabras y sabios consejos, tan esenciales en los tiempos de dudas, incertidumbres y dificultades. Mis sinceros agradecimientos por traerme serenidad por tantas y tantas veces, en los momentos más importantes de mi vida personal y profesional.

A la Sra. Ana Maria Diniz, por creer que solamente la educación es capaz de transformar definitivamente la historia de nuestro país. Y, por ello, comprender que este trabajo de investigación científica es una pequeña parte de todo este grandioso proceso. Gracias por el respeto y cariño a mis ideales y proyectos de vida.

Debo agradecer a mis obstinados compañeros de trabajo del Núcleo de Alto Rendimiento Deportivo de São Paulo, César Cavinato Cal Abad, Fabio Nakamura, Lucas Pereira, Marcio Capoano, Michel Penna, Neilton Moura, Ronaldo Kobal, Saulo Gil, Victor Fernandes y José Moraes. Igualmente tengo presentes a todos mis amigos y maestros que siempre me han enseñado algo, contribuyendo en mi formación académica, humana y profesional. A estos, quienes por cierto son muchos, expreso todo mi reconocimiento.

A mi amada familia, a quien me enorgullezco de pertenecer, sobre todo porque me han enseñado que no hay otra forma de acceder en la vida, sino a través del trabajo arduo, apasionado y honesto. A mi madre Neide y mi hermana Claudia, por formar parte de cada uno de mis logros, pero principalmente, por no dejarme solo en mis derrotas. A mi sobrino y ahijado João Pedro, por ser una motivación más por la cual luchar y seguir adelante.

A Dáfani, mi amada esposa, por su apoyo, paciencia, aliento y compañía en los largos días y noches de trabajo, animándome siempre a continuar. Sus palabras de confianza y su amor me han hecho creer durante todos estos años que podía hacerlo. Y por ti lo hice. Le doy las gracias por ser mi mejor amiga, pero especialmente por hacerme un hombre muy feliz. Mi corazón y este trabajo le pertenecen.

A mi angelito Caio, porque nunca pensé que de tan pequeña criatura emanara tanto amor y tanta fuerza. No hay nada que puedas hacer para amarte más, porque mi amor por ti es incondicional y sin ninguna exigencia. No dejes nunca de soñar y de esperar lo mejor, porque de sueños es libre el hombre. Ten siempre presente la convicción de que solamente el conocimiento puede cambiar el mundo.

A todos, mi eterno reconocimiento.

RESUMEN

“Efecto de 4 modelos de secuenciaciones de cargas en las capacidades de fuerza, velocidad, potencia muscular y en el grado de la transferencia sobre la velocidad”

Este estudio tuvo como objetivo comparar los efectos de cuatro modelos de entrenamiento de fuerza con secuenciaciones distintas de cargas y ejercicios en las capacidades de fuerza, velocidad, potencia muscular y en el grado de transferencia sobre la velocidad. Setenta y ocho sujetos, militares, miembros de la Brigada de Operaciones Especiales del Ejército Brasileño y moderadamente entrenados en fuerza fueron seleccionados para participar de la investigación. Los sujetos fueron divididos en cinco grupos: ejercicios sucesivos en bloques de 3 semanas (ESB3S: $n = 16$; edad = $20,11 \pm 0,7$ años; talla = $172 \pm 4,5$ cm; masa corporal = $63,1 \pm 3,6$ kg); ejercicios de máxima potencia en bloques de 3 semanas (EMPB3S: $n = 16$; edad = $20,45 \pm 0,64$ años; talla = $173 \pm 4,8$ cm; masa corporal = $67,1 \pm 9,8$ kg); ejercicios simultáneos (Esi: $n = 16$; edad = $20,27 \pm 0,75$ años; talla = $171 \pm 6,8$ cm; masa corporal = $64 \pm 8,8$ kg); ejercicios sucesivos semanales (ESS: $n = 16$; edad = $20,36 \pm 0,64$ años; talla = 171 ± 5 cm; masa corporal = $66,1 \pm 8$ kg); y grupo control (GC: $n = 14$; edad = $20,18 \pm 0,72$ años; talla = 174 ± 6 cm; masa corporal = $66,7 \pm 9,8$ kg). Con excepción del GC, todos los sujetos realizaron a lo largo de 9 semanas los ejercicios de sentadilla, salto con carga y salto con contramovimiento. Los grupos ESB3S y EMPB3S ejecutaron en las 3 primeras semanas solamente el ejercicio de la sentadilla, seguido respectivamente por entrenamientos de salto con carga (semanas 4-6) y salto con contramovimiento (semanas 7-9). El grupo Esi utilizó el modelo complejo de entrenamiento, ejecutando secuencialmente en todas las sesiones los 3 ejercicios de entrenamiento (sentadilla, salto con carga y salto con contramovimiento). El grupo ESS trabajó alternando semanalmente el tipo de ejercicio realizado (semanas 1,4 y 7 sentadilla; semanas 2, 5 y 8 salto con carga; semanas 3, 6 y 9 salto con contramovimiento). Aunque el grupo EMPB3S entrenó utilizando solamente las cargas capaces de producir la máxima potencia media propulsiva, al final del período experimental de 9 semanas, tras 27

sesiones de entrenamiento, todos los grupos entrenaron con el mismo volumen absoluto y la misma intensidad media de cargas. Como conclusión general, la síntesis de nuestro estudio indica que en sujetos moderadamente entrenados en fuerza, los 4 modelos diferentes de secuenciación de los ejercicios utilizados por nosotros (ESBS, ESB3S, Esi y ESS) produjeron resultados semejantes en las capacidades de fuerza, potencia y velocidad. Para estos sujetos, es probable que la carga a la cual se entrena tiene más influencia en las adaptaciones generadas por el entrenamiento de fuerza que los modelos de secuenciación utilizados a lo largo de las 9 semanas de entrenamiento.

ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Origen de la Problemática Objeto de Estudio	4
2.1 Importancia de la fuerza y de la potencia en el deporte.....	4
2.2 La periodización del entrenamiento de fuerza en el deporte	5
3. Estado Actual del Conocimiento sobre la Problemática Planteada	10
3.1 El Modelo de Bloques	10
3.2 El Modelo Complejo.....	11
3.3 El Modelo Ondulante Semanal.....	14
3.4 El Modelo Ondulante Diario	15
3.5 El entrenamiento en la zona de máxima potencia	16
3.6 La velocidad de ejecución como factor determinante de la carga	18
3.7 El grado de transferencia del entrenamiento neuromuscular	19
4. Planteamiento del Problema y Propósito de la Investigación	23
5. Objetivos de la Investigación	25
6. Hipótesis	27
7. Metodología	29
7.1 Tipo de Investigación.....	29
7.2 El Modelo Experimental	29
7.3 Muestra	31

7.4 Evaluaciones y pruebas físicas	32
7.4.1 Evaluación de 1RM	32
7.4.2 Evaluación de la potencia propulsiva media en la sentadilla	33
7.4.3 Evaluación de la potencia propulsiva media en el salto con carga... ..	34
7.4.4 Evaluación de salto vertical (salto con contramovimiento).....	35
7.4.5 Evaluación de la velocidad máxima de carrera en 20 metros	36
7.5 Instrumental de evaluación.....	37
7.5.1 El “Smith Machine”	37
7.5.2 El transductor lineal de velocidad.....	37
7.5.3 El sistema Winlaborat	39
7.6 El plan de trabajo	39
7.7 Tratamiento estadístico.....	40
7.8 Consideraciones éticas.....	41
8. Resultados.....	43
8.1 Diferencias entre los grupos	44
8.2 Cambios porcentuales intra-grupos en relación a los tests 1, 2, 3 y 4.....	45
8.3 Evoluciones lineales de las medias intra-grupos entre los tests 1, 2, 3 y 4	49
8.4 Tamaños del efecto de las comparaciones inter-grupos entre los tests 1, 2, 3 y 4.....	55
8.5 Transferencia de la RM, SV y PPMSC sobre la velocidad entre los tests 1 y 4.....	59
9. Discusión	61

10. Conclusiones	70
11. Aplicaciones Prácticas	73
12. Líneas de Investigación Futuras	75
13. Referencias Bibliográficas	77
<i>Relación de Figuras</i>	<i>87</i>
<i>Relación de Tablas</i>	<i>91</i>
Glosario de ACRÓNIMOS	94
Anexos	
Anexo I. Consentimiento Informado	97
Anexo II. Los Tipos de Entrenamiento	101
Anexo III. Planillas de Control de las Sesiones de Entrenamiento.....	105
Anexo IV. Publicaciones Científicas	110

1. INTRODUCCIÓN

1. Introducción

El papel fundamental que ocupa el entrenamiento de fuerza en el rendimiento deportivo es indiscutible. Para González Badillo y J. Ribas (24) *“el progreso en los deportes de alto rendimiento ha venido de la mano de los entrenamientos de fuerza, especialmente en aquellos deportes de corta y moderada duración”*.

En un sentido más amplio, el término entrenamiento se refiere a cualquier proceso de aprendizaje, orientado al logro de un objetivo específico. En el ámbito deportivo, esta expresión queda directamente vinculada a los medios involucrados en el proceso para obtención del resultado final y al inmenso vacío existente entre el fracaso y el éxito.

El proceso metodológico para prescripción del entrenamiento de fuerza es universalmente conocido por *Periodización* y expresa una serie de teorías formuladas para una mejor preparación deportiva. La *Periodización* define que el tiempo total de preparación del deportista debe ser dividido en fases distintas, con objetivos específicos. Según ese concepto, la suma de todas las adaptaciones alcanzadas en cada una de estas fases puede llevar al deportista a un estado óptimo de competición.

Sin embargo, las teorías existentes en ese proceso todavía carecen de comprobación científica y, además, son prácticamente inaplicables en el deporte competitivo actual, donde el tiempo es escaso y las exigencias son múltiples.

En esta investigación intentaremos comprobar si cuatro diferentes maneras de programar y organizar el entrenamiento tienen alguna influencia directa sobre las distintas variables dependientes expresadas por la fuerza dinámica máxima, potencia muscular y velocidad de carrera de los sujetos tras 3, 6 y 9 semanas de entrenamiento de fuerza.

Las cuestiones concernientes a nuestra revisión bibliográfica, nuestro problema de estudio, nuestros resultados y conclusiones y nuestra discusión están expresadas detalladamente en cada uno de los apartados a seguir.

2. ORIGEN DE LA PROBLEMÁTICA

2. Origen de la Problemática

2.1 Importancia de la fuerza y de la potencia en el deporte de alto rendimiento

Desde el punto de vista mecánico, fuerza es una magnitud física capaz de modificar la cantidad de movimiento o la forma de un cuerpo y que se expresa como el producto de la masa por la aceleración ($F=m.a$), siendo su unidad de medida internacional el Newton (N). Sin embargo, en el campo del deporte de alto rendimiento, la fuerza es definida como la capacidad de producir tensión que tiene el musculo al activarse.

Ya está bien establecido que las capacidades de fuerza y potencia muscular tienen una importancia fundamental para el rendimiento en diferentes deportes (CHELLY et al., 2009; CHELLY et al., 2010; HOFF y HELGERUD, 2004; MAIO ALVES et al., 2010; MUJKA et al., 2009; THOMAS et al., 2009). No obstante, es importante destacar que durante los movimientos deportivos coexisten dos fuentes de fuerzas que interactúan entre sí: las fuentes internas que producen el torque y son producidas por los músculos esqueléticos, y las externas, compuestas por las resistencias de los cuerpos a la modificación de su inercia de movimiento o reposo. Como resultado de esta interacción entre fuerzas internas y externas surge un tercer concepto y valor de fuerza que es la fuerza aplicada (GONZÁLES BADILLO y SERNA, 2002). Según los autores, *“la fuerza aplicada es el resultado de la acción muscular sobre las resistencias externas, que pueden ser el propio peso corporal o cualquier otra resistencia o artefacto ajeno al sujeto”*. En ese sentido, al analizar el movimiento, es importante saber en qué medida la fuerza interna generada por el sistema muscular del deportista se traduce en fuerza aplicada sobre las resistencias externas. De facto, lo que interesa en el deporte es medir la fuerza aplicada pues de ella depende la velocidad que se puede generar en el movimiento.

Aunque la medida de la fuerza aplicada asuma un papel relevante para el deportista, es importante destacar la relación que existe entre la fuerza y el tiempo disponible para su aplicación. Como la mayoría de los movimientos deportivos se realiza en un corto espacio de tiempo, el análisis del continuo de la curva fuerza-tiempo (C f-t) asume un papel crucial en la valoración de la forma deportiva (ZATSIORSKY, 1995).

Pero dado que para cualquier modificación en la C f-t se produce un cambio en la velocidad del movimiento, el análisis de la curva fuerza-velocidad (c f-v) también es importante en la evaluación del progreso del rendimiento deportivo. Por lo tanto, para el deportista de alto rendimiento, el entrenamiento de fuerza tendrá el propósito de incrementar la fuerza aplicada en la unidad de tiempo (RFD) ante cualquier carga, y especialmente ante la carga de competición. La mejora de la fuerza aplicada en el tiempo específico o en la zona de la curva f-t específica del rendimiento del deportista, al realizar su gesto específico de competición le denominamos fuerza útil (GONZÁLES BADILLO y GOROSTIAGA, 1997). Para los autores *“dada la importancia de la fuerza útil para el resultado deportivo y para la valoración del efecto del entrenamiento, este valor de fuerza debe ser el principal criterio de referencia para organizar el propio entrenamiento.”*

Debido a la importancia de la fuerza en el deporte, muchos investigadores han tratado de identificar los métodos de entrenamiento más adecuados para maximizar el desarrollo de esas capacidades. Dentro de los modelos más utilizados en el deporte de alto rendimiento están los entrenamientos que envuelven cargas pesadas y los ejercicios de saltos verticales con y sin el contra-movimiento (KRAEMER et al., 2003; MC BRIDE et al., 2002; TRICOLI et al., 2005). A pesar de la gran cantidad de investigaciones al respecto de los efectos de estos métodos en el rendimiento deportivo, una menor atención se ha dedicado a la comprensión de los efectos de la aplicación de diferentes secuencias temporales de los ejercicios dentro de la programación del entrenamiento. A esa secuencia temporal de organización de las cargas del entrenamiento de fuerza con el objetivo de maximizar el desempeño del deportista, es lo que habitualmente se denomina periodización. Aunque conocemos el importante papel que desarrollan las capacidades de fuerza y potencia muscular en el resultado deportivo, todavía no sabemos cuál es el mejor modelo de periodización a seguir a lo largo de una temporada de entrenamiento.

2.2 La periodización del entrenamiento de fuerza en el deporte

En el deporte de alto rendimiento, la periodización del entrenamiento de fuerza suele estar basada en la Teoría de la Adaptación General (TAG). Formulada inicialmente por SELYE

(1956), la TAG propone que cualquier agente estresante es capaz de provocar respuestas similares en el organismo, desencadenando una posterior fase de alarma (**Fig.1**). Según el autor, las respuestas inmediatas a esos agentes son siempre negativas, ocasionando una debilidad fisiológica en los sujetos. Tras ese periodo, los mecanismos de recuperación metabólicos son activados, con la intención de llevar el organismo nuevamente a la homeostasis. Cuando los tiempos de recuperación no son suficientes, el grado de estrés puede ser superior a la capacidad de adaptación individual, resultando en un deterioro de las capacidades funcionales. Sin embargo, la aplicación de un nuevo estímulo en el momento ideal podría incrementar las reservas adaptativas de un sujeto, aumentando gradualmente sus niveles de rendimiento. En la literatura científica, ese potencial adaptativo orgánico es descrito como “supercompensación” (CHIU y BARNES, 2003).

Los especialistas en medicina del deporte de los países del antiguo bloque del Este encontraron similitudes entre el patrón de respuestas al entrenamiento en deportistas y los patrones de estrés estudiados por SELYE (1956). Basados en esa teoría, propusieron que el ciclo de entrenamiento fuese dividido en fases distintas, concepto al que llamaron “Periodización”. Según estos autores, el cambio constante entre volumen e intensidad que ocurre durante esas fases puede ser capaz de optimizar las respuestas adaptativas del deportista, incrementando así su desempeño competitivo (STONE y FRY, 1998; ZATSIORSKY, 1995).

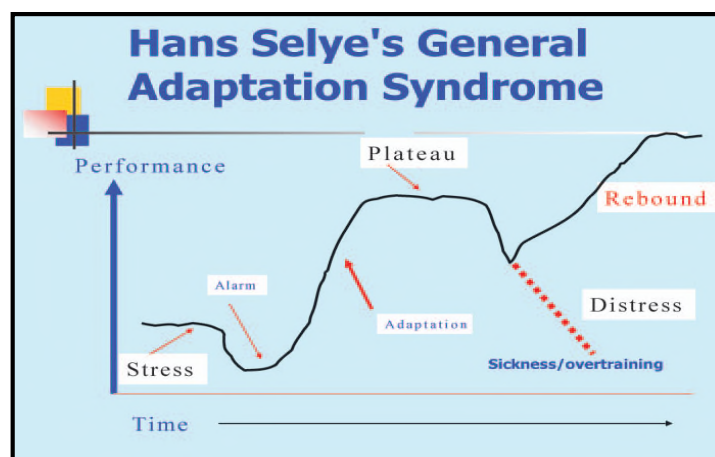


FIGURA 1 Teoría de la Adaptación General (TAG) (CHIU y BARNES, 2003).

El sistema tradicional de periodización fue concebido por el Doctor Leev Pavlovtchi Matveyev, en la década de los 50 (HAFF, 2004). Ese modelo puede ser caracterizado por una variación lineal en las cargas de entrenamiento, a través de la reducción gradual del volumen y del incremento gradual de la intensidad. Otra importante característica del “modelo lineal” (ML) es la división del periodo total de preparación en tres diferentes etapas: periodo de preparación, periodo de competición y periodo de transición (MATVEYEV, 1981) (Fig.2).

Diversos estudios han comprobado la eficiencia del ML de periodización. STONE et al. (1981), compararon los efectos de dos tipos diferentes de entrenamiento de fuerza en hombres desentrenados con edad universitaria. Para ello, dividieron los sujetos en 2 diferentes grupos: “no periodizado” (NP=3 x 6RM en todas las sesiones de entrenamiento) y “modelo lineal” (ML=progresión gradual de intensidad y reducción gradual de volumen a lo largo de 6 semanas). Tras 18 sesiones de entrenamiento de fuerza, el ML tuvo un incremento significativamente mayor ($p \leq 0,05$) que el NP en la capacidad de fuerza dinámica máxima (FDM) (sentadilla) y en la potencia producida en el salto vertical (SV).

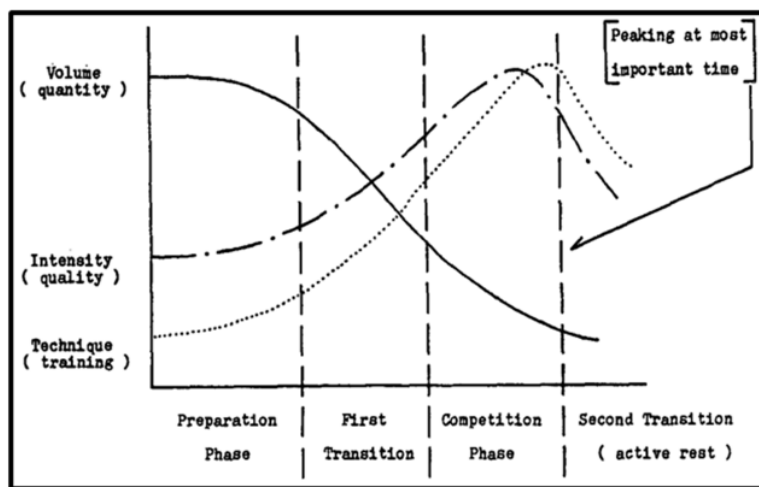


FIGURA 2 Modelo Lineal de MATVEYEV (1981).

STOWERS et al. (1983) encontraron resultados similares al estudiar los efectos de 3 diferentes tipos de entrenamiento de fuerza realizados durante un ciclo de 7 semanas. Los tratamientos fueron los siguientes: “serie única” (SU=1 x 10), “3 series” (3S=3 x 10) y “modelo lineal” (ML=progresión gradual de intensidad y reducción gradual de volumen

a lo largo de 7 semanas). Después de 21 sesiones de entrenamiento, todos los grupos presentaron diferencias significativas en la FDM (press de banca y sentadilla). Sin embargo, el ML obtuvo una mejora significativamente mayor en la FDM (sentadilla) que los grupos SU y 3S. Además, solamente el grupo ML mostró un aumento significativo en el SV.

Al inicio de los años 90, dos trabajos innovadores hechos por un mismo autor intentaron comprobar la superioridad del ML en sujetos previamente entrenados. En el primer estudio, WILLOUGHBY (1992) utilizó únicamente sujetos capaces de hacer 1RM en el press banca y en la sentadilla con cargas respectivamente iguales o superiores a 120% y 150% del peso corporal. El autor utilizó tres grupos experimentales distintos: “no periodizado” (NP=3 x 10RM), “no periodizado progresivo” (NPP=3 x 6 – 8RM con incremento gradual de 4,54 kg por serie) y “modelo lineal” (ML=progresión gradual de intensidad y reducción gradual de volumen). Al final de 12 semanas se observaron aumentos significativos en la FDM para todos los grupos. Siguiendo los estudios preliminares, los sujetos entrenados también mostraron mejoras significativamente mayores al utilizar el ML en la FDM, press de banca y en la sentadilla.

En un segundo estudio, WILLOUGHBY (1993) utilizó los mismos criterios anteriores para la elección de los sujetos (120% o más del peso corporal para el press de banca y 150% o más del peso corporal para sentadilla), sin embargo, la diferencia en este trabajo fue una mayor duración total de la experimentación (16 semanas). Al final del estudio, nuevamente el autor encontró incrementos significativamente mayores en la FDM a favor del ML en press de banca y sentadilla. Según lo indicado en los apartados anteriores, en aquel momento se estableció que incluso los sujetos entrenados pueden obtener mayores ganancias de fuerza con la utilización del ML de entrenamiento.

Sin embargo, la aplicación inicial de este modelo de periodización se propuso para periodos de tiempo muy largos, pretendiendo alcanzar un solo pico de forma durante la temporada. Este tiempo no es compatible con la realidad del deporte competitivo actual.

3. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

3. Estado Actual del Conocimiento

3.1 El Modelo de Bloques

Con los cambios actuales en el escenario deportivo mundial, no se tardó mucho tiempo en que surgiesen las primeras críticas al ML.

Enterado de estos cambios y dispuesto a desarrollar un sistema capaz de atender la nueva realidad del deporte competitivo, VERKHOSHANSKY (1981) propuso en el inicio de la década de 80 el “Modelo de Bloques” (MB).

El principio fundamental del MB consiste en que cada ciclo de entrenamiento (bloque) contiene solamente un tipo de sobrecarga, procedimiento que el autor definió como “Principio de Unilateralización de las Cargas” (**Fig.3**). Según VERKHOSHANSKY (1981), el aislamiento de cada tipo de entrenamiento es capaz de disminuir las interferencias negativas ocasionadas por capacidades físicas concurrentes. Con esas medidas, al final de cada bloque, las adaptaciones fisiológicas se suman, posibilitando así numerosos “picos” por temporada. Para ISSURIN (2008), la utilización de microciclos específicos y concentrados en el MB facilita la especialización del organismo, hecho que, según este autor, no ocurre en el ML tradicional cuando diferentes capacidades son entrenadas simultáneamente. Para el autor, la superposición correcta de los bloques permite un aprovechamiento superior de los efectos residuales logrados en los entrenamientos anteriores.

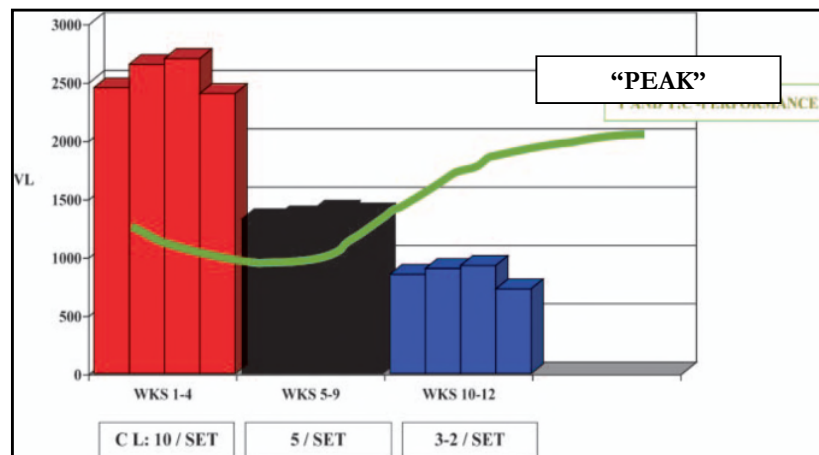


FIGURA 3 Modelo de Bloques propuesto por Verkhoshansky (HAFF, 2004).

Además de los autores anteriormente citados, numerosos expertos en la ciencia del entrenamiento de fuerza han enfatizado las posibles ventajas de una concentración intensa y aislada de un determinado tipo de carga (BOMPA y CORNACCHIA, 1998; KURZ, 1991; POLIQUIN, 1988; POLIQUIN, 1985; ZATSIORSKY, 1995). Para POLIQUIN (1988), este hecho puede “potenciar el aprendizaje motor, anticipando la especialización deportiva y optimizando el rendimiento a lo largo de toda la temporada”. Diferentes estudios evidenciaron la eficiencia de la MB para el perfeccionamiento de una habilidad técnica específica (HALL y MAGILL, 1995; POLLATOU et al., 1997; SHEA et al., 2002; SHEA et al., 2005; SHEA et al., 1999; WULF y LEE, 1993). No obstante, no hemos encontrado ningún trabajo que haya demostrado una superioridad del modelo original propuesto por Verkhoshansky sobre otros modelos cuando el objetivo es el desarrollo de las diferentes capacidades neuromusculares.

Aparte de la discusión sobre su real eficacia, el modelo conceptual del Dr. Yuri Verkhoshansky tampoco parece capaz de satisfacer las exigencias actuales del deporte de alto rendimiento. Esto es así porque la gran demanda de capacidades físicas, el gran número de competiciones y la escasez de tiempo para entrenar no permiten a los deportistas de elite sesiones tan específicas de entrenamiento (FLECK y KRAEMER, 1996; KRAEMER y HAKKINEN, 2002). Además, la concentración excesiva de un tipo de carga durante un determinado ciclo puede llevar a un alto grado de fatiga neuromuscular, hecho que resulta en una disminución del rendimiento deportivo (KOMI, 1986).

3.2 El Modelo Complejo

La necesidad de desarrollar un sistema de periodización capaz de optimizar el rendimiento competitivo en cortos periodos de tiempo hizo que otros modelos de preparación surgiesen al inicio de la década de los 90. En esa época, los nuevos conceptos fisiológicos formulados sugerían que una misma sesión de entrenamiento podría ocasionar efectos positivos y negativos en el desempeño deportivo. Diferentes autores fueron capaces de describir esas respuestas orgánicas específicas desarrollando un modelo teórico llamado “Fitness Fatigue Theory” (CHIU y BARNES, 2003; PLISK y STONE, 2003) (**Fig.4**). Según esa teoría, las diferentes respuestas orgánicas provocadas por un ejercicio pueden manifestarse de manera aguda o crónica, influyendo no solamente en la

planificación del microciclo, sino también en la ordenación de las cargas en una misma sesión.

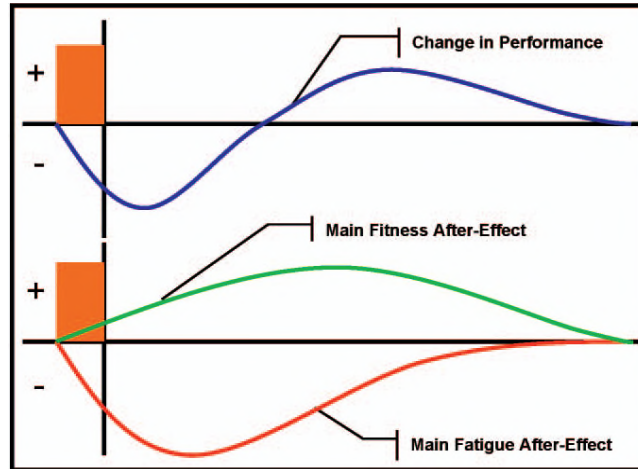


FIGURA 4 “Fitness-Fatigue Theory” (CHIU y BARNES, 2003)

Datos consistentes apuntan a que los ejercicios de fuerza son capaces de aumentar las respuestas agudas del sistema nervioso central, incrementando el rendimiento. Definido como “Potenciación Post Activación” (PPA), este fenómeno es caracterizado por una mejora en la sincronización de las unidades motoras, una posible anticipación en la activación de las unidades motoras de gran calibre y una inhibición del reflejo de *co-contracción* de los músculos antagonistas (AAGAARD, 2003; AAGAARD et al., 2002; GULLICH y SCMIDTBLEICHER, 1996; GOURGOULIS y AGGELOUSSIS, 2003; TRIMBLE y HARP, 1998; YOUNG et al, 1998). La observación de estos efectos agudos e inmediatos por diferentes estudiosos llevó a la creación de lo que conocemos por “Modelo Complejo de entrenamiento” (MC) (CHU, 1996; EBBEN y WATTS, 1998). En el MC, las cargas de entrenamiento son dispuestas de modo que el ejercicio posterior pueda ser potencializado por una ejecución previa de un determinado ejercicio. Como ejemplo, podemos utilizar el salto con contramovimiento ejecutado después de una sentadilla. La posible pre-activación del sistema nervioso después de un ejercicio de fuerza podría ocasionar una mejora en el desempeño del salto. Otra ventaja presentada por ese sistema es la posibilidad de reunir en una misma sesión diferentes tipos de ejercicios, lo que puede permitir una importante economía de tiempo. Algunos autores han comprobado la influencia positiva del MC de entrenamiento en la PPA de sujetos altamente entrenados

en fuerza (DUTHIE et al., 2002; GOURGOULIS y AGGELOUSSIS, 2003, KILDUFF et al., 2007; RUBEN et al., 2010). KILDUFF et al. (2007) encontraron valores de potencia pico significativamente mayores en el SV y en press de banca con lanzamiento tras una PPA que utilizó una sobrecarga de 3RM (en los ejercicios de sentadilla y press de banca). En ese estudio, los sujetos medidos fueron 23 jugadores profesionales de rugby.

Aparte de los efectos positivos ya demostrados por la PPA, CHU (1996) alerta que ese procedimiento tiene muchas limitaciones y restricciones, sobre todo al ser utilizado con sujetos con bajos niveles de fuerza. GOURGOULIS et al. (2003) observaron que la PPA fue capaz de aumentar la altura del SV (4%, $p < 0,05$) en individuos capaces de hacer una sentadilla con valores superiores a 160 Kg. Pero, para sujetos por debajo de esos niveles, la PPA no presentó ningún incremento significativo en la altura del SV. RUBEN et al. (2010) encontraron resultados similares, notando diferencias significativas a favor de la PPA solamente en sujetos que hicieron sentadillas con valores de al menos 2 veces el peso corporal.

Confirmando estos hallazgos anteriores, CHIU et al. (2003) comprobaron que las capacidades de FDM y potencia máxima (PM) tras una PPA solamente aumentaban significativamente en deportistas de elite, hecho que no ocurrió en sujetos recreacionalmente entrenados. Contrariamente al gran número de trabajos que estudian los efectos agudos de la PPA, hemos encontrado solamente un estudio que analizó las posibles adaptaciones crónicas provocadas por el MC. Para ello, FATOUROS et al. (2000) compararon los resultados de 3 diferentes tipos de entrenamiento de fuerza en sujetos capaces de realizar una sentadilla con al menos 1,5 veces el peso corporal. Los sujetos fueron divididos en tres grupos: Grupo “EP” (entrenamiento con pesas); Grupo “PLIO” (entrenamiento pliométrico); Grupo “EC” (entrenamiento combinado de pesas + pliometría). Tras 36 sesiones hechas a lo largo de 12 semanas de entrenamiento, todos los grupos tuvieron mejoras significativas en la FDM y en el SV. Sin embargo, los análisis estadísticos entre los grupos demostraron incrementos significativamente mayores en el grupo EC para todas las capacidades evaluadas.

A pesar del gran número de publicaciones sobre el MC, todavía no es posible establecer su eficacia real, principalmente en sujetos con bajos niveles de fuerza. Debido al gran número de controversias relacionadas con este modelo, muchos entrenadores y estudiosos

del deporte de alto rendimiento aún defienden la utilización de los sistemas tradicionales de periodización.

3.3 El Modelo Ondulante Semanal

Una característica fundamental en los sistemas tradicionales es la progresión gradual de cargas, ordenadas de manera que el sujeto pueda absorber mejor los cambios en la intensidad. Sin embargo, muchos autores creen que ese incremento lento y gradual de carga pueda ocasionar una acomodación del estado de entrenamiento. Eso porque, a largo plazo, los pequeños cambios en la intensidad pueden no contener los estímulos necesarios para provocar adaptaciones morfológicas en los músculos esqueléticos (BAECHLE y EARLE, 2008; POLIQUIN, 1988). Además, CECI et al. (1991) alertaron sobre el hecho de que el aumento continuo de intensidad en los modelos tradicionales de periodización está posiblemente relacionado con la aparición de la fatiga nerviosa acumulada durante el ciclo de preparación deportiva.

Basado en estos hechos, POLIQUIN (1988) recomienda una variación dinámica de la carga cada dos semanas de entrenamiento, alternando las fases de “fuerza-potencia” con las “fases de hipertrofia”. Según el autor, los cambios constantes en intensidad y volumen podrían atender las exigencias competitivas del deportista moderno. Debido a la alta aplicabilidad de ese nuevo concepto, no tardó mucho en surgir un nuevo sistema de periodización, denominado “Modelo Ondulante Semanal” (MOS).

Ya en la década de los 90, algunos estudiosos investigaron los posibles resultados de la utilización del MOS. BAKER et al. (1994) encontraron mejoras significativas en el SV y en la FDM (press de banca y sentadillas, al comparar grupos ML y MOS con un grupo control no periodizado (NP) (12 semanas de entrenamiento, sujetos previamente entrenados). Sin embargo, al examinar los cambios entre los grupos antes y después de 36 sesiones, no fueron observadas diferencias significativas entre los grupos ML y MOS. BUFORD et al. (2007) confirmaron estos hallazgos después de evaluar los efectos de 9 semanas de entrenamiento de fuerza en sujetos recreacionalmente entrenados. Al final del estudio, no se encontró ninguna diferencia significativa entre los grupos MOS y ML en la FDM (press de banca y press de piernas).

En nuestra revisión bibliográfica sobre MOS, hemos encontrado solamente un estudio que utilizó como sujetos deportistas de elite. En ese trabajo, IVANOV et al. (1977) compararon la ganancia de la FDM en lanzadores rusos tras un periodo de entrenamiento de fuerza. Para ello, los lanzadores fueron divididos en dos grupos distintos (MOS y NP) y sometidos a evaluaciones de 1RM en los ejercicios de sentadilla y press de banca. En el análisis de los datos post entrenamiento se comprobó la superioridad del MOS ante el NP, también en deportistas de elite. No obstante, no hemos encontrado artículos en los que se haya comprobado una mayor eficiencia del MOS ante el ML en sujetos altamente entrenados. Podríamos considerar que la ausencia de estudios con atletas de alto nivel pueda estar vinculada a una necesidad de un modelo de entrenamiento aún más ondulante para este tipo de deportistas.

3.4 El Modelo Ondulante Diario

Partiendo de lo indicado en el apartado anterior, más recientemente, distintos autores han propuesto otro modelo de periodización. Con una mayor frecuencia de cambios entre intensidad y volumen, el “Modelo Ondulante Diario” (MOD) sugiere variaciones diarias en la carga de entrenamiento.

Según BAECHLE y EARLE (2008), el MOD puede aplicarse a deportes que tienen muchas competiciones a lo largo de la temporada y, por lo tanto, no entrenan para alcanzar los máximos picos de fuerza y potencia. Los mismos autores alertan que los niveles relativamente altos de intensidad diaria en el MOD pueden producir más rápidamente un estado de sobreentrenamiento en deportistas de alto rendimiento.

Para diagnosticar las adaptaciones inducidas por el MOD, KRAEMER et al. (1997) midieron sus efectos en 22 jugadores de un equipo de la tercera división de fútbol americano. Tras 72 sesiones realizadas con cargas variadas a lo largo de 24 semanas, los resultados mostraron aumentos significativos en la FDM (press de banca y press de piernas) y en el SV. Los datos obtenidos fueron comparados con un grupo SU (n=22) y resultaron en diferencias significativas a favor del MOD.

En dos estudios se compararon el MOD con el ML. En el primero, RHEA et al. (2002) encontraron aumentos significativos en la FDM (press de banca y press de piernas) en

sujetos recreacionalmente entrenados sometidos a ambos modelos de periodización (MOD y ML). Sin embargo, entre los grupos, hubo diferencias significativas a favor del MOD solamente en el ejercicio de press de piernas. BUFORD et al. (2007) no encontraron diferencias significativas al comparar los resultados de 3 diferentes modelos de periodización en sujetos recreacionalmente entrenados (ML, n=9; MOD, n=10; MOS, n=9). Tras 9 semanas de entrenamiento de fuerza, los 3 grupos mostraron aumentos significativos y estadísticamente similares en la FDM (press banca y press de piernas).

Hasta la presente fecha, hemos encontrado solamente un trabajo que analizó los efectos de dos distintos modelos de periodización (ML y MOD) en la PM. Para ello, HARTMANN et al. (2009) evaluaron los resultados obtenidos por estudiantes de educación física tras realizar 52 sesiones de entrenamiento de fuerza a lo largo de 14 semanas. Al término del trabajo, el análisis de los datos estadísticos no indicó diferencias significativas en los aumentos de FDM (press de banca) y PM (press banca con lanzamiento) entre los grupos ML y MOD. Según los autores, en un corto periodo de tiempo, las ganancias de fuerza y potencia en sujetos previamente entrenados parecen no estar directamente asociadas al tipo de periodización elegido.

3.5 El entrenamiento en la zona de máxima potencia

La falta de consenso entre el modelo “óptimo” de periodización a ser elegido para la utilización en el alto rendimiento deportivo, hizo que surgiesen otras líneas de investigación ligadas a la carga de entrenamiento. Ya que hasta ahora no se ha determinado un “sistema superior para entrenar”, muchos estudiosos tienen como objetivo buscar la intensidad de carga ideal para incrementar el desarrollo de la PM.

Para numerosos autores, la PM es la capacidad determinante del éxito deportivo en la inmensa mayoría de los deportes (KANEKO et al., 1983; KAWAMORI y HAFF, 2004; MC BRIDE et al., 2002), aunque el verdadero objetivo, y lo que determina el rendimiento, es la mejora de la velocidad de ejecución ante la misma carga, que natural y necesariamente llevará a una mejora de la potencia.

En uno de los primeros estudios que intentó definir un rango óptimo de entrenamiento para el incremento de la PM, KANEKO et al. (1983) concluyeron que la mejor intensidad

de carga se acercaba al 30% de 1RM. Para llegar a esa conclusión, los autores utilizaron un transductor lineal de fuerza adaptado de un estudio hecho en el año de 1953, por WILKIE y ABBOT. (1953) (Fig.5). También en esa época, FAULKNER et al. (1986) propusieron que la PM “podría ser incrementada con entrenamientos muy cercanos a 30 % de 1RM”. Otros autores han propuesto que las cargas “óptimas” para el desarrollo de la PM son dependientes del tipo de ejercicio utilizado en la medición y, por lo tanto, pueden variar entre 30 y 45 % de 1RM (MOSS et al., 1997; NEWTON et al., 1997).

Más recientemente, la mejora en la cualidad de los transductores lineales de fuerza ha aumentado la fiabilidad de los tests para la determinación de la PM. Esas mejoras también han permitido medir un número aún mayor de ejercicios y sus posibles variaciones, ampliando el llamado “rango óptimo” de entrenamiento. Como resultado, muchos estudios actuales sugieren la utilización de zonas de intensidad entre 40 y 70% de 1RM, hecho que aumenta aún más las discusiones relacionadas con ese tema (BAKER, 2001; BAKER, 2001; BAKER et al., 2001; BAKER et al., 2001; CRONIN et al., 2001; IZQUIERDO et al., 2001; IZQUIERDO et al., 2002).

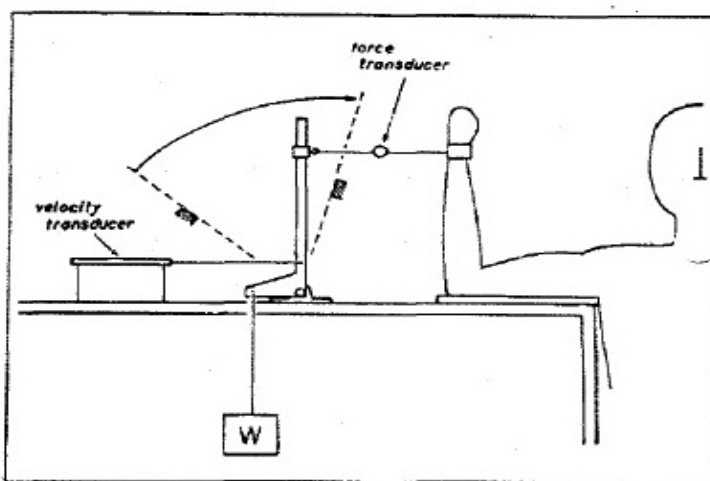


FIGURA 5 Dispositivo adaptado de Wilkie utilizado por KANECO et al. (1983)

Dispuestos a aclarar las argumentaciones al respecto de la “carga óptima” para el desarrollo de la PM, KAWAMORY et al. (2004) realizaron una revisión que ha tenido una gran repercusión entre los estudiosos del entrenamiento. Para ello, analizaron los resultados y consideraciones obtenidos tras una evaluación centrada en 66 trabajos científicos. Una vez más, la controversia sigue vigente en la conclusión de los autores, incapaces de determinar un “rango superior de carga” con respecto a los demás. Como

recomendación, proponen a los deportistas y entrenadores trabajar con cargas cercanas a las propias en competición, basados principalmente en la velocidad de ejecución de los gestos deportivos específicos.

3.6 La velocidad de ejecución como factor determinante de la carga de entrenamiento

Muchos autores han considerado la importancia fundamental que ocupa la velocidad de ejecución en la prescripción del entrenamiento de fuerza.

GONZÁLES BADILLO (2007) define que la velocidad de ejecución no es solamente una medida de intensidad, sino la más fiable e importante variable para la determinación real de la carga de entrenamiento. Para el autor, la fuerza aplicada por un sujeto en un determinado movimiento puede ser directamente estimada a través de *“la velocidad a la que se desplaza la resistencia”*. Según sus consideraciones, si la *“fuerza aplicada se realiza en las condiciones específicas de tiempo y velocidad propias del ejercicio de competición, estaremos ante la fuerza útil del sujeto”*.

IZQUIERDO et al. (2006) también han destacado las ventajas de prescribir entrenamientos con base en las velocidades del movimiento. En ese trabajo, los autores afirman que *“entrenando a una velocidad específica es posible mejorar la aplicación de la fuerza y la tasa o pendiente de producción de fuerza principalmente a esa velocidad”*. Esta tasa de producción de fuerza (*“Rate of Force Development”*, RFD) se muestra en la **Figura 6**. De hecho, algunos estudios encontraron una mayor orientación del desarrollo de fuerza en relación con la velocidad con la que se entrena (BHEM Y SALE, 1993; CRONIN et al, 2002; KANEHISA y MIYASHITA, 1983; WILSON et al., 1993).

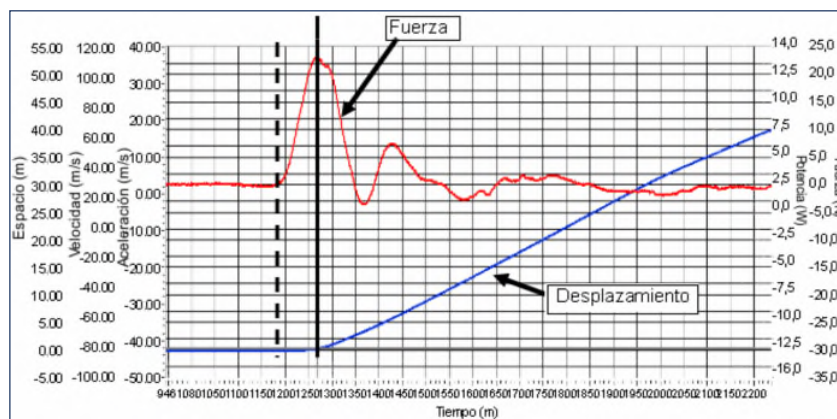


FIGURA 6 Pendiente de producción de Fuerza en relación al tiempo (González Badillo, 2007). La máxima pendiente (RFD_{máx}) se alcanza antes de iniciar el desplazamiento.

3.7 El grado de transferencia del entrenamiento de fuerza

Otros factores directamente ligados a la velocidad con que se entrena son las posibles adaptaciones que pueden ser inducidas por un determinado tipo de entrenamiento.

La transferencia específica de las mejoras obtenidas a través del entrenamiento de fuerza para otras capacidades motoras es una cuestión fundamental en el deporte. Muchos autores defienden la teoría de que el incremento de las capacidades de FDM y PM en deportistas de elite puede influir positivamente en la velocidad máxima de carrera (McBRIDE et al., 2002; VERKHOSHANSKY, 1986; VERKHOSHANSKY y TATYAN, 1973; YOUNG et al., 1995).

No obstante, todavía ese hecho no está establecido y muchos entrenadores rechazan esa idea. Asimismo, según González Badillo (2002), la medida exacta de la transferencia en deportistas de competición es habitualmente imposible porque para poder calcularla no se podría realizar nunca el ejercicio de competición durante los entrenamientos.

Como es lógico, la situación más favorable para calcular la transferencia se da cuando los sujetos no son expuestos al entrenamiento específico de la capacidad que se desea desarrollar a lo largo de todo el período experimental, ya que si los sujetos se entrenan para mejorar el rendimiento en dicha capacidad, el efecto no se puede adjudicar exclusivamente a la transferencia, sino también al propio entrenamiento. Para expresar la

magnitud de la transferencia, Zatsiorsky (1995) sugiere una ecuación que representa “una relación de ganancias entre variables”. En la ciencia del deporte, la ganancia es calculada por la siguiente relación: [(Media pos-entrenamiento (M_2) – Media pre-entrenamiento (M_1)) / Desviación estándar pre-entrenamiento (dt_1)].

$$Ganancia = \frac{M_2 - M_1}{dt_1}$$

Y el cálculo de la transferencia consiste en la relación entre las ganancias resultantes en el ejercicio no entrenado y el ejercicio entrenado, como se muestra por la siguiente ecuación:

$$Transferencia = \frac{Ganancia \text{ ejercicio no entrenado}}{Ganancia \text{ ejercicio entrenado}}$$

Hemos encontrado solamente dos estudios que intentaron confirmar los posibles efectos de transferencia ocasionados por el entrenamiento de fuerza. En uno de los trabajos, Peterson et al. (2008) compararon los efectos producidos por dos diferentes modelos de periodización (ML y MOD) en bomberos estadounidenses. Los sujetos fueron divididos en dos grupos (ML=7 y MOD=7), y se les midieron distintas variables (los dos grupos realizaron 3 sesiones de entrenamiento por semana siguiendo diferentes secuencias de carga, alternando sesiones de fuerza, pliometría y series de sprint) antes y después de un periodo de 9 semanas. Tras 27 sesiones de entrenamiento de fuerza y de sprint, los dos grupos presentaron aumentos significativos en las capacidades de FDM (press de banca y sentadilla), PM y en el SV. En ningún grupo se observaron mejoras en la velocidad de desplazamiento para un test de 40 yardas. Sin embargo, el hecho de que en las sesiones experimentales los sujetos fueran sometidos a trabajos de sprint, ha comprometido el cálculo de la transferencia sobre la velocidad. Por ello, los autores no calcularon el grado de transferencia y nosotros entendemos que no la utilización del término transferencia en ese artículo es un error conceptual.

En el otro estudio, Weiss et al. (2000) compararon la transferencia producida por dos técnicas diferentes del ejercicio de la sentadilla realizado en una máquina específica (sentadilla profunda y media sentadilla) sobre distintos tipos de saltos verticales. Después de 9 semanas de investigación, los autores concluyeron que la sentadilla profunda es

superior a la media sentadilla para aumentar la fuerza muscular a cualquier profundidad del ejercicio y para producir un mayor grado de transferencia de la fuerza sobre el salto vertical (2,32 y 0,31, valores de la transferencia sobre el salto vertical de la sentadilla profunda y la media sentadilla, respectivamente). Sin embargo, las diferencias producidas por los dos tipos de ejercicio en la altura del salto vertical no fueron significativas y los valores de transferencia presentados están directamente influenciados por las reducidas ganancias en las capacidades entrenadas. Cabe mencionar una vez más que en ese estudio el cálculo de la transferencia se queda impreciso ya que las variables medidas se recogieron directamente en el ejercicio entrenado, en contraste con las directrices propuestas por Zatsiorsky (1995).

Por lo tanto, basados en nuestra revisión, el actual estado del conocimiento no permite determinar el modelo óptimo de programación para el entrenamiento de fuerza del deportista, porque, en nuestra opinión, los conceptos formulados por la ciencia del entrenamiento aún no son capaces de determinar cuál es la mejor organización de cargas para lograr un mejor rendimiento físico. Además, la transferencia del entrenamiento de fuerza sobre la velocidad máxima de desplazamiento todavía no se ha comprobado, lo que dificulta la interpretación de los cambios reales producidos por este tipo de entrenamiento sobre esta importante capacidad motora.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PROPÓSITO DE LA INVESTIGACIÓN

4. Planteamiento del problema y propósito de la investigación

A través de nuestra revisión bibliográfica hemos comprobado la existencia de una falta de consenso en lo que se refiere a la mejor manera para organizar las diferentes cargas de entrenamiento de fuerza dentro de un ciclo específico de preparación deportiva, con el objetivo de alcanzar la mejor forma competitiva y para lograr los más altos niveles de transferencia desde las capacidades de fuerza y potencia para la velocidad de desplazamiento. Por ello, consideramos que los profesionales involucrados en el ámbito del entrenamiento deportivo no disponen de la información suficiente para confiar en el modelo de programación elegido a lo largo de una temporada de competición. Por tanto, en nuestro estudio nos proponemos comparar los efectos de 4 diferentes organizaciones de entrenamiento de fuerza en las capacidades de fuerza máxima (1RM), salto vertical, velocidad y potencia muscular (potencia propulsiva media en los ejercicios de sentadilla y salto con carga). Por tanto, los problemas objeto de estudios son los siguientes:

Problemas

1. ¿Qué modelo de secuenciación de las cargas, de los diseñados por nosotros, proporciona los mejores resultados en las ganancias de fuerza, potencia y velocidad a lo largo de un ciclo de entrenamiento de fuerza de 9 semanas?
2. ¿Qué modelo de secuenciación de las cargas, de los diseñados por nosotros, alcanza los mayores valores de transferencia sobre la velocidad de desplazamiento?

5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

5. objetivos de la investigación

Para dar respuesta a la problemática planteada proponemos los objetivos siguientes:

- Comprobar cuál de los cuatro modelos de distribución de ejercicios y de prescripción de las cargas diseñados y aplicados en nuestro estudio ofrece las mejores ganancias en fuerza, potencia y velocidad en sujetos físicamente activos en un ciclo de entrenamiento de 9 semanas.
- Comprobar cuál de los cuatro modelos de distribución de ejercicios y de prescripción de las cargas diseñados y aplicados en nuestro estudio permite mayor transferencia sobre la velocidad de desplazamiento en un ciclo de entrenamiento de 9 semanas.

Consideramos que los datos obtenidos con ese estudio pueden aportar información de relevancia para la organización del entrenamiento y para el logro del éxito competitivo en el deporte de alto rendimiento.

6. HIPÓTESIS

6. Hipótesis

Si tenemos en cuenta que los ejercicios que realizaremos se pueden considerar específicos para la mejora de la fuerza y potencia de las extremidades inferiores y que se realizarán con cargas medias y ligeras desplazadas a la máxima velocidad posible, es probable que se produzcan efectos positivos en la mejora del salto vertical. Por otra parte, dado que la capacidad de aceleración está relacionada con la producción de fuerza en la unidad de tiempo y con la fuerza máxima de las piernas medida a través de una sentadilla, y que estas manifestaciones de fuerza pueden ser estimuladas por los ejercicios mencionados, es probable que en sujetos no entrenados para la velocidad, la utilización de cargas ligeras y medias favorezcan la mejora de la aceleración. Por tanto, nuestras hipótesis son las siguientes:

1. La aplicación del entrenamiento de fuerza a través de la sentadilla, el salto con cargas y el salto sin cargas, independientemente del orden y la secuencia en los que se apliquen, producirá una mejora significativa en los tres ejercicios entrenados.
2. La aplicación de cargas ligeras y medias (según se indica en el apartado de metodología) en los ejercicios mencionados en la primera hipótesis, independientemente del orden y la secuencia en los que se apliquen, producirá una mejora significativa en la capacidad de aceleración en 20 metros en sujetos no especialmente entrenados para velocidad.
3. La mejora en la aceleración producida por la aplicación de las sesiones de entrenamiento de fuerza con cargas ligeras y medias causará una mejora de la velocidad en una carrera de 20 metros sin haber practicado dicho ejercicio durante el entrenamiento, lo que significa que producirá transferencia directa de las ganancias de fuerza y potencia muscular sobre la velocidad de desplazamiento en dicha distancia.

7. METODOLOGÍA

7. Metodología

7.1 Tipo de Investigación

Debido al grado de manipulación de las variables, sus características y objetivos, ésta es una investigación experimental cuantitativa con un diseño longitudinal. En nuestro caso, las variables independientes son los tipos de entrenamiento (ESB3S, EMPB3S, Esi y ESS) y las dependientes son las capacidades medidas en los tests (RM, SV, VEL20M, PPMS y PPMSC). A través de los resultados obtenidos a lo largo de 9 semanas se analizaron los efectos producidos en cada una de las variables dependientes al final de 3, 6 y 9 semanas de entrenamiento de fuerza.

7.2 El Modelo Experimental

El estudio tiene como objetivo comparar los efectos de 4 diferentes organizaciones de entrenamiento de fuerza en las capacidades de fuerza máxima (1RM), salto vertical, velocidad y potencia muscular (potencia propulsiva media en los ejercicios de sentadilla y salto con carga). Los sujetos fueron divididos en 5 diferentes grupos (4 grupos experimentales y un control) (**Tabla 1**). Antes del inicio del estudio, todos los profesionales y sujetos involucrados en el trabajo fueron sometidos a una instrucción teórica y práctica con 20 horas de duración (**Figuras 7 y 8**). El entrenamiento tuvo la intención de orientar los procedimientos y reglas a seguir durante toda la investigación. Durante este entrenamiento, todos los sujetos fueron familiarizados con los ejercicios de entrenamiento. Las sesiones de entrenamiento tuvieron 3 diferentes tipos de ejercicios de fuerza: sentadilla, salto con carga y salto con contramovimiento. Las organizaciones de los ejercicios en las sesiones y en las semanas variaron según el grupo. Las descripciones detalladas de los 4 tipos de entrenamiento están expuestas en el **Anexo II**. Todas las sesiones de entrenamiento fueron precedidas por un calentamiento previo compuesto por 8 minutos de un trote leve, 2 minutos de flexibilidad activa y 2 series de 4 repeticiones de sentadilla con una carga de 20 kg. Todas las sesiones de entrenamiento fueron controladas por al menos dos oficiales de la Brigada de Operaciones Especiales especialistas en deporte y por dos entrenadores especializados. Al final de todas las 27 sesiones de entrenamiento los sujetos firmaban una planilla de control con la fecha, hora y sesiones específicas (**Anexo III**).

TABLA 1 Los tipos de entrenamiento

<i>GRUPOS</i>	<i>abreviación</i>	<i>sujetos (N)</i>
“Ejercicios Sucesivos en Bloques de 3 Semanas”	ESB3S	16
“Ejercicios de Máxima Potencia en Bloques de 3 Semanas”	EMPB3S	16
“Ejercicios Simultáneos”	Esi	16
“Ejercicios Sucesivos Semanales”	ESS	16
“Control”	GC	14



FIGURA 7 Instrucción teórica en la Brigada de Operaciones Especiales



FIGURA 8 Instrucción práctica en la Brigada de Operaciones Especiales

7.3 Muestra

La muestra del estudio estuvo compuesta por varones jóvenes, con edad entre 19 y 21 años (**Tabla 2**). Todos los sujetos eran militares, miembros de la Brigada de Operaciones Especiales del Ejército Brasileño (**Figura 9**). Fueron seleccionados solamente sujetos no especialmente entrenados en fuerza y con estado de salud “apto para práctica deportiva” verificado por un test médico obligatorio, de acuerdo con el patrón establecido por el Cuerpo Médico del Comando de la Brigada de Operaciones Especiales.

TABLA 2 *Características físicas descriptivas de la muestra dividida por grupos (*n total* = 78)

Variable / Grupo	ESB3S	EMPB3S	Esi	ESS	GC
Edad (años)	20,11 ± 0,7	20,45 ± 0,64	20,27 ± 0,75	20,36 ± 0,64	20,18 ± 0,72
Talla (m)	1,72 ± 4,5	1,73 ± 4,8	1,71 ± 6,8	1,71 ± 5	1,74 ± 6
Masa Corporal (Kg)	63,1 ± 3,6	67,3 ± 9,8	64 ± 8,8	66,1 ± 8	66,7 ± 9,8

(* *Los valores son medias ± SD*)



FIGURA 9 Parte de los sujetos de la muestra

7.4 Evaluaciones y pruebas físicas

7.4.1 Evaluación de 1RM

Para la evaluación de la RM se empleó el ejercicio de sentadilla completa. Para su realización, el sujeto iniciaba el movimiento con la barra de pesas colocada por detrás de la cabeza y apoyada sobre la parte superior de la espalda. A partir de esta posición, realizaba una flexión profunda de las piernas, hasta que el muslo sobrepasaba la horizontal con respecto al suelo. A continuación, el sujeto hacía una extensión total de las piernas, a la máxima velocidad posible. Durante la ejecución no se permitía al sujeto saltar o despegar la barra del cuello. El movimiento se realizaba en una máquina tipo *smith machine* que aseguraba una trayectoria totalmente vertical de la barra y se medía con el auxilio de un transductor lineal de velocidad (*T-Force*), que proporcionaba la velocidad de la barra en cada repetición. La evaluación empezaba tras un calentamiento previo y específico de sentadilla, hecho con cargas ligeras. Tras el calentamiento, el sujeto iniciaba el test con 30-40% de la RM estimada, con aumentos progresivos de carga (10 kg en cada ejecución; intervalo aproximado de 3 minutos entre las ejecuciones). El sujeto realizaba cada repetición a la máxima velocidad posible en la fase concéntrica del movimiento. Cuando el sujeto alcanzaba una velocidad media propulsiva inferior a $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, los incrementos de carga pasaban a ser menores y serán de 5 en 5 kg o incluso menos, de acuerdo con el grado de dificultad demostrado por el sujeto, y se continuaba hasta que el sujeto llegaba a la carga máxima posible, hasta el fallo. La **Figura 10** expresa los valores de velocidad alcanzados por un mismo sujeto durante uno de los tests realizados. La carga considerada válida es la utilizada en el intento previo al fallo.

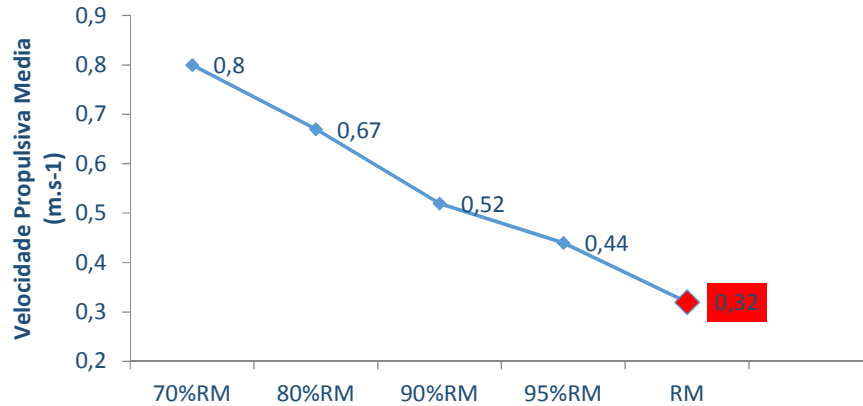


FIGURA 10 Velocidad propulsiva media durante el test de 1RM. El punto rojo identifica la VPM ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) en la RM

7.4.2 Evaluación de la potencia propulsiva media en la sentadilla (PPMS)

El test de PPMS se hizo sobre los mismos datos obtenidos en la evaluación de 1RM. Los criterios y aparatos para la ejecución y medición del ejercicio fueron los mismos expuestos en el apartado 7.4.1. Antes de la realización del test, fueron calculadas las cargas de 50, 60, 65, 70 y 75% de 1RM para cada sujeto en la sentadilla. La evaluación empezó con una carga igual al 50% de 1RM y fue incrementada en la siguiente secuencia: 50 > 60 > 65 > 70 > 75% de 1RM, o hasta que el sujeto alcanzaba el mayor valor de potencia propulsiva media (PPM) (ejemplo en la curva de la PPM, **Figura 11**). La fase propulsiva se define como aquella parte de la fase concéntrica durante la cual la aceleración es mayor a la debida a la gravedad ($a \geq -9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), mientras que la fase de frenado, si se produce, correspondería al resto de la fase concéntrica ($a < -9,81$). El *feedback* de la PPM es proporcionado por el transductor lineal de velocidad (T-Force).

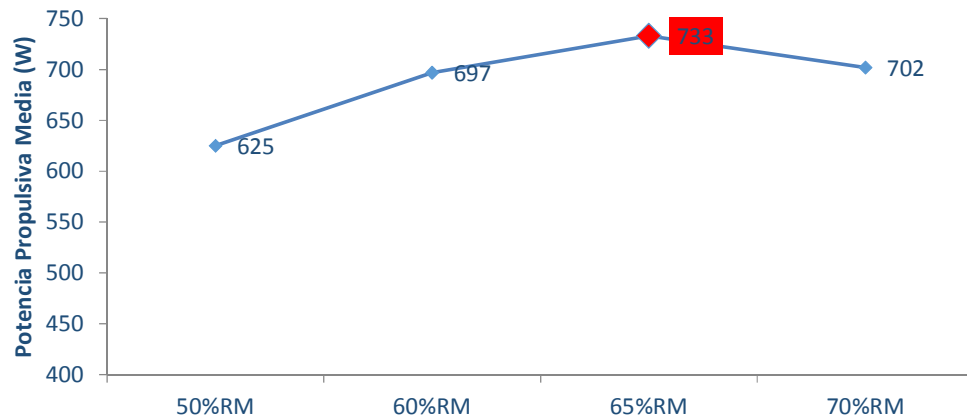


FIGURA 11 Potencia Propulsiva Media en la sentadilla. El punto rojo identifica el valor máximo (W) atingido en el test

7.4.3 Evaluación de la potencia propulsiva media en el salto con carga (PPMSC)

El test de PPMSC se hizo tomando como referencia los datos obtenidos en la evaluación de 1RM. Los criterios y aparatos para la ejecución y medición del ejercicio fueron los mismos expuestos en el apartado 7.4.1. La diferencia fundamental fue que en este test los sujetos eran orientados a realizar un salto con la mayor altura posible, sin perder el contacto entre la barra y el cuello. Antes de la realización del test, se calcularon las cargas de 30, 40, 45, 50 y 55% de 1RM para cada sujeto en la sentadilla. La evaluación empezó con la carga correspondiente al 30% de 1 RM y fue incrementada en la siguiente secuencia: 30 > 40 > 45 > 50 > 55% de 1RM, o hasta que el sujeto alcanzaba el mayor valor de PPM (expreso en la curva de la PPM, **Figura 12**). El *feedback* de la PPM era proporcionado por el transductor lineal de velocidad (T-Force).

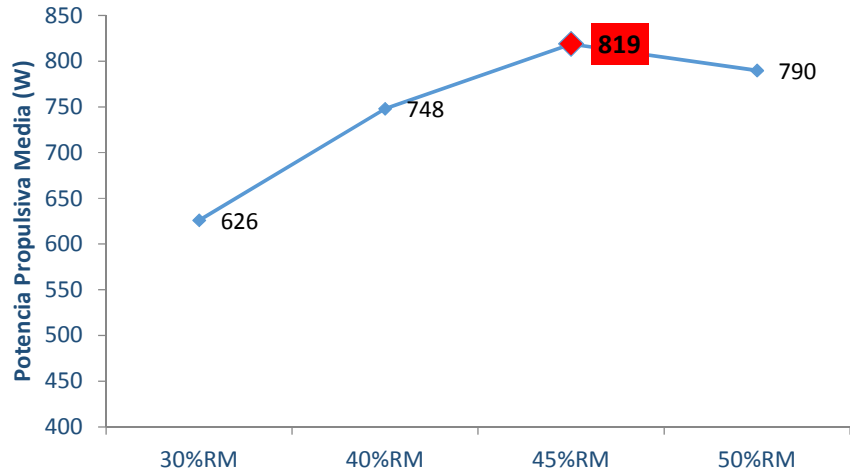


FIGURA 12 Potencia Propulsiva Media en el salto con carga. El punto rojo identifica el valor máximo (W) atingido en el test

7.4.4 Evaluación de salto vertical (salto con contramovimiento, CMJ)

El salto vertical es una de las más fiables medidas para la evaluación de la potencia y de la fuerza explosiva de los músculos extensores del tren inferior. En nuestro estudio hemos elegido para la evaluación del salto vertical un modelo conocido por “salto con contramovimiento” (**Figura 13**). En ese salto, el sujeto debía realizar una rápida flexión seguida de una potente extensión de piernas sin ninguna ayuda de las manos, que permanecían fijas en la cadera. Para ello, la flexión no podía ser demasiado grande como para retardar el movimiento concéntrico de extensión y perjudicar el ciclo muscular de estiramiento y acortamiento que le sigue. Los ángulos de flexión de las rodillas eran aproximadamente de 90°. Para la obtención de los resultados, todos los sujetos realizaron 5 saltos consecutivos con aproximadamente 15 segundos de pausa entre cada intervalo, después de un calentamiento previo de 10 minutos, con 8 minutos de trote y 2 minutos de flexibilidad activa y 5-6 saltos. Para la obtención de los datos se utilizaba una alfombra de contacto del sistema *Winlaborat* (descrito en el **Ítem 7.5.3**). Se realizaban cinco saltos y se consideraba como válida la media de los tres saltos centrales, eliminando el mejor y el peor salto de los cinco intentos.



FIGURA 13 Test de salto con contramovimiento

7.4.5 Evaluación de la velocidad máxima de carrera en 20 metros

Los tests de velocidad fueron hechos en los mismos días de los tests de salto vertical, con un intervalo de aproximadamente 15 minutos entre ellos. Para las medidas de velocidad se utilizaban 2 pares de sensores foto-eléctricos del sistema *Winlaborat* (descrito en el **Ítem 7.5.3**) (**Figura 14**). Los trípodes eran colocados a una distancia exacta de 20 metros, medidas a partir de la colocación del sensor número 1. Los sujetos iniciaban la carrera con la máxima aceleración posible, partiendo de una posición marcada 5 metros antes del sensor número 1. El sistema de “*partida lanzada*” se adoptaba para evitar las posibles interferencias de una técnica de salida deficiente en los resultados finales. Todos los sujetos realizaban 2 intentos. Siempre se hizo en ausencia de viento (controlada por un anemómetro digital, Gill, E730U, Champaign, IL, EE.UU.) y se consideró el mejor resultado entre los 2 intentos.



FIGURA 14 Test de velocidad de carrera en 20 metros

7.5 Instrumental de evaluación

7.5.1 El “smith machine”

Se utilizó un aparato *multipower* con barra guiada verticalmente por rodamientos en trenes especiales que minimizaban la fricción con las guías (2,10 m de altura y 1,70m de ancho; Milenio Equipamientos LTDA., Goiânia, Goiás, Brasil).

7.5.2 El transductor lineal de velocidad

Las variables mecánicas (desplazamiento, velocidad, potencia y fuerza) se registraron con un medidor lineal de velocidad del modelo *T-Force* (Dynamic Measurement System, Ergotech Consulting S.L., Murcia, España). El sistema está basado en un transductor lineal tacogenerador de alta precisión que realiza una medición directa de la velocidad de desplazamiento vertical a la que se extiende o retrae el cable de 2 m que tiene incorporado (**Figura 15**).

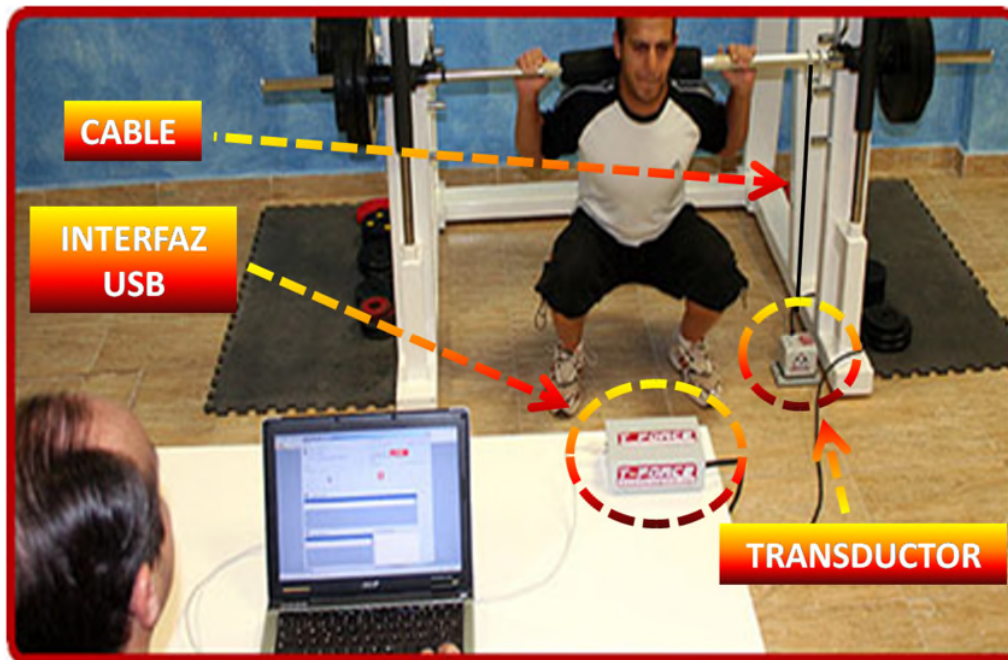


FIGURA 15 El sistema T-Force

Un software específico diferencia automáticamente las distintas repeticiones y fases (excéntrica/concéntrica) dentro de una misma ejecución. El hardware y el software se conectan a través de un interfaz USB, el cual consta de una tarjeta electrónica de adquisición de datos dotada de un conversor A/D de 14 bits de resolución. La frecuencia de muestreo es de 1.000 Hz (datos recogidos a cada milisegundo). El software del sistema tiene incorporado el cálculo de la fase propulsiva del movimiento, hecho que permite calcular la potencia propulsiva media y la potencia pico durante todas las ejecuciones (SÁNCHEZ-MEDINA, 2010). La validez fue establecida comparando las medidas de desplazamientos obtenidas por este dispositivo con un calibrador de altura digital de alta precisión (Mitutoyo HDS-H60C, Mitutoyo Corp., Kawasaki, Japan) previamente calibrado por el Instituto Nacional de Tecnología Aeroespacial (INTA) español. Después de realizar comparaciones con 18 unidades de T-Force distintas, el error medio relativo en las mediciones de velocidad fue $<0.25\%$, mientras que el desplazamiento fue preciso en ± 0.5 mm. Además, cuando se realizan 30 repeticiones con dos dispositivos simultáneamente (rango de velocidad media: $0.3\text{-}2.3$ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) se obtuvieron un ICC de 1.00 (95% IC: 1.00-1.00) y un CV de 0.57% para la VMP, y un ICC de 1.00 (95% IC: 0.99-1.00) y un CV de 1.75% para la velocidad pico (SÁNCHEZ-MEDINA y GONZÁLEZ-BADILLO, 2011).

7.5.3 El sistema Winlaborat

El sistema *Winlaborat* está constituido por 2 juegos de fotocélulas con sus respectivos retro-reflectores, 4 trípodes, interfaz USB, 3 cables (2 x 20 metros), software propio para evaluación y plataforma de contacto sensible para medir el tiempo de vuelo durante el salto (**Figura 16**) (Winlaborat S.L., Argentina). El sistema fue desarrollado para tests cinemáticos y tiene una frecuencia máxima de recogida de datos de 1.000 Hz (para los sensores fotoeléctricos y plataformas de contacto).



FIGURA 16 El sistema Winlaborat

Para los tests de velocidad, el sistema utiliza un software que con auxilio de una interfaz USB captura los datos obtenidos a través de los sensores fotoeléctricos. Con el software facilitado por el fabricante, el usuario puede configurar la distancia entre los sensores y la cantidad de parciales recogidas en cada test, de acuerdo con el modelo utilizado. Para la evaluación del salto vertical el sistema cuenta con una plataforma sensible al contacto, que es activada cada vez que el sujeto toca el aparato. El sistema es capaz de calcular el tiempo recorrido entre 2 contactos sucesivos, a partir del cual calcula el tiempo de vuelo y la altura alcanzada por el sujeto en el momento del salto.

7.6 El plan de trabajo

El experimento tuvo una duración total de 11 semanas, conforme se expone en la **Tabla 3**. Las divisiones entre las semanas obedecieron al siguiente criterio:

Semana 1: Instrucción teórica-práctica, realización del TEST 1 (RM, SV, VEL20M, PPMS, PPMSC).

Semana 2: Sesiones de entrenamiento 1, 2 y 3.

Semana 3: Sesiones de entrenamiento 4, 5 y 6.

Semana 4: Sesiones de entrenamiento 7, 8 y 9.

Semana 5: TEST 2 (RM, SV, VEL20M) y sesiones de entrenamiento 10, 11 y 12.

Semana 6: Sesiones de entrenamiento 13, 14 y 15.

Semana 7: Sesiones de entrenamiento 16, 17 y 18

Semana 8: TEST 3 (RM, SV, VEL20M) y sesiones de entrenamiento 19, 20 y 21.

Semana 9: Sesiones de entrenamiento 22, 23 y 24.

Semana 10: Sesiones de entrenamiento 25, 26 y 27.

Semana 11: TEST 4 (RM, SV, VEL20M, PPMS, PPMSC).

TABLA 3 El plan de trabajo (experimento)

SEMANA S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
TESTS	TEST 1				TEST 2			TEST 3			TEST 4
SESIONES	*	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	25-27	*
	RM SV VEL20 M				RM SV VEL20 M			RM SV VEL20 M			RM SV VEL20 M
	PPMS PPMSC										PPMS PPMSC

() Semanas sin entrenamiento*

En todos los tests se hicieron evaluaciones de RM, SV y VEL20M. Las evaluaciones de PPMS y PPMSC se realizaron solamente en los tests 1 y 4.

7.7 Tratamiento estadístico

Para la evaluación de las medias, desviaciones típicas y coeficientes de variación se emplearon los métodos estadísticos estándar.

Para evaluar las diferencias dentro de los mismos grupos se utilizó un ANOVA de medidas repetidas 5x4 con el ajuste de Bonferroni. Si fuera necesario, las diferencias entre grupos se calcularon también con un ANCOVA, tomando como covariante el test 1 y un test *post-hoc* de Scheffé. Para todos los estudios se utilizó un nivel de significación de 5% ($p \leq 0,05$). El software utilizado fue el SPSS versión 15.0.

Para el cálculo del Tamaño del Efecto (Effect Size) se utilizó la siguiente fórmula de Hedge:

$$g = \frac{(M_1 - M_2)}{\sqrt{((n_1 - 1) \cdot SD_1^2 + (n_2 - 1) \cdot SD_2^2) / (n_1 + n_2 - 2)}}$$

donde g representa el Tamaño del Efecto; M expresa la media de los grupos; n expresa el número de sujetos de cada grupo y SD representa la desviación típica de cada una de las medias.

*Para las clasificaciones del Tamaño del Efecto se utilizó el patrón propuesto por Rhea (2004) y descrito en la **Tabla 4**:*

TABLA 4 Tamaño del efecto según los criterios propuestos por RHEA (2004)

*TE	Desentrenados	Recreacionalmente entrenados	Altamente entrenados
sin importancia	<0.50	<0.35	<0.25
pequeño	0.50-1.25	0.35-0.80	0.25-0.50
moderado	1.25-1.9	0.80-1.50	0.50-1.0
grande	>2.0	>1.5	>1.0

(*) Tamaño del Efecto

Para el cálculo de la transferencia producida por los distintos modelos de entrenamiento se utilizó la fórmula propuesta por ZATSIORSKY (1995), anteriormente descrita en el apartado 3.7 de este trabajo.

7.8 Consideraciones éticas

Todos los sujetos involucrados en el estudio serán mayores de 18 años ya al inicio de la investigación. Los sujetos firmaron un termo de consentimiento informado (**Anexo I**) y fueron debidamente autorizados por el Comando de la Brigada de Operaciones Especiales del Ejército Brasileño.

8. RESULTADOS

8. Resultados

TABLA 5 Resultados de las distintas variables a través de las 9 semanas (medias y desviaciones estándares)

GRUPOS	Medias/SD	RM1 (Kg)	RM2 (Kg)	RM3 (Kg)	RM4 (Kg)	SV1 (cm)	SV2 (cm)	SV3 (cm)	SV4 (cm)	VEL1 (m.s ⁻¹)	VEL2 (m.s ⁻¹)	VEL3 (m.s ⁻¹)	VEL4 (m.s ⁻¹)	PPMS1 (W)	PPMS4 (W)	PPMSC1 (W)	PPMSC4 (W)
ESB3S	Medias	69,93	75,73	83,6	87,13	28,14	34,31	35,99	39,09	6,93	7,22	7,47	7,88	318,61	411,07	361,28	464,02
	SD	±9,76	±11,18	±12,70	±12,70	±3,23	±4,52	±4,60	±5,07	±0,22	±0,19	±0,26	±0,27	±68,86	±70,60	±59,65	±76,74
EMPB3S	Medias	72	79,69	87	90,85	28,6	33,48	36,06	37,38	6,93	7,19	7,44	7,75	360,02	438,98	380,57	476,42
	SD	±10,27	±11,48	±11,78	±10,78	±2,86	±2,20	±2,79	±2,81	±0,31	±0,31	±0,28	±0,25	±92,54	±71,98	±76,83	±83,97
Esi	Medias	72,53	79,47	86,67	91,4	28,81	36,25	38,51	40,01	6,95	7,19	7,34	7,76	359,27	432,92	390,24	480,8
	SD	±12,92	±11,65	±10,59	±12,18	±4,93	±4,34	±4,59	±5,31	±0,39	±0,35	±0,34	±0,47	±91,75	±94,01	±94,31	±96,80
ESS	Medias	69,13	74,81	82,63	86,69	28,01	33,53	35,74	37,59	6,86	7,13	7,35	7,9	360,48	438,77	370,66	484,38
	SD	±8,38	±7,81	±7,71	±9,26	±3,37	±3,26	±2,69	±3,27	±0,22	±0,20	±0,22	±0,30	±82,91	±76,77	±70,78	±67,88
GC	Medias	63,64	62,45	62,45	61	27,6	27,84	27,89	27,51	6,86	6,99	6,98	6,85	293,04	288,69	327,32	316,73
	SD	±3,91	±4,91	±5,39	±4,65	±2,10	±2,15	±1,52	±1,52	±0,26	±0,23	±0,23	±0,22	±40,19	±41,95	±37,95	±39,12

8.1 Diferencias entre los grupos

No se encontraron diferencias significativas *inter-grupos*. Todos los grupos mejoraron de manera significativa con respecto al GC en todos los tests. El GC no mejoró sus resultados en ningún test. En la **Tabla 6** se presentan los niveles de significación de las diferencias *intra-grupos* entre los tests 1, 2, 3 y 4. Sólo en tres ocasiones no se encontraron diferencias significativas (celdas en blanco con letras en rojo).

TABLA 6 Niveles de significación de las diferencias de las medias intra-grupos.

ESB3S				EMPB3S				Esi				ESS			
SV	2	3	4	SV	2	3	4	SV	2	3	4	SV	2	3	4
1	0,000	0,000	0,000	1	0,000	0,000	0,000	1	0,000	0,000	0,000	1	0,000	0,000	0,000
2		0,022	0,000	2		0,020	0,001	2		0,001	0,001	2		0,055	0,001
3			0,001	3			0,146	3			0,321	3			0,015
RM	2	3	4	RM	2	3	4	RM	2	3	4	RM	2	3	4
1	0,000	0,000	0,000	1	0,000	0,000	0,000	1	0,000	0,000	0,000	1	0,000	0,000	0,000
2		0,000	0,000	2		0,000	0,000	2		0,000	0,000	2		0,000	0,000
3			0,005	3			0,023	3			0,001	3			0,003
VEL20M	2	3	4	VEL20M	2	3	4	VEL20M	2	3	4	VEL20M	2	3	4
1	0,001	0,000	0,000	1	0,001	0,000	0,000	1	0,000	0,000	0,000	1	0,000	0,000	0,000
2		0,000	0,000	2		0,000	0,000	2		0,007	0,000	2		0,001	0,000
3			0,000	3			0,000	3			0,000	3			0,000
PPMS	4			PPMS	4			PPMS	4			PPMS	4		
1			0,000	1			0,000	1			0,000	1			0,000
PPMSC	4			PPMSC	4			PPMSC	4			PPMSC	4		
1			0,000	1			0,000	1			0,000	1			0,000

Para una mayor comprensión de los cambios, la **Tabla 7** expresa el resumen de los niveles de significación de las evoluciones de las medias *intra-grupos* en relación al test 1.

TABLA 7 Niveles de significación de las evoluciones de las medias *intra-grupos*, incluyendo el GC).

GRUPO	RM 2	RM 3	RM 4	SV 2	SV 3	SV 4
ESB3S	***	***	***	***	***	***
EMPB3S	***	***	***	***	***	***
Esi	***	***	***	***	***	***
ESS	***	***	***	***	***	***
GC	(NS)	(NS)	(NS)	(NS)	(NS)	(NS)
GRUPO	VEL20M 2	VEL20M 3	VEL20M 4	PPMS 4	PPMSC 4	
ESB3S	**	***	***	***	***	
EMPB3S	**	***	***	***	***	
Esi	***	***	***	***	***	
ESS	***	***	***	***	***	
GC	(NS)	(NS)	(NS)	(NS)	(NS)	

** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; NS: no significativo

8.2 Cambios porcentuales medios *intra-grupos* en relación a los tests 1, 2, 3 y 4

Las Figuras 17, 18 y 19 expresan los aumentos porcentuales medios *intra-grupos* de la RM en cada test en relación al test 1. Todos los valores son significativos en relación al test 1 (excepto para el GC).

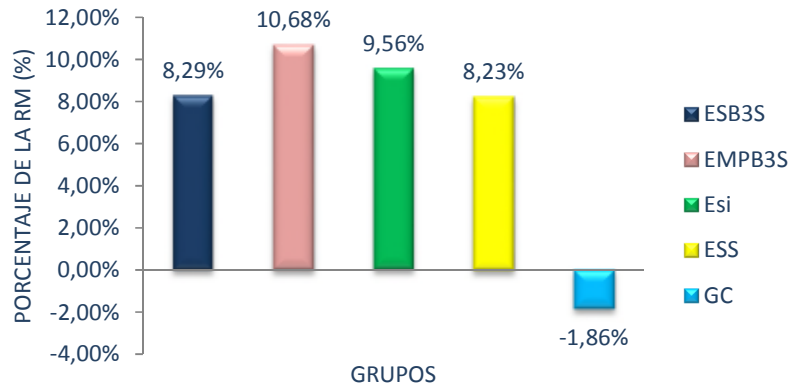


FIGURA 17 Cambios porcentuales de las medias de RM *intra-grupos* en el test 2.

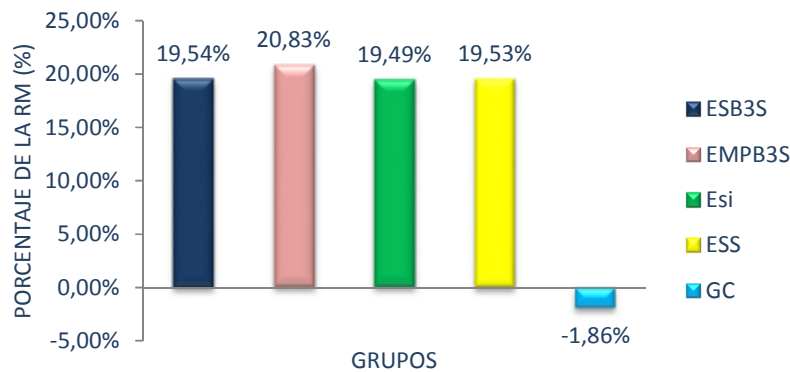


FIGURA 18 Cambios porcentuales de las medias de RM *intra-grupos* en el test 3.

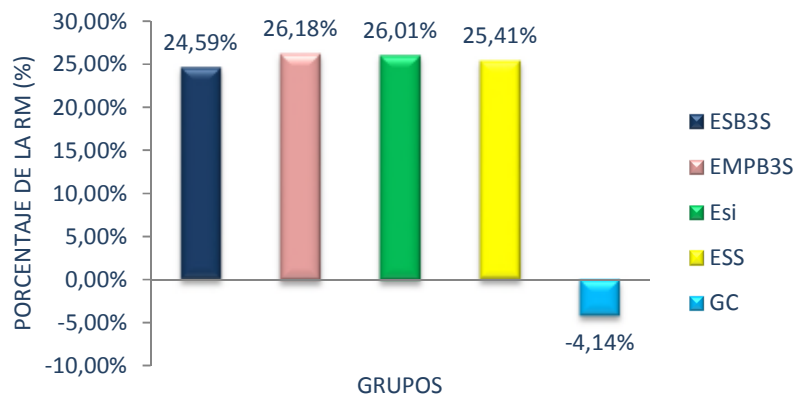


FIGURA 19 Cambios porcentuales de las medias de RM *intra-grupos* en el test 4.

Las **Figuras 20, 21 y 22** expresan los cambios porcentuales medios *intra-grupos* del SV en cada test en relación al test 1. Todos los valores son significativos en relación al test 1(excepto para el GC).

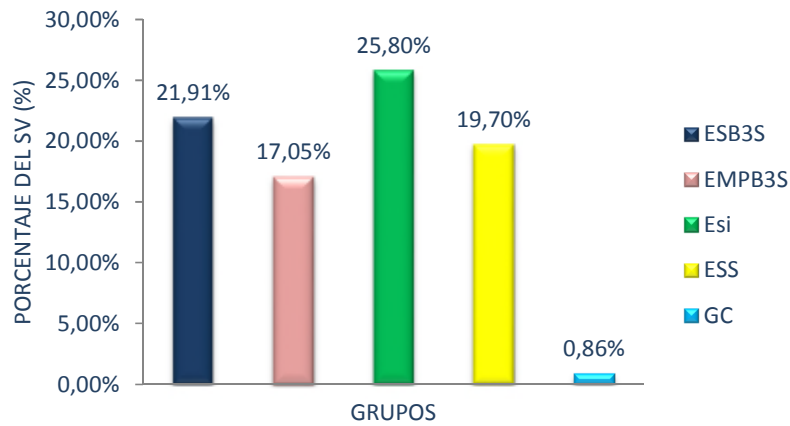


FIGURA 20 Cambios porcentuales de las medias de SV *intra-grupos* en el test 2.

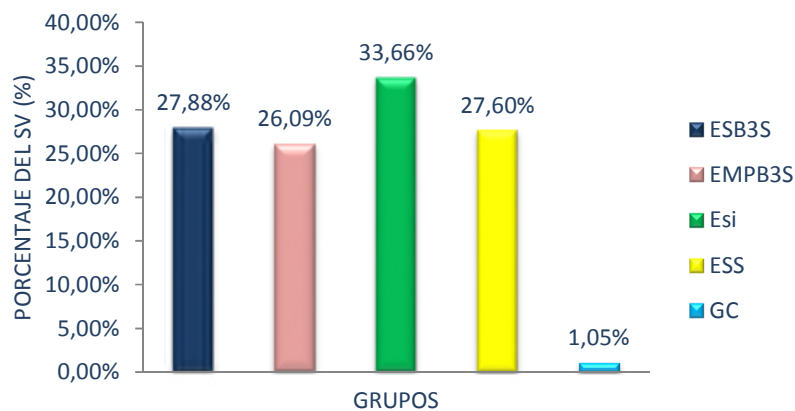


FIGURA 21 Cambios porcentuales de las medias de SV *intra-grupos* en el test 3.

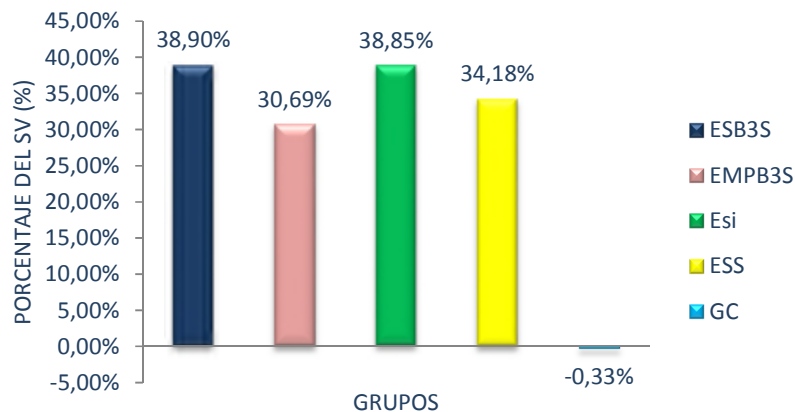


FIGURA 22 Cambios porcentuales de las medias de SV *intra-grupos* en el test 4.

Las **Figuras 23, 24 y 25** expresan los cambios porcentuales medios *intra-grupos* de la VEL20M en cada test en relación al test 1. Todos los valores son significativos en relación al test 1 excepto para el GC.

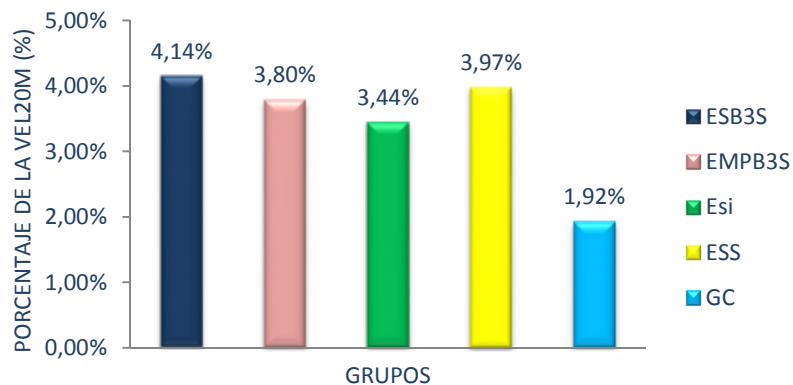


FIGURA 23 Cambios porcentuales de las medias de VEL20M *intra-grupos* en el test 2.

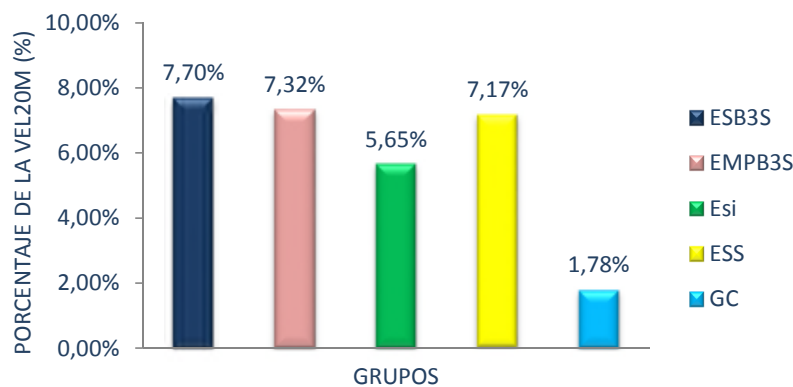


FIGURA 24 Cambios porcentuales de las medias de VEL20M *intra-grupos* en el test 3.

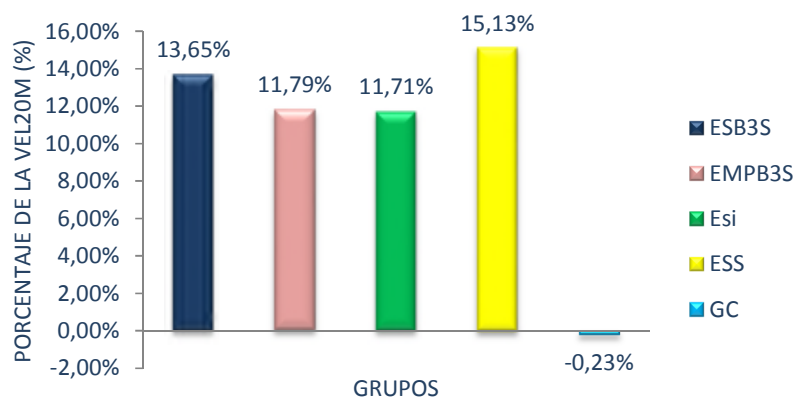


FIGURA 25 Cambios porcentuales de las medias de VEL20M *intra-grupos* en el test 4.

Las **Figuras 26 y 27** expresan los cambios porcentuales medios *intra-grupos* de la PPMS y PPMSC en el test 4 en relación al test 1. Todos los valores son significativos en relación al test 1 excepto para el GC.

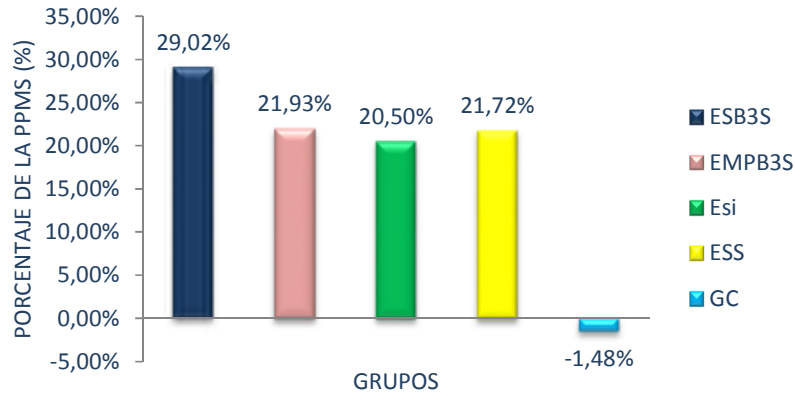


FIGURA 26 Cambios porcentuales de las medias de PPMS *intra-grupos* en el test 4.

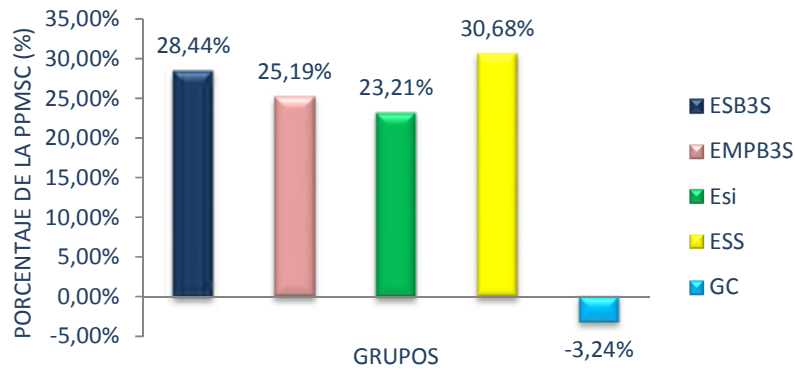


FIGURA 27 Cambios porcentuales de las medias de PPMSC *intra-grupos* en el test 4.

8.3 Evoluciones lineales de las medias *intra-grupos* entre los tests 1, 2, 3 y 4

Las **Figuras 28 y 29** expresan las evoluciones de las medias *intra-grupos* a partir del test 1. Todos los valores son significativos en relación al test 1 excepto para el GC.

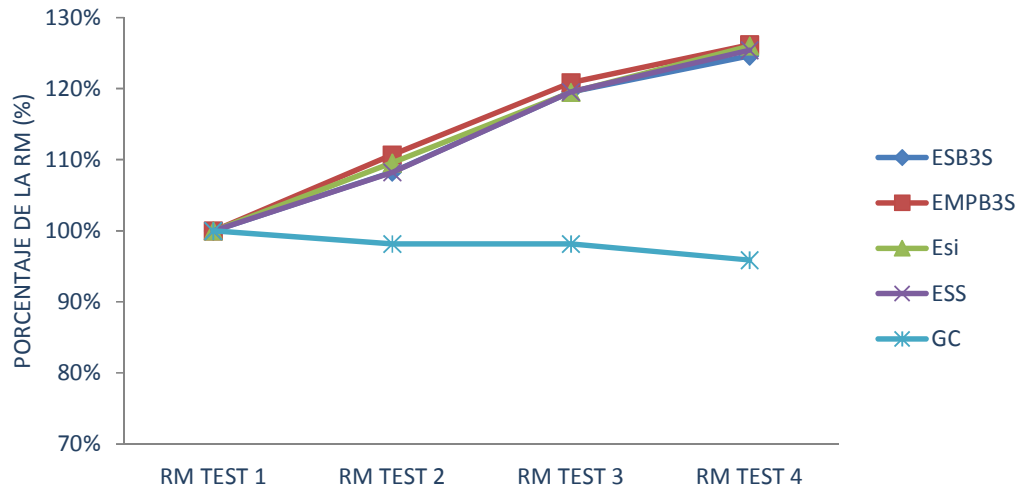


FIGURA 28 Evolución de las medias de RM *intra-grupos* a partir del test 1 de cada grupo, el cual se considera como el 100%.

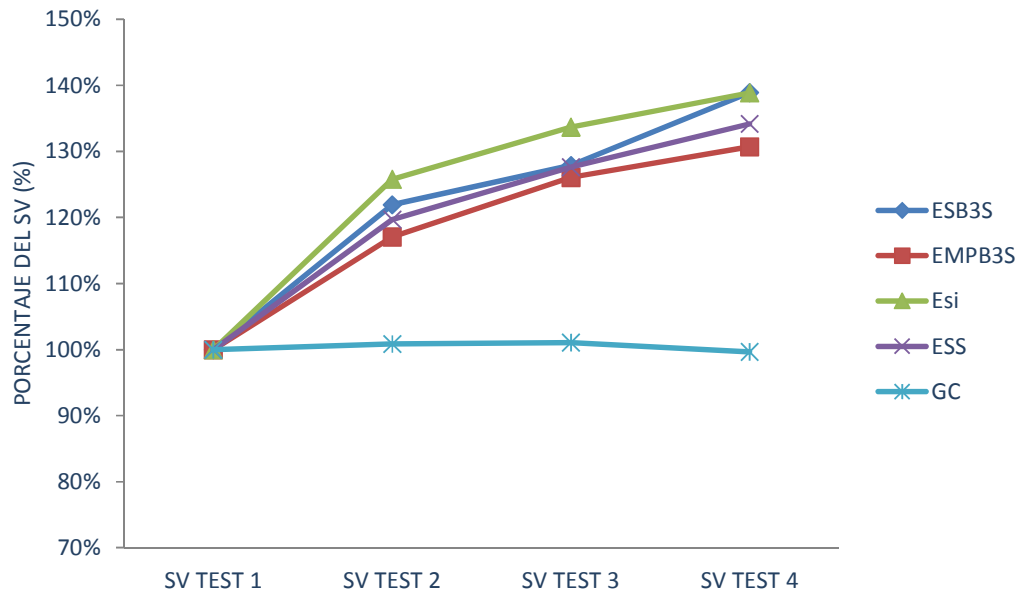


FIGURA 29 Evolución de las medias de SV *intra-grupos* a partir del test 1 de cada grupo, el cual se considera como el 100%.

Las **Figuras 30 y 31** expresan las evoluciones de las medias *intra-grupos* a partir del test 1. Todos los valores son significativos en relación al test 1 excepto para el GC.



FIGURA 30 Evolución de las medias de VEL20M *intra-grupos* a partir del test 1 de cada grupo, el cual se considera como el 100%.



FIGURA 31 Evolución de las medias de PPMS *intra-grupos* a partir del test 1 de cada grupo, el cual se considera como el 100%.

La **Figura 32** expresa las evoluciones de las medias *intra - grupos* a partir del test 1. Todos los valores son significativos en relación al test 1 excepto para el GC.

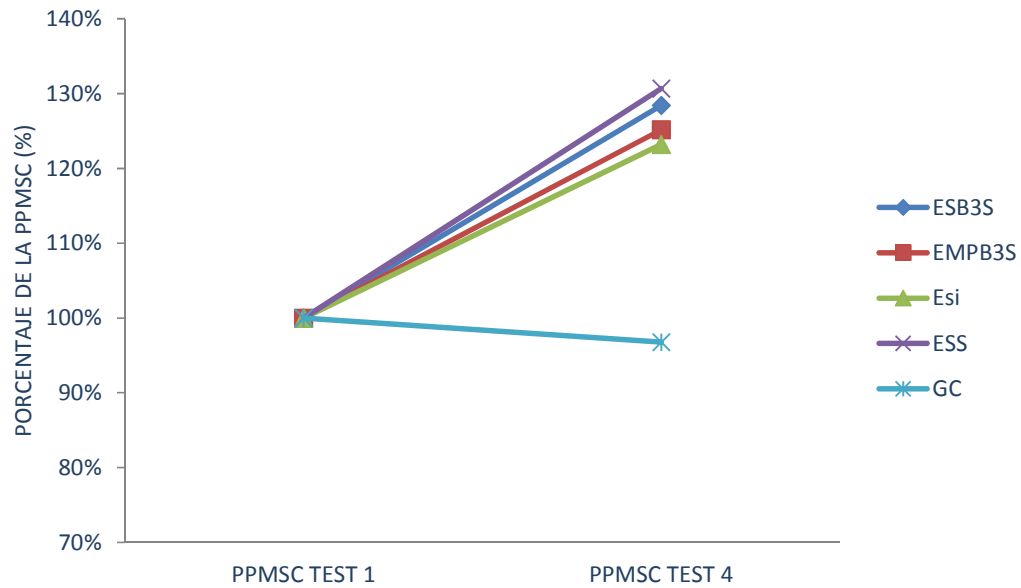


FIGURA 32 Evolución de las medias de PPMSC *intra-grupos* a partir del test 1 de cada grupo, el cual se considera como el 100%.8.4

Las **Figuras 33 y 34** expresan los tamaños del efecto *de cada grupo* en relación con el GC en los tests 1, 2, 3 y 4. Hallando la diferencia entre el TE del test 4 y el test 1 se produce un aumento del mismo que es “grande” en todos los casos, menos en ESB3S, en la **Figura 33**, que es “moderado”, según RHEA (2004).

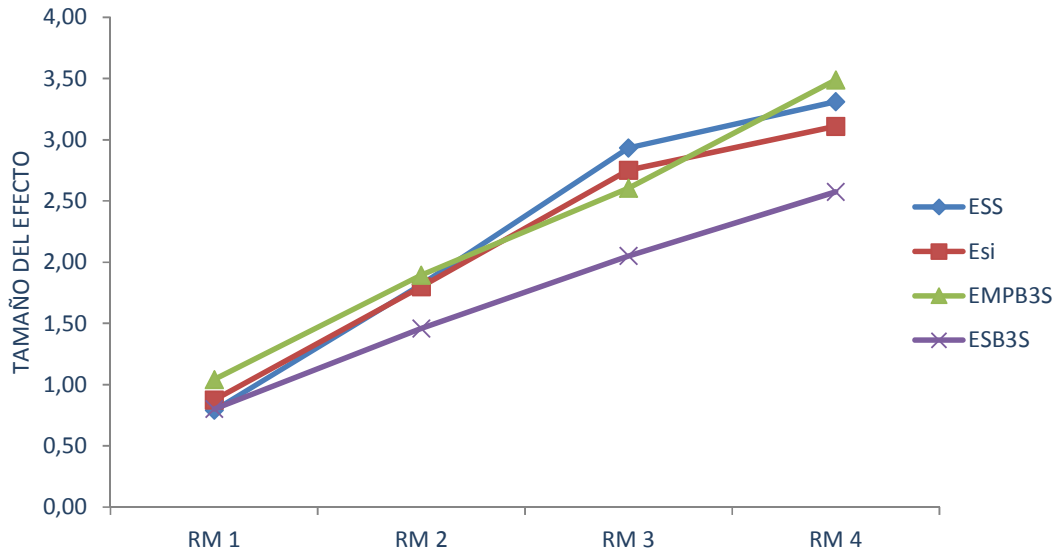


FIGURA 33 Tamaño del efecto en los tests de RM entre cada grupo y el GC.

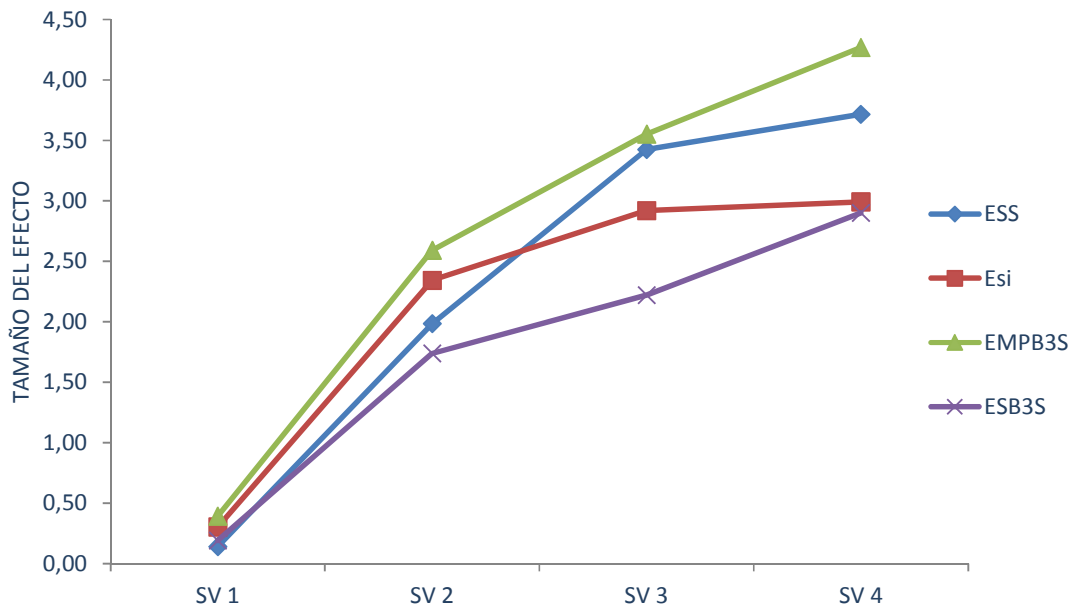


FIGURA 34 Tamaño del efecto en los tests de SV entre cada grupo y el GC.

La **Figura 35** expresa los tamaños del efecto *de cada grupo* en relación con el GC entre los tests 1, 2, 3 y 4. Hallando la diferencia entre el TE del test 4 y el test 1, se produce un aumento del mismo que es “*grande*” en todos los casos, según RHEA (2004).

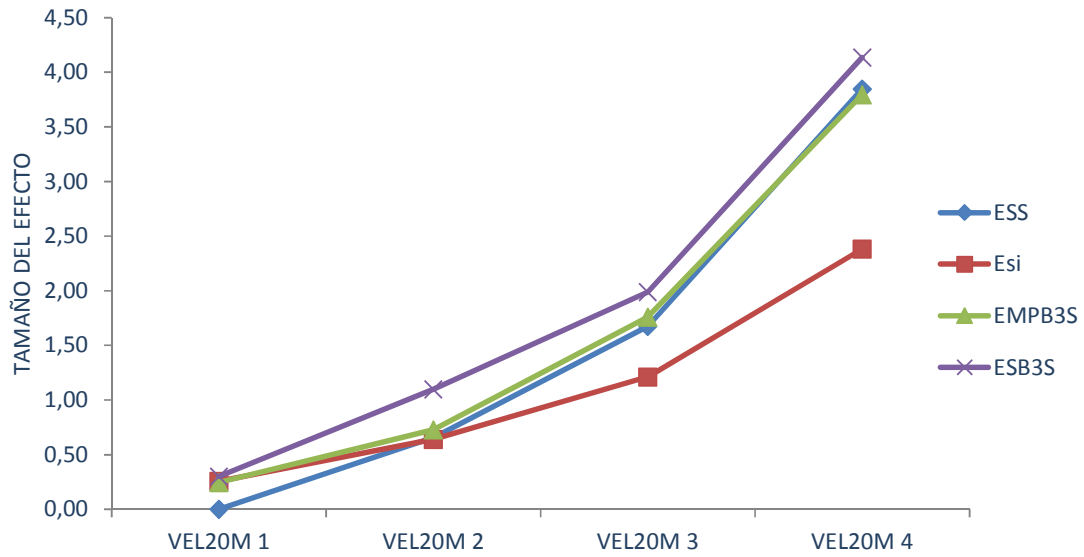


FIGURA 35 Tamaño del efecto en los tests de VEL20M entre cada grupo y el GC.

Las **Figuras 36 y 37** expresan los tamaños del efecto *de cada grupo* en relación con el GC entre los tests 1 y 4. Hallando la diferencia entre el TE del test 4 y el test 1, se produce un aumento del mismo que es “moderado” en todos los casos menos para el grupo ESS en la **Figura 37**, que es “grande”, según RHEA (2004).

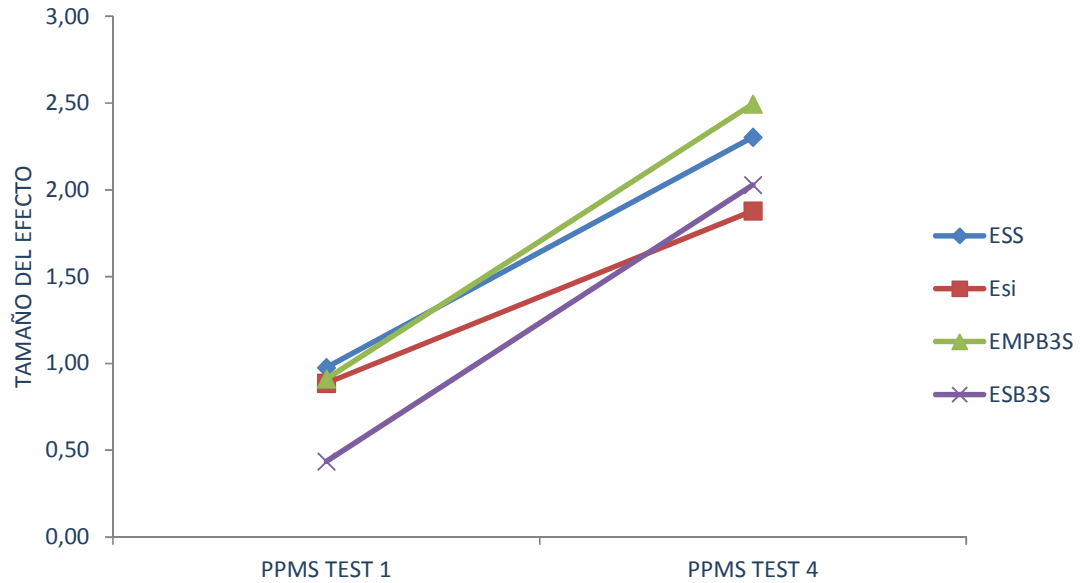


FIGURA 36 Tamaño del efecto *intra-grupos* entre los tests para PPMS en relación al GC.

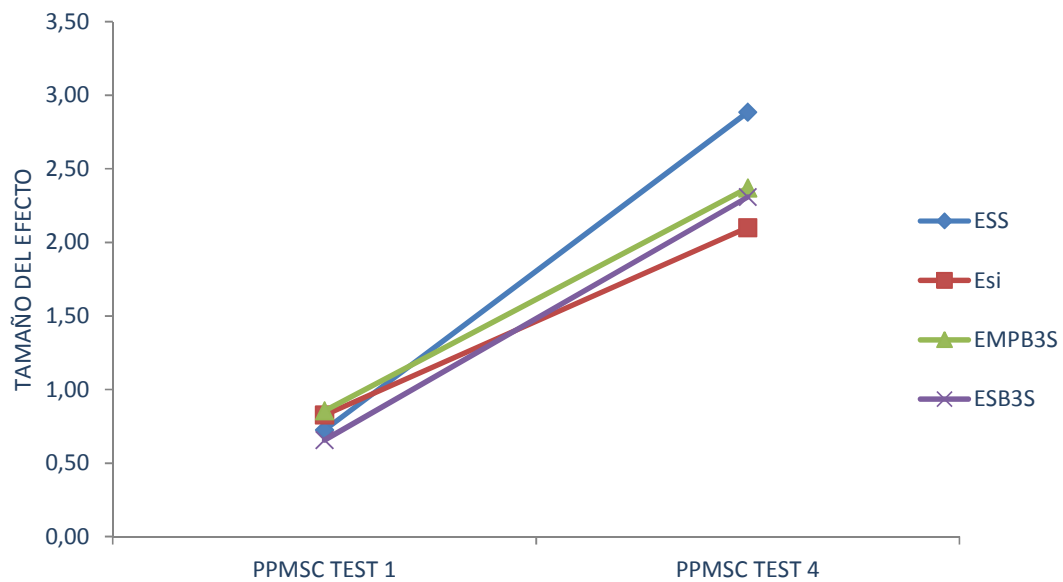


FIGURA 37 Tamaño del efecto *intra-grupos* entre los tests para PPMSC en relación al GC.

8.4 Tamaños del efecto de las comparaciones *inter-grupos* entre los tests 1, 2, 3 y 4

La **Tabla 8** expresa los tamaños del efecto de las comparaciones *inter-grupos* entre los tests 1, 2, 3 y 4. Todos los valores en colores se consideran sin importancia según la clasificación de RHEA (2004) para sujetos desentrenados. El cálculo de las diferencias entre los modelos se realiza siempre restando la media del modelo que aparece en segundo lugar de la media del modelo que aparece en primer lugar. Por tanto, cuando los efectos son negativos, significa que el valor del modelo que va en segundo lugar es mayor que el del primero.

TABLA 8 Tamaño del efecto *inter-grupos* para las variables RM, SV, VEL20M, PPMS y PPMSC.

GRUPO/TEST	RM 1	RM 2	RM 3	RM 4	SV 1	SV 2	SV 3	SV 4	VEL 1	VEL 2	VEL 3	VEL 4
ESS Y Esi	-0,32	-0,16	-0,12	-0,12	-0,19	-0,52*	-0,55*	-0,36	-0,28	0,09	0,32	0,62*
ESS Y EMPB3S	-0,31	-0,20	-0,14	-0,11	-0,19	0,21	0,07	0,25	-0,27	0,03	-0,08	0,80*
ESS Y ESB3S	-0,09	-0,01	0,00	0,05	-0,04	-0,16	-0,03	-0,32	-0,32	-0,11	-0,16	0,39
Esi Y EMPB3S	0,05	-0,06	-0,08	0,00	0,05	0,74*	0,58*	0,55*	0,05	-0,07	-0,36	-0,01
Esi Y ESB3S	0,23	0,10	0,04	0,12	0,16	0,28	0,39	0,02	0,05	-0,16	-0,47	-0,35
EMPB3S Y ESB3S	0,21	0,14	0,07	0,11	0,15	-0,38	-0,13	-0,56*	0,00	-0,10	-0,10	-0,49
GRUPO/TEST	PPMS 1	PPMS 4	PPMSC1	PPMSC4								
ESS Y Esi	0,01	0,05	-0,24	0,28								
ESS Y EMPB3S	0,01	-0,01	-0,13	0,24								
ESS Y ESB3S	0,55	-0,17	0,14	0,14								
Esi Y EMPB3S	-0,01	-0,06	0,11	-0,06								
Esi Y ESB3S	0,50	-0,24	0,37	-0,17								
EMPB3S Y ESB3S	0,51	-0,12	0,28	-0,13								

* *Tamaño del efecto pequeño según clasificación de RHEA (2004).*

La **Figura 38** expresa los tamaños del efecto *inter-grupos* entre los tests 1 y 4 (ESS – Esi) para el SV. Los puntos rojos indican los tamaños del efecto “*pequeños*”, según RHEA (2004). El resto de los puntos se considera sin importancia.

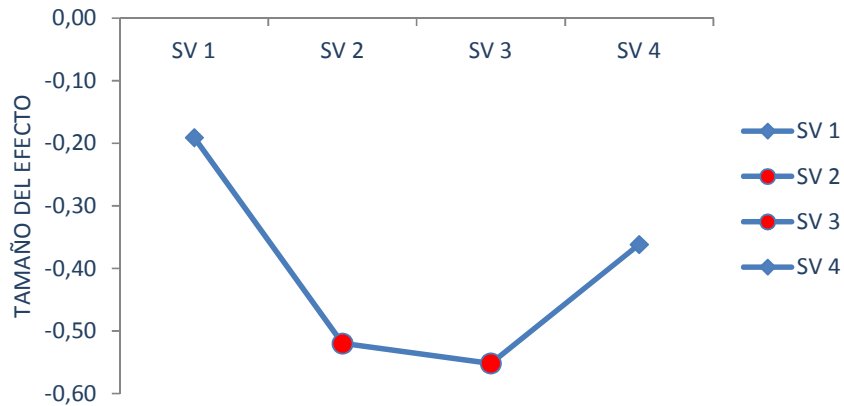


FIGURA 38 Tamaño del efecto para SV entre ESS y Esi (ESS – Esi)

La **Figura 39** expresa los tamaños del efecto *inter-grupos* entre los tests 1 y 4 (ESS – EMPB3S) para el SV. Los puntos rojos indican los tamaños del efecto “*pequeños*”, según RHEA (2004). El resto de los puntos se considera sin importancia.

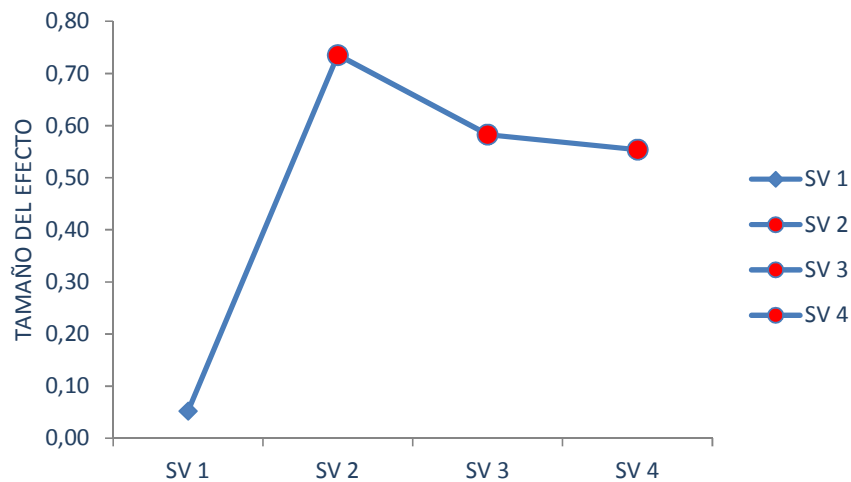


FIGURA 39 Tamaño del efecto para SV entre ESS y EMPB3S (ESS – EMPB3S).

La **Figura 40** expresa los tamaños del efecto *inter-grupos* entre los tests 1 y 4 (EMPB3S – ESB3S) para el SV. El punto rojo indica un tamaño del efecto “*pequeño*”, según RHEA (2004). El resto de los puntos se considera sin importancia.

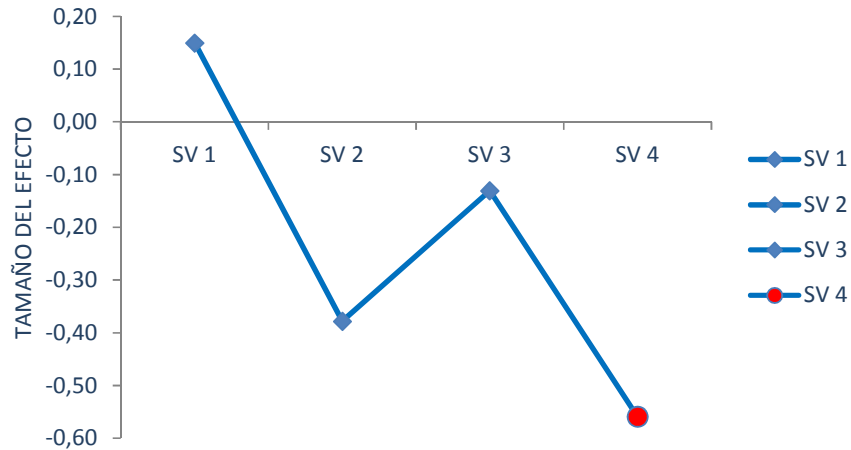


FIGURA 40 Tamaño del efecto para SV entre EMPB3S y ESB3S (EMPB3S – ESB3S).

La **Figura 41** expresa los tamaños del efecto *inter-grupos* entre los tests 1 y 4 (ESS – Esi) para la VEL20M. El punto rojo indica un tamaño del efecto “*pequeño*”, según RHEA (2004). El resto de los puntos se considera sin importancia.

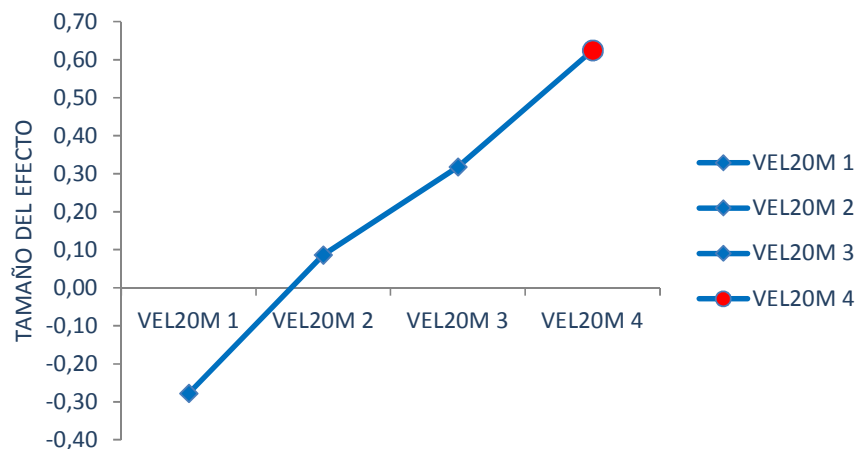


FIGURA 41 Tamaño del efecto para VEL20M entre ESS y Esi (ESS – Esi).

La **Figura 42** expresa los tamaños del efecto *inter-grupos* entre los tests 1 y 4 (ESS – EMPB3S) para la VEL20M. El punto rojo indica un tamaño del efecto “pequeño”, según RHEA (2004). El resto de los puntos se considera sin importancia.

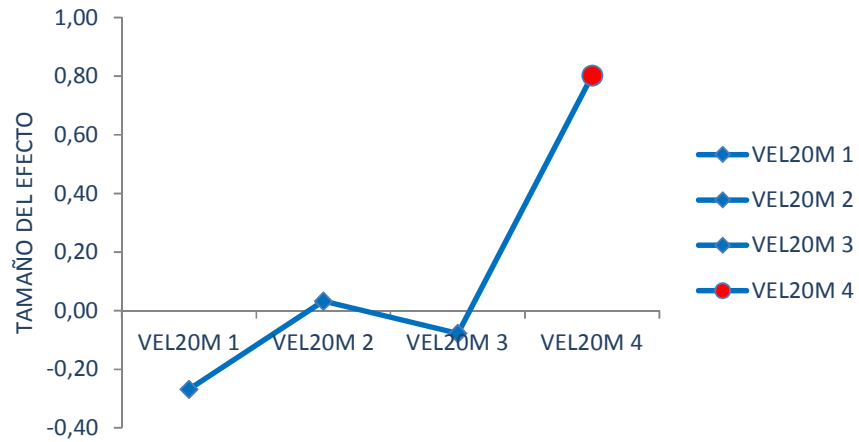


FIGURA 42 Tamaño del efecto para VEL20M entre ESS y EMPB3S (ESS – EMPB3S).

8.5 Transferencia de la RM, SV y PPMSC sobre la velocidad entre los tests 1 y 4

TABLA 9 Cambios porcentuales de la RM, SV, PPMSC y VEL20M y transferencia de estas capacidades sobre la VEL20M entre los tests 1 y 4.

ESI	RM 1 (KG)	RM 4 (KG)	SV 1 (CM)	SV 4 (CM)	PPMSC 1	PPMSC 4	VEL1 (M.S ⁻¹)	VEL4 (M.S ⁻¹)
MEDIA	72,53	91,40	28,81	40,01	390,24	480,80	6,95	7,76
**CAMBIO %		26,01		38,85		23,21		11,71
TRANSFERENCIA		1,41		0,91		2,15		*
ESB3S	RM1 (KG)	RM4 (KG)	SV1 (CM)	SV4 (CM)	PPMSC1	PPMSC 4	VEL1 (M.S ⁻¹)	VEL4 (M.S ⁻¹)
MEDIA	69,93	87,13	28,14	39,09	361,28	464,02	6,93	7,88
**CAMBIO %		24,59		38,90		28,44		13,65
TRANSFERENCIA		2,40		1,25		2,45		*
EMPB3S	RM1 (KG)	RM4 (KG)	SV1 (CM)	SV4 (CM)	PPMSC1	PPMSC 4	VEL1 (M.S ⁻¹)	VEL4 (M.S ⁻¹)
MEDIA	72,00	90,85	28,60	37,38	380,57	476,42	6,93	7,75
**CAMBIO %		26,18		30,69		25,19		11,79
TRANSFERENCIA		1,45		0,87		2,13		*
ESS	RM1 (KG)	RM4 (KG)	SV1 (CM)	SV4 (CM)	PPMSC1	PPMSC 4	VEL1 (M.S ⁻¹)	VEL4 (M.S ⁻¹)
MEDIA	69,13	86,69	28,01	37,59	370,66	484,38	6,86	7,90
**CAMBIO %		25,41		34,18		30,68		15,13
TRANSFERENCIA		2,25		1,66		2,94		*

(*) Capacidad no entrenada sobre la cual se ha calculado la transferencia (ZATSIORSKY, 1995)

**Los cambios porcentuales indican las mejoras entre los tests 1 y 4 de todas las variables entrenadas (RM, SV, PPMSC) y de la variable no entrenada (VEL). La transferencia indica la razón entre las ganancias de la variable no entrenada (VEL) y las variables entrenadas (RM, SV, PPMSC). Los valores de transferencia mayores que 1 se consideran importantes.

9. DISCUSIÓN

9. Discusión

El principal hallazgo en nuestro estudio fue que, en sujetos no entrenados, cuatro modelos diferentes de secuenciación de los ejercicios de entrenamiento produjeron resultados semejantes, lo que se manifestó por ausencia de diferencias significativas entre los grupos experimentales. Todos los grupos mejoraron su rendimiento con respecto a sí mismos de manera significativa en relación con el test inicial, y en todos los casos, excepto entre los tests 4 y 3 en los modelos EMPB3S y Esi, y las diferencias entre los tests 3 y 2 del modelo ESS, cada uno de los resultados de los tests fue significativamente superior a los que les precedían. Podemos afirmar que las mejoras obtenidas se debieron al proceso de entrenamiento, ya que el GC sólo mejoró de manera significativa la velocidad en los tests 2 y 3 con respecto al inicial, aunque esas mejoras fueron significativamente inferiores a las obtenidas por cada uno de los otros grupos. El GC aumentó significativamente el tiempo, es decir, empeoró entre los tests 2-4 y 3-4, por lo que entendemos que las ligeras mejoras alcanzadas en los tests 2 y 3 con respecto al inicial se deben a un proceso de aprendizaje, que también podría haber estado presente en el resto de los grupos, aunque en éstos, al posible efecto de aprendizaje se añadió el efecto del entrenamiento, dado que las mejoras en todos los grupos fueron superiores a las del GC en todos los casos.

No hemos encontrado estudios en los que se comparen cuatro modelos diferentes de entrenamiento para evaluar sus efectos sobre la fuerza, la potencia y la velocidad. La mayoría de los estudios se centran en la comparación de un ML, definido por un aumento progresivo de la intensidad y reducción gradual del volumen, con un MO. Rhea et al. (2002) compararon un ML de 8RM, 6RM y 4RM en 3 bloques de 3 semanas sucesivas y un MO con la misma intensidad y volumen, pero realizando los 3 tipos de carga de forma sucesiva en cada semana durante las 9 semanas de entrenamiento. En este estudio se observó una superioridad a favor del MO, pero con dos características que podrían poner en duda sus resultados. Por una parte, los sujetos que realizaron el MO partían de unos valores de fuerza claramente inferiores a los que realizaron el ML: 66,59 kg en MO frente a 83,41 kg en ML en press de banca, y 230,23 kg frente a 266,82 kg, respectivamente, en press de piernas. Por otra parte, todos los sujetos durante los dos años previos habían estado realizando entrenamientos de tipo lineal. Estas dos

circunstancias son claramente favorecedoras del grupo que realizó el MO, dado que, en la primera circunstancia, el menor nivel de rendimiento favorece la mejora porcentual del mismo, y, en segundo lugar, la realización permanente de un mismo modelo de trabajo tiende a disminuir progresivamente las adaptaciones positivas a través del tiempo. En este sentido, el grupo que utilizó el MO se encontró con una situación más favorable para la mejora del rendimiento.

Sin embargo, en el estudio de Baker et al. (1994), los resultados fueron similares a los nuestros. En dicho estudio se igualó el volumen y la intensidad al comparar un ML y un MO y se añadió un GC con un entrenamiento NP. En este caso el entrenamiento se realizó durante 12 semanas con sujetos que habían entrenado al menos 6 meses y que alcanzaban 1RM en press de banca y en sentadilla con una carga superior al peso corporal. Los dos grupos experimentales mejoraron significativamente sus resultados, pero no se observaron diferencias significativas entre los grupos. Hartmann et al. (2009) tampoco encontraron diferencias significativas al utilizar un ML desde 12RM a 3RM y un MO desde 3RM a 25RM dentro de cada semana con sujetos con experiencia en el entrenamiento de fuerza.

Aunque el modelo de entrenamiento no fue el mismo que el utilizado por nosotros, Fatouros et al. (2000) combinaron el entrenamiento orientado a la mejora de fuerza máxima de las extremidades inferiores y ejercicios de SV. En este estudio, el grupo de entrenamiento combinado (EC) mejoró los valores de SV y fuerza más que los otros dos grupos, que entrenaron solamente ejercicios con cargas o solamente saltos. Se podría considerar que las mayores ganancias obtenidas por el grupo EC se deben a la utilización del ejercicio de SV realizado a continuación del trabajo con cargas. Este efecto superior del grupo EC podría deberse a la propia realización del SV o al efecto sinérgico de ambos ejercicios. Esto significaría que la utilización exclusiva del trabajo con cargas es inferior que la combinación de ambos ejercicios para mejorar el SV, pero esto no se cumple en nuestro estudio, al menos en las 3 primeras semanas, ya que en los dos modelos en los que sólo se utilizó la sentadilla (ESB3s y EMPB3S) y el modelo que utilizó simultáneamente ejercicios de sentadilla y salto (Esi), las mejoras fueron significativas pero similares entre ellas. Por tanto, la probable razón por la que se mejoró menos, de manera significativa, el SV en el estudio mencionado sería la carga utilizada, que osciló entre 12RM y 2 RM, mientras que en nuestro estudio utilizamos

cargas que oscilaron entre 50 y 80% 1RM, pero realizando 8 y 3 repeticiones por serie, respectivamente, lo que significa un carácter de esfuerzo y un estrés metabólico y hormonal muy inferior al utilizado por Fatouros et al. (2000). Por tanto, según los resultados de nuestro estudio, en sujetos no especialmente entrenados, las mejoras en el SV pueden ser similares durante 3 semanas de entrenamiento utilizando sólo la sentadilla con las cargas indicadas o la sentadilla y el salto, aunque es probable que un tiempo más prolongado de entrenamiento, de 6 a 9 semanas, presentara una tendencia a una mayor mejora en el EC.

Varios autores han observado incrementos agudos en la producción de la potencia muscular al utilizar modelos complejos de entrenamiento (BAKER, 2001; YOUNG et al., 1998; DUTHIE et al., 2002), en los que se llevó a cabo la realización de los ejercicios de fuerza (sentadilla con altas cargas) y potencia (saltos con cargas y saltos verticales) dentro de una misma sesión de entrenamiento. La teoría de la aplicación crónica del entrenamiento complejo está basada en un paradigma clásico de la fisiología del ejercicio, en el que la suma de los efectos agudos producidos por cada unidad de entrenamiento determina la magnitud de los efectos crónicos producidos por todo el programa de entrenamiento (BAKER, 2001). En nuestro estudio el modelo de secuenciación de las cargas que utilizó simultáneamente los ejercicios de saltos verticales, saltos con carga y sentadilla (Esi) obtuvo ganancias similares en fuerza, potencia y velocidad a los otros grupos estudiados (ESB3S, EMPB3S y ESS). De acuerdo con nuestros hallazgos, al menos para sujetos moderadamente entrenados, la teoría fisiológica que justifica la potenciación producida por los modelos complejos de entrenamiento no se ha confirmado.

Es probable que las cargas utilizadas en nuestro estudio para realizar saltos con cargas, que fueron el 30%, el 45% y el 60% de 1RM, con las que se realizaron el 40%, el 33% y el 27%, respectivamente, de las repeticiones totales, sea un rango de cargas adecuadas para mejorar la velocidad de desplazamiento en carrera en la fase de aceleración, puesto que en el estudio realizado por MC BRIDE et al. (2002), en el que se utilizó el 80% de 1RM como carga para el SV se produjo un empeoramiento en la distancia de 20 metros.

En el análisis de los cambios producidos por los distintos modelos de entrenamiento en cada una de las variables dependientes, podemos destacar las siguientes observaciones:

En relación con los cambios en la RM en sentadilla, se observa que las mejoras a través de las 9 semanas de entrenamiento son independientes del modelo utilizado (**Figura 28**). Esto significa que, en sujetos no especialmente entrenados, durante las 3 primeras semanas de entrenamiento, la mejora en sentadilla es similar utilizando cargas que oscilen entre el 50 y el 80% de 1RM (ESB3S) o el 65% de 1RM como única intensidad (EMPB3S) y el mismo volumen total, así como que la utilización del 50 al 60% de 1RM más saltos con cargas y sin cargas (Esi y ESS) producen los mismos efectos. De estos resultados se deduce que, en las 3 primeras semanas de entrenamiento, una intensidad del 50-60% 1RM produce los mismos efectos que si se utilizan intensidades superiores hasta el 80% de 1RM. Esta conclusión nos lleva a plantearnos la posibilidad de que hayamos utilizado el estímulo mínimo que produce un efecto positivo. Naturalmente que se podrían haber utilizados otros menores (<50% 1RM), pero estas intensidades son sumamente pequeñas y probablemente serían útiles durante muy poco tiempo. Resultados similares fueron encontrados por MC BRIDE et al. (2002) al comparar las ganancias en la fuerza máxima producidas por saltos con cargas realizados con el 30 o el 80% de 1RM de la sentadilla. En este estudio los sujetos presentaron ganancias similares en la RM al final de 8 semanas de entrenamiento.

También podemos constatar que después de 3 semanas de entrenamiento de sentadilla se puede aumentar la mejora de la RM durante otras 3 semanas utilizando cargas aún menores, del 30-60% de 1 RM, pero realizadas a mayor velocidad a través de ejercicios de salto con cargas (ESB3S y EMPB3S). Esta progresión también se mantiene si durante 3 semanas utilizamos sentadillas entre el 60 y el 70% de 1RM combinadas con saltos con cargas con el 45% de 1RM y saltos sin cargas. Por último los saltos sin cargas son suficientes para seguir mejorando el rendimiento en sentadilla desde la semana 7ª a la 9ª semana cuando en las 3 primeras semanas se utilizó una carga desde el 65 al 80% de 1RM en sentadilla (EMPB3S), y cuando se mantiene el entrenamiento de sentadilla, salto con cargas y salto sin cargas (Esi y ESS). También se mantiene una mejora, aunque no significativa, cuando de la semana 7ª a la 9ª se utilizan saltos sin carga pero en la sentadilla sólo se utilizó el 65% de 1RM en las 3 primeras semanas.

En relación con la mejora del SV (**Figura 29**), los resultados son los mismos indicados para la RM, excepto que no parece suficiente una mejora significativa durante las 3

últimas semanas si durante las 3 primeras sólo se utilizó el 65% de 1RM en sentadilla y no se vuelve a utilizar este ejercicio durante el resto del entrenamiento (EMPB3S). Es probable que esta menor mejora se deba a una disminución de la fuerza máxima después de 6 semanas sin haber realizado el ejercicio de sentadilla completa y sólo haber utilizado el 65% de 1RM en las 3 primeras semanas. El mismo comportamiento se observa cuando se utilizan los 3 ejercicios de manera simultánea durante las 9 semanas (Esi), pero en este caso hay que tener en cuenta que la mejora en las 6 primeras semanas fue superior al resto de los grupos, aunque no de manera significativa, y que la mejora total fue la más alta a las 3 (25,8%) y a las 6 semanas (33,66%), mientras que en la 9ª aún subió hasta el 38,85% de mejora.

Los efectos sobre la velocidad de desplazamiento son independientes del modelo de entrenamiento utilizado. En todos los casos las mejoras son significativas y no se observan diferencias entre los grupos. Lo mismo ocurre con la mejora de la potencia en sentadilla y en salto con carga. Todos los grupos mejoran de manera significativa entre el test inicial y el final (**Figuras 31 y 32**). Aunque no hemos encontrado ningún estudio de periodización que haya manipulado al mismo tiempo todas estas variables (velocidad, fuerza y potencia muscular), otros autores también han encontrado ganancias similares en fuerza y potencia muscular tras realizar 9-12 semanas de entrenamiento de fuerza bajo diferentes modelos de secuenciaciones de los ejercicios de entrenamiento (BAKER et al., 1994; BUFORD et al., 2007).

Cuando analizamos el efecto del entrenamiento a través del “*Tamaño del Efecto*” (TE), nos encontramos que en la variable RM se alcanza un efecto grande en todos los grupos menos en el que utiliza una carga mayor durante las 3 primeras semanas (ESB3S) y no vuelve a utilizar dicho ejercicio (**Figura 33**). Estos resultados sugieren que utilizar la mayor carga, es decir mayor intensidad y mayor volumen durante las 3 primeras semanas en el ejercicio de sentadilla tiende a producir resultados inferiores que cuando las cargas son menores (el resto de los modelos).

En relación con el SV, todos los grupos alcanzan un TE grande (**Figura 34**), aunque el ESB3S tiene un efecto medio inferior a los demás, mientras que el modelo con menor intensidad en su conjunto (EMPB3S) tiende a obtener el mayor TE en todos los tests. Estos resultados vienen a ratificar en parte el efecto mostrado anteriormente sobre la

RM, es decir, el entrenamiento con mayor carga, en un grupo de sujetos con estas características, no tiende a obtener los mejores resultados.

No es habitual que sin realizar un entrenamiento de velocidad / aceleraciones se hayan producidos unas mejoras tan notables en todos los grupos en la velocidad en 20 metros. Naturalmente, este efecto puede venir muy condicionado por la falta de entrenamiento especial para este tipo de rendimiento, pero si tenemos en cuenta que el TE está calculado en comparación con los resultados del GC, es razonable pensar que el entrenamiento realizado ha influido de manera notable en los resultados. Aunque en ningún caso se han encontrado diferencias significativas entre los grupos, llama la atención el hecho de que el grupo ESB3S tienda a presentar los mayores valores en el TE en este tipo de rendimiento, cuando, sin embargo, en los tests de 1RM y de SV presentó los valores medios más pequeños entre los obtenidos por todos los grupos. Se podría pensar que al haber dejado de realizar el entrenamiento de sentadilla y continuar con los ejercicios de salto durante 6 semanas, el efecto sobre la aceleración podría ser mayor, pero este argumento queda invalidado si tenemos en cuenta que a las 3 semanas, en las que sólo había realizado entrenamiento de sentadilla, este grupo ya tiende a obtener los mejores resultados. Por tanto, cabe la posibilidad de que algunos de los componentes de este grupo tuvieran una predisposición natural elevada para este tipo de rendimiento. El comportamiento en este tipo de rendimiento para el resto de los grupos tiene una tendencia semejante a la que manifestaron en los tests de RM y SV.

EL TE sobre la PPMS y la PPMSC presentan una tendencia semejante a las obtenidas en las demás variables. Todos los efectos son moderados en ese caso, excepto el grupo ESS que presenta un TE grande en la PPMSC. En conjunto, el modelo ESS es el que presenta una suma de tamaños del efecto más elevada, seguido del modelo EMPB3S.

Los cuatro modelos de entrenamiento (Esi, ESB3S, EMPB3S y ESS) promovieron la transferencia de la RM, SV y PPMSC sobre de la velocidad, al final de las 9 semanas de entrenamiento (**Tabla 9**). Por lo tanto, es razonable concluir que los modelos mixtos de entrenamiento y que combinan los ejercicios de la sentadilla, saltos con cargas y SV sean capaces de producir el incremento de la velocidad en sujetos moderadamente entrenados, aunque no se entrene esa capacidad. Éste es el primer estudio en el que se

observa que es posible incrementar la velocidad sin entrenarla, solamente a través del trabajo de fuerza y potencia muscular.

Se ha defendido que las ganancias en la fuerza máxima son necesarias para el posterior desarrollo de potencia y velocidad. Este concepto está basado en 2 factores: (a) las adaptaciones morfológicas tardan más en aparecer que las adaptaciones nerviosas y fisiológicas (DAVIES et al., 1985; SALE, 1991; SELVANAYAGAM et al., 2011); (b) existe un tiempo de latencia entre el desarrollo de la fuerza máxima y la detección de los cambios en el rendimiento (CARROLL et al., 2001; JENSEN et al., 2005). Nuestros hallazgos desafían estas ideas ya que de las distintas secuenciaciones de los ejercicios y de las cargas produjeron las mismas ganancias entre todos los grupos, que han mejorado a la misma velocidad (es decir, no hubo diferencias entre los grupos de entrenamiento en todo el protocolo experimental). Además, las adaptaciones a los tipos de entrenamiento no parecen ser tan específicas como se ha informado anteriormente. Igualmente, la falta de diferencias entre los grupos en los tests post-entrenamiento sugieren que el trabajo total realizado sobre un período de 9 semanas puede ser más importante que la distribución temporal de las propias carga a lo largo de este mismo periodo.

Desde el punto de vista estructural, el incremento en la fuerza máxima está asociado al aumento del área de sección transversa muscular y a los cambios producidos por el entrenamiento de fuerza en los tipos de fibra muscular (HAKKINEN et al., 1985; MCCALL et al., 1996; STARON et al., 1989). Sin embargo, esas adaptaciones suelen ocurrir a largo plazo y este estudio tuvo una duración de solamente 9 semanas. Para los programas de entrenamiento cortos como el desarrollado por nosotros, se considera que el aumento de la activación nerviosa es el factor determinante para el desarrollo de la fuerza. Por lo tanto, es probable que las ganancias en fuerza en nuestros sujetos sean principalmente producidas por las adaptaciones neurales promovidas por el entrenamiento. Esas adaptaciones, que se producen tanto en la transmisión desde el sistema nervioso central como en las respuestas de tipo reflejo en la medula espinal (ENOKA, 1988; HAKKINEN, 1989), se traducen por el aumento del número de las unidades motoras reclutadas, aumento de la frecuencia de descargas y de la sincronización, la reducción de los estímulos de inhibición (reducción de la actividad de los antagonistas) y a los cambios en los umbrales de la activación muscular (AAGAARD et al., 2003; CARROLL et al., 2002; MORITANI, 1993). Aunque en nuestro estudio no se pudo medir el efecto sobre la

sección transversal del músculo ni otras adaptaciones de tipo molecular, la sugerencia de que nuestros resultados se han debido fundamentalmente a efectos de tipo neural podrían venir justificada por el hecho de que nuestros hallazgos son similares a los de otros estudios con resultados semejantes en los que también se encontraron incrementos significativos en las capacidades de fuerza sin cambios en la masa muscular, tras la realización de periodos cortos de entrenamiento (entre 2 y 12 semanas) en los que se utilizaron ejercicios dinámicos tradicionales, isocinéticos o isométricos (AKIMA et al., 1999; KOMI et al., 1978; STARON et al., 1994).

10. CONCLUSIONES

10. Conclusiones

Como conclusión general, la síntesis de nuestro estudio indica que en sujetos no entrenados, los cuatro modelos diferentes de secuenciación de los ejercicios utilizados (ESBS, ESB3S, Esi y ESS) produjeron resultados semejantes. Pero se pueden hacer algunas matizaciones.

Es probable que las cargas utilizadas en nuestro estudio para realizar saltos con cargas, que fueron el 30%, el 45% y el 60% de 1RM, con las que se realizaron el 40%, el 33% y el 27%, respectivamente, de las repeticiones totales, sea un rango de cargas adecuadas para mejorar la velocidad de desplazamiento en carrera en la fase de aceleración.

En relación con los cambios en la RM en sentadilla, se observa que las mejoras a través de las 9 semanas de entrenamiento son independientes del modelo utilizado, pero en las 3 primeras semanas de entrenamiento, una intensidad del 50-60% de 1RM produce los mismos efectos que si se utilizan intensidades superiores, que lleguen hasta el 80% de 1RM.

Utilizar la mayor carga, es decir mayor intensidad y mayor volumen durante las 3 primeras semanas en el ejercicio de sentadilla, tiende a producir resultados inferiores que cuando las cargas son menores, lo que ocurre en el resto de los modelos de entrenamiento.

Las ganancias en la velocidad de desplazamiento son independientes del modelo de entrenamiento utilizado. En todos los casos las mejoras son significativas en relación con el GC, y no se observan diferencias entre los grupos.

La transferencia de las ganancias de fuerza y potencia sobre la velocidad de desplazamiento es posible a través de la utilización de los modelos de entrenamiento que utilizan los ejercicios de la sentadilla, del salto con carga y del salto vertical, independientemente del modelo de secuenciación de los ejercicios utilizados.

En sujetos moderadamente entrenados en fuerza, entrenar en la zona de la máxima potencia a lo largo de las 9 semanas de entrenamiento produce las mismas ganancias de

fuerza, potencia y velocidad que entrenar con modelos de entrenamiento que utilizan progresiones tradicionales de las cargas.

La carga de entrenamiento tiene más influencia en las adaptaciones generadas por el entrenamiento de fuerza que los modelos de secuenciación de los ejercicios utilizados a lo largo de las 9 semanas de entrenamiento.

11. APLICACIONES PRÁCTICAS

11. Aplicaciones Prácticas

En el entrenamiento orientado a la mejora de la fuerza, potencia y velocidad en sujetos físicamente activos pero moderadamente entrenados en fuerza, no es necesario utilizar cargas superiores al 65-70% de 1RM. Esta sugerencia se basa en el hecho de que en sujetos de las características de nuestro estudio, las cargas mayores utilizadas (70-80% 1RM) no producen un efecto superior que las cargas más pequeñas (50-65% 1RM).

Por el momento, no se puede sugerir utilizar un modelo de entrenamiento u otro para mejorar el rendimiento en fuerza, potencia y velocidad durante un ciclo de 9 semanas en sujetos no entrenados. Por tanto, es necesario seguir comprobando el efecto de estos modelos en nuevos ciclos y en sujetos con distintos grados de entrenamiento.

No obstante, cualquiera de los modelos utilizados sería útil para el inicio de entrenamiento en fuerza, potencia y velocidad en sujetos de cualquier especialidad deportiva, en la que no se necesite ser especialista en ninguna de esas capacidades.

Si lo que se pretende es conseguir transferencia sobre el ejercicio de velocidad de desplazamiento en distancias cortas en sujetos no especialistas en fuerza y velocidad, se puede emplear cualquiera de los modelos de entrenamiento aplicados en este estudio.

12. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

12. Líneas de Investigación Futuras

Replicar este modelo de estudio en sujetos no entrenados y en sujetos con distintos grados de desarrollo de las cualidades estudiadas.

Analizar el grado de transferencia de cada uno de los modelos/ejercicios en cada una de las fases (momentos en los que se realizan los tests) sobre la variable velocidad / aceleración.

Analizar el grado de transferencia de las capacidades de fuerza y potencia muscular en otras variables deportivas específicas.

Comprobar la relación entre los cambios en las variables dependientes estudiadas como consecuencia de la aplicación de los diferentes modelos de entrenamiento.

Comprobar el efecto de los distintos modelos en dos o más ciclos contiguos de entrenamiento.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

13. Referencias Bibliográficas

Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulson P (2002) Neural adaptations to resistance training: Evoked V-wave and H-reflex responses. *J Appl Physiol* 92 (6): 2309–2318

Aagaard P (2003) Training induced changes in neural function. *Exerc Sport Sci Rev* 31 (2): 61–67

Akima H, Takahashi H, Kuno SY (1999) Early phase adaptations of muscle use and strength to isokinetic training. *Med Sci Sports Exerc* 31: 588-94

Baechle TR, Earle R (2008) Essentials of Strength Training and Conditioning. National Strength and Conditioning Association. 3rd edition. Human Kinetics

Baker D, Wilson G, Carlyon R (1994) Periodization: the effect on strength of manipulating volume and intensity. *J Strength Cond Res* 8 (4): 235-242

Baker D (2001) A series of studies on the training of high-intensity muscle power in rugby league football players. *J Strength Cond Res* 15 (2):198–209

Baker D (2001) Comparison of upper-body strength and power between professional and college-aged rugby league players. *J Strength Cond Res* 15 (1): 30–35

Baker D, Nance S, Moore M (2001) The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes. *J Strength Cond Res* 15 (1): 92–97

Baker D, Nance S, Moore M (2001) The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. *J Strength Cond Res* 15 (1): 20–24

Behm DG, Sale DG (1993) Velocity specificity of resistance training. *Sports Med* 15 (6): 374-388

Bompa T, Cornacchia L (1998) Serious Strength Training: Periodization for building muscle power and mass. Champaign, IL: Human Kinetics

Buford TW, Rossi SJ, Smith DB, Warren AJ (2007) A comparison of periodization models during nine weeks with equated volume and intensity for strength. *J Strength Cond Res* 21 (4): 1245-1250

Carroll TJ, Riek S, Carson RG (2001) Neural adaptations to resistance training: implications for movement control. *Sports Med* 31: 829–840

Carroll TJ, Riek S, Carson RG (2002) The sites of neural adaptation induced by resistance training in humans. *J Physiol* 544: 641-52

Ceci R, Hassmén P (1991) Self-monitored exercise at three different RPE intensities in treadmill versus field running. *Med Sci Sports Exerc* 23 (6):732-8

Chelly MS, Fathloun M, Cherif N, Ben Amar M, Tabka Z, Van Praagh, E (2009) Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *J Strength Cond Res* 23 (8): 2241–2249

Chelly MS, Ghenem MA, Abid K, Hermassi S, Tabka Z, Shephard RJ (2010) Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players. *J Strength Cond Res* 24 (10): 2670–2676

Chiu LZ, Barnes JL (2003) The Fitness-Fatigue Model Revisited: Implications for Planning Short- and Long-Term Training. *Strength Cond J* 25 (6): 42-51

Chiu LZ, Fry AC, Weiss LW, Schilling BK, Brown LE, Smith SL (2003) Post activation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *J Strength Cond Res* 17 (4): 671-677

Chu D (1996) Explosive Power and Strength: Complex Training for Maximal Results. Champaign, IL: Human Kinetics

Cronin JB, McNair PJ, Marshall RN (2001) Developing explosive power: a comparison of technique and training. *J Sci Med Sport* 4 (1): 59–70

Cronin JB, McNair PJ, Marshall RN (2002) Is velocity-specific strength training important in improving functional performance? *J Sports Med Phys Fitness* 42 (3): 267-73

Davies CTM, Dooley P, McDonagh MJN, White MJ (1985) Adaptation of mechanical properties of muscle to high force training in man. *J Physiol* 365: 277-284

Duthie GM, Young WB, et al (2002) The acute effects of heavy loads on jump Squat performance: an evaluation of the complex and contrast methods of power development. *J Strength Cond Res* 16 (4): 530-538

Ebben W, Watts P (1998) A review of combined weight training and plyometric training modes: complex training. *Strength Cond J* 20 (5): 18–27

- Enoka RM (1988) Muscle strength and its development: New perspectives. *Sports Med* 6: 146-168.
- Fatouros IG, Jamurtas AZ, Leontsini D, Aggeloussis N, Kostopoulos N, Buckenmeyer P (2000) Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J Strength Cond Res* 14 (4): 470-476
- Faulkner JA, Claflin DR, Mc Cully KK (1986) Power output of fast and slow fibers from human skeletal muscles. En: Jones NL, McCartney N, Mc Comas AJ. Human muscle power. Champaign, IL: Human Kinetics: 81-94
- Fleck SJ, Kraemer WJ (1996) *Periodization Breakthrough*. Ronkonkoma, NY: Advanced Research Press
- González Badillo JJ, Gorostiaga Ayestarán E (1997) *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza*. 2ª edición. Barcelona: INDE
- González Badillo JJ, Ribas Serna J (2002) *Bases de la programación del entrenamiento de la fuerza*. 3ª edición. Madrid: INDE
- González Badillo JJ (2007) Consideraciones sobre la Manifestación y el Desarrollo de la Fuerza y la Potencia Muscular. (<http://www.sobreentrenamiento.com/PublicE/Home.asp>) 04/04/07. Pid: 799
- Güllich A, Schmidtbleicher D (1996) MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *Int Amat Ath Fed* 11 (4): 67-81
- Gourgoulis V, Aggeloussis N, Kasimatis P, Mavromatis G, Garas A (2003) Effect of submaximal half-squats warm up program on vertical jumping ability. *J Strength Cond Res* 17 (2): 342-344
- Haff GG (2004) Roundtable discussion: periodization of training - part 1. *Strength Cond J* 26 (1): 50-69
- Haff GG (2004) Roundtable discussion: periodization of training - part 2. *Strength Cond J* 26 (2): 56-70
- Häkkinen K, Alen M, Komi PV (1985) Changes in isometric force and relaxation time, electromyographic and muscle fiber characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol Scand* 125:573-585
- Häkkinen K (1989) Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. *J Sports Med Phys Fitness* 29: 9-26

- Hall K, Magill R (1995) Variability of practice and contextual interference in motor skill learning. *J Mot Behav* 27 (4): 299-309
- Hartmann H, Bob A, Wirth K, Schmidtbleicher D (2009) Effects of different periodization models on rate of force development and power ability of the upper extremity. *J Strength Cond Res* 23 (7): 1921-1932
- Hoff J and Helgerud J (2004) Endurance and strength training for soccer players: Physiological considerations. *Sports Med* 34 (3): 165–180
- Issurin V (2008) Block periodization versus traditional training theory: a review. *J Sports Med Phys Fitness* 48 (1): 65-75
- Ivanov L, Krugily V, Zinchenko V (1977) Individualized strength development for throwers. *Leg. Atl.* 11 (12) reproduced in *Sov Sports Rev* 14: 138–139
- Izquierdo M, Häkkinen K, Antón A, Garrues M, Ibáñez J, Ruesta M, Gorostiaga EM (2001) Maximal strength and power, endurance performance, and serum hormones in middle-aged and elderly men. *Med Sci Sports Exerc* 33 (9): 1577–1587
- Izquierdo M, Häkkinen K, González Badillo JJ, Ibáñez J, Gorostiaga EM (2002) Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *Eur J Appl Physiol* 87 (3): 264–271
- Izquierdo M, González Badillo JJ, Häkkinen K, Ibáñez J, Kraemer WJ, Altadill A, Eslava J, Gorostiaga EM (2006) Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *Int J Sports Med* 27 (9): 718–724
- Jensen JL, Marstrand PC, Nielsen JB (2005) Motor skill training and strength training are associated with different plastic changes in the central nervous system. *J Appl Physiol* 99: 1558-1568.
- Kanehisa H, Miyashita M (1983) Specificity of velocity in strength training. *J Appl Physiol* 52 (1): 104-106
- Kaneko M, Fuchimoto T, Toji H, Sueti K (1983) Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scand J Sports Sci* 5: 50–55
- Kawamori N, Haff GG (2004) The optimal training load for the development of muscular power. *J Strength Cond Res* 18 (3): 675-684

Kilduff LP, Bevan HR, et al. (2007) Post activation potentiation in professional rugby players: optimal recovery. *J Strength Cond Res* 21 (4): 1134-1138

Komi PV (1986) Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic and mechanical factors. *Int J Sports Med* 7 (Suppl.): 101-105

Komo PV, Viitasalo JT, Rauramm R, Virkko V (1978) Effect of isometric strength training on mechanical, electrical and metabolic aspects of muscle function. *Eur J Appl Physiol* 40: 45-55.

Kraemer WJ (1997) A series of studies-the physiological basis for strength training in american football: fact over philosophy. *J Strength Cond Res* 11(3): 131-142

Kraemer WJ, Häkkinen K (2002) Strength training for sport. International Olympic Committee Handbook in Sports Medicine. Blackwell Scientific Publishers, UK

Kraemer WJ, Häkkinen K, Triplett-McBride NT, Fry AC, Koziris LP, Ratamess NA, Bauer JE, Volek JS, McConnell T, Newton RU, Gordon SE, Cummings D, Hauth J, Pullo F, Lynch JM, Fleck SJ, Mazzetti SA, Knuttgen HG (2003) Physiological changes with periodized resistance training in women tennis players. *Med Sci Sports Exerc* 35 (1): 157–168

Kurz T (1991) Science of Sports Training: How to plan and control training for peak performance. Stadion Publishing, VT

Maio Alves JM, Rebelo AN, Abrantes C, Sampaio J (2010) Short-term effects of complex and contrast training in soccer players' vertical jump, sprint, and agility abilities. *J Strength Cond Res* 24 (4): 936–941

Matveyev LP (1981) Fundamentals of Sports Training. Moscow, Russia: Progress Publishers

McBride JM, Triplett-McBride T, Davie A, Newton RU (2002) The Effect of Heavy- Vs. Light-Load Jump Squats on the Development of Strength, Power, and Speed. *J Strength Cond Res* 16 (1): 75-82

McCall GE, Byrnes WC, Dickinson A, Pattany PM, Fleck SJ (1996) Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *J Appl Physiol* 81: 2004–2012

Moritani T (1993) Neuromuscular adaptations during the acquisition of muscle strength, power and motor tasks. *J Biomech* (26) Suppl 1: 95-107

Moss BM, Refsnes PE, Ablidgaard 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* 75 (3): 193–199

Mujika I, Santisteban J, Castagna C. In-season effect of short-term sprint and power training programs on elite junior soccer players (2009) *J Strength Cond Res* 23 (9): 2581–2587

Newton RU, Murphy AJ, Humphries BJ, Wilson GJ, Kraemer WJ, Häkkinen K (1997) Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *Eur J Appl Physiol* 75 (4): 333–342

Peterson MD, Dodd DJ, Alvar BA, Rhea MR, Favre M (2008) Undulation Training for Development of Hierarchical Fitness and Improved Firefighter Job Performance. *J Strength Cond Res* 22 (5): 1683-1695

Plisk SS, Stone MH (2003) Periodization Strategies. *Strength Cond J* 25(6): 19-37

Poliquin C, Kulesza A (1985) Periodization and Strength. Excerpt from *Canadian Olympic Association Elite Coaches Seminar*, Montreal

Poliquin C (1988) Five steps to increasing the effectiveness of your strength-training program. *NSCA Journal* 10 (3): 34-39

Pollatou E, Kiomourtzoglou E, Aggelousis N, Mavromatis G (1997) Contextual interference effects in learning novel motor skills. *Percept Mot Skills* 84 (2): 487-496

Radcliffe JC, Radcliffe JL (1996) Effects of different warm up protocols on peak power output during a single response jump task [Abstract]. *Med Sci Sports Exerc* 28: S189

Rhea MR, Ball SD, Phillips WT, Burkett LN (2002) A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for strength. *J Strength Cond Res* 16 (2): 250-255

Rhea MR (2004) Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the Effect Size. *J Strength Cond Res* 18 (4): 918-920

Ruben RM, Molinari MA, Bibbee CA, Childress MA, Harman MS, Reed KP, Haff GG (2010) The acute effects of an ascending squat protocol on performance during horizontal plyometric jumps. *J Strength Cond Res* 24 (2): 358-369

Sánchez-Medina, L. (2010) La velocidad de ejecución como factor determinante del grado de esfuerzo en el entrenamiento de fuerza. Tesis Doctoral, Universidad Pablo de Olavide, Departamento de Deporte e Informática

Sánchez-Medina, L. y González-Badillo, J.J. (2011) Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 43 (9): 1725-1734

Sale D (1991) Neural adaptation to strength training. In: *Strength and Power in Sport*. Komi PV, ed. Oxford, United Kingdom: Blackwell Scientific

Selye, H (1956) *The Stress of Life*. New York: McGraw-Hill

Selvanayagam VS, Riek S, Carroll TJ (2011) Early neural responses to strength training. *J Appl Physiol* 111: 367–375

Shea CH, Wulf G, Horger M (1999) Benefits of blocked over serial feedback on complex motor skill learning. *J Mot Behav* 31(1): 95-103

Shea JB, Giuffrida CG, Fairbrother JT (2002) Differential transfer benefits of increased practice for constant, blocked, and serial practice schedules. *J Mot Behav* 34 (4): 353-365

Shea CH, Magnussen C, Wilde H (2005) Random and blocked practice of movement sequences: differential effects on response structure and movement speed. *Res Q Exerc Sport* 76 (4): 416-425

Staron, RS, Malicky ES, Leonardi MJ, Falkel JE, Hagerman FC, Dudley GA (1989) Muscle hypertrophy and fast fiber type conversions in heavy resistance-trained women. *Eur J Appl Physiol* 60:71–79

Staron RS, Karapondo DL, Kraemer WJ (1994) Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in *Med Sci Sports Exerc* 1992; 24: 1220-7 men and women. *J Appl Physiol* 76: 1247-55

Stone MH, O'Bryant H, Garhammer (1981) A hypothetical model for strength training. *J Sports Med* 21 (4): 342–351

Stone MH, Fry AC (1998). Increased training volume in strength/power athletes. En: Kreider RB, Fry AC, O'-Toole ML. *Overtraining in Sport*. Champaign, IL: Human Kinetics: 87–105

Stowers T, McMillian J, Scala D, Davis V, Wilson D, Stone M. **(1983)** The short-term effects of three different strength–power training methods. *NSCA Journal* 5: 24–27

Thomas K, French D, Hayes PR **(2009)** The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. *J Strength Cond Res* 23 (1): 332–335

Tricoli V, Lamas L, Carnevale, R, Ugrinowitsch C **(2005)** Short-term effects on lower-body functional power development: Weightlifting vs. vertical jump training programs. *J Strength Cond Res* 19 (2): 433–437

Trimble M, Harp S **(1998)** Post exercise potentiation of the H-reflex in humans. *Med Sci Sports Exerc* 30 (6): 933–941

Verkhoshansky Y, Tatyana V **(1973)** Speed-strength preparation of future champions. *Sov Sports Rev* 18:166–170

Verkhoshansky Y **(1981)** How to set up a training program in speed-strength events. Yessis, M., trans. *Sov Sports Rev* 16: 123–126

Verkhoshansky Y **(1986)** Speed-strength preparation and development of strength endurance of athletes in various specializations. *Sov Sports Rev* 21: 120–124

Weiss LW, Fry AC, Wood LE, Relyea GE, Melton C **(2000)** Comparative Effects of Deep versus Shallow Squat and Leg-Press Training on Vertical Jumping Ability and Related Factors. *J Strength Cond Res* 14(3): 241-247

Wilkie DR, Abbot, BC **(1953)** The relation between velocity of shortening and the tension-length curve of skeletal muscle. *J Physiol* 120: 214-223

Willoughby DS **(1992)** A comparison of three selected weight training programs on the upper and lower body strength of trained males. *Ann J Appl Res Coaching Athletics* March 124–146

Willoughby DS **(1993)** The effects of meso-cycle-length weight training programs involving periodization and partially equated volumes on upper and lower body strength. *J Strength Cond Res* 7: 2–8

Wilson GJ, Newton RU, Murphy AJ, Humphries BJ **(1993)** The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med Sci Sports Exerc* 25(11): 1279-1286

Wulf G, Lee TD (1993) Contextual interference in movements of the same class: differential effects on program and parameter learning. *J Mot Behav* 25 (4): 254-263

Young WB, McLean B, Ardagna J (1995) Relationship between strength qualities and sprinting performance. *J Sports Med Phys Fitness* 35 (1):13-19

Young WB, Jenner A, Griffiths K (1998) Acute enhancement of power performance from heavy load squats. *J Strength Cond Res* 12 (2): 82-84

Zatsiorsky VM (1995) Science and Practice of Strength Training. Champaign, IL: Human Kinetics

Zatsiorsky VM, Kraemer WJ (2006) Science and Practice of Strength Training. Champaign, IL: Human Kinetics

RELACIÓN DE FIGURAS

RELACIÓN DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	TEORÍA DE LA ADAPTACIÓN GENERAL (TAG)	6
2	MODELO LINEAL DE MATVÉEV (ML)	7
3	MODELO DE PERIODIZACIÓN POR BLOQUES DE VERKHOSHANSKY (MB)	10
4	“FITNESS-FATIGUE THEORY”	12
5	DISPOSITIVO ADAPTADO DE WILKIE Y UTILIZADO POR KANEKO ET AL. (1983)	17
6	PENDIENTE DE PRODUCCIÓN DE FUERZA EN RELACIÓN AL TIEMPO (GONZÁLEZ BADILLO, 23). LA MÁXIMA PENDIENTE (RFDMÁX) SE ALCANZA ANTES DE INICIAR EL DESPLAZAMIENTO	19
7	INSTRUCCIÓN TEÓRICA EN LA BRIGADA DE OPERACIONES ESPECIALES	30
8	INSTRUCCIÓN PRÁCTICA EN LA BRIGADA DE OPERACIONES ESPECIALES	30
9	PARTE DE LOS SUJETOS DE LA MUESTRA	31
10	VELOCIDAD PROPULSIVA MEDIA DURANTE EL TEST DE 1RM (EL PUNTO ROJO IDENTIFICA LA VPM (M.S-1) EN LA RM)	32
11	POTENCIA PROPULSIVA MEDIA EN LA SENTADILLA (EL PUNTO ROJO IDENTIFICA EL VALOR MÁXIMO (W) ATINGIDO EN EL TEST)	34
12	POTENCIA PROPULSIVA MEDIA EN EL SALTO CON CARGA (EL PUNTO ROJO IDENTIFICA EL VALOR MÁXIMO (W) ATINGIDO EN EL TEST)	35
13	TEST DE SALTO CON CONTRAMOVIMIENTO	36
14	TEST DE VELOCIDAD MÁXIMA DE CARRERA EN 20 METROS	37

15	EL SISTEMA T-FORCE	38
16	EL SISTEMA WINLABORAT	39
17	CAMBIOS PORCENTUALES DE LAS MEDIAS DE RM INTRA – GRUPOS EN EL TEST 2	45
18	CAMBIOS PORCENTUALES DE LAS MEDIAS DE RM INTRA – GRUPOS EN EL TEST 3	45
19	CAMBIOS PORCENTUALES DE LAS MEDIAS DE RM INTRA – GRUPOS EN EL TEST 4	45
20	CAMBIOS PORCENTUALES DE LAS MEDIAS DE SV INTRA – GRUPOS EN EL TEST 2	46
21	CAMBIOS PORCENTUALES DE LAS MEDIAS DE SV INTRA – GRUPOS EN EL TEST 3	46
22	CAMBIOS PORCENTUALES DE LAS MEDIAS DE SV INTRA – GRUPOS EN EL TEST 4	46
23	CAMBIOS PORCENTUALES DE LAS MEDIAS DE VEL20M INTRA – GRUPOS EN EL TEST 2	47
24	CAMBIOS PORCENTUALES DE LAS MEDIAS DE VEL20M INTRA – GRUPOS EN EL TEST 3	47
25	CAMBIOS PORCENTUALES DE LAS MEDIAS DE VEL20M INTRA – GRUPOS EN EL TEST 4	47
26	CAMBIOS PORCENTUALES DE LAS MEDIAS DE PPMS INTRA – GRUPOS EN EL TEST 4	48
27	CAMBIOS PORCENTUALES DE LAS MEDIAS DE PPMSC INTRA – GRUPOS EN EL TEST 4	48
28	EVOLUCIÓN DE LAS MEDIAS DE RM INTRA – GRUPOS A PARTIR DEL TEST 1	49
29	EVOLUCIÓN DE LAS MEDIAS DE SV INTRA – GRUPOS A PARTIR DEL TEST 1	49
30	EVOLUCIÓN DE LAS MEDIAS DE VEL20M INTRA – GRUPOS A PARTIR DEL TEST 1	50

31	EVOLUCIÓN DE LAS MEDIAS DE PPMS INTRA – GRUPOS A PARTIR DEL TEST 1	50
32	EVOLUCIÓN DE LAS MEDIAS DE PPMSC INTRA – GRUPOS A PARTIR DEL TEST 1	51
33	TAMAÑO DEL EFECTO INTRA – GRUPOS ENTRE LOS TESTS PARA RM EN RELACIÓN AL GC	52
34	TAMAÑO DEL EFECTO INTRA – GRUPOS ENTRE LOS TESTS PARA SV EN RELACIÓN AL GC	52
35	TAMAÑO DEL EFECTO INTRA – GRUPOS ENTRE LOS TESTS PARA VEL20M EN RELACIÓN AL GC	53
36	TAMAÑO DEL EFECTO INTRA – GRUPOS ENTRE LOS TESTS PARA PPMS EN RELACIÓN AL GC	54
37	TAMAÑO DEL EFECTO INTRA – GRUPOS ENTRE LOS TESTS PARA PPMSC EN RELACIÓN AL GC	54
38	TAMAÑO DEL EFECTO PARA SV ENTRE ESS Y ESI (ESS – ESI) PARA EL SV	56
39	TAMAÑO DEL EFECTO PARA SV ENTRE ESS Y EMPB3S (ESS – EMPB3S) PARA EL SV	56
40	TAMAÑO DEL EFECTO PARA SV ENTRE EMPB3S Y ESB3S (EMPB3S – ESB3S) PARA EL SV	57
41	TAMAÑO DEL EFECTO PARA VEL20M ENTRE ESS Y ESI (ESS – ESI) PARA LA VEL20M	57
42	TAMAÑO DEL EFECTO PARA VEL20M ENTRE ESS Y EMPB3S (ESS – EMPB3S) PARA LA VEL20M	58

RELACIÓN DE TABLAS

RELACIÓN DE TABLAS

TABLA		PÁGINA
1	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DESCRIPTIVAS DE LA MUESTRA DIVIDIDA POR GRUPOS	30
2	LOS TIPOS DE ENTRENAMIENTO	31
3	EL PLAN DE TRABAJO (EXPERIMENTO)	40
4	TAMAÑO DEL EFECTO SEGÚN LOS CRITERIOS PROPUESTOS POR RHEA (56)	41
5	RESULTADOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES A TRAVÉS DE LAS 9 SEMANAS (MEDIAS Y DESVIACIONES ESTÁNDARES)	43
6	NIVELES DE SIGNIFICACIÓN DE LAS DIFERENCIAS DE LAS MEDIAS INTRA – GRUPOS (SIN EL GC)	44
7	NIVELES DE SIGNIFICACIÓN DE LAS EVOLUCIONES DE LAS MEDIAS INTRA – GRUPOS (CON EL GC)	44
8	TAMAÑO DEL EFECTO INTER – GRUPOS PARA LAS VARIABLES RM, SV, VEL20M, PPMS Y PPMSC	55
9	CAMBIOS PORCENTUALES DE LA RM, SV, PPMSC Y VEL20M Y TRANSFERENCIA DE ESTAS CAPACIDADES SOBRE LA VEL20M ENTRE LOS TESTS 1 Y 4	59
10	EJERCICIOS SUCESIVOS EN BLOQUES DE 3 SEMANAS (ESB3S)	101
11	EJERCICIOS DE MÁXIMA POTENCIA EN BLOQUES DE 3 SEMANAS (EMPB3S)	101
12	EJERCICIOS SIMULTÁNEOS (ESI)	102
13	EJERCICIOS SUCESIVOS SEMANALES (ESS)	103
14	PLANILLA DE CONTROL DEL GRUPO ESB3S	105

15	PLANILLA DE CONTROL DEL GRUPO EMPB3S	106
16	PLANILLA DE CONTROL DEL GRUPO ESI	107
17	PLANILLA DE CONTROL DEL GRUPO ESS	108

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

3S: 3 SERIES

EC: ENTRENAMIENTO COMBINADO (PESAS + PLIOMETRIA)

EMPB3S: EJERCICIOS DE MÁXIMA POTENCIA EN BLOQUES DE 3 SEMANAS

EP: ENTRENAMIENTO CON PESAS

ESB3S: EJERCICIOS SUCESIVOS EN BLOQUES DE 3 SEMANAS

ESI: EJERCICIOS SIMULTÁNEOS

ESS: EJERCICIOS SUCESIVOS SEMANALES

FDM: FUERZA DINÁMICA MÁXIMA

GC: GRUPO CONTROL

MB: MODELO DE BLOQUES

MC: MODELO COMPLEJO DE ENTRENAMIENTO

ML: MODELO LINEAL

MO: MODELO ONDULANTE

MOD: MODELO ONDULANTE DIARIO

MOS: MODELO ONDULANTE SEMANAL

NP: NO PERIODIZADO

NPP: NO PERIODIZADO PROGRESIVO

PLIO: ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO

PM: POTENCIA MUSCULAR

PPA: POTENCIACIÓN POST ACTIVACIÓN

PPMS: POTENCIA PROPULSIVA MEDIA EN LA SENTADILLA

PPMSC: POTENCIA PROPULSIVA MEDIA EN EL SALTO CON CARGA

RFD: PRODUCCIÓN DE FUERZA EN LA UNIDAD DE TIEMPO (RATE OF FORCE DEVELOPMENT)

RM: REPETICIÓN MÁXIMA

SU: SERIE ÚNICA

SV: SALTO VERTICAL

TE: TAMAÑO DEL EFECTO

TAG: TEORÍA DE LA ADAPTACIÓN GENERAL

VEL: VELOCIDAD

VEL20M: VELOCIDAD MEDIA EN 20 METROS

ANEXO I
CONSENTIMIENTO INFORMADO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. DADOS DO INDIVÍDUO

Nome completo _____

Sexo Masculino
 Feminino

RG _____

Data de nascimento _____

Endereço completo _____

CEP _____

Fone _____

e-mail _____

2. RESPONSÁVEL LEGAL

Nome completo _____

Natureza (grau de parentesco, tutor, curador, etc.) _____

Sexo Masculino
 Feminino

RG _____

Data de nascimento _____

Endereço completo _____

CEP _____

Fone _____

e-mail _____

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

1. Título do Projeto de Pesquisa

2. Pesquisador Responsável:

3. Cargo/Função

4. Avaliação do risco da pesquisa:

RISCO MÍNIMO RISCO BAIXO RISCO MÉDIO RISCO MAIOR

(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

5. Duração da Pesquisa

III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, DE FORMA CLARA E SIMPLES, CONSIGNANDO:

1. justificativa e os objetivos da pesquisa;
2. procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais;
3. desconfortos e riscos esperados;
4. benefícios que poderão ser obtidos; e
5. procedimentos alternativos que possam ser vantajosos para o indivíduo.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:

1. acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas;
2. liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência;
3. salvaguarda da confidencialidade, sigilo e privacidade; e
4. disponibilidade de assistência no HU ou HCFMUSP, por eventuais danos à saúde, decorrentes da pesquisa.

V - INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

VI. - OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa.

São Paulo, ____/____/____

assinatura do sujeito da pesquisa
ou responsável legal

assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome legível)

ANEXO II
LOS TIPOS DE ENTRENAMIENTO

TABLA 10 *Ejercicios sucesivos en bloques de 3 semanas (ESB3S)

TEST1	SENTADILLA 50-55-60%RM (3 SESIONES) S1: (3X8/50%RM) S2: (3X6/55%RM) S3: (3X5/60%RM)	SENTADILLA 60-65-70%RM (3 SESIONES) S1: (3X6/60%RM) S2: (3X5/65%RM) S3: (3X4/70%RM)	SENTADILLA 70-75-80%RM (3 SESIONES) S1: (3X5/70%RM) S2: (3X4/75%RM) S3: (3X3/80%RM)	TEST2	SALTO C. CARGA 30%RM (3 SESIONES) S1: (3X6/30%RM) S2: (3X6/30%RM) S3: (3X6/30%RM)	SALTO C. CARGA 45%RM (3 SESIONES) S1: (3X5/45%RM) S2: (3X5/45%RM) S3: (3X5/45%RM)	SALTO C. CARGA 60%RM (3 SESIONES) S1: (3X4/60%RM) S2: (3X4/60%RM) S3: (3X4/60%RM)	TEST3	CMJ (36 SALTOS) (3 SESIONES) S1: (3X4/40CM) S2: (3X4/40CM) S3: (3X4/40CM)	CMJ (54 SALTOS) (3 SESIONES) S1: (3X6/40CM) S2: (3X6/40CM) S3: (3X6/40CM)	CMJ (72 SALTOS) (3 SESIONES) S1: (3X8/40CM) S2: (3X8/40CM) S3: (3X8/40CM)	TEST4
RPT/C	24/50%RM	18/60%RM	15/70%RM		54/30%RM	45/45%RM	36/60%RM		36	54	72	
RPT/C	18/55%RM	15/65%RM	12/75%RM									
RPT/C	15/60%RM	12/70%RM	9/80%RM									

RPT/C – repeticiones por intensidad de carga

(*) todos los ejercicios fueron ejecutados a la máxima velocidad posible

TABLA 11 *Ejercicios de máxima potencia en bloques de 3 semanas (EMPB3S)

TEST1	SENTADILLA 65%RM (3 SESIONES) S1: (3X4/65%RM) S2: (3X4/65%RM) S3: (3X4/65%RM)	SENTADILLA 65%RM (3 SESIONES) S1: (3X5/65%RM) S2: (3X5/65%RM) S3: (3X5/65%RM)	SENTADILLA 65%RM (3 SESIONES) S1: (3X6/65%RM) S2: (3X6/65%RM) S3: (3X6/65%RM)	TEST2	SALTO C. CARGA 45%RM (3 SESIONES) S1: (3X4/45%RM) S2: (3X4/45%RM) S3: (3X4/45%RM)	SALTO C. CARGA 45%RM (3 SESIONES) S1: (3X5/45%RM) S2: (3X5/45%RM) S3: (3X5/45%RM)	SALTO C. CARGA 45%RM (3 SESIONES) S1: (3X6/45%RM) S2: (3X6/45%RM) S3: (3X6/45%RM)	TEST3	CMJ (36 SALTOS) (3 SESIONES) S1: (3X4/40CM) S2: (3X4/40CM) S3: (3X4/40CM)	CMJ (54 SALTOS) (3 SESIONES) S1: (3X6/40CM) S2: (3X6/40CM) S3: (3X6/40CM)	CMJ (72 SALTOS) (3 SESIONES) S1: (3X8/40CM) S2: (3X8/40CM) S3: (3X8/40CM)	TEST4
RPT/C	36/65%RM	45/65%RM	54/65%RM		36/45%RM	45/45%RM	54/45%RM		36	54	72	

RPT/C – repeticiones por intensidad de carga

(*) todos los ejercicios fueron ejecutados a la máxima velocidad posible

TABLA 12 *Ejercicios simultáneos (Esi)

TEST1	TEST 2			TEST 3			TEST 4		
	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA
	50%RM (3 SESIONES) S1: (1X8/50%RM) S2: (1X8/50%RM) S3: (1X8/50%RM)	55%RM (3 SESIONES) S1: (1X6/55%RM) S2: (1X6/55%RM) S3: (1X6/55%RM)	60%RM (3 SESIONES) S1: (1X5/60%RM) S2: (1X5/60%RM) S3: (1X5/60%RM)	60%RM (3 SESIONES) S1: (1X6/60%RM) S2: (1X6/60%RM) S3: (1X6/60%RM)	65%RM (3 SESIONES) S1: (1X5/65%RM) S2: (1X5/65%RM) S3: (1X5/65%RM)	70%RM (3 SESIONES) S1: (1X4/70%RM) S2: (1X4/70%RM) S3: (1X4/70%RM)	70%RM (3 SESIONES) S1: (1X5/70%RM) S2: (1X5/70%RM) S3: (1X5/70%RM)	75%RM (23SESIONES) S1: (1X4/75%RM) S2: (1X4/75%RM) S3: (1X4/75%RM)	80%RM (3 SESIONES) S1: (1X3/80%RM) S2: (1X3/80%RM) S3: (1X3/80%RM)
	SALTO C. CARGA 30%RM S1: (1X6/30%RM) S2: (1X6/30%RM) S3: (1X6/30%RM)	SALTO C. CARGA 30%RM S1: (1X6/30%RM) S2: (1X6/30%RM) S3: (1X6/30%RM)	SALTO C. CARGA 30%RM S1: (1X6/30%RM) S2: (1X6/30%RM) S3: (1X6/30%RM)	SALTO C. CARGA 45%RM S1: (1X5/45%RM) S2: (1X5/45%RM) S3: (1X5/45%RM)	SALTO C. CARGA 45%RM S1: (1X5/45%RM) S2: (1X5/45%RM) S3: (1X5/45%RM)	SALTO C. CARGA 45%RM S1: (1X5/45%RM) S2: (1X5/45%RM) S3: (1X5/45%RM)	SALTO C. CARGA 60%RM S1: (1X4/60%RM) S2: (1X4/60%RM) S3: (1X4/60%RM)	SALTO C. CARGA 60%RM S1: (1X4/60%RM) S2: (1X4/60%RM) S3: (1X4/60%RM)	SALTO C. CARGA 60%RM S1: (1X4/60%RM) S2: (1X4/60%RM) S3: (1X4/60%RM)
	CMJ (12 SALTOS) S1: (1X4/40CM) S2: (1X4/40CM) S3: (1X4/40CM)	CMJ (12 SALTOS) S1: (1X4/40CM) S2: (1X4/40CM) S3: (1X4/40CM)	CMJ (12 SALTOS) S1: (1X6/40CM) S2: (1X6/40CM) S3: (1X6/40CM)	CMJ (12 SALTOS) S1: (1X6/40CM) S2: (1X6/40CM) S3: (1X6/40CM)	CMJ (12 SALTOS) S1: (1X6/40CM) S2: (1X6/40CM) S3: (1X6/40CM)	CMJ (12 SALTOS) S1: (1X6/40CM) S2: (1X6/40CM) S3: (1X6/40CM)	CMJ (16 SALTOS) S1: (1X8/40CM) S2: (1X8/40CM) S3: (1X8/40CM)	CMJ (16 SALTOS) S1: (1X8/40CM) S2: (1X8/40CM) S3: (1X8/40CM)	CMJ (16 SALTOS) S1: (1X8/40CM) S2: (1X8/40CM) S3: (1X8/40CM)
RPT/ C	24/50%RM	18/55%RM	15/60%RM	18/60%RM	15/65%RM	12/70%RM	15/70%RM	12/75%RM	9/80%RM
RPT/ C	18/30%RM	18/30%RM	18/30%RM	15/45%RM	15/45%RM	15/45%RM	12/60%RM	12/60%RM	12/60%RM
RPT/ C	12	12	18	18	18	18	24	24	24

RPT/C – repeticiones por intensidad de carga

(*) todos los ejercicios fueron ejecutados a la máxima velocidad posible

TABLA 13 * Ejercicios sucesivos semanales (ESS)

TEST1	SENTADILLA 50-55-60%RM (3 SESIONES) S1: (3X8/50%RM) S2: (3X6/55%RM) S3: (3X5/60%RM)	SALTO C. CARGA 30%RM (3 SESIONES) S1: (3X6/30%RM) S2: (3X6/30%RM) S3: (3X6/30%RM)	CMJ (36 SALTOS) (3 SESIONES) S1: (3X4/40CM) S2: (3X4/40CM) S3: (3X4/40CM)	TEST2	SENTADILLA 60-65-70%RM (3 SESIONES) S1: (3X6/60%RM) S2: (3X5/65%RM) S3: (3X4/70%RM)	SALTO C. CARGA 45%RM (3 SESIONES) S1: (3X5/45%RM) S2: (3X5/45%RM) S3: (3X5/45%RM)	CMJ (54 SALTOS) (3 SESIONES) S1: (3X6/40CM) S2: (3X6/40CM) S3: (3X6/40CM)	TEST3	SENTADILLA 70-75-80%RM (3 SESIONES) S1: (3X5/70%RM) S2: (3X4/75%RM) S3: (3X3/80%RM)	SALTO C. CARGA 60%RM (3 SESIONES) S1: (3X4/60%RM) S2: (3X4/60%RM) S3: (3X4/60%RM)	CMJ (72 SALTOS) (3 SESIONES) S1: (3X8/40CM) S2: (3X8/40CM) S3: (3X8/40CM)	TEST4
RPT/C	24/50%RM	54/30%RM	36		18/60%RM	45/45%RM	54		15/70%RM	36/60%RM	72	
RPT/C	18/55%RM				15/65%RM				12/75%RM			
RPT/C	15/60%RM				12/70%RM				9/80%RM			

RPT/C – repeticiones por intensidad de carga

() todos los ejercicios fueron ejecutados a la máxima velocidad posible*

ANEXO III
PLANILLA DE CONTROL DE LAS SESIONES
DE ENTRENAMIENTO

SESIONES 1-9
SEMANAS 1, 2 E 3
MODELO ESB3S
NOMBRE:
100% (RM)

TABLA 14 Planilla de control del grupo ESB3S

SESIONES	SESIÓN 1	SESIÓN 2	SESIÓN 3	SESIÓN 4	SESIÓN 5	SESIÓN 6	SESIÓN 7	SESIÓN 8	SESIÓN 9
EJERCICIO	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA
SERIES X RPT	3X8	3X6	3X5	3X6	3X5	3X4	3X5	3X4	3X3
%RM	50%	55%	60%	60%	65%	70%	70%	75%	80%
	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA

SESIONES 1-9
SEMANAS 1, 2 E 3
MODELO EMPB3S
NOMBRE:
100% (RM)

TABLA 15 Planilla de control del grupo EMPB3S

SESIONES	SESIÓN 1	SESIÓN 2	SESIÓN 3	SESIÓN 4	SESIÓN 5	SESIÓN 6	SESIÓN 7	SESIÓN 8	SESIÓN 9
EJERCICIO	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA
SERIES X RPT	3X8	3X6	3X5	3X6	3X5	3X4	3X5	3X4	3X3
%RM	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%
	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA

SESIONES 1-9
SEMANAS 1, 2 E 3
MODELO Esi
NOMBRE
100% (RM)

TABLA 16 Planilla de control del grupo Esi

SESIONES	SESIÓN 1	SESIÓN 2	SESIÓN 3	SESIÓN 4	SESIÓN 5	SESIÓN 6	SESIÓN 7	SESIÓN 8	SESIÓN 9
EJERCICIO	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA
SERIES X RPT	1X8	1X8	1X8	1X6	1X6	1X6	1X5	1X5	1X5
%RM	50%	50%	50%	55%	55%	55%	60%	60%	60%
EJERCICIO	SENT. C/ SALTO	SENT. C/ SALTO	SENT. C/ SALTO	SENT. C/ SALTO	SENT. C/ SALTO	SENT. C/ SALTO	SENT. C/ SALTO	SENT. C/ SALTO	SENT. C/ SALTO
SERIES X RPT	1X6	1X6	1X6	1X6	1X6	1X6	1X6	1X6	1X6
%RM	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
EJERCICIO	SALTO	SALTO	SALTO	SALTO	SALTO	SALTO	SALTO	SALTO	SALTO
SERIES X RPT	1X4	1X4	1X4	1X4	1X4	1X4	1X4	1X4	1X4
	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA

SESIONES 1-9
SEMANAS 1, 2 E 3
MODELO ESS
NOMBRE:
100% (RM)

TABLA 17 Planilla de control del grupo ESS

SESIONES	SESIÓN 1	SESIÓN 2	SESIÓN 3	SESIÓN 4	SESIÓN 5	SESIÓN 6	SESIÓN 7	SESIÓN 8	SESIÓN 9
EJERCICIO	SENTADILLA	SENTADILLA	SENTADILLA	SENT. C/ SALTO	SENT. C/ SALTO	SENT. C/ SALTO	SALTO	SALTO	SALTO
SERIES X RPT	3x8	3X6	3X5	3X6	3X6	3X6	3X4	3X4	3X4
%RM	50%	55%	60%	30%	30%	30%	X	X	X
	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA

ANEXO IV
PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

Anexo IV. Publicaciones Científicas

Loturco I, Ugrinowitsch C, Roschel H, Mellinger AL, Gomes F, Tricoli V, González-Badillo, JJ **(2013)** Distinct Temporal Organizations of the Strength- and Power-Training Loads Produce Similar Performance Improvements. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27 (1): 188-194.

Loturco I, Ugrinowitsch C, Roschel H, Tricoli V, González-Badillo JJ **(2013)** Training at the Optimum Power Zone Produces Similar Performance Improvements to Traditional Strength Training. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12 (1): 109-115.

Loturco I, Tricoli V, Roschel H, Nakamura FY, Cal Abad CC, Kobal R, Gil S, González-Badillo JJ **(2014)** Transference of Traditional Versus Complex Strength and Power Training to Sprint Performance. *Journal of Human Kinetics*, 41 (1): 265-273.

DISTINCT TEMPORAL ORGANIZATIONS OF THE STRENGTH- AND POWER-TRAINING LOADS PRODUCE SIMILAR PERFORMANCE IMPROVEMENTS

IRINEU LOTURCO,^{1,2,3} CARLOS UGRINOWITSCH,² HAMILTON ROSCHEL,² ALAN LOPES MELLINGER,⁴ FILIPE GOMES,⁴ VALMOR TRICOLI,² AND JUAN JOSÉ GONZÁLES-BADILLO¹

¹Faculty of Sport, Pablo de Olavide University, Seville, Spain; ²School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, São Paulo, SP, Brazil; ³Pão de Açúcar Group—Nucleus of High Performance in Sport, São Paulo, SP, Brazil; and ⁴Special Operations Brigade, Brazilian Army, Brazil

ABSTRACT

Loturco, I, Ugrinowitsch, C, Roschel, H, Lopes Mellinger, A, Gomes, F, Tricoli, V, and Gonzáles-Badillo, JJ. Distinct temporal organizations of the strength- and power-training loads produce similar performance improvements. *J Strength Cond Res* 27(1): 188–194, 2013—This study aimed to compare the effects of distinct temporal organizations of strength and power training loads on strength, power, and speed improvements. Sixty soldiers with at least 1 year in the army volunteered for this study. The subjects were divided into 4 groups: control group (CG: $n = 15$; age: 20.18 ± 0.72 years; height: 1.74 ± 0.06 m; and weight: 66.7 ± 9.8 kg); successive-mesocycle group (SMG: $n = 15$; age: 20.11 ± 0.7 years; height: 1.72 ± 0.045 m; and weight: 63.1 ± 3.6 kg); successive-week group (SWG: $n = 15$; age: 20.36 ± 0.64 years; height: 1.71 ± 0.05 m; and weight: 66.1 ± 8.0 kg); and simultaneous daily group (SDG: $n = 15$; age: 20.27 ± 0.75 years; height: 1.71 ± 0.068 m; and weight: 64.0 ± 8.8 kg). In the SMG, heavy resistance training (HRT), jump squat exercise (JS), and countermovement jumps (CMJ) were performed in successive mesocycles of 3 weeks each. In the SWG, HRT, JS, and CMJ were trained in 1-week blocks into 3 mesocycles of 3 weeks each. In the SDG, HRT, JS, and CMJ were trained daily in all the 3 mesocycles of 3 weeks each. Total volume was equalized between groups. The following dependent variables were analyzed: squat 1RM, CMJ height, 20-m sprint speed, mean power, and mean propulsive power in the squat exercise (60% of the squat 1RM) and in the JS (45% of the squat 1RM). Significant improvements for all the dependent variables were detected from pretraining to posttraining in all the training groups ($p \leq 0.05$), without any between-group differences.

Address correspondence to Irineu Loturco Filho, irineu.loturco@terra.com.br.

27(1)/188–194

Journal of Strength and Conditioning Research
© 2013 National Strength and Conditioning Association

Our data suggest that the temporal organization of the training load is not critical for performance improvements in this population.

KEY WORDS periodization, squat, plyometrics, jumps

INTRODUCTION

The ability of the neuromuscular system to produce force and power is critical for optimal performance in several sports. As a consequence, researchers have attempted to identify the most appropriate training methods for strength development. Heavy resistance training (HRT), jump squat (JS), and countermovement jump (CMJ) have been described as effective training methods to achieve such goals (14,16,21). Even though a significant amount of research has been dedicated to identify the effects of these methods on performance, less attention has been devoted to understanding the effects of their temporal sequencing within a training program. For instance, several authors have suggested that resistance training should be combined with power training in the same training unit (i.e., complex training) to maximize performance gains (2,8,10).

Accordingly, several authors have reported acute increments in power production when using complex-training units (4,24), in which strength and power exercises are performed within a training unit (i.e., period of time in which training exercises are performed). Therefore, the theory behind the chronic application of complex training relies on a classic exercise physiology paradigm in which the summation of the acute effects produced by each training unit determines the magnitude of the chronic effect of a training program (5). However, no study has attempted to ascertain if using a complex-training regimen over a few mesocycles produces greater performance improvements when compared with distributed training loads.

For instance, a traditional distributed training schedule usually develops a strength foundation (i.e., muscle force production capacity) in the initial phase of the macrocycle,

whereas the power production capacity is emphasized later into the cycle (11). Under this schedule, HRT loads should be followed by progressive lighter resistances and higher-velocity training loads (i.e., HRT, JS, and CMJ). Nonetheless, knowledge about the most appropriate schedule for distributing training loads with distinct orientations along a macrocycle is also equivocal. For example, reports describing if a successive training-load pattern over longer training periods of time (i.e., a mesocycle) is advantageous over weekly changes (i.e., a microcycle) are still scarce. Changing the training content every microcycle may be advantageous over mesocycle changes because it may decrease the probability of detraining (12). Heavy strength training could decrease power production capacity if the latter motor ability is not trained for long periods of time.

On the other hand, several authors have suggested that the total work is the most important variable for producing training adaptations. Candow and Burke (7) reported similar increases in performance and morphological adaptations when the same total volume of resistance training was distributed over a different number of training sessions per week (i.e., twice a week vs. 3 times a week), in untrained individuals. These findings contradict the concept that the temporal organization of training loads with different orientations (i.e., complex or successive training-load schedule) is relevant for performance improvements (18). Therefore, this study aimed at comparing if distinct temporal organizations of strength and power loads equated for total volume differently affect improvements in strength, power, and speed abilities. Based on unpublished data from our laboratory, we hypothesized that the equalization of the total work performed is more important than the temporal sequence of the training load for performance improvements.

METHODS

Experimental Approach to the Problem

We used 3 training schedules to test if the sequence that HRT, JS, and CMJ is introduced into the training program

affects the improvements in functional performance and muscle power production capacity over a 9-week training period, when the total volume is equalized between schedules. In the first protocol, HRT, JS, and CMJ were performed each in separate and successive mesocycles of 3 weeks. In the second protocol, HRT, JS, and CMJ were trained in 1-week microcycles (i.e., week 1: HRT; week 2: JS; week 3: CMJ), in 3 mesocycles of 3 weeks each. Finally, in the third protocol, HRT, JS, and CMJ were trained daily in 3 mesocycles of 3 weeks each.

Back squat exercise 1RM, CMJ height, 20-m sprint average speed were assessed at 0-, 3, 6-, and 9-week time points to track the changes in the functional status of the individuals at the end of each mesocycle and over the whole training period (21). Mean power (MP) and mean propulsive power (MPP) both in the high velocity back squat (60% of the 1RM load) and in the JS (45% of the squat 1RM load) were measured at 0- and 9-week time points to assess lower limbs power production capacity and the ability to accelerate an external load in both exercises (19). Back squat 1RM load was determined 48 hours before the high-velocity squat, JS, CMJ height, and 20-m sprint tests. Similar improvements in functional status and lower limbs power production capacity between the training schedules would suggest that the total work is more important to performance improvements than the temporal distribution of the loads. Figure 1 depicts the sequence of events over the 9-week period.

Subjects

Sixty male soldiers of the Brazilian special operations brigade with at least 1 year on the army volunteered for this study. The subjects were divided into a control group (CG: *n* = 15, age: 20.18 ± 0.72 years, height: 1.74 ± 0.06 m, and weight: 66.7 ± 9.8 kg); a successive-mesocycle group (SMG: *n* = 15, age: 20.11 ± 0.7 years, height: 1.72 ± 0.045 m, and weight: 63.1 ± 3.6 kg); a successive-week group (SWG: *n* = 15, age: 20.36 ± 0.64 years, height: 1.71 ± 0.05 m, and weight: 66.1 ± 8.0 kg); and a simultaneous daily group (SDG: *n* = 15, age: 20.27 ± 0.75 years, height: 1.71 ± 0.068 m;

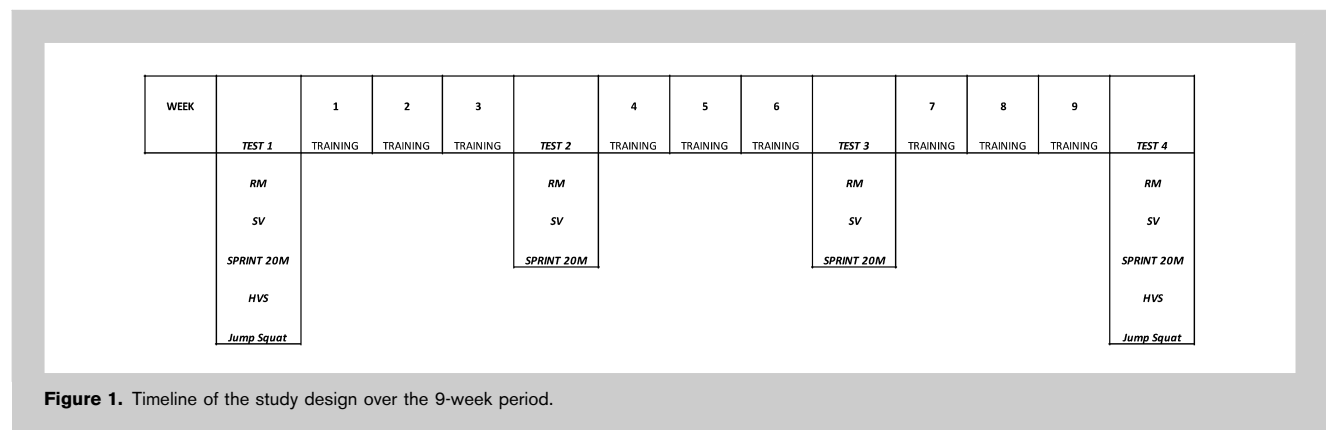
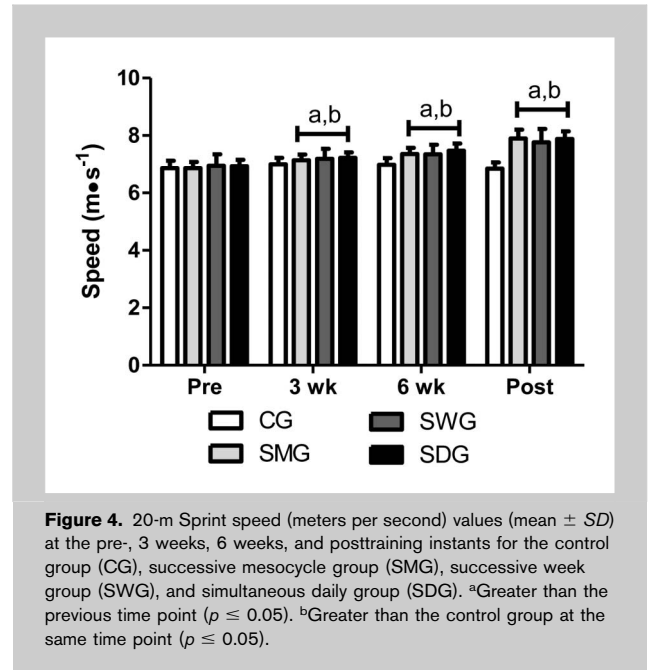
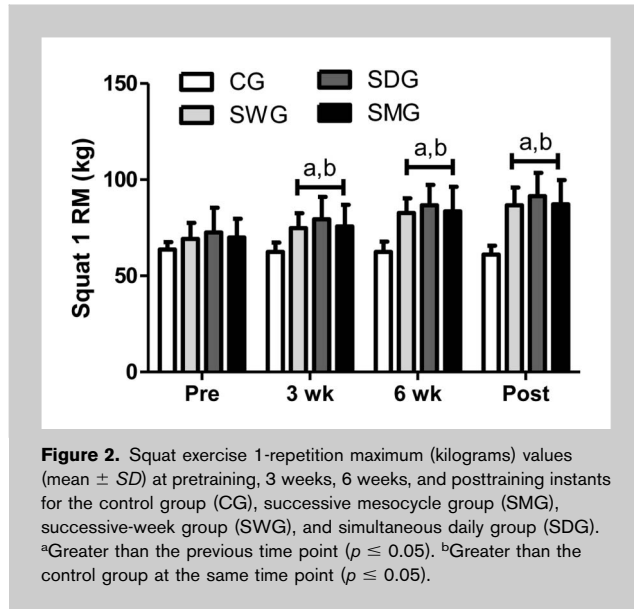


Figure 1. Timeline of the study design over the 9-week period.

TABLE 1. Training regimens for the SMG, SWG, and SDG over the 9-week training period.*

	Wk-1	Wk-2	Wk-3	Wk-4	Wk-5
SMG					
Test 1	Squat 3 Sessions (S1)(3 × 8/50%) (S2)(3 × 6/55%) (S3)(3 × 5/60%)	Squat 3 Sessions (S1)(3 × 6/60%) (S2)(3 × 5/65%) (S3)(3 × 4/70%)	Squat 3 Sessions (S1)(3 × 5/70%) (S2)(3 × 4/75%) (S3)(3 × 3/80%)	Test 2 Jump squat 3 Sessions (S1)(3 × 6/30%) (S2)(3 × 6/30%) (S3)(3 × 6/30%)	Jump squat 3 Sessions (S1)(3 × 5/45%) (S2)(3 × 5/45%) (S3)(3 × 5/45%)
SWG					
Test 1	Squat 3 Sessions (S1)(3 × 8/50%) (S2)(3 × 6/55%) (S3)(3 × 5/60%)	Jump squat 3 Sessions (S1)(3 × 6/30%) (S2)(3 × 6/30%) (S3)(3 × 6/30%)	CMJ 3 Sessions (S1)(3 × 4/40CM) (S2)(3 × 4/40CM) (S3)(3 × 4/40CM)	Test 2 Squat 3 Sessions (S1)(3 × 6/60%) (S2)(3 × 5/65%) (S3)(3 × 4/70%)	Jump squat 3 Sessions (S1)(3 × 5/45%) (S2)(3 × 5/45%) (S3)(3 × 5/45%)
SDG					
Test 1	Squat 3 Sessions (S1)(1 × 8/50%) (S2)(1 × 8/50%) (S3)(1 × 8/50%) Jump squat (S1)(1 × 6/30%) (S2)(1 × 6/30%) (S3)(1 × 6/30%) CMJ (S1)(1 × 4/40CM) (S2)(1 × 4/40CM) (S3)(1 × 4/40CM)	Squat 3 Sessions (S1)(1 × 6/55%) (S2)(1 × 6/55%) (S3)(1 × 6/55%) Jump squat (S1)(1 × 6/30%) (S2)(1 × 6/30%) (S3)(1 × 6/30%) CMJ (S1)(1 × 4/40CM) (S2)(1 × 4/40CM) (S3)(1 × 4/40CM)	Squat 3 Sessions (S1)(1 × 5/60%) (S2)(1 × 5/60%) (S3)(1 × 5/60%) Jump squat (S1)(1 × 6/30%) (S2)(1 × 6/30%) (S3)(1 × 6/30%) CMJ (S1)(1 × 4/40CM) (S2)(1 × 4/40CM) (S3)(1 × 4/40CM)	Test 2 Squat 3 Sessions (S1)(1 × 6/60%) (S2)(1 × 6/60%) (S3)(1 × 6/60%) Jump squat (S1)(1 × 5/45%) (S2)(1 × 5/45%) (S3)(1 × 5/45%) CMJ (S1)(1 × 6/40CM) (S2)(1 × 6/40CM) (S3)(1 × 6/40CM)	Squat 3 Sessions (S1)(1 × 5/65%) (S2)(1 × 5/65%) (S3)(1 × 5/65%) Jump squat (S1)(1 × 5/45%) (S2)(1 × 5/45%) (S3)(1 × 5/45%) CMJ (S1)(1 × 6/40CM) (S2)(1 × 6/40CM) (S3)(1 × 6/40CM)
	Wk-6	Wk-7	Wk-8	Wk-9	
SMG					
Test 1	Jump squat 3 Sessions (S1)(3 × 4/60%) (S2)(3 × 4/60%) (S3)(3 × 4/60%)	Test 3 CMJ 3 Sessions (S1)(3 × 4/40CM) (S2)(3 × 4/40CM) (S3)(3 × 4/40CM)	CMJ 3 Sessions (S1)(3 × 6/40CM) (S2)(3 × 6/40CM) (S3)(3 × 6/40CM)	CMJ 3 Sessions (S1)(3 × 8/40CM) (S2)(3 × 8/40CM) (S3)(3 × 8/40CM)	Test 4
SWG					
Test 1	CMJ 3 Sessions (S1)(3 × 6/40CM) (S2)(3 × 6/40CM) (S3)(3 × 6/40CM)	Test 3 Squat 3 Sessions (S1)(3 × 5/70%) (S2)(3 × 4/75%) (S3)(3 × 3/80%)	Jump squat 3 Sessions (S1)(3 × 4/60%) (S2)(3 × 4/60%) (S3)(3 × 4/60%)	CMJ 3 Sessions (S1)(3 × 8/40CM) (S2)(3 × 8/40CM) (S3)(3 × 8/40CM)	Test 4
SDG					
Test 1	Squat 3 Sessions (S1)(1 × 4/70%) (S2)(1 × 4/70%) (S3)(1 × 4/70%) Jump squat (S1)(1 × 5/45%) (S2)(1 × 5/45%) (S3)(1 × 5/45%) CMJ (S1)(1 × 6/40CM) (S2)(1 × 6/40CM) (S3)(1 × 6/40CM)	Test 3 Squat 3 Sessions (S1)(1 × 5/70%) (S2)(1 × 5/70%) (S3)(1 × 5/70%) Jump squat (S1)(1 × 4/60%) (S2)(1 × 4/60%) (S3)(1 × 4/60%) CMJ (S1)(1 × 8/40CM) (S2)(1 × 8/40CM) (S3)(1 × 8/40CM)	Squat 3 Sessions (S1)(1 × 4/75%) (S2)(1 × 4/75%) (S3)(1 × 4/75%) Jump squat (S1)(1 × 4/60%) (S2)(1 × 4/60%) (S3)(1 × 4/60%) CMJ (S1)(1 × 8/40CM) (S2)(1 × 8/40CM) (S3)(1 × 8/40CM)	Squat 3 Sessions (S1)(1 × 3/80%) (S2)(1 × 3/80%) (S3)(1 × 3/80%) Jump squat (S1)(1 × 4/60%) (S2)(1 × 4/60%) (S3)(1 × 4/60%) CMJ (S1)(1 × 8/40CM) (S2)(1 × 8/40CM) (S3)(1 × 8/40CM)	Test 4

*SMG = successive-mesocycle group; SWG = successive-week group; SDG = simultaneous daily group; CMJ = countermovement jump; S1 = session 1; S2 = session 2; S3 = session 3.



and weight: 64.0 ± 8.8 kg). The subjects followed a 5-day on and 2-day off routine in the army living quarter. Besides the experimental training protocol, the subjects performed regular army training (i.e., aerobic exercise– $2 \cdot \text{week}^{-1}$, calisthenics– $3 \cdot \text{week}^{-1}$, and strength–endurance circuit training– $2 \cdot \text{week}^{-1}$) and took the special operations–military coursework. We assumed no differences between groups for nutritional status and macronutrient ingestion, and training time schedule because the subjects were from the same company,

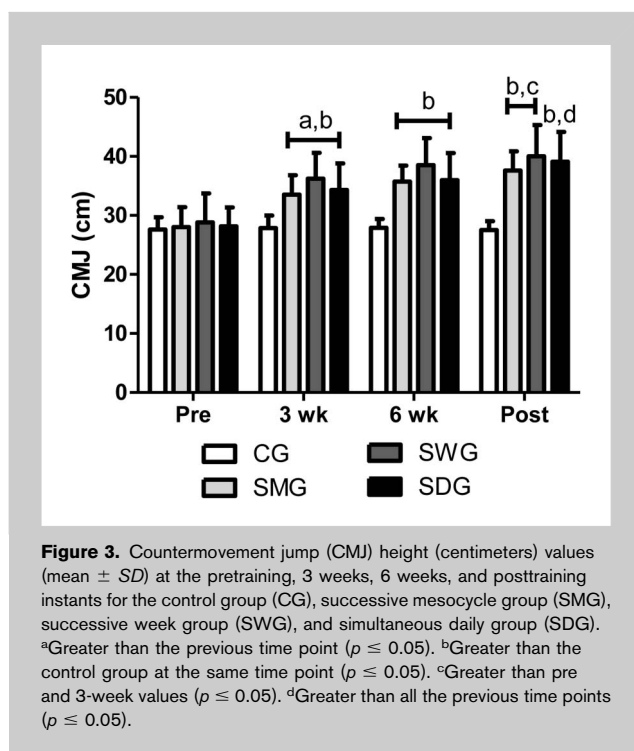
and performed all the daily tasks together. The subjects were informed of the experimental risks, and they signed an informed consent form before the investigation. The investigation was approved by an Institutional Review Board for use of human subjects.

Back Squat 1-Repetition Maximum Test

The 1RM test was performed as follows: the participants ran for 5 minutes on a treadmill (Movement Technology, Brudden, São Paulo, Brazil) at $9 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, followed by 5 minutes of lower limb stretching exercises. Then, they performed 2 parallel back squat warm-up sets. In the first set, the participants performed 5 repetitions with 50% of the estimated 1RM, and in the second set, they performed 3 repetitions with 70% of the estimated 1RM. A 3-minute resting interval was allowed between sets. Three minutes after the warm-up, the participants had up to 5 attempts to obtain the 1RM load (e.g., maximum weight that could be lifted once using proper technique), with a 3-minute interval between attempts (6). Strong verbal encouragement was given throughout the test.

Mean Power and Mean Propulsive Power in the Back Squat Exercise

The subjects were instructed to perform 2 sets of 3 repetitions of the parallel back squat exercise with maximal speed at 60% of the 1RM load in a Smith machine. A linear transducer (T-force, Dynamic Measurement System, Ergotech Consulting S.L., Murcia, Spain) was attached to the Smith machine bar. Bar position data were sampled at a frequency of 1,000 Hz and recorded into a computer. Finite differentiation technique was used to estimate the bar velocity and acceleration. The MP and the MPP on each



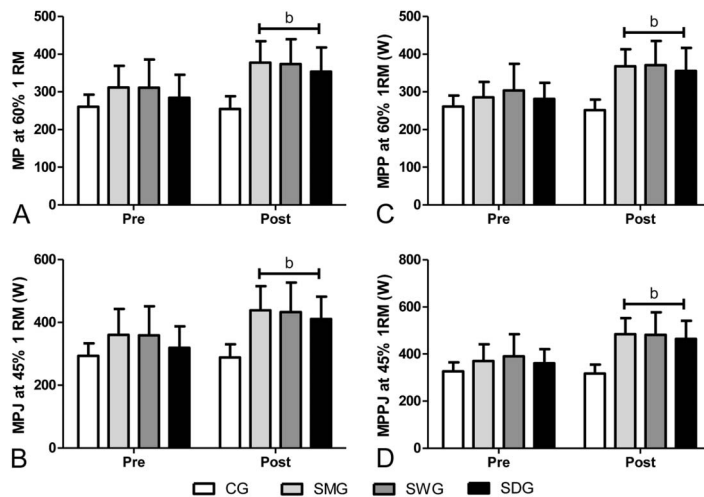


Figure 5. Mean power (MP) at 60% of the squat exercise 1-repetition maximum (1RM; MP at 60% 1RM, A); mean propulsive power (MPP) at 60% of the squat exercise 1RM (MPP at 60% 1RM, C); mean power in the jump squat at 45% of the squat exercise 1RM (MPJ at 45% 1RM, B); and mean propulsive power in the jump squat at 45% of the squat exercise 1RM (MPPJ at 45% 1RM, D) of the squat exercise 1RM (mean \pm SD) at the pretraining and posttraining instants for the control group (CG), successive mesocycle group (SMG), successive week group (SWG), and simultaneous daily group (SDG). ^bGreater than the control group at the same time point ($p \leq 0.05$).

repetition of the back squat exercise were obtained multiplying the average force by the average speed, over the entire concentric phase (MP) and positive acceleration region of the concentric phase (MPP), respectively (19).

Mean Power and Mean Propulsive Power in the Jump Squat

This test was performed following the same basic procedures (i.e., number of sets and repetitions) described for the previous test. The subjects were instructed to start from a static squat position (i.e., $\sim 90^\circ$ of knee flexion) and jump as high as possible without losing contact with the bar, using a load corresponding to 45% of the squat 1RM. Mean power and MPP in the jump squat (MPJ and MPPJ, respectively) were calculated as previously described.

Countermovement Jump Height

The subjects were instructed to maintain their hands on their waist and freely determine the amplitude of the counter-movement to avoid changes in jumping coordination (22). They performed 5 jumps with a 15-second interval between attempts. The jumps were executed in a contact platform (Winlaborat, Buenos Aires, Argentine). The best and the worst jumps were discarded, and the average of the remaining jumps was used for data analysis purpose.

20-m Sprint Test

Two pairs of photocells were used to mark a 20-m distance. The subjects accelerated as much as possible for 5 m before crossing the first pair of photocells. They had 2 attempts, and the best one was considered for further analysis.

Training Protocols

The training protocols were composed of regular parallel back squat exercises, JS starting from approximately 90° of knee flexion (i.e., concentric phase only), and CMJ with hands on the waist and autoadjusted counter-movement amplitude. The total volume was equated across the training groups. Table 1 depicts the training protocol for each group over the 9-week period.

Statistical Analyses

Data normality was assessed through visual inspection and the Shapiro-Wilk test. All the variables presented a normal distribution. Mixed models having group (i.e., CG, SMG, SWG, and SDG) and time (i.e., pre and post) as fixed factors and subjects as a random factor were used to test for differences in

training schedules induced changes in back squat 1RM, CMJ height, and 20-m sprint speed analyses. An initial analysis using a 1-way analysis of variance revealed between-group differences in the initial values for both the MP and MPP in the 60% 1RM high-velocity squat and 45% 1RM JS. Thus, a number of mixed models having groups as a fixed factor, subjects as a random factor, and pretest values of MP and MPP obtained in both in the 60% 1RM high-velocity squat, and 45% 1RM JS were used as covariates for these variables analyses and to test for differences between training schedules in the posttest. The assessment of all these dependent variables is routine in our laboratory, and the interday coefficients of variability between measurements are $< 5\%$. In the case of significant *F*-values, a Tukey adjustment was used for multiple comparison purposes. Significance level was set at $p \leq 0.05$.

RESULTS

The SMG, SWG, and SDG significantly increased the back squat 1RM from the previous to next time points ($p \leq 0.05$) (Figure 2). Importantly, the increments in the squat 1RM were similar between training groups after the 9-week training period (i.e., SMG: 24.6%; SWG: 25.3%; SDG: 26.1%).

The increment in CMJ was more erratic because jumping height did not increase consistently over the training period for any of the experimental groups (Figure 3). However, the increment in jumping height after the 9-week training period was significant and of a similar magnitude between the training groups (i.e., SMG–34.3%, SWG–38.9%, and SDG–39.1%; interaction effect, $p \leq 0.05$).

The 20-m sprint test results presented a similar behavior than those of the back squat 1RM test (Figure 4). All the 3 training groups increased sprint speed on each test when compared to the previous time point (interaction effect, $p \leq 0.05$). The pretest to posttest percent difference in the 20-m sprint test was 15.2, 11.7, and 13.7% for the SMG, SWG, and SDG, respectively.

Mean power and MPP in both the high-velocity back squat and the JS increased from pretest to posttest for all the training groups (analysis of covariance main effect, $p \leq 0.05$) as they were different from the CG (Figures 5A–D).

DISCUSSION

We hypothesized that distinct temporal organizations of the strength and power training loads would produce similar performance improvements. The findings reported herein support our hypothesis that the equalization of total work is more important than the temporal distribution of the training loads as the monthly, weekly, and daily distribution of the strength and power training loads produced similar performance improvements.

The training modes used in this study (i.e., HRT, JS, and CMJ) targeted at developing the strength abilities at both ends of the force-velocity curve. For instance, the HRT would increase muscle-force production capacity, whereas the JS and CMJ would enhance the rate of force development and muscle-power production capacity. Even though we did not perform a standard force-velocity curve test (3), our findings support this concept. The training groups significantly improved maximum strength (i.e., back squat 1RM). These increments indicate that the high-force, low-velocity end of the curve was shifted to the right. Additionally, the improvements in sprinting speed (i.e., 20-m sprint test) and power production (i.e., CMJ height and MPP in the squat and in the JS exercises) strongly suggest changes in the high-velocity, low-force end of the curve.

It has been advocated that gains in maximum strength are necessary to build the foundation for subsequent power development. This proposition is based on 2 factors: (a) morphological adaptations take longer to occur than neural and physiological ones (13); (b) there is a lag time between the strength development and the detection of changes in performance (1). The findings of this study challenge these ideas as all of the training-load distribution regimens improved performance at the same rate (i.e., there were no differences between the training groups throughout the experimental protocol). Additionally, training adaptations do not seem to be as specific as previously reported. For instance, the SMG improved performance at both ends of the force-velocity curve (squat 1RM and 20-m sprint) even when no specific training for power development was performed (i.e., first mesocycle).

Furthermore, the lack of differences between groups in the posttraining tests suggest that the total work performed over a training period may be more important than the temporal distribution of the loads itself. Accordingly, Milahik et al. (17)

reported similar improvements in volleyball players' performance after equated (i.e., same total work load) complex (e.g., strength and power exercises within a training unit) or compound (e.g., strength and power exercises in different training sessions) training regimens. However, it should be emphasized that other studies do not support this suggestion. Regarding strength improvements, Monteiro et al. (18) reported greater gains when using a nonlinear periodization (43.3%), when compared with both a linear and nonperiodized models (13.8 and 8%, respectively). In addition, Maio Alves et al. (15) found that doubling the total volume of a complex training regimen did not produce additional improvements in the 20-m sprint time and CMJ height. The reasons for such differences among studies are not clear. One possible explanation is that researchers standardize the external load among individuals. Thus, it is possible that using external load parameters for training prescription may compromise neuromuscular adaptations and performance increments, because some individuals may train with a nonoptimal training load in research settings. In fact, coaches and trainers usually prescribe individualized loads based on the expected internal load in an actual training setting. It has been shown that experienced coaches can predict the internal load reported by the athletes in the training sessions (23).

The findings of this study also suggest that detraining did not occur throughout the 9-week training period. These results are supported by the constant and similar increments in functional performance variables for all training groups, even when a specific training regimen (i.e., HRT) was not performed in a weekly basis such as for the SMG and SWG schedules. On the other hand, some authors have reported reductions in maximum strength after either training reduction or cessation in trained kayakers (9,20). Similarly, Terzis et al. (20) reported a nonsignificant reduction in 1RM values after 4 weeks of training in healthy young individuals. Thus, our findings suggest that the JS and CMJ training stimuli were efficient in increasing strength levels and detraining should not be considered as an issue when the HRT was discontinued. Accordingly, McBride et al. (16) used light (30% of the squat 1RM) and heavy (80% of the squat 1 RM) loads in an 8-week JS training program for trained individuals. These authors reported increments in maximum strength of 8.2 and 10.2% for the light- and heavy-load groups, respectively. Thus, it is conceivable that HRT is not required to either maintain or increase maximum strength at least for moderately trained individuals.

Nonetheless, caution should be exercised when considering the practical application of our findings. Even though the subjects of this study were members of the Brazilian army special operations brigade, their strength level may be considered low compared to competitive athletes. It is possible that strength-trained athletes are more sensitive to the distribution of the training loads across the training period. Furthermore, the absence of detraining in the SMG and SWG should be carefully considered, because the training period

was relatively short (i.e., 9 weeks). It is reasonable to speculate that detraining may occur under the SMG schedule and longer training periods. Thus, future studies should be performed trying to identify the effects of the training load distribution on performance parameters of high-level athletes.

In summary, our data suggest that moderately trained individuals have similar performance adaptations irrespectively of the training load distribution applied.

PRACTICAL APPLICATIONS

The findings of this study suggest that the temporal organization (i.e., periodization model) of the training load is not critical, at least for moderately trained individuals, as long as the same total work is performed over the training period. In addition, athletes and physically active individuals do not need to have a maximum strength training phase to achieve peak performance later on in the macrocycle. In fact, strength and power may be trained simultaneously throughout the training period, without hampering performance improvements. Finally, coaches and strength coaches should not be concerned about removing a specific training stimulus (e.g., HRT) for relatively short periods (i.e., ~3 weeks) when other training modes require the expression of strength capabilities such as power production (e.g., JS).

ACKNOWLEDGMENTS

H.R. is supported by Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP 2010/51428-2). C.U. (470207/2008-6, 303162/2008-2) and V.T. (304814/2010-5) are supported by CNPq.

REFERENCES

1. Abernethy, P, Wilson, G, and Logan, P. Strength and power assessment. Issues, controversies and challenges. *Sports Med* 19: 401–417, 1995.
2. Adams, GR, Duvoisin, MR, and Dudley, GA. Magnetic resonance imaging and electromyography as indexes of muscle function [see comments]. *J Appl Physiol* 73: 1578–1583, 1992.
3. Andersen, LL, Andersen, JL, Magnusson, SP, Suetta, C, Madsen, JL, Christensen, LR, and Aagaard, P. Changes in the human muscle force-velocity relationship in response to resistance training and subsequent detraining. *J Appl Physiol* 99: 87–94, 2005.
4. Baker, D. Acute effect of alternating heavy and light resistances on power output during upper-body complex power training. *J Strength Cond Res* 17: 493–497, 2003.
5. Bird, SP, Tarpenning, KM, and Marino, FE. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: A review of the acute programme variables. *Sports Med* 35: 841–851, 2005.
6. Brown, LE and Weir, JP. ASEP procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. *J Exerc Physiolonline* 4: 1–21, 2001.
7. Candow, DG and Burke, DG. Effect of short-term equal-volume resistance training with different workout frequency on muscle mass and strength in untrained men and women. *J Strength Cond Res* 21: 204–207, 2007.
8. Fatouros, J, Jamurtas, A, Leontsini, D, Taxildaris, K, Aggelousis, N, Kostopoulos, N, and Buckenmeyer, P. Evaluation of plyometric

exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J Strength Cond Res* 14: 470–476, 2000.

9. Garcia-Pallares, J, Sanchez-Medina, L, Carrasco, L, Diaz, A, and Izquierdo, M. Endurance and neuromuscular changes in world-class level kayakers during a periodized training cycle. *Eur J Appl Physiol* 106: 629–638, 2009.
10. Harris, GR, Stone, MH, O'Bryant, HS, Proulx, CM, and Johnson, RL. Short-term performance effects of high power, high force, or combined weight-training methods. *J Strength Cond Res* 14: 14–20, 2000.
11. Hasegawa, H, Dziados, J, Newton, RU, Fry, AC, Kraemer, WJ, and Hakkinen, K. Periodized training programmes for athletes. In: *Handbook of Sports Medicine and Science: Strength training for sports*. Kraemer, WJ and Hakkinen, K, eds. Oxford: Blackwell Science, 2002. pp. 69–134.
12. Hortobagyi, T, Houmard, JA, Stevenson, JR, Fraser, DD, Johns, RA, and Israel, RG. The effects of detraining on power athletes. *Med Sci Sports Exerc* 25: 929–935, 1993.
13. Issurin, VB. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Med* 40: 189–206, 2010.
14. Kraemer, WJ, Hakkinen, K, Triplett-McBride, NT, Fry, AC, Koziris, LP, Ratamess, NA, Bauer, JE, Volek, JS, McConnell, T, Newton, RU, Gordon, SE, Cummings, D, Hauth, J, Pullo, F, Lynch, JM, Fleck, SJ, Mazzetti, SA, and Knuttgen, HG. Physiological changes with periodized resistance training in women tennis players. *Med Sci Sports Exerc* 35: 157–168, 2003.
15. Maio Alves, JM, Rebelo, AN, Abrantes, C, and Sampaio, J. Short-term effects of complex and contrast training in soccer players' vertical jump, sprint, and agility abilities. *J Strength Cond Res* 24: 936–941, 2010.
16. McBride, JM, Triplett-McBride, T, Davie, A, and Newton, RU. The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *J Strength Cond Res* 16: 75–82, 2002.
17. Mihalik, JP, Libby, JJ, Battaglini, CL, and McMurray, RG. Comparing short-term complex and compound training programs on vertical jump height and power output. *J Strength Cond Res* 22: 47–53, 2008.
18. Monteiro, AG, Aoki, MS, Evangelista, AL, Alveno, DA, Monteiro, GA, Picarro Ida, C, and Ugrinowitsch, C. Nonlinear periodization maximizes strength gains in split resistance training routines. *J Strength Cond Res* 23: 1321–1326, 2009.
19. Sanchez-Medina, L, Perez, CE, and Gonzalez-Badillo, JJ. Importance of the propulsive phase in strength assessment. *Int J Sports Med* 31: 123–129, 2010.
20. Terzis, G, Georgiadis, G, Stratakos, G, Vogiatzis, I, Kavouras, S, Manta, P, Mascher, H, and Blomstrand, E. Resistance exercise-induced increase in muscle mass correlates with p70S6 kinase phosphorylation in human subjects. *Eur J Appl Physiol* 102: 145–152, 2008.
21. Tricoli, V, Lamas, L, Carnevale, R, and Ugrinowitsch, C. Short-term effects on lower-body functional power development: Weightlifting vs. vertical jump training programs. *J Strength Cond Res* 19: 433–437, 2005.
22. Ugrinowitsch, C, Tricoli, V, Rodacki, AL, Batista, M, and Ricard, MD. Influence of training background on jumping height. *J Strength Cond Res* 21: 848–852, 2007.
23. Wallace, LK, Slattery, KM, and Coutts, AJ. The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *J Strength Cond Res* 23: 33–38, 2009.
24. Weber, KR, Brown, LE, Coburn, JW, and Zinder, SM. Acute effects of heavy-load squats on consecutive squat jump performance. *J Strength Cond Res* 22: 726–730, 2008.

Research article

Training at the Optimum Power Zone Produces Similar Performance Improvements to Traditional Strength Training

Irineu Loturco^{1,2,3}✉, Carlos Ugrinowitsch², Hamilton Roschel², Valmor Tricoli² and Juan José González-Badillo¹

¹ Pablo de Olavide University, Faculty of Sport, Seville, Spain; ² School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, São Paulo, SP, Brazil; ³ Pão de Açúcar Group - Nucleus of High Performance in Sport, São Paulo, SP, Brazil

Abstract

The purpose of this study was to test if substituting a regular maximum strength-oriented training regimen by a power-oriented one at the optimal power load in the first phase of a traditional periodization produces similar performance improvements later on into the training period. Forty five soldiers of the Brazilian brigade of special operations with at least one year of army training experience were divided into a control group (CG – n = 15, 20.18 ± 0.72 yrs, 1.74 ± 0.06 m, 66.7 ± 9.8 kg, and 1RM/weight ratio = 1.14 ± 0.12), a traditional periodization group (TG – n = 15, 20.11 ± 0.7 yrs, 1.72 ± 0.045 m, 63.1 ± 3.6 kg, and 1RM/weight ratio = 1.21 ± 0.16); and a maximum-power group (MPG – n = 15, 20.5 ± 0.6 yrs, 1.73 ± 0.049m, 67.3 ± 9.8 kg, 1RM/weight ratio = 1.20 ± 0.14). Maximum strength (26.2% and 24.6%), CMJ height (30.8% and 39.1%) and sprint speed (11.6% and 14.5%) increased significantly ($p < 0.05$) and similarly for the MPG and TG, respectively, from pre- to post-assessments. Our data suggests that a power training regimen may be used in the initial phase of the training cycle without impairing performance later on into the training period.

Key words: Maximum-power zone, maximum strength, mean propulsive power, mean power.

Introduction

Training periodization has been considered as an important strategy to improve the performance of athletes in several sports (Issurin, 2008; 2010). The traditional periodization theory advocates that training loads with distinct orientations should be distributed along a macrocycle in order to allow athletes to achieve peak performance in the most important competition of the period (Fleck, 1999; Kraemer et al., 2003). Accordingly, the initial training phase should build a strength foundation for subsequent power development in periods closer to the competition, in power- and speed-based sports. Furthermore, the traditional periodization theory also suggests that training load should vary on a weekly basis to maximize bodily adaptations and performance improvements.

Even though the concept of developing a strength foundation before power is widely accepted among coaches and sport scientists, empirical evidence supporting such a training scheme is equivocal. In fact, there are reports of similar improvements in maximum strength and power production when comparing strength

and power training regimens (Harris et al., 2000; Jones et al., 2001; Lamas et al., 2010; McBride et al., 2002). Thus, if a power training regimen produces equivalent improvements in maximum strength than those of a regular strength training regimen, it is plausible to suggest that the former could be used in the initial phase of the periodization without impairing performance improvements later into the macrocycle. Moreover, power training requires a lower total training volume when compared to a regular strength training regimen, which could be beneficial to athletes as it may reduce the risk of injuries.

Additionally, power training has a relative intensity (i.e. percentage of an exercise 1 RM), usually defined as the optimal power load (Cormie et al., 2011), in which both components of the power equation are optimized (i.e. force and velocity). This intensity produces the highest mechanical power, being considered the maximum point of a parabolic function.

Two corollary hypotheses may be obtained from the previous statement. First, the optimal power load should be the most effective training load to increase mechanical power and performance in power-dependent activities (Cormie et al., 2011; McBride et al., 2002). Second, this load would produce faster increments in performance when compared to the traditional training model as its effects may be readily transferred to performance. However, there is paucity of data supporting such a suggestion in short-term periodization models.

Therefore, the purpose of this study was to test if training at the optimal power load produces similar performance improvements than a traditional training model in a short-term periodization. We hypothesized that training at the optimal power load would produce similar improvements in maximum strength and faster initial gains in functional tests.

Methods

Experimental design

We used two experimental groups and one control group (CG) to test if training at a fixed relative intensity (i.e. optimal power load) in the first two mesocycles (i.e. 3-wk duration) of a 9-wk macrocycle would hamper performance improvements. In the first mesocycle, subjects from the maximum power group (MPG) performed high-velocity back squats at the optimal power load (i.e. 65% of 1RM load). In the second mesocycle

individuals performed jump-squats also at the optimal load for this specific exercise (i.e. 45% of the 1RM load). The traditional periodization group (TG) performed a regular back squat strength-training program in which the intensity increased and the volume decreased over the first 3-wk period. In the second 3-wk period, they performed jump-squats with increasing intensity and decreasing volume. In the third 3-wk mesocycle, individuals from both groups performed counter movement jumps. The following tests were performed at the beginning and at the end of each three-week training period (i.e. 0-wk, 3-wk, 6-wk, and 9-wk): back squat 1RM test, 20-m sprint test, and countermovement jumping height. Mean power (MP) and mean propulsive power (MPP) in the high-velocity back squat exercise, and in the jump squat were also evaluated pre- and post-training (i.e. 0-wk and 9-wk).

Subjects

Forty-five soldiers of the Brazilian brigade of special operations with at least one year of army training experience (i.e. aerobic exercise, calisthenics, and strength-endurance circuit training) volunteered for this study. The subjects were balanced and randomly assigned to the following groups: control group (CG – n = 15, 20.18 ± 0.72 yrs, 1.74 ± 0.06 m, and 66.7 ± 9.8 kg); TG (n = 15, 20.11 ± 0.7 yrs, 1.72 ± 0.05 m, and 63.1 ± 3.6 kg); and MPG (n = 15, 20.5 ± 0.6 yrs, 1.73 ± 0.05 m, and 67.3 ± 9.8 kg). We assumed no differences between groups for nutritional status, macronutrients ingestion, and training time schedule as subjects were from the same company following a 5-day on and 2-day off in the army unit and performed all of the daily tasks together. Subjects were informed of the experimental risks and signed an informed consent form prior to the investigation. The investigation was approved by an Institutional Review Board for use of human subjects.

Back squat 1RM test

Initially, participants ran for five minutes on a treadmill at 9 km·h⁻¹, followed by five minutes of lower limb stretching exercises. Then, they performed two back squat exercise warm-up sets. In the first one, participants performed eight repetitions with 50% of the estimated 1RM load and in the second set performed three repetitions with 70% of the estimated 1RM load. A 3-min resting interval was given between sets (Brown and Weir, 2001). Three minutes after the warm up, the actual test started with a load of approximately 90% of the subject's body mass. Participants had up to five attempts to achieve the squat 1RM value. A 3-min interval was also allowed between attempts. Each repetition was performed from full extension up to the point in which the thighs were parallel to the floor. Strong verbal support was provided during the attempts (within-subject coefficient of variability CV<5%).

Mean power (MP) and mean propulsive power (MPP) in the high-velocity back squat exercise

Subjects were instructed to perform two sets of three repetitions of the back squat exercise with maximal speed

at 65% of the 1RM load in a Smith machine. A linear transducer (T-force, Dynamic Measurement System, Ergotech Consulting S.L., Murcia, Spain) was attached to the Smith machine bar. Bar position data was sampled at a frequency of 1000 Hz and recorded into a computer and used to determine lower. Finite differentiation technique was used to estimate the bar velocity and acceleration. Mean power and MPP on each repetition of the back squat exercise were obtained by the product of the average force and average speed, over the entire concentric phase (MP) and the positive acceleration region of the concentric phase (MPP) (Sanchez-Medina et al., 2010) (within-subject CV<10%).

MP and MPP in the jump squat

This test was performed following the same basic procedures (i.e. number of sets and repetitions) described for the previous tests. In addition, subjects were instructed to start from a static squat position (i.e. ~90 ° of knee flexion) and jump as high as possible without losing contact with the bar, using a load corresponding to 45% of the squat 1RM. Mean power (MP) and MPP were calculated as previously described (Sanchez-Medina et al., 2010) (within-subject CV<10%).

We opted for using MP and MPP rather than peak power in both the high-velocity back squat and the jump squat as Sanchez-Medina et al. (2010) have demonstrated that referring the mean mechanical values during the propulsive phase better reflects the differences in the neuromuscular potential between two given individuals. This approach avoids underestimation of true strength potential as the higher the mean velocity is (and lower the relative load), the greater is the relative contribution of the braking phase to the entire concentric time.

Counter movement jumping height

Subjects were instructed to maintain their hands on their waist and freely determine the amplitude of the countermovement in order to avoid changes in jumping coordination. They performed five jumps with a 15-sec interval between attempts (within-subject CV<10%). The jumps were performed on a contact platform (Winlaborat, Buenos Aires, Argentine), which measures flight time. The obtained flight time (t) was used to estimate the height of the rise of the body's center of gravity (h) during the vertical jump (i.e., $h = gt^2 / 8$, where $g = 9.81 \text{ m/s}^2$). A specific jump was considered for further analysis only the take-off and landing positions were visually similar. The best and the worst jumps were discarded and the average jumping height of the remaining jumps was used for data analysis purpose.

20-m sprint test

Two pairs of photocells were used to mark a 20m distance. Participants accelerated as much as possible for 5m before crossing the first pair of photocells and were instructed to maintain acceleration for the following 10m after crossing the second pair of photocells (within-subject CV<10%). They had two attempts and the best one was considered for statistical analysis.

Table 1. Training protocols for the traditional periodization group (TG) and the maximum power group (MPG) over the 9-week training period.

Traditional Group								
wk-1	wk-2	wk-3	wk-4	wk-5	wk-6	wk-7	wk-8	wk-9
<i>Squat</i>	<i>Squat</i>	<i>Squat</i>	<i>JS</i>	<i>JS</i>	<i>JS</i>	<i>CMJ</i>	<i>CMJ</i>	<i>CMJ</i>
(3 Sessions)	(3 Sessions)	(3 Sessions)	(3 Sessions)	(3 Sessions)	(3 Sessions)	(3 Sessions)	(3 Sessions)	(3 Sessions)
Set 1	Set 1	Set 1	Set 1	Set 1	Set 1	Set 1	Session 1	Session 1
(3x8/50%RM)	(3x6/60%RM)	(3x5/70%RM)	(3x6/30%RM)	(3x5/45%RM)	(3x4/60%RM)	(3x4/40CM)	(3x6/40CM)	(3x8/40CM)
Set 2	Set 2	Set 2	Set 2	Set 2	Set 2	Set 2	Session 2	Session 2
(3x6/55%RM)	(3x5/65%RM)	(3x4/75%RM)	(3x6/30%RM)	(3x5/45%RM)	(3x4/60%RM)	(3x4/40CM)	(3x6/40CM)	(3x8/40CM)
Set 3	Set 3	Set 3	Set 3	Set 3	Set 3	Set 3	Set 3	Session 3
(3x5/60%RM)	(3x4/70%RM)	(3x3/80%RM)	(3x6/30%RM)	(3x5/45%RM)	(3x4/60%RM)	(3x4/40CM)	(3x6/40CM)	(3x8/40CM)
Maximum Power Group								
wk-1	wk-2	wk-3	wk-4	wk-5	wk-6	wk-7	wk-8	wk-9
<i>Squat</i>	<i>Squat</i>	<i>Squat</i>	<i>JS</i>	<i>JS</i>	<i>JS</i>	<i>CMJ</i>	<i>CMJ</i>	<i>CMJ</i>
(3 Sessions)	(3 Sessions)	(3 Sessions)	(3 Sessions)	(3 Sessions)	(3 Sessions)	(3 Sessions)	(3 Sessions)	(3 Sessions)
Set 1	Set 1	Set 1	Set 1	Set 1	Set 1	Set 1	Set 1	Set 1
(3X4/65%RM)	(3X5/65%RM)	(3X6/65%RM)	(3X4/45%RM)	(3X5/45%RM)	(3X6/45%RM)	(3X4/40cCM)	(3X6/40CM)	(3X8/40CM)
Set 2	Set 2	Set 2	Set 2	Set 2	Set 2	Set 2	Set 2	Set 2
(3X4/65%RM)	(3X5/65%RM)	(3X6/65%RM)	(3X4/45%RM)	(3X5/45%RM)	(3X6/45%RM)	(3X4/40CM)	(3X6/40CM)	(3X8/40CM)
Set 3	Set 3	Set 3	Set 3	Set 3	Set 3	Set 3	Set 3	Set 3
(3X4/65%RM)	(3X5/65%RM)	(3X6/65%RM)	(3X4/45%RM)	(3X5/45%RM)	(3X6/45%RM)	(3X4/40CM)	(3X6/40CM)	(3X8/40CM)

Squat, JS and CMJ represent the training exercise

Training protocols

The training protocols were composed of regular parallel back squat exercises, JS (starting from ~90° knee flexion), and CMJ (hands on the waist and auto-adjusted countermovement amplitude). A 3-minute resting interval was allowed between exercise sets. Table 1 displays the training protocol for each group.

Statistical analysis

It was assured the normal distribution of the data (Shapiro-Wilk test) and the absence of extreme observations (visual analysis) in each group. As the experimental groups were balanced and randomized based on squat 1 RM values, a number of one-way ANOVA were used to test for differences in the initial values between groups for all dependent variables. There were no differences in the initial values for the back squat 1 RM, CMJ height, and average speed in the 20-m sprint test. However, mean power and mean propulsive power in the back squat and jump squat exercises presented significant differences between groups.

Mixed models having group (CG, MPG, and TG) and time (0 wk, 3 wk, 6 wk, and 9 wk) as fixed factors, and participants as random factor were used for the variables that did not present significant differences between groups (back squat 1 RM, CMJ height, and average speed in the 20m sprint test) (Ugrinowitsch et al., 2004).

For the variables that presented significant differences in the initial values, a number of mixed models having groups as fixed factor, pre-test mean power and mean propulsive power in the 65% 1 RM high velocity back squat and 45% 1 RM jump squat as covariates, and participants as a random factor were used for covariance analysis. In case of significant F-values a Tukey adjustment was used for multiple comparison purposes. Significance level was set at $p \leq 0.05$. Data are presented as mean \pm SD.

Results

MPG and TG presented significant increments in maximum strength (26.2% and 24.6%, respectively), CMJ height (30.8% and 39.1%, respectively) and 20-m sprint speed (11.6% and 14.5%, respectively) from the pre- to the post-training assessment ($p \leq 0.05$). There were no differences between the training groups in the rate of increment of these variables (Figure 1) ($p \geq 0.05$). The CG did not present significant changes in these variables from the pre- to the post-test ($p \geq 0.05$).

The training groups (MPG and TG) had significantly higher mean power and mean propulsive power at both the high velocity back squat and the jump squat tests ($p \leq 0.05$) than the CG, after the training period (Figure 2 A, B, C, and D). Overall, these variables were consistently higher for both training groups when compared to the CG in the post-training (24.98%) assessment.

Figure 3 depicts individual data over the 9-week training period for the MPG and TG groups. Besides two subjects in the TG group that had a very steep increment in CMJ height, the individual responses were very similar between groups.

Discussion

The purpose of this study was to test if a short-term periodization model at the optimal power load would be as effective as a traditional periodization model to increase performance. It was hypothesized that the MPG would present greater and similar functional adaptations at the initial and at the later phases of a short-term periodization model, respectively, than the TG. The main findings of the present study were: a) the MPG showed similar increments in maximum strength than the TG over the 9-wk training period (i.e. at the 3-wk, 6-wk, and 9-wk tests); b) training at the optimal power load did not produce faster performance improvements in power-

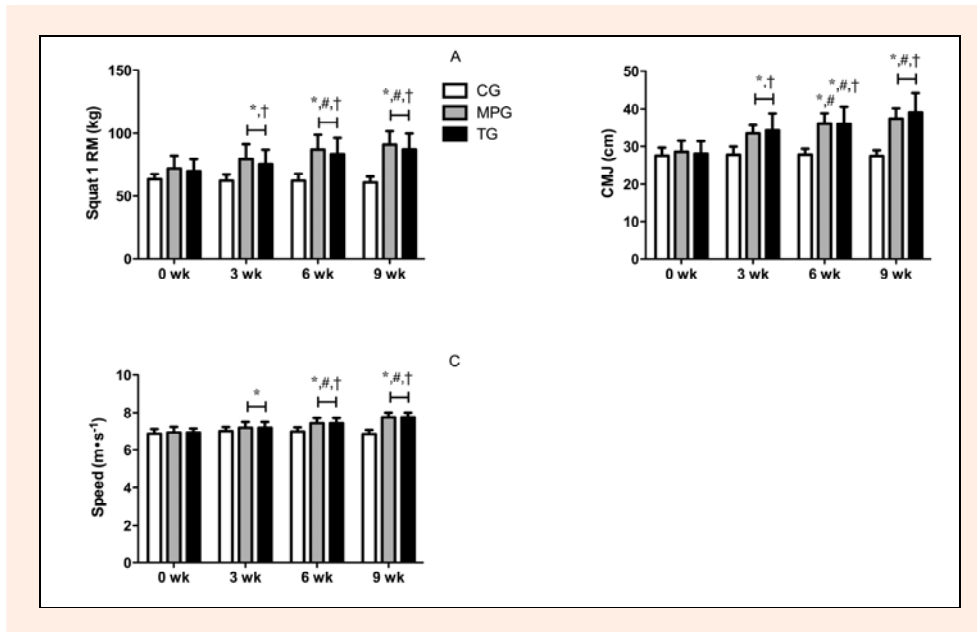


Figure 1. Maximum strength (squat 1 RM, kg – panel A), counter movement jump height (cm – panel B) and 20 m sprint speed ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ – panel C) pre- and post-training for the control (CG), maximal power (MPG), and traditional periodization (TG) groups, at the instants 0-wk (pre-training), 3-wk, 6-wk, and 9-wk (post-training) (Mean \pm SD). *, # and † - $p \leq 0.05$ compared to the control group at the same time point.

related tests; and c) there were no differences in functional tests after the 9-week training period between the MPG and TG.

Regarding maximum strength improvements, Jones et al. (2001) presented gains of 16.3% and 11.0% for the strength training and power training groups, respectively, after a 10-wk training period. Similarly, Lamas et al. (2010) described increments of 22.8% and 16.6% after 8 weeks of a maximum strength and power training

programs, respectively. Neither study reported significant differences in 1 RM values between the strength and power training groups. In the present study, the MPG and the TG increased maximum strength by 26.2% and 24.6%, respectively. Taken together, these findings support the concept that training at the optimal power load does not hamper muscle force production capacity, at least during short-term macrocycles.

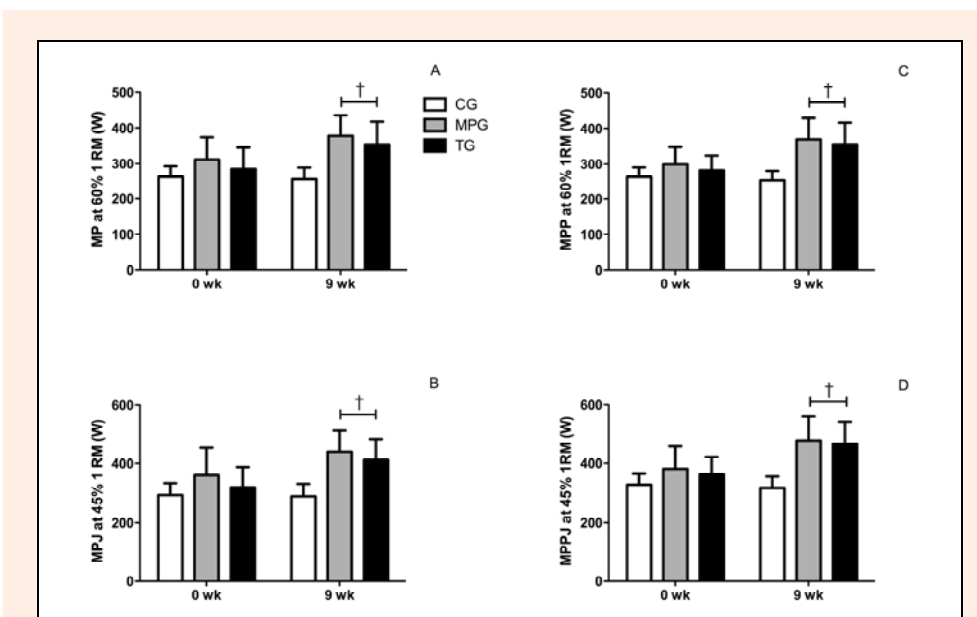


Figure 2. Mean power (MP - W) and mean propulsive power (MPP - W) in the squat exercise with 60% of the squat 1 RM (panels A and C), mean power (MPJ - W) and mean propulsive power (MPPJ - W) in the jump-squat exercise with 45% of the squat 1 RM (panels B and D), pre- and post-training for the control (CG), maximal power (MPG), and traditional periodization (TG) groups, at the instants 0-wk (pre-test) and 9-wk (post-test) (Mean \pm SD). † - $p \leq 0.05$ compared to the control group at the same time point

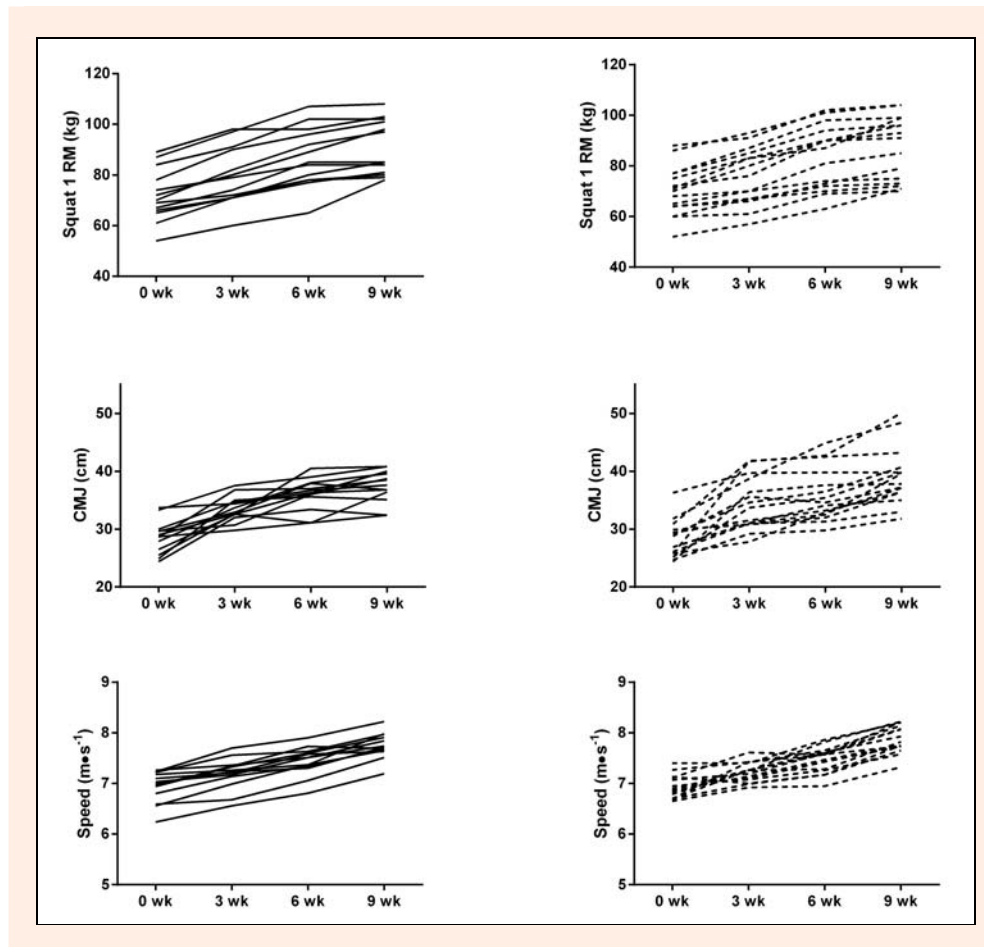


Figure 3. Individual responses of the squat 1RM (upper panels), countermovement jump height (middle panels), and 20-m sprint speed (lower panels) for the maximum power group (MPG – left column) and traditional periodization group (TG – right column) at 0-wk (pre-test), 3-wk, 6-wk, and 9-wk (post-test) time points.

Both the MPG and TG groups had significant and similar strength increments from the pre-training assessment up to the sixth week of training (20.8% and 19.6%, respectively). Furthermore, the largest increase in strength occurred from the third week to the sixth week of training for both the MPG and the TG (9.2% and 10.4%, respectively). As both training groups performed jump squats during the second 3-wk cycle (i.e. from week 4 to 6), it may also be suggested that this exercise is also effective to increase maximum strength. However, caution should be exercised in generalizing this suggestion. For instance, McBride et al. (2002) used light (30% of the squat 1 RM) and heavy (80% of the squat 1 RM) loads in an 8-week jump-squat training program for trained individuals. These authors reported increments in maximum strength of 8.2% and 10.2% for the light- and heavy-load groups, respectively. These increments are smaller than those reported herein, especially when taking into consideration that the present study only used three weeks of jump-squat training. Thus, it seems that participants' training background may modulate the magnitude of performance changes. Our subjects may be considered weaker (squat 1RM ~around 1.5 body weight) when compared to McBride et al.'s (2002) study (squat 1RM ~around 2.0 body weight). Another possible explanation for the great increments in strength reported

in the present study may be the usage of cycles in which different training exercises were employed. It is feasible that both the strength and the power training regimens used in the first 3-wk cycle allowed maximization of the strength gains at the end of the second 3-wk cycle, when jump squats were employed.

Countermovement jumping height also presented significant increments (MPG-30.8% and TG-39.1%) from pre- to post-training tests. Other studies reported smaller increments in CMJ height compared to ours. For example, Tricoli et al. (2005) reported increments in CMJ height of 6.3% and 5.7% after an 8-wk training intervention combining heavy squats and Olympic lifts, and heavy squats and plyometrics, respectively, in physically active individuals. Similarly, Harris et al. (2000) reported smaller increments in jumping height (i.e. 3.8%) after 9 weeks of high-power training in college football players. The reasons for such a discrepancy in jumping height increments are hard to reconcile. However, a low reliability in the jump data presented herein must be ruled out as the CG group presented a coefficient of variation lower than 2% among the four assessments (0wk, 3wk, 6wk, and 9wk).

Significant increases in sprint capacity were observed in both training groups (MPG and TG, ~5%). Ronnestad et al. (2008) also reported increments in the

40-m sprint time (~1.1%) after a 7-wk training program which combined heavy strength exercises and plyometrics. Nevertheless, there were no increases in the 40-m sprint time in the heavy strength exercise group. Harris et al. (2000) reported no increments in sprint ability after a 7-wk training program at either 80% of the 1 RM or at the optimal power load (using jump squats). Thus, it seems that either combining or changing the characteristics of the training load along the training cycle may be important to change the sprint ability.

Several aspects should be emphasized regarding the distribution of training loads with distinct orientations along a short-term macrocycle. As previously mentioned, training at the optimal power load produced similar strength increments than regular strength training. Thus, it can be suggested that power training is as effective as strength training regimens in developing a strength foundation during a macrocycle.

The absence of faster initial performance improvements in the MPG is somewhat puzzling, as the MPG did not present a more rapidly improvement in performance compared to the TG (Cormie, et al., 2011; McBride, et al., 2002). A possible reason for such findings is the occurrence of a large braking phase during the high-velocity back squat to prevent from taking-off at the end of each repetition (Sanchez-Medina, et al., 2010). Several motor skills, such as vertical jump and sprinting, require the maximization of the propulsive forces throughout the range of motion. Thus, it may be speculated that the large braking phase during the high velocity back squat may have hampered a faster increment in performance in the TG. The significant 1-RM increments presented by both groups during the second 3-wk phase of our training cycle (i.e. the jump squat phase) suggests that jump squats may be more effective for the purpose of rapidly increasing maximum strength and power production capacity (McBride, et al., 2002) in the first phase of a traditional periodization. However, as mentioned before, using jump-squats as the only strength-exercise may produce lower strength gains which may impair performance improvements later into the macrocycle.

It should be emphasized that reports regarding the optimal power load present different results. Interestingly, Cormie et al. (2008) reported that maximum power is achieved during unloaded jump squats and that mechanical power decreases as a function of the jump squat load. However, caution should be taken when analyzing such findings as the optimal load seems to be a function of the subject's training experience. For instance, the participants in Cormie's study presented lower amplitude of the jump squat concentric phase as the load increased. These results may indicate that individuals might have anticipated take-off. In our experience, trained individuals are capable of accelerating the trunk throughout the squat range of motion. On the other hand, novice lifters reduce the range of motion of the concentric phase, decreasing the time of force application in the bar and, consequently, its peak velocity. Unfortunately, Cormie's study and the present one have no kinematic data to support such a hypothesis. Furthermore, it has

been demonstrated that power production is inversely related to the exercise load for weaker individuals, while stronger ones presented peak power with exercise loads greater than body weight only (i.e. 60% 1RM) (Alcaraz, Romero-Arenas, Vila, & Ferragut, 2011; Turner, Unholz, Potts, & Coleman, 2012)

Conclusion

In summary, the data presented herein is in accordance with previous findings and suggest that performance increments are associated with strength increases (Stone et al., 2003; Lamas et al., 2012; Cormie et al. 2010). However, the characteristics of the training regimen do not seem to be critical as long as it increases maximum strength, which is supported by the fact that training at the optimal power zone during two mesocycles of a traditional periodization did not hamper performance improvements.

Acknowledgments

The results of the present study do not constitute endorsement of the product by the authors or the journal. The authors declare that they have no conflict of interest. C.U. (470207/2008-6) and VT (304814/2010-5) are supported by CNPq.

References

- Alcaraz, P.E., Romero-Arenas, S., Vila, H. and Ferragut, C. (2011) Power-load curve in trained sprinters. *Journal of Strength and Conditioning Research* **25**(11), 3045-3050.
- Brown, L.E. and Weir, J.P. (2001) ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. *Journal of Exercise Physiology Online* **4**(3), 1-21.
- Cormie, P., McBride, J.M. and McCaulley, G.O. (2008) Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis during the jump squat: impact of load. *Journal of Applied Biomechanics* **24**(2), 112-120.
- Cormie, P., McGuigan, M.R. and Newton, R.U. (2010) Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Medicine and Science in Sports and Exercise* **42**(8), 1582-1598.
- Cormie, P., McGuigan, M.R. and Newton, R.U. (2011) Developing maximal neuromuscular power: part 2 - training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, **41**(2), 125-146.
- Fleck, S.J. (1999) Periodized strength training: a critical review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **13**(1), 82-89.
- Harris, G.R., Stone, M.H., O'Bryant, H.S., Proulx, C.M. and Johnson, R.L. (2000) Short-term performance effects of high power, high force, or combined weight-training methods. *Journal of Strength and Conditioning Research* **14**(1), 14-20.
- Issurin, V.B. (2008) Block periodization versus traditional training theory: a review. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* **48**(1), 65-75.
- Issurin, V.B. (2010) New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Medicine* **40**(3), 189-206.
- Jones, K., Bishop, P., Hunter, G. and Fleisig, G. (2001) The effects of varying resistance-training loads on intermediate- and high-velocity-specific adaptations. *Journal of Strength and Conditioning Research* **15**(3), 349-356.
- Kraemer, W.J., Hakkinen, K., Triplett-McBride, N.T., Fry, A.C., Koziris, L.P., Ratamess, N.A., Bauer, J.E., Volek, J.S., McConnel, T., Newton, R.U., Gordon, S.E., Cummings, D., Hauth, J., Pullo, F., Lynch, J.M., Fleck, S.J., Mazzetti, S.A. and Knuttgen, H.G. (2003) Physiological changes with periodized resistance training in women tennis players. *Medicine and Science in Sports and Exercise* **35**(1), 157-168.
- Lamas, L., Ugrinowitsch, C., Rodacki, A., Pereira, G., Mattos, E.C., Kohn, A.F. and Tricoli, V. (2012) Effects of strength and power

training on neuromuscular adaptations and jumping movement pattern and performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* **26**(12), 3335-3344.

- Lamas, L., Aoki, M.S., Ugrinowitsch, C., Campos, G.E., Regazzini, M., Moriscot, A.S. and Tricoli, V. (2010) Expression of genes related to muscle plasticity after strength and power training regimens. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* **20**(2), 216-225.
- McBride, J.M., Triplett-McBride, T., Davie, A. and Newton, R.U. (2002) The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research* **16**(1), 75-82.
- Rønnestad, B.R., Kvamme, N.H., Sundé, A. and Raastad, T. (2008) Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* **22**(3), 773-780.
- Sanchez-Medina, L., Perez, C.E. and Gonzalez-Badillo, J.J. (2010) Importance of the propulsive phase in strength assessment. *International Journal of Sports Medicine* **31**(2), 123-129.
- Stone, M.H., O'Bryant, H.S., McCoy, L., Coglianese, R., Lehmkuhl, M. and Schilling, B. (2003) Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research* **17**(1), 140-147.
- Tricoli, V., Lamas, L., Carnevale, R. and Ugrinowitsch, C. (2005) Short-term effects on lower-body functional power development: weightlifting vs. vertical jump training programs. *Journal of Strength and Conditioning Research* **19**(2), 433-437.
- Turner, A.P., Unholz, C.N., Potts, N. and Coleman, S.G. (2012) Peak power, force, and velocity during jump squats in professional rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research* **26**(6), 1594-1600.
- Ugrinowitsch, C., Fellingham, G.W. and Ricard, M.D. (2004) Limitations of ordinary least squares models in analyzing repeated measures data. *Medicine and Science in Sports and Exercise* **36**(12), 2144-2148.

Key points

- Training at the optimal power zone during two mesocycles of a traditional periodization did not hamper strength, speed and power performance improvements.
- Additional research is required in order to find out if longer periods of training at optimal power zone are capable of producing similar performance improvements to traditional strength training regimen.

AUTHORS BIOGRAPHY

Irineu LOTURCO

Employment

Pão de Açúcar Group – Nucleus of High Performance in Sports, São Paulo, SP - Brazil

Degree

MSc

Research interests

Training periodization, power and strength training for physical performance in high-level sports.

E-mail: irineu.loturco@terra.com.br

Carlos UGRINOWITSCH

Employment

School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, SP - Brazil

Degree

PhD

Research interests

Neuromuscular adaptations due to resistance training, training periodization.

E-mail: ugrinowi@usp.br

Hamilton ROSCHEL

Employment

School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, SP - Brazil

Degree

PhD

Research interests

Neuromuscular adaptations to strength training, training periodization and therapeutical effects on muscle diseases.

E-mail: hars@usp.br

Valmor TRICOLI

Employment

School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, SP - Brazil

Degree

PhD

Research interests

Neuromuscular adaptations to strength training

E-mail: vtricoli@usp.br

Juan José GONZÁLES-BADILLO

Employment

Faculty of Sport, Pablo de Olavide University, Seville, Spain

Degree

PhD

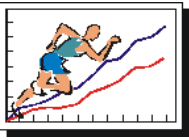
Research interests

Strength training and conditioning; identification of determinant factors responsible for physical performance in high-level sports.

E-mail: jjgonbad@upo.es

✉ Irineu Loturco

University of Sao Paulo, School of Physical Education and Sport, Av. Prof. Mello Moraes, 65. Butantã, 05508-030, Sao Paulo, SP, Brazil.



Transference of Traditional Versus Complex Strength and Power Training to Sprint Performance

by

Irineu Loturco^{1, 2, 3}, Valmor Tricoli³, Hamilton Roschel³, Fabio Yuzo Nakamura⁴
Cesar Cavinato Cal Abad¹, Ronaldo Kobal¹, Saulo Gil¹, Juan José González-Badillo²

The purpose of this study was to determine the effects of two different strength-power training models on sprint performance. Forty-eight soldiers of the Brazilian brigade of special operations with at least one year of army training experience were divided into a control group (CG: $n = 15$, age: 20.2 ± 0.7 years, body height: 1.74 ± 0.06 m, and body mass: 66.7 ± 9.8 kg), a traditional training group (TT: $n = 18$, age: 20.1 ± 0.7 years, body height: 1.71 ± 0.05 m, and body mass: 64.2 ± 4.7 kg), and a complex training group (CT: $n = 15$, age: 20.3 ± 0.8 years, body height: 1.71 ± 0.07 m; and body mass: 64.0 ± 8.8 kg). Maximum strength (25% and 26%), CMJ height (36% and 39%), mean power (30% and 35%) and mean propulsive power (22% and 28%) in the loaded jump squat exercise, and 20-m sprint speed (16% and 14%) increased significantly ($p \leq 0.05$) following the TT and CT, respectively. However, the transfer effect coefficients (TEC) of strength and power performances to 20-m sprint performance following the TT were greater than the CT throughout the 9-week training period. Our data suggest that TT is more effective than CT to improve sprint performance in moderately trained subjects.

Key words: transfer effect, complex training, traditional training, sprint speed performance.

Introduction

Improving sprint ability is critical for optimal performance in many sport disciplines. In this regard, a wide variety of training methods have been used such as speed training, plyometrics, resisted sprinting drills and traditional strength training (Cronin et al., 2005; de Villarreal et al., 2008; Saez de Villarreal et al., 2012).

Heavy resistance training (HRT), jump squats (Engelen-van Melick et al.), and countermovement jumps (CMJ) have been widely used by coaches to increase sprinting speed in professional athletes (McBride et al., 2002; Kraemer et al., 2003). The rationale behind the use

of these methods is their efficacy to develop power and strength and the high correlation between these abilities and sprint performance (Alemdaroglu, 2012). For instance, Cronin et al. (2007) described that large increases in strength (i.e., maximum strength in squat exercise) are required in order to produce improvements in sprinting speed in recreational athletes.

In an attempt to maximize strength gains, a number of mixed training models has been suggested. Combined programs involving HRT, JS and CMJ are more effective at improving both maximum strength and power than isolated training methods (Adams et al., 1992; Cormie et

¹ - NAR - Nucleus of High Performance in Sport, São Paulo, SP, Brazil.

² - Pablo de Olavide University, Faculty of Sport, Seville, Spain.

³ - School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, São Paulo, SP, Brazil.

⁴ - State University of Londrina, Londrina, PR, Brazil.

al., 2007; Saez de Villarreal et al., 2013). However, the ideal combination of these methods during a training period still remains inconclusive.

In the traditional model of strength training (TT), a strength foundation phase is applied in the beginning of the macrocycle followed by a power phase (Hasegawa et al., 2002). Thus, HRT should be followed by progressive lighter resistances and higher velocity training loads. More recently, mixed training models such as “complex training” (Chodzko-Zajko et al.) were suggested to maximize performance associated with strength and power development (Duthie et al., 2002; Ebben, 2002). During CT, strength, power and plyometrics exercises are performed in the same training session. The use of the CT model is based on a classic exercise physiology theory in which the summation of the acute effects produced by each training unit determines the magnitude of the chronic adaptations (Bird et al., 2005; Mihalik et al., 2008).

Despite the well-established effects of the different training models on strength and power development and sprint ability improvements (Behrens and Simonson, 2011; Chelly et al., 2009; Maio Alves et al., 2010), no study has attempted to determine if any of these models is more effective to transfer strength and power increments to sprinting speed. In the aforementioned studies, subjects performed various type of sprint training (e.g. sprinting during matches or technical training sessions) alongside strength and power training. Therefore, it cannot be confirmed whether the increases in sprint performance were directly related to the strength and power gains.

According to Zatsiorsky and Kraemer (2006), the calculation of the “transfer effect coefficient” (TEC) should be used only when the subjects were not exposed to the target ability (i.e. sprint) during the strength/power training period. To express the magnitude of the TEC, the authors suggested an equation that represents “a ratio of resulted gains”. The resulted gain, also known as the effect size (ES) for a group is computed as follows:

$$ES = (\text{Post-training mean} - \text{Pre-training mean}) / \text{Pre-training standard deviation}$$

Thus, for the calculation of the TEC, a ratio between the resulted gains (ES) in the performed exercise and in the unperformed

exercise is employed. The higher the ratio, the greater the TEC of the performed exercise to sprint performance. Therefore, the purpose of this study was to determine the relative effectiveness of TT and CT strength-power training models to improve sprint performance.

Material and Methods

Experimental Design

Two strength-power oriented training models (TT and CT) were performed over a 9-week period to determine their effectiveness to improve sprint performance. Total training volume was equated between TT and CT. During TT model, HRT, loaded JS, and CMJ were performed each in separate and successive three-week mesocycles. During the CT model, HRT, loaded JS, and CMJ were trained simultaneously for nine weeks.

The one-repetition maximum (1RM) smith-machine squat, CMJ height, 20-m sprint speed were assessed at baseline and weeks three, six and nine. Mean power (MP) and mean propulsive power (MPP) in the loaded jump squat (45% 1RM) were assessed pre- and post-training to quantify the changes in lower limb power production.

Subjects

Forty-eight male soldiers of the Brazilian special operations brigade with a minimum of one year army training volunteered for this study. The subjects were divided into a control group (CG: $n = 15$, age: 20.2 ± 0.7 years, body height: 1.74 ± 0.06 m, and body mass: 66.7 ± 9.8 kg), a traditional training group (TT: $n = 18$, age: 20.1 ± 0.7 years, body height: 1.71 ± 0.05 m, and body mass: 64.2 ± 4.7 kg), and a complex training group (CT: $n = 15$, age: 20.3 ± 0.8 years, body height: 1.71 ± 0.07 m; and body mass: 64.0 ± 8.8 kg). The subjects followed a five-day on and two-day off routine in the army living quarters. All training groups were from the same military camp/company and performed all the daily tasks together. Thus, it was assumed that there were no nutritional and/or training routine differences between the three training groups. The subjects were instructed to refrain from all types of exercise/activities with the exception of the experimental training protocols and the regular army training (i.e. aerobic exercise, calisthenics, and strength-endurance circuit training)

throughout the duration of the study. The subjects were informed of the experimental risks, and they signed an informed consent form before participation. An Institutional Review Board (Research Ethics Committee, CEP-EEFEUSP) for use of human subjects approved the investigation.

Maximum strength testing

The 1RM was assessed as follows: the subjects ran for five minutes on a treadmill (Movement Technology, Brudden, São Paulo, Brazil) at $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, followed by five minutes of lower limb active stretching exercises. Then, they executed two parallel smith-machine squat warm-up sets. In the first set, the subjects performed five repetitions with 50% of the estimated 1RM, and in the second set, they performed three repetitions with 70% of the estimated 1RM. A 3-minute rest interval was allowed between sets. Three minutes after the warm-up, the participants had up to five attempts to obtain the 1RM load (e.g., maximum weight that could be lifted once using proper technique), with a 5-minute interval between attempts. Strong verbal encouragement was given throughout the test (Brown and Weir, 2001) (within-subject coefficient of variation <5%).

Countermovement jump height testing

Subjects were instructed to place their hands on their hips and freely determine the amplitude of the countermovement in order to avoid changes in jump coordination. They performed five jumps with a 15-second interval between attempts (within-subject coefficient of variation <10%). The jumps were performed on a contact platform (Winlaborat, Buenos Aires, Argentine) which measures flight time. The obtained flight time (t) was used to estimate the height of the body's center of gravity (h) during the vertical jump (i.e., $h = g\cdot t^2/8$, where $g = 9.81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$). The best attempt was used for data analysis.

20-m sprint testing

Two pairs of photocells (Winlaborat, Buenos Aires, Argentine) were used to mark a 20-m distance. The subjects accelerated for 5 meters before crossing the first pair of photocells (starting line) and were instructed to run as fast as possible for the next 20 meters (within-subject coefficient of variation <10%). They had 2 attempts, and the best one was considered for further analysis. The rest interval between the 2 attempts equaled 3 minutes.

Loaded jump squat testing

During the loaded jump squat testing the subjects were instructed to start from a static squat position (i.e., $\sim 90^\circ$ of knee flexion) and jump as high as possible without losing contact with the bar, using a load corresponding to 45% of the smith-machine squat 1RM. A linear transducer (T-force, Dynamic Measurement System, Ergotech Consulting S.L., Murcia, Spain) was attached to the Smith machine bar. Bar position data were sampled at a frequency of 1,000 Hz and recorded into a computer. Finite differentiation technique was used to estimate the derived mechanical variables. The bar displacement was obtained by integration of velocity (v) data with respect to the time; the acceleration was obtained from differentiation of velocity with respect to the time; the force (F) was calculated as $F = m \cdot (a + g)$, where m is the moving mass (kg) and g is the acceleration due to gravity; the power output resulted from the product of the vertical applied force and bar velocity ($P = F \cdot v$). Mean power (MP) of each repetition was obtained by multiplying the average concentric force by the average concentric velocity during the entire concentric portion of the movement. Mean propulsive power was obtained by using the same method as before, but considering only the portion of the concentric phase during which the measured acceleration is greater than acceleration due to gravity (i.e., $a \geq -9.81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) (Sanchez-Medina et al., 2010) (within-subject coefficient of variation <10%). They had 3 attempts, and the best one was considered for further analysis. We opted for using MP and MPP instead of using peak power as Sanchez-Medina et al. (2010) demonstrated that referring the mean mechanical values during the propulsive phase better reflected the differences in the neuromuscular potential between two given individuals. This approach avoids underestimation of true strength potential as the higher the mean velocity is (and lower the relative load), the greater is the relative contribution of the braking phase to the entire concentric time.

Training protocols

The TT and the CT training protocols were comprised of a parallel smith-machine squat exercises, a loaded JS starting from approximately 90° of knee flexion, and a body mass CMJ with hands on the hips and self-adjusted

countermovement amplitude. The total volume was equated across the training groups. Table 1 shows the training protocols for both groups over the 9-week period.

Statistical analysis

Means and standard deviations (SD) were used to represent centrality and spread of the data; all variables were also assessed for normality (Shapiro-Wilk test). As the experimental groups were balanced and randomized based on smith-machine squat 1RM values, a one-way ANOVA was used to test for differences in the initial values between groups for all dependent variables. There were no differences in the initial values across all tested variables. A two-way repeated measures ANOVA with Tukey post hoc comparisons was used to determine if any significant differences existed between training groups across testing sections. The significance level was set at $p \leq 0.05$. To calculate the TEC between smith-machine squat 1RM, CMJ height, MP, MPP and the 20-m sprint performance, we used the equation proposed by Zatsiorsky and Kraemer (2006), as follows:

TEC = Result gain (ES) in unperformed exercise / Result gain (ES) in performed exercise

TEC were only calculated between variables that had an ES of at least 0.35, which is related as the smallest difference to be considered when analyzing moderately trained subjects (Rhea, 2004).

Results

The TT and CT significantly ($p \leq 0.05$) increased smith-machine squat 1RM (25% and 26%), CMJ height (36% and 39%) and 20-m sprint speed (16% and 14%), respectively. There were no significant differences ($p > 0.05$) between training groups (Figure 1A, 1B and 1C). In addition, TT and CT groups produced significantly higher ($p \leq 0.05$) MP and MPP in the loaded JS in comparison to the CG following the training period (Figure 2A, 2B, and 2C).

Effect sizes and percentage increases for a non-trained variable (i.e. 20-m sprint speed) and all trained variables (i.e. RM, MP, MPP and CMJ) were greater in the TT group in comparison to the CT group following the training period (Table 2).

Table 3 shows the percentage ratio comparisons and TEC between the changes in a non-trained variable (i.e. 20-m sprint speed) and

all trained variables (i.e. RM, MP, MPP and CMJ) after the experimental period. These variables were consistently higher for the TT group in comparison to the CT group following the 9-week training period.

Discussion

Based on current findings, it is plausible to increase sprint performance through traditional and complex strength-power training in moderately trained subjects. It also appears that the TT had a greater transfer effect on sprint performance.

As previously mentioned, it has been advocated that the usage of CT is capable of maximizing the transfer effects from strength-power capacities to sprint performance due to a possible enhancement in neuromuscular activity (Young et al., 1998; Ebben, 2002; Docherty et al., 2004). However, some researchers have reported that CT only mirrors (e.g. 3-6 weeks) gains promoted by other training models, without being able to match the chronic adaptations (e.g. > 6 weeks) promoted by traditional strength-power training (Mihalik et al., 2008; MacDonald et al., 2012). TT and CT presented similar improvements in strength-power capabilities and sprint performance throughout the experimental period. The TEC presented by TT from all the measured variables (i.e., RM, MP, MPP and CMJ) to 20-m sprint performance were higher at 9-week time point (post-training) when compared to CT. However, based on the TEC, the strength and power developed through the TT had greater transference to 20-m sprint performance, in comparison to the strength and power developed through the CT. These findings refute the notion that CT provides a better stimulus for improved sprint performance.

This is the first study to compare TEC from strength-power training programs to sprint performance. Thus, the comparison of our data with the available literature was limited. Weiss et al. (2000) compared the TEC between two techniques of machine-based squat exercise (i.e., deep versus shallow) and different types of vertical jumps.

After 9 weeks, the authors concluded that deep machine-based squat training is preferable to the shallow exercise to increase muscle strength at any exercise depth. Moreover, the TEC for deep

squats to both depth vertical jump (1.68) and restricted-motion standing vertical jump (2.32) was substantially greater than for shallow squats (0.11 and 0.31, respectively). It should be mentioned that TEC calculation may be biased since the measured variables were directly collected in the performed exercise, in contrast to the guidelines proposed by (Zatsiorsky et al., 2006).

Zatsiorsky's coefficient of transfer (Zatsiorsky and Kraemer, 2006) is a valuable tool for assessing improvement in a physical ability (e.g. sprint performance) due to a non-specific training stimulus (e.g. strength or power training). The possibility of increasing sprinting speed through traditional and complex training

methods is viable, based on the transference training effects reported herein. Since there was no change in the CG's sprint performance, it can be inferred that the sprint performance gains observed in the TT and CT groups were a direct result of these respective strength and power regimens. Although several researchers have demonstrated that various models of strength and power training programs were able to increase sprinting speed, no study has attempted to calculate TEC values (McBride et al., 2002; Cormie et al., 2010; Loturco et al., 2013). The absence of this calculation in some investigations can be explained by the applied experimental procedures and the impossibility to control over and isolate the specific training stimulus (Chelly et al., 2009; Comfort et al., 2012; Marques et al., 2013).

Table 1
Training protocols for the traditional training group (TT) and the complex training group (Chodzko-Zajko et al.) over the 9-week training period

Traditional Training Group (TT)

Week-1	Week-2	Week-3	Week-4	Week-5	Week-6	Week-7	Week-8	Week-9
Session 1-3	Session 4-6	Session 7-9	Session 10-12	Session 13-15	Session 16-18	Session 19-21	Session 22-24	Session 25-27
SMS	SMS	SMS	LJS	LJS	LJS	CMJ	CMJ	CMJ
Session 1 *(3X8/50%RM)	Session 4 (3X6/60%RM)	Session 7 (3X5/70%RM)	Session 10 (3X6/30%RM)	Session 13 (3X5/45%RM)	Session 16 (3X4/60%RM)	Session 19 (3X4)	Session 22 (3X6)	Session 25 (3X8)
Session 2 (3X6/55%RM)	Session 5 (3X5/65%RM)	Session 8 (3X4/75%RM)	Session 11 (3X6/30%RM)	Session 14 (3X5/45%RM)	Session 17 (3X4/60%RM)	Session 20 (3X4)	Session 23 (3X6)	Session 26 (3X8)
Session 3 (3X5/60%RM)	Session 6 (3X4/70%RM)	Session 9 (3X3/80%RM)	Session 12 (3X6/30%RM)	Session 15 (3X5/45%RM)	Session 18 (3X4/60%RM)	Session 21 (3X4)	Session 24 (3X6)	Session 27 (3X8)

Complex Training Group (CT) (Chodzko-Zajko et al.)

Week-1	Week-2	Week-3	Week-4	Week-5	Week-6	Week-7	Week-8	Week-9
Session 1-3	Session 4-6	Session 7-9	Session 10-12	Session 13-15	Session 16-18	Session 19-21	Session 22-24	Session 25-27
SMS	SMS	SMS	SMS	SMS	SMS	SMS	SMS	SMS
(1X8/50%RM)	(1X6X55%RM)	(1X5X60%RM)	(1X6/60%RM)	(1X5X65%RM)	(1X4X70%RM)	(1X5/70%RM)	(1X4X75%RM)	(1X3X80%RM)
LJS	LJS	LJS	LJS	LJS	LJS	LJS	LJS	LJS
(1X6/30%RM)	(1X6X30%RM)	(1X6X30%RM)	(1X5/45%RM)	(1X5X45%RM)	(1X5X45%RM)	(1X4/60%RM)	(1X4X60%RM)	(1X4X60%RM)
CMJ	CMJ	CMJ	CMJ	CMJ	CMJ	CMJ	CMJ	CMJ
(1X4)	(1X4)	(1X4)	(1X6)	(1X6)	(1X6)	(1X8)	(1X8)	(1X8)

*Smith-machine squat (SMS), loaded jump squat (LJS) and countermovement jump (CMJ) represent the training exercises *(Sets X Repetitions / percentage of the smith-machine squat 1RM)*

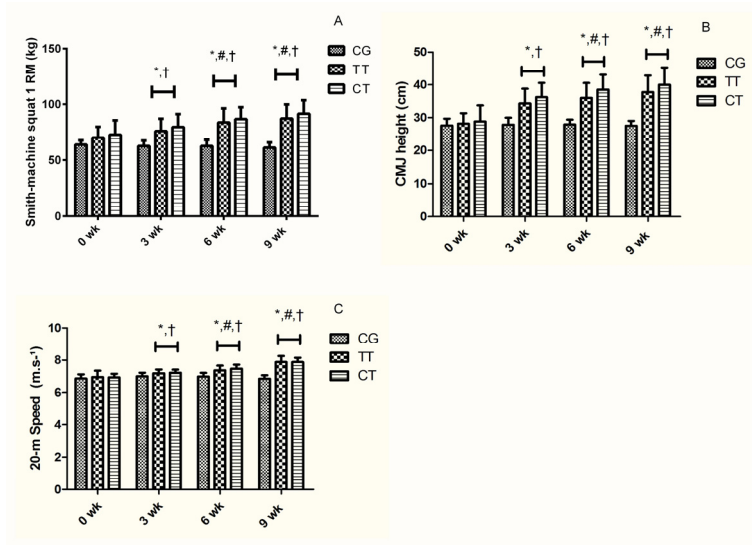


Figure 1

Maximum strength (smith-machine squat 1RM, kg – panel A), countermovement jump (CMJ) height (cm – panel B) and 20-m sprint speed ($m \cdot s^{-1}$ – panel C) pre- and post-training for the control (CG), traditional training (TT), and complex training (Chodzko-Zajko et al.) groups, at the instants 0-week (pre-training), 3-week, 6-week, and 9-week (post-training) (Mean \pm SD).

* - $p \leq 0.05$ compared to the pre-test values

- $p \leq 0.05$ compared to the previous time point

† - $p \leq 0.05$ compared to the control group at the same time point

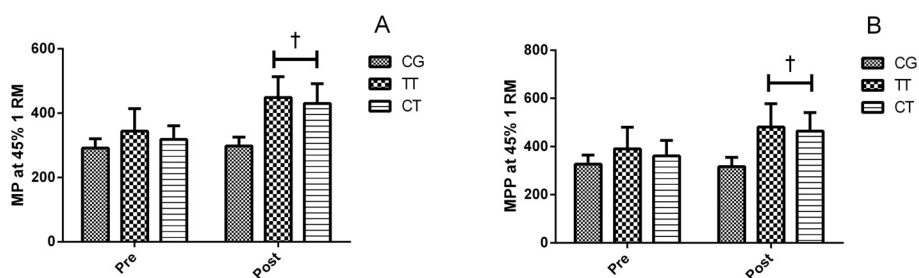


Figure 2

Mean power (MP-W, panel A) and mean propulsive power (MPP-W, panel B) in jump squat using a load of 45% 1RM, pre- and post-training for the control (CG), traditional training (TT), and complex training (CG) groups, at the instants 0-week (pre-test) and 9-week (post-test) (Mean \pm SD).

† - $p \leq 0.05$ compared to the control group at the same time point

Table 2

Effect size (ES) and percentage increases in 20-m sprint speed (SS), smith-machine squat 1RM (1RM), mean power (MP) and mean propulsive power (MPP) in jump squat using a load of 45% 1RM and CMJ height (CMJ) following 9 weeks of traditional (TT) and complex (Chodzko-Zajko et al.) strength and power training

Group	SS	ES _{SS}	1RM	ES _{1RM}	MP	ES _{MP}	MPP	ES _{MPP}	CMJ	ES _{CMJ}
TT (n = 18)	16	4.22	25	1.76	30	1.27	22	1.72	36	3.40
CT (n = 15)	14	2.06	26	1.46	35	0.94	28	0.96	39	2.29

Table 3

Percentage ratio comparisons and transfer effect coefficients (TEC) between the changes 20-m sprint speed (SS) and smith-machine squat 1RM (1RM), mean power (MP) and mean propulsive power (MPP) in jump squat using a load of 45% 1RM and CMJ height (CMJ) due to 9 weeks of traditional (TT) and complex (Chodzko-Zajko et al.) strength and power training.

Group	Percentage ratio comparisons				Transfer effect coefficients			
	SS/1RM	SS/MP	SS/MPP	SS/CMJ	SS/1RM	SS/MP	SS/MPP	SS/CMJ
TT (n = 18)	0.64	0.53	0.73	0.44	2.40	3.32	2.45	1.24
CT (n = 15)	0.53	0.4	0.5	0.36	1.41	2.19	2.15	0.90

Discussion

Zatsiorsky's coefficient of transfer (Zatsiorsky and Kraemer, 2006) is a valuable tool for assessing improvement in a physical ability (e.g. sprint performance) due to a non-specific training stimulus (e.g. strength or power training). The possibility of increasing sprinting speed through traditional and complex training methods is viable, based on the transference training effects reported herein. Since there was no change in the CG's sprint performance, it can be inferred that the sprint performance gains

observed in the TT and CT groups were a direct result of these respective strength and power regimens. Although several researchers have demonstrated that various models of strength and power training programs were able to increase sprinting speed, no study has attempted to calculate TEC values (McBride et al., 2002; Cormie et al., 2010; Loturco et al., 2013). The absence of this calculation in some investigations can be explained by the applied experimental procedures and the impossibility to control over and isolate the specific training stimulus (Chelly et al., 2009;

Comfort et al., 2012; Marques et al., 2013).

The larger TEC observed in the TT group may be attributed to the proposed neuromuscular and morphological adaptations of strength training in moderately trained subjects. It is plausible that the TT could have maximized neuromuscular adaptations providing a “better strength foundation” prior to developing power and sprint abilities (Matveyev, 1972; 1977; Plisk et al., 2003; Issurin, 2008; 2010).

The inclusion of TEC and percent ratio calculations may prove beneficial for evaluating the transference effects of a non-specific training stimulus (e.g. strength and power training) on a specific untrained performance measure (e.g. sprinting speed). These calculations may provide greater clarity to the practitioner and athlete/subject as well as improve programming of strength-power training protocols.

Conclusion

In summary, our data suggest that moderately trained individuals were able to improve their sprint ability through the use of different strength-power oriented training programs. However, when comparing TT and CT, the strength and power TEC in relation to sprint performance were greater in the TT regimen. Therefore, the transfer effects of increasing strength and power to improve sprint performance are possible in moderately trained subjects. In conclusion, coaches and practitioners alike should consider the acute and chronic effects of various strength and power loading schemes on sprint performance and other sport discipline specific performance measures.

References

- Adams K, O' Shea KL, Climstein M. The effects of six weeks of Squat, Plyometric, and Squat-Plyometric Training on Power Production. *J Appl Spor Scie Res*, 1992; 6: 36-41
- Alemdaroglu U. The relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. *J Hum Kinet*, 2012; 31: 149-158
- Bird SP, Tarpenning KM, Marino FE. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports Med*, 2005; 35(10): 841-851
- Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, Skinner JS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*, 2009; 41(7): 1510-1530
- Cormie P, McCaulley GO, McBride JM. Power versus strength-power jump squat training: influence on the load-power relationship. *Med Sci Sports Exerc*, 2007; 39(6): 996-1003
- Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Med Sci Sports Exerc*, 2010; 42(8): 1582-1598
- Cronin J, Odgen T, Lawton TW, Brughelli M. Does Increasing Maximal Strength Improve Sprint Running Performance? *Strength and Conditioning Journal*, 2007; 29(3): 86-95
- Cronin J, Sleivert G. Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sport Med*, 2005; 35(3): 213-234
- de Villarreal ES, Gonzalez-Badillo JJ, Izquierdo M. Low and moderate plyometric training frequency produces greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. *J Strength Cond Res*, 2008; 22(3): 715-725
- Docherty D, Robbins D, Hodgson M. Complex Training Revisited: A review of its Current Status as a Viable Training Approach. *National Strength and Conditioning Association*, 2004; 26: 52-57
- Duthie GM, Young WB, Aitken DA. The acute effects of heavy loads on jump squat performance: an evaluation of the complex and contrast methods of power development. *J Strength Cond Res*, 2002; 16(4): 530-538
- Ebben WP. Complex training: A Brief Review. *J Sports Scie Med*, 2002; 2: 42-46
- Engelen-van Melick N, van Cingel RE, Tijssen MP, Nijhuis-van der Sanden MW. Assessment of functional performance after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review of measurement

- procedures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2013; 21(4): 869-879
- Hasegawa H, Dziados J, Newton RU, Fry AC, Kraemer WJ, Hakkinen K. *Periodized training programmes for athletes*. Handbook of Sports Medicine and Science: Strength training for sports. Oxford, Blackwell Science: 69-134; 2002
- Issurin V. Block periodization versus traditional training theory: a review. *J Sports Med Phys Fitness*, 2008; 48(1): 65-75
- Issurin VB. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Med*, 2010; 40(3): 189-206
- Kraemer WJ, Hakkinen K, Triplett-McBride NT, Fry AC, Koziris LP, Ratamess NA, Bauer JE, Volek JS, McConnell T, Newton RU, Gordon SE, Cummings D, Hauth J, Pullo F, Lynch JM, Fleck SJ, Mazzetti SA Knuttgen HG. Physiological changes with periodized resistance training in women tennis players. *Med Sci Sports Exerc*, 2003; 35(1): 157-168
- Loturco I, Ugrinowitsch C, Tricoli V, Pivetti B, Roschel H. Different loading schemes in power training during the preseason promote similar performance improvements in brazilian elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 2013; 27(7): 1791-1797
- MacDonald CJ, Lamont HS, Garner JC. A comparison of the effects of 6 weeks of traditional resistance training, plyometric training, and complex training on measures of strength and anthropometrics. *J Strength Cond Res*, 2012; 26(2): 422-431
- Marques MC, Pereira A, Reis I, Gvan den Tillaar R. Does an in-Season 6-Week Combined Sprint and Jump Training Program Improve Strength-Speed Abilities and Kicking Performance in Young Soccer Players? *J Hum Kinet*, 2013; 39: 157-166
- Matveyev LP. *Periodisation of Sports Training*. Moscow, Fizkultura i Sport; 1972
- Matveyev LP. *Fundamentals of Sports Training*. Moscow, Fizkultura i Sport; 1977
- McBride JM, Triplett-McBride T, Davie A, Newton RU. The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *J Strength Cond Res*, 2002; 16(1): 75-82
- Mihalik JP, Libby JJ, Battaglini CL, McMurray RG. Comparing short-term complex and compound training programs on vertical jump height and power output. *J Strength Cond Res*, 2008; 22(1): 47-53
- Orchard J, Marsden J, Lord S, Garlick D. Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *Am J Sports Med*, 1997; 25(1): 81-85
- Plisk S, Stone MH. Periodization Strategies. *National Strength and Conditioning Association*, 2003; 25(6): 19-37
- Saez de Villarreal E, Requena B, Cronin JB. The effects of plyometric training on sprint performance: a meta-analysis. *J Strength Cond Res*, 2012; 26(2): 575-584
- Saez de Villarreal E, Requena B, Izquierdo M, Gonzalez-Badillo JJ. Enhancing sprint and strength performance: combined versus maximal power, traditional heavy-resistance and plyometric training. *J Sci Med Sport*, 2013; 16(2): 146-150
- Sanchez-Medina L, Perez CE, Gonzalez-Badillo JJ. Importance of the propulsive phase in strength assessment. *Int J Sports Med*, 2010; 31(2): 123-129
- Weiss LW, Fry AC, Wood LE, Relyea GE, Melton C. Comparative Effects of Deep Versus Shallow Squat and Leg-Press Training on Vertical Jumping Ability and Related Factors. *J Strength Cond Res*, 2000; 14(3): 241-247
- Young WB, Jenner A, Griffiths K. Acute Enhancement of Power Performance From Heavy Load Squats. *J Strength Cond Res*, 1998; 12(2): 82-84
- Zatsiorsky V, Kraemer WJ. *Science and Practice of Strength Training*, Human Kinetics; 2006

Corresponding author:**Irineu Loturco**

NAR – Nucleus of High Performance in Sport
Av. Duquesa de Goiás, 571. Real Parque, 05686-001
São Paulo, SP, Brazil.
Phone: 55-11-3758-0918
E-mail: irineu.loturco@terra.com.br