

Universidad del País Vasco UPV/EHU

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el
Deporte

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**EFFECTOS DE POTENCIACIÓN EN
EL SALTO VERTICAL A TRAVÉS
DEL MÉTODO FRENCH
COMPLEX**

Andoni Hernández Preciado

Tutor: Jordan Santos Concejero

ÍNDICE

ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	4
MÉTODOS.....	7
PARTICIPANTES	7
PROCEDIMIENTOS	8
PROTOCOLO	9
MEDICIONES.....	10
Medición de Fuerza	10
CMJ.....	11
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	12
RESULTADOS.....	13
DISCUSIÓN.....	16
APLICACIONES PRÁCTICAS	20
CONCLUSIONES	20
BIBLIOGRAFÍA	22
ANEXOS.....	26
INFORME DEL COMITÉ DE ÉTICA.....	26
CONSENTIMIENTO INFORMADO	27

ABSTRACT

Este estudio examinó los efectos agudos del protocolo de potenciación *French Complex* sobre el salto vertical, medido a través del salto con contramovimiento (CMJ). 17 deportistas recreacionales participaron en el estudio. La altura del CMJ se midió antes y 5 minutos tras la realización del protocolo a través del uso de la aplicación para IOS MyJump App, mientras que la medición del 1-RM se midió a través de la aplicación para IOS Powerlift App. El CMJ aumento sus valores en un 5.1 + 1.1% ($p < 0.001$) tras la primera serie, 6.8 + 1.8% ($p < 0.001$) tras la segunda serie y 8.5 + 2.9% ($p < 0.001$) tras la tercera y última serie. El valor máximo de potenciación aumento en un 11 + 6.3% ($p < 0.001$) respecto a los valores basales. No se encontraron mejoras significativas tras la realización de la tercera serie respecto a los valores obtenidos a través de la segunda serie. Tras una comparativa respecto al método de potenciación, se observó que en sujetos de cualquier nivel, el *French Complex* es un medio capaz de proporcionar unos valores de potenciación superiores tanto en la primera serie, (ES = 0.52), como en la segunda (ES = 0.99) y la tercera (ES = 1.61). Por último, se observó que en el caso de deportistas de alto nivel, el *French Complex* también es capaz de proporcionar efectos superiores (ES = 0.85).

INTRODUCCIÓN

La capacidad de producir fuerza y potencia está considerada como una de las principales variables en diferentes deportes, desde los deportes de equipo hasta los deportes individuales, pasando por los de contacto (Young, McLean & Ardagna, 1995; Nuzzo, McBride, Cormie & McCaulley, 2008). Por ello, desde el ámbito de la investigación se están analizando diferentes sistemas y métodos para la mejora de estas cualidades.

Por ese motivo, se han realizado multitud de investigaciones acerca de los diferentes sistemas para la mejora de dichas cualidades, entre los que podemos destacar la pliometría (Matavulj, Kukolj, Ugarkovic, Tihanyi & Jaric, 2001; Markovic, 2007), el entrenamiento a través de sobrecargas (Fatouros et al., 2000; Christou et al., 2006; Channell & Barfield, 2008) e incluso la combinación de ambos métodos (Adams, O'shea, O'shea & Climstein, 1992; Baker, 1996; Fatouros et al., 2000).

Por otro lado, en los últimos años está surgiendo una nueva raíz acerca del entrenamiento para la mejora de la potencia debido a los recientes estudios sobre la Potenciación Post-Activación (PAP) (Hodgson, Docherty & Robbins, 2005). Se ha visto que tras la realización de un esfuerzo previo, el rendimiento puede verse afectado tanto negativamente, debido a los efectos de la fatiga, como de manera positiva, lo cual se conoce como PAP. Los efectos observados, por tanto, son el resultado del balance entre la fatiga y la potenciación y el rendimiento se verá maximizado en el momento en el que la fatiga se haya disipado pero el efecto de potenciación aun permanezca (Hodgson, Docherty & Robbins, 2005).

Por ejemplo, se ha observado que el rendimiento tras la realización de un esfuerzo casi máximo, al 85% de la repetición máxima (1-RM), puede llegar incluso a descender, pero que según pasa el tiempo y se disipan los efectos de la fatiga, este se ve influenciado de manera positiva (Tsoukos, Bogdanis, Terzis & Veligekas, 2016).

A pesar de que los mecanismos subyacentes de la PAP no se conocen en profundidad a día de hoy, parece ser que hay dos que destacan por encima del resto. En primer lugar, la literatura ha atribuido este fenómeno principalmente a eventos fisiológicos localizados en el músculo, tales como la fosforilación de las cadenas ligeras reguladoras de miosina por medio de la enzima miosin-quinasa (Sale, 2002), que hace a la interacción actina-miosina más sensible al calcio liberado por el retículo sarcoplásmico (Sweeney, Bowman, & Stull, 1993). La enzima miosin-quinasa fosforila una porción específica de la cabeza de la miosina (región s-1) y se cree que esta fosforilación induce un cambio estructural en la miosina que acelera el proceso de cambio de los puentes de actina-miosina desde un estado de no producción de fuerza a un estado de producción de fuerza (Grange, Vandenboom & Houston, 1993; Sweeney, Bowman, & Stull, 1993).

Por otro lado, las últimas investigaciones acerca del reflejo H sugieren que la PAP también puede deberse a los diferentes procesos ocurridos a nivel espinal, debido a una mayor eficacia sináptica entre las terminales aferentes y las motoneuronas α del músculo homónimo (Güllich & Schmidtbleicher, 1996; Kitago, Mazzocchio, Liuzzi & Cohen, 2004).

Distintos estudios han investigado los beneficios que podría tener la utilización de este fenómeno en un programa de mejora de la potencia como mecanismo para aumentar el estímulo ofrecido a través del entrenamiento (Robbins, 2005; Docherty & Hodgson, 2007). Por tanto, la utilización de este mecanismo fisiológico podría tener importantes consecuencias en el entrenamiento, ya que es capaz de mejorar acciones tan determinantes como el salto o el sprint (Bevan et al., 2010)

Debido a las implicaciones anteriormente mencionadas, este mecanismo se utiliza cada vez más en lo que se conoce como entrenamiento complejo o "*complex training*" en la literatura anglosajona, el cual combina serie a serie, ejercicios biomecánicamente similares de entrenamiento con pesas y pliometría (p.ej. realizar una sentadilla isométrica a 140° con el 85% del 1-RM seguida de una serie de saltos verticales, Tsoukos, Bogdanis, Terzis & Veligeas 2016).

De tal manera, el objetivo de este tipo de entrenamiento es aprovecharse de la PAP para aumentar los efectos del entrenamiento pliométrico (Ebben & Watts, 1998; Ebben, 2002; Santos & Janeira, 2008).

El principal problema de la utilización de la PAP a través del método de potenciación tradicional (PT) (un esfuerzo casi máximo en un ejercicio biomecánicamente similar seguido del ejercicio a potenciar) es el hecho de que parece ser que esta solo afecta a deportistas de alto nivel, ya que como se vio en el estudio realizado por Tsoukos et al. (2016) únicamente el grupo con unos valores de salto con contra-movimiento (CMJ) basales de más de 42cm se vio beneficiado de este tipo de protocolo, mientras que en el grupo con valores de salto basales inferiores a 42cm, denominados “*low jumpers*” no se observó ninguna mejora significativa.

Por ello, y debido a la enorme heterogeneidad de nivel que se pueden encontrar los profesionales del ámbito en sus deportistas, se han buscado diferentes alternativas en la utilización del fenómeno de PAP, entre las cuales podemos destacar el *French Complex*.

El *French Complex* fue introducido por primera vez en el mundo del atletismo por Gilles Cometti (Dietz & Peterson, 2012), a pesar de que hoy en día se utiliza también en otros deportes que requieren de un alto nivel de producción de potencia, tales como el baloncesto o el fútbol americano. Este método consiste en la realización de cuatro ejercicios, uno tras otro, tras los cuales se realiza un periodo de descanso para disipar los efectos de la fatiga. Los ejercicios consisten en un primer ejercicio de sobrecarga realizado con cargas altas, cercanas al 1-RM en dicho ejercicio, seguido por un ejercicio de pliometría tras el cual se realiza otro ejercicio de sobrecarga con cargas cercanas al 50% del peso corporal del deportista y por último, otro ejercicio de pliometría.

A día de hoy, no existe ninguna investigación que analice los efectos de este tipo de protocolo, por lo que el objetivo de este estudio es aclarar dichos efectos, así como establecer una aplicación concreta del protocolo.

MÉTODOS

PARTICIPANTES

17 deportistas recreacionales (edad: 21.7 ± 1.7 años, altura: 178.9 ± 4.6 cm, peso: 79.7 ± 4.1 kgs), participaron en el estudio. Todos los participantes fueron informados de los procedimientos y riesgos derivados del estudio y dieron su aprobación para participar a través de la firma del consentimiento informado. Este estudio fue aprobado por el comité de ética de Investigación con Seres Humanos de la Universidad del País Vasco UPV/EHU (acta 85/2017) y cumplió con los estándares éticos de la Declaración de Helsinki (Hortaleza, 2013). Los criterios de inclusión para poder tomar parte en el estudio incluían un mínimo de 2 años de experiencia en el entrenamiento con pesas, además de ser capaces de realizar un salto con contramovimiento (CMJ) de al menos 30 cm. Por otro lado, todos los participantes demostraron ser capaces de realizar los ejercicios presentados de manera correcta con la técnica indicada por los investigadores, tanto en la realización de los ejercicios que componen el *French Complex* como en la de los ejercicios utilizados para realizar las mediciones.

Tabla 1. Media y desviaciones estándar de los diferentes valores de los sujetos que participaron en el estudio.

CARACTERÍSTICAS DE LOS SUJETOS	
	Media + SD
Número de sujetos (<i>n</i>)	17
Edad (años)	21.7 ± 1.7
Altura (cm)	178.9 ± 4.6
Peso (kg)	79.7 ± 4.1
1-RM en Sentadilla (kg)	136.9 ± 23.9
CMJ (cm)	39.9 ± 7.4

1-RM, una repetición máxima; **CMJ**, salto de contramovimiento; **SD**, desviación estándar.

PROCEDIMIENTOS

Los participantes no realizaron ningún otro entrenamiento durante las 24 horas previas al estudio. Tras la medición de la estatura y la masa corporal los participantes realizaron un calentamiento estandarizado, el cual consistía en 5 minutos de carrera continua en tapiz rodante a 8km/h, seguidos de 5 minutos de estiramientos dinámicos, con un mayor énfasis en estirar la musculatura implicada en la sentadilla y el CMJ, tal y como se ha hecho en estudios anteriores (Tsoukos et al., 2016).

Tras la realización del calentamiento, los participantes realizaron 4 series de aproximación de una única repetición en el ejercicio de sentadilla, aplicando la mayor velocidad voluntaria en cada repetición. Las repeticiones de las series de aproximación fueron grabadas a través de la aplicación PowerliftApp, a través de la cual se realizó una estimación del 1RM en dicho ejercicio (Jidovtseff, Harris, Crielaard & Cronin, 2011; Jovanović & Flanagan, 2014; Balsalobre-Fernández, Marchante, Muñoz-López & Jiménez, 2017). Se realizaron descansos de 150 segundos para asegurar que los descansos permitían una recuperación completa entre cada repetición.

Una vez realizada la estimación del 1-RM en la sentadilla, los participantes descansaron 150s y realizaron la medición del CMJ basal. Para dicha medición, se realizaron 3 saltos, de los cuales se tomó únicamente el mejor, como se ha realizado en otros estudios del mismo ámbito (Tsoukos et al., 2016)

60s después de la medición del CMJ basal, los participantes realizaron el protocolo de potenciación. 5 minutos después de realizar cada serie se midió el CMJ (medido a través de una única repetición) e inmediatamente después de realizar dicha medición, los sujetos comenzaron la próxima serie.

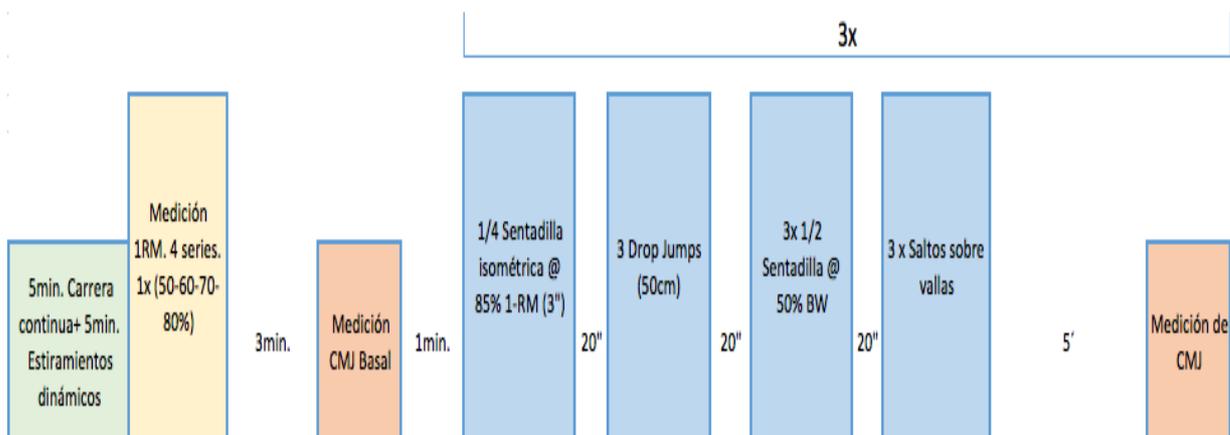


Figura 1. Distribución de las actividades realizadas durante el estudio, desde el calentamiento hasta su finalización. Elaboración propia.

PROTOCOLO

En primer lugar, los sujetos realizaron una única sentadilla parcial isométrica, mantenida durante 3 segundos al 85% de su 1-RM en el ejercicio de sentadilla completa. Se indicó a los participantes apretar la musculatura tan fuerte como fuera posible durante la realización del ejercicio. La angulación a la que los sujetos realizaron la fase isométrica del ejercicio fue la misma angulación en la que estos partían a la hora de realizar el salto vertical.

Tras la realización de la sentadilla, los sujetos descansaron 20 segundos. Una vez pasados dichos 20 segundos, se realizaron 3 *Drop Jumps* (DJ) desde un cajón de una altura de 50cm. Se indicó a los sujetos que minimizaran el tiempo de contacto con el suelo mientras que trataban de maximizar la altura alcanzada en cada salto.

Una vez realizados los saltos, se descansó durante otros 20 segundos, tras los cuales los sujetos realizaron 3 repeticiones de media sentadilla (90° de angulación de rodillas) con el 50% de su peso corporal. Durante este ejercicio se les indicó a los participantes realizarlo a la máxima velocidad voluntaria.

Por último, y tras otros 20 segundos de descanso tras la realización de las medias sentadillas, los sujetos realizaron 3 saltos sobre vallas. La distancia

entre vallas fue de 1,5m y la altura de estas de 50cm. Se indicó a los sujetos que minimizaran el tiempo de contacto con el suelo.

Tras la realización de los 4 ejercicios, los sujetos descansaron 5 minutos, tras los cuales se hizo la medición del CMJ. Una vez medido el salto vertical, los participantes realizaron de nuevo el protocolo, el cual se repitió un total de 3 veces.

MEDICIONES

Medición de Fuerza

Tras la realización del calentamiento, los participantes realizaron 4 series de aproximación de una única repetición en el ejercicio de sentadilla, aplicando la mayor velocidad voluntaria en cada repetición con el 50%, 60%, 70% y 80% del 1-RM aproximado según sus registros de entrenamiento. Las repeticiones de las series de aproximación fueron grabadas utilizando la aplicación PowerliftApp a una velocidad de 240fps (Balsalobre-Fernández, Marchante, Muñoz-López & Jiménez, 2017), a través de la cual se realizó un perfil de fuerza-velocidad individual y mediante una regresión lineal de dicho perfil, se realizó una estimación del 1-RM en dicho ejercicio (Jovanović & Flanagan, 2014). Se realizaron descansos de 150 segundos para así asegurar una recuperación completa entre cada repetición.

Para la medición del 1-RM de los participantes se midió el rango de movimiento (ROM) en dicho ejercicio. Para ello, se utilizó el protocolo de medición propuesto por Balsalobre-Fernández, Marchante, Muñoz-López & Jiménez (2017) en su estudio, en el cual se mide a través de una cinta métrica la distancia en centímetros entre la barra (en la posición inicial del movimiento) y el suelo (Pos.1) y la distancia entre la barra (en la posición de máxima flexión del ejercicio) y el suelo (Pos.2). Una vez establecidos dichos parámetros se resta la Pos.2 a la Pos.1, lo cual nos indica el ROM en centímetros.

Teniendo el ROM del ejercicio y el tiempo que tarda el sujeto en realizarlo, la aplicación calcula la velocidad media del levantamiento, la cual se

utiliza para medir el 1-RM del deportista a través de su perfil de fuerza-velocidad en dicho movimiento (Jovanović & Flanagan, 2014).

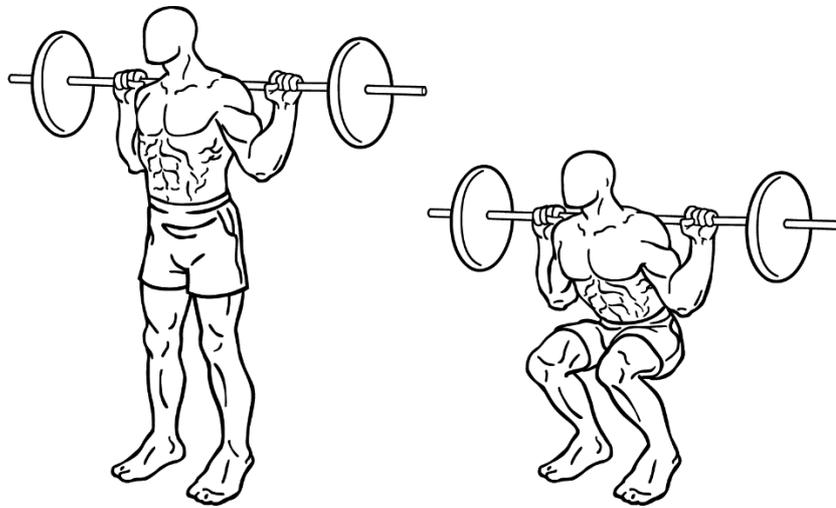


Figura 2. Descripción gráfica del ejercicio de sentadilla. Extraído de Wikipedia (2017).

CMJ

Para la medición del CMJ se utilizó la aplicación para móvil MyJump (Balsalobre-Fernández, Glaister & Lockey, 2015). Todos los saltos fueron grabados a una velocidad de 240fps. Tras al menos 2 segundos en la posición inicial, en la que los expertos certificaban que las manos se encontraban en contacto con la cintura, los participantes realizaban un salto con contramovimiento, descendiendo hasta una posición auto seleccionada, para después explotar hacia arriba tratando de saltar lo máximo posible.

Los participantes fueron instruidos a caer con las piernas totalmente extendidas y a mantener los brazos en jarra durante todo el movimiento. En caso de que estos dos requisitos no se cumplieran, el salto se daba por nulo (Kilduff et al. 2009).

Se realizaron un total de 6 saltos: 3 saltos para realizar la medición del salto de base con 30 segundos de recuperación entre cada uno de ellos, de los cuales únicamente se tomó el mejor, y 3 saltos para medir los efectos del protocolo, uno por cada serie realizada.

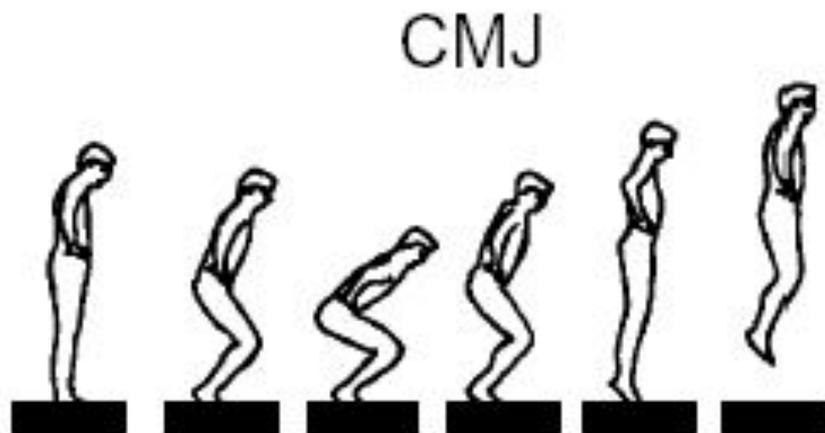


Figura 3. Descripción gráfica de un salto con contramovimiento (CMJ). Extraído de Evidence Based Practice (2017).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El tratamiento estadístico se realizó utilizando el programa de análisis de datos Statistical Package for Social Sciences-SPSS 21.0 (IMB, EEUU). Se realizó una estadística descriptiva para el análisis del conjunto de variables estudiadas, presentándose los valores de los resultados como media y desviación estándar ($X \pm SD$). Se comprobó la normalidad de los datos en cada una de las variables mediante la prueba *W de Shapiro-Wilk* y la homogeneidad de varianzas mediante el estadístico de *Levene*. Los efectos del protocolo de potenciación, así como la comparativa entre los efectos de cada una de las series respecto a los valores basales fueron determinados a través de una ANOVA para muestras relacionadas.

Por último, para comparar los efectos del *French Complex* respecto a los efectos observados en la literatura a través del uso de la PT se realizó un análisis de la magnitud de las diferencias (tamaño del efecto, del inglés *effect size*, ES) por medio de la prueba *d de Cohen* (Cohen, 1988). Las diferencias fueron interpretadas como pequeñas (>0.2 y <0.6), moderadas (≥ 0.6 y <1.2), grandes (≥ 1.2 y <2) o muy grandes (≥ 2.0 y <4) según la escala propuesta por

Hopkins *et al* (2009). El límite superior de significación para todos los test se estableció para $P < 0.05$.

RESULTADOS

La Tabla 1 describe las características de los participantes en este estudio, los cuales tienen una media de edad de 21.7 ± 1.7 años, una masa corporal de $79,8 \pm 4.1$ kgs y una estatura de 178.9 ± 4.6 cm. El 1-RM de los sujetos en el ejercicio de sentadilla profunda fue de 136.9 ± 23.9 kgs, mientras que la capacidad de salto, medida a través del CMJ, fue de 39.9 ± 7.4 cm.

En la Figura 4 se muestra el cambio en los valores de CMJ a través de la realización de las diferentes series del *French Complex*. Los valores de la primera serie, mejoraron significativamente respecto a los valores basales en un $5.1 \pm 1.1\%$, desde 39.9 ± 7.4 cm hasta 41.9 ± 7.4 cm ($p < 0.001$).

A través de la segunda serie también se vio una mejoría significativamente superior respecto a los valores basales y a la primera serie, en un $6.8 \pm 1.8\%$, desde 39.9 ± 7.4 cm hasta 42.9 ± 7.3 cm ($p < 0.001$) y en un $2.3 \pm 1.6\%$ ($p < 0.05$), desde 41.9 ± 7.4 cm hasta 42.9 ± 7.3 cm respectivamente.

Por último, los valores de la tercera serie también se vieron aumentados respecto a los valores basales, en un $8.5 \pm 2.9\%$, desde 39.9 ± 7.4 cm hasta 43.1 ± 7.2 cm ($p < 0.001$), pero en este caso no se vio una mejoría significativamente superior respecto a los valores obtenidos a través de la serie anterior.

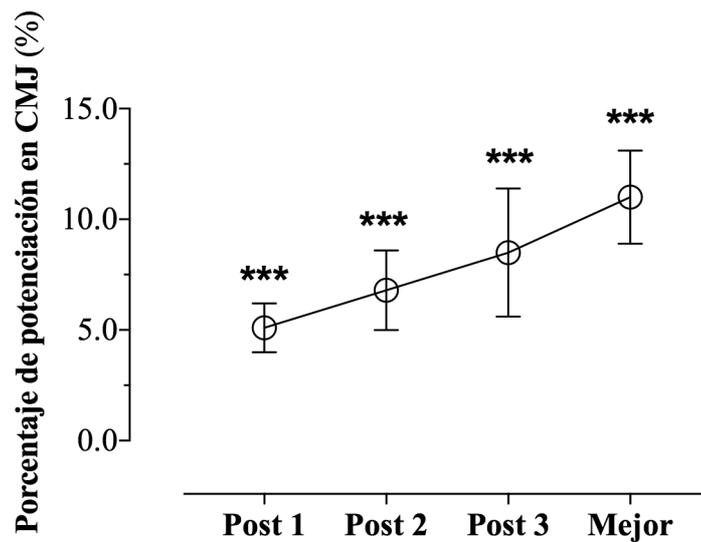


Figura 4. Porcentaje de mejora aguda en el CMJ tras la realización de cada una de las series del protocolo *French Complex* y el porcentaje de mejora de los valores máximos obtenidos por cada uno de los sujetos en las diferentes series. ***, Diferencia con respecto a valores basales, $p < 0.001$.

En la Figura 5 se presenta una comparación entre los efectos producidos a través de este método frente a aquellos observados a través del método de potenciación tradicional (a través de un único ejercicio con cargas altas) en la literatura (Tsoukos et al., 2016). En ella se muestra que los resultados obtenidos son estadísticamente superiores a través del uso del *French Complex*, tanto en el caso de la primera serie (ES = 0.52; Tamaño del efecto pequeño), como en el caso de la segunda (ES = 0.99; Tamaño del efecto moderado) y de la tercera (ES = 1.61; Tamaño del efecto grande).

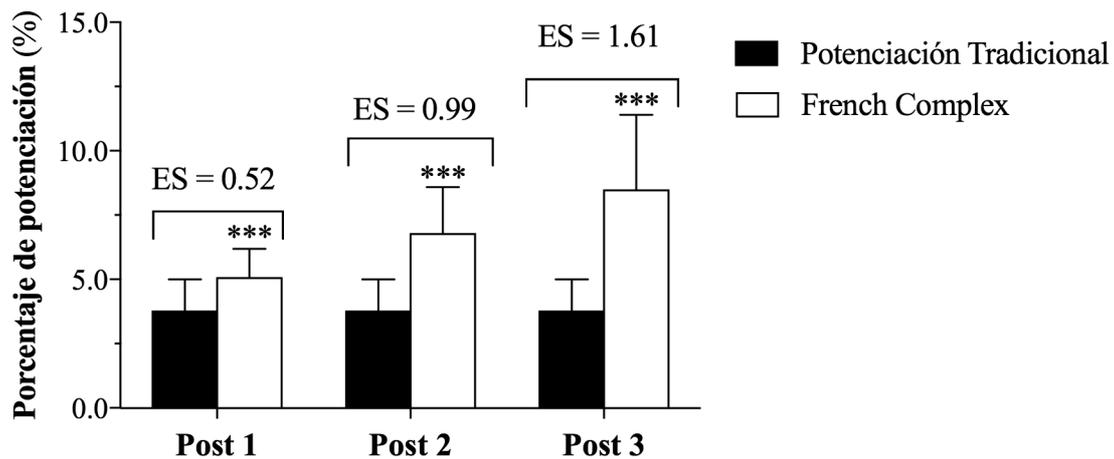


Figura 5. Comparación del porcentaje de mejora aguda lograda a través de cada una de las series realizadas en el *French Complex* (Barras blancas) y a través de la Potenciación Tradicional (Barras negras). ***, Diferencia con respecto a valores basales, $p < 0.001$.

Por otro lado, a través de una comparativa realizada entre los resultados obtenidos en el *French Complex* respecto al grupo “*High Jumpers*” de dicho estudio, los cuales concluyen que logran una potenciación mayor que aquellos saltadores de menor nivel, se muestra que en este caso también el efecto de potenciación logrado a través del *French Complex* es estadísticamente superior (ES = 0.85; Tamaño del efecto moderado) tal y como se puede ver en la Figura 6.

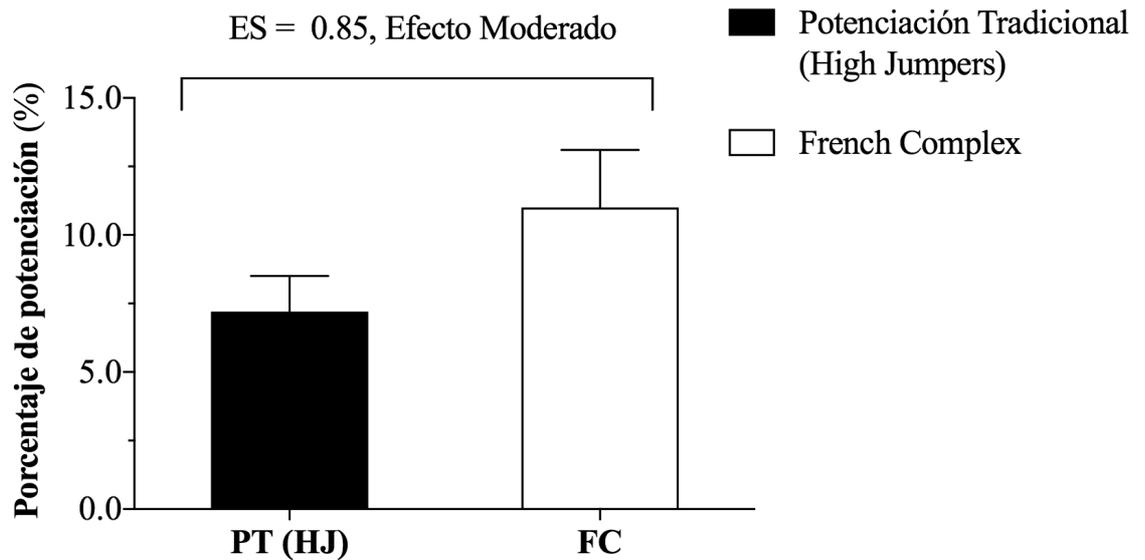


Figura 6. Comparación del porcentaje de mejora aguda lograda a través de la serie de máxima potenciación en cada sujeto en el *French Complex* (Barras blancas) y a través de la Potenciación Tradicional (Barras negras).

DISCUSIÓN

El principal descubrimiento de este estudio fue que el *French Complex* ha resultado ser un método a través del cual se puede mejorar de manera aguda la capacidad de salto vertical de los deportistas. Además, otro de los hallazgos resultantes de este estudio fue que la potenciación parece necesitar de la realización de más de una única serie para alcanzar los valores máximos.

Por otro lado, al contrario de lo que se ha visto en otros estudios en los que únicamente los sujetos de más alto nivel eran capaces de beneficiarse de los efectos de la potenciación (Tsoukos et al., 2016; Chiu et al., 2003), en este estudio no se ha observado ningún tipo de división entre sujetos de diferentes niveles, por lo que puede utilizarse tanto con deportistas amateurs como con aquellos de más alto nivel.

Tal y como muestra la Figura 4, el efecto de la potenciación aumenta a medida que se realizan más series, hasta que a partir de la segunda serie no se observa una mejoría significativa a través de la realización de mayor cantidad de trabajo, por lo que parece ser que el uso de únicamente 2 series podría ser lo idóneo de cara a maximizar los resultados y optimizar el tiempo utilizado en ello.

La razón de que a partir de cierto punto el hecho de añadir más series no sea beneficioso podría deberse a la fatiga derivada al aumento de trabajo total. Esta suposición cobraría sentido si tenemos en cuenta la investigación realizada por Hodgson, Docherty & Robbins (2005) en la que se describe como los efectos observados son el resultado del balance entre la fatiga y la potenciación, por lo que es posible que el aumento del trabajo total eleve los niveles de fatiga hasta un punto en el cual no de tiempo a que estos se disipen antes que aquellos efectos que producen la potenciación.

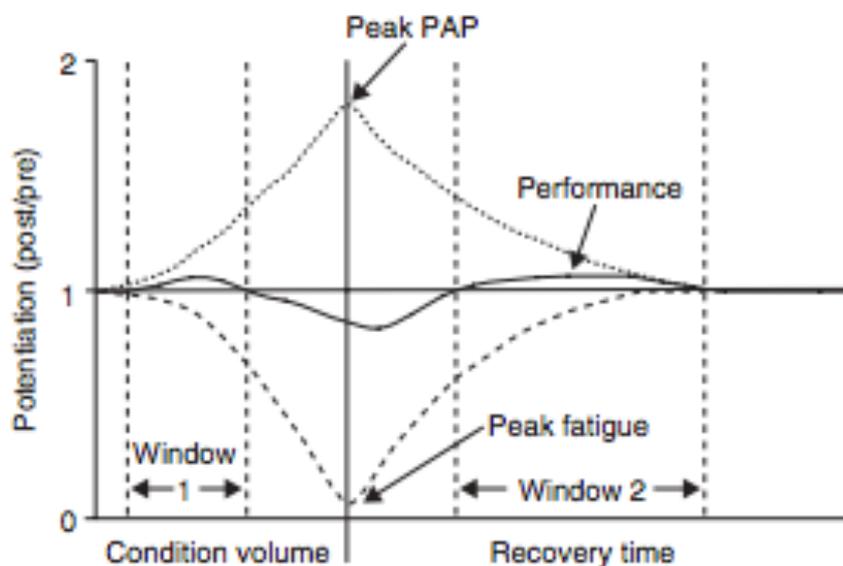


Figura 7. Modelo hipotético de la relación entre la PAP y la fatiga tras la realización del esfuerzo. Extraído de Tillin & Bishop (2009)

En la figura 7 se muestra la posible relación entre los procesos de fatiga y de PAP tras la realización de un protocolo de potenciación. En ella se describe cómo cuando el volumen de la actividad es relativamente bajo, los

procesos de potenciación son superiores a los de fatiga, por lo que la actividad subsiguiente se verá afectada positivamente. En cambio, cuando el volumen del protocolo es excesivamente alto, la fatiga se vuelve dominante, por lo que la actividad subsiguiente no variará respecto a los niveles basales o se verá afectada de manera negativa (Tillin & Bishop, 2009).

En la Figura 5 se presenta la comparativa realizada entre los efectos derivados del *French Complex* y aquellos obtenidos a través del uso de la potenciación tradicional. En ella se muestra que cuando no se realiza una división en el nivel de los participantes, el *French Complex* logra unos efectos superiores en cada una de sus series respecto a los obtenidos a través de la potenciación tradicional (Tsoukos et al., 2016). De tal manera, el *French Complex* es capaz de lograr en deportistas de cualquier nivel no solo un grado de potenciación mayor, sino es capaz de conseguirlo en menos tiempo que la potenciación tradicional (*French Complex*: 5min; potenciación tradicional: 12min).

Por otro lado, en la Figura 6 se muestra que cuando se comparan los datos obtenidos a través del *French Complex* con los obtenidos por el grupo de “*High Jumpers*” que realizaron la potenciación tradicional, los resultados máximos obtenidos a través del *French Complex* también son superiores a los observados a través de la potenciación tradicional ($11 \pm 6.3\%$ en el *French Complex* respecto a $7.2 \pm 1.3\%$ en la potenciación tradicional) (Tsoukos et al., 2016).

Una de las posibles explicaciones de que a través de la utilización del *French Complex* se obtienen resultados superiores a aquellos logrados a través de la PT es que esta última no parece incidir de ninguna manera en el ciclo de estiramiento acortamiento, el cual es capaz de mejorar el rendimiento en el salto vertical (Komi, 2008). La realización del *French Complex*, en cambio, a través de la inclusión de los ejercicios pliométricos, es capaz de activar dicho mecanismo (Bosco, Viitasalo, Komi & Luhtanen, 1982)

En acciones como el salto o la carrera se da una contracción excéntrica a través del estiramiento del músculo previo a la contracción concéntrica. La unión de dichas acciones se conoce como ciclo de estiramiento acortamiento o CEA. Se ha visto que si la transición entre la fase excéntrica y la fase concéntrica es breve, el CEA resulta en un incremento del rendimiento respecto a acciones puramente concéntricas (Komi, 2008) (Figura 5).

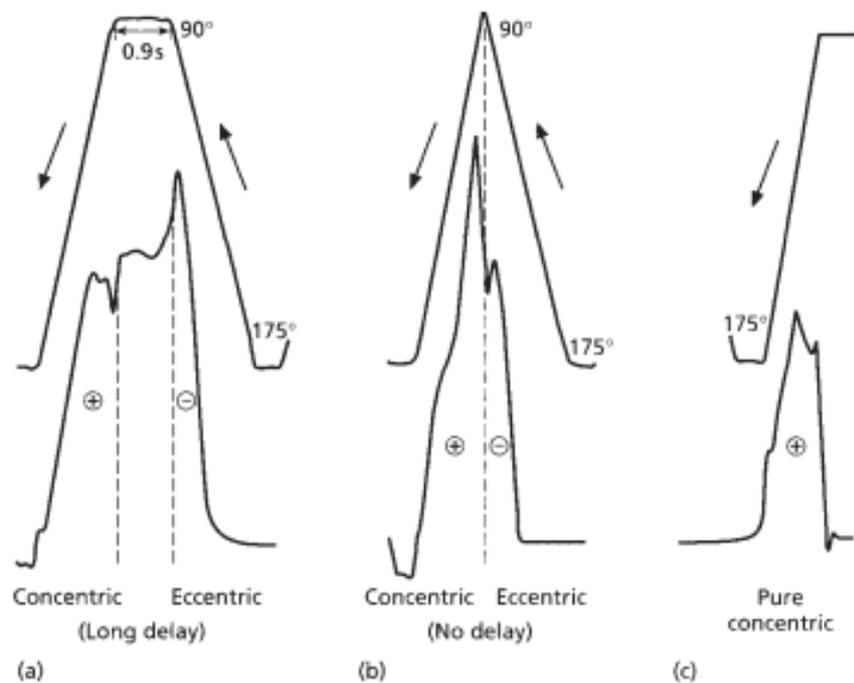


Figura 8. Descripción gráfica de la importancia de una transición breve entre la fase excéntrica y concéntrica (b) de cara a mejorar el rendimiento respecto a una transición larga (a) y una acción puramente concéntrica. Extraído de Komi (2008).

Los principales mecanismos que se han propuesto como explicación del aumento de producción de fuerza y potencia derivado del CEA son el aprovechamiento de energía elástica y la activación del reflejo de estiramiento del músculo (Bosco et al., 1982).

A través del estiramiento rápido del músculo, la energía elástica en los componentes musculotendinosos es almacenada. Si dicho estiramiento muscular es seguido de una contracción concéntrica, la energía que ha sido

previamente almacenada se libera, aumentando de esta manera la producción total de fuerza (Cavagna, Saibene, & Margaria, 1965).

El reflejo de estiramiento, por su parte, es la respuesta involuntaria del organismo ante un estímulo externo que estira el músculo (Matthews, 1990). Dicho reflejo se fundamenta en la actividad de los husos musculares. Los husos musculares son unos órganos propioceptores que ofrecen información sobre la longitud y la velocidad de cambio de la longitud del músculo, de tal manera que cuando la longitud del músculo aumenta, el huso muscular se estira (Baechle & Earle, 2007). Cuando estos órganos son estirados debido al estiramiento rápido del músculo, como ocurre en las acciones pliométricas, la actividad muscular del músculo agonista aumenta de manera refleja, lo que potencia la fuerza total producida por el músculo (Matthews, 1990).

APLICACIONES PRÁCTICAS

A través de este estudio el *French Complex* ha demostrado ser un protocolo de potenciación del salto vertical efectivo tanto en deportistas de alto nivel como en deportistas de más bajo nivel, por lo que podría utilizarse como actividad de acondicionamiento tras el calentamiento, para así aumentar de manera aguda la producción de fuerza del tren inferior.

Parece ser que la realización de dos series es suficiente de cara a maximizar los resultados, aunque debido a que la potenciación máxima no se da en el mismo momento con todos los sujetos, creemos que sería conveniente realizar una serie de pruebas con el deportista para determinar su momento máximo de potenciación y así poder individualizar al máximo en la utilización del protocolo y sacarle el máximo partido.

CONCLUSIONES

Los participantes en deportes que requieran de una alta producción de fuerza en un periodo de tiempo limitado, como es el caso de los deportes de equipo, combate o pista entre otros, se beneficiarían de la inclusión del *French*

Complex en sus rutinas de entrenamiento, debido al aumento de la calidad que este ofrece sobre el entrenamiento.

Los resultados de este estudio abren una nueva vía de estudio sobre la PAP a través de un novedoso protocolo de potenciación en el que se combina el uso de ejercicios con sobrecargas y actividades pliométricas como actividad de acondicionamiento.

Por ello, deberían realizarse futuras investigaciones ahondando en este tipo de protocolo de manera que se pueda establecer un periodo de descanso óptimo para maximizar los efectos de la PAP, ya que en este estudio solo se midió el salto tras 5 minutos de descanso.

Teniendo en cuenta que tras la segunda serie los efectos no se vieron significativamente incrementados probablemente debido a un incremento en la fatiga acumulada, en este caso por el aumento de la carga de trabajo total, es posible que un aumento de los periodos de descanso supusieran unos efectos de potenciación superiores debido a una mayor disipación de la fatiga.

Por otro lado, sería interesante la realización de otras investigaciones que midieran no solo los efectos agudos del protocolo, sino que fueran más allá, realizando un análisis de los efectos a medio y largo plazo que se podrían obtener a través de la inclusión del *French Complex* en un programa de entrenamiento estructurado.

Por último, otro de los aspectos a evaluar es el tipo de efectos que un protocolo como este podría tener en otra de las acciones más determinantes en una gran cantidad de deportes, el sprint. En ese caso, y teniendo en cuenta la especificidad de las adaptaciones de la fuerza respecto a la dirección en la que esta es aplicada, sería necesario adaptar los ejercicios, sustituyéndolos por otros ejercicios que apliquen la fuerza en el eje horizontal.

BIBLIOGRAFÍA

Adams, K., O'shea, J. P., O'shea, K. L., & Climstein, M. (1992). The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *The Journal of strength & conditioning research*, 6(1), 36-41.

Alves, J. M. V. M., Rebelo, A. N., Abrantes, C., & Sampaio, J. (2010). Short-term effects of complex and contrast training in soccer players' vertical jump, sprint, and agility abilities. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(4), 936-941.

Baechle, T. R., & Earle, R. W. (2007). *Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico*. Ed. Médica Panamericana.

Baker, D. (1996). Improving Vertical Jump Performance Through General, Special, and Specific Strength Training: A Brief Review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 10(2), 131-136.

Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of sports sciences*, 33(15), 1574-1579.

Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Muñoz-López, M., & Jiménez, S. L. (2017). Validity and reliability of a novel iPhone app for the measurement of barbell velocity and 1RM on the bench-press exercise. *Journal of Sports Sciences*, 1-7.

Bevan, H. R., Cunningham, D. J., Tooley, E. P., Owen, N. J., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2010). Influence of postactivation potentiation on sprinting performance in professional rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 701-705.

Bosco, C., Viitasalo, J. T., Komi, P. V., & Luhtanen, P. (1982). Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiologica*, 114(4), 557-565.

Cavagna, G. A., Saibene, F. P., & Margaria, R. (1965). Effect of negative work on the amount of positive work performed by an isolated muscle. *Journal of Applied Physiology*, 20(1), 157-158.

Channell, B. T., & Barfield, J. P. (2008). Effect of Olympic and traditional resistance training on vertical jump improvement in high school boys. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1522-1527.

Chiu, L. Z., Fry, A. C., Weiss, L. W., Schilling, B. K., Brown, L. E., & Smith, S. L. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally

trained individuals. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(4), 671-677.

Christou, M., Smilios, I., Sotiropoulos, K., Volaklis, K., Piliandis, T., & Tokmakidis, S. P. (2006). Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(4), 783-791.

Docherty, D., & Hodgson, M. J. (2007). The application of postactivation potentiation to elite sport. *International journal of sports physiology and performance*, 2(4), 439-444.

Ebben, W. (2002). Complex training: A brief review. *Journal of sports science & medicine*.

Ebben, W. P., & Watts, P. B. (1998). A Review of Combined Weight Training and Plyometric Training Modes: Complex Training. *Strength & Conditioning Journal*, 20(5), 18-27.

Evidence Based Practice. (2017). *Plyometric Training for Soccer Players – The Counter-Movement Jump*. [online] Available at: <https://markogradyblog.wordpress.com/using-plyometrics-to-train-soccer-players-the-counter-movement-jump/> [Accessed 31 May 2017].

Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Leontsini, D., Taxildaris, K., Aggelousis, N., Kostopoulos, N., & Buckenmeyer, P. (2000). Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(4), 470-476.

Fouré, A., Nordez, A., & Cornu, C. (2010). Plyometric training effects on Achilles tendon stiffness and dissipative properties. *Journal of Applied Physiology*, 109(3), 849-854.

García-Pinillos, F., Martínez-Amat, A., Hita-Contreras, F., Martínez-López, E. J., & Latorre-Román, P. A. (2014). Effects of a contrast training program without external load on vertical jump, kicking speed, sprint, and agility of young soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(9), 2452-2460.

Grange, R. W., Vandenboom, R., & Houston, M. E. (1993). Physiological significance of myosin phosphorylation in skeletal muscle. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 18(3), 229-242.

Güllich, A., & Schmidtbleicher, D. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Studies in Athletics*, 11, 67-84.

Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation. *Sports Medicine*, 35(7), 585-595.

Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation. *Sports Medicine*, 35(7), 585-595.

Jidovtseff, B., Harris, N. K., Crielaard, J. M., & Cronin, J. B. (2011). Using the load-velocity relationship for 1RM prediction. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 267-270

Kilduff, L. P., Owen, N., Bevan, H., Bennett, M., Kingsley, M. I., & Cunningham, D. (2008). Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. *Journal of sports sciences*, 26(8), 795-802.

Kitago, T., Mazzocchio, R., Liuzzi, G., & Cohen, L. G. (2004). Modulation of H-reflex excitability by tetanic stimulation. *Clinical neurophysiology*, 115(4), 858-861.

Komi, P. V. (2008). Stretch-shortening cycle. *Strength Power Sport*. Oxford: Balckwell Science, 184-201.

Kubo, K., Kawakami, Y., & Fukunaga, T. (1999). Influence of elastic properties of tendon structures on jump performance in humans. *Journal of applied physiology*, 87(6), 2090-2096.

Kubo, K., Morimoto, M., Komuro, T., Tsunoda, N., Kanehisa, H., & Fukunaga, T. (2007). Influences of tendon stiffness, joint stiffness, and electromyographic activity on jump performances using single joint. *European journal of applied physiology*, 99(3), 235-243.

Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British journal of sports medicine*, 41(6), 349-355.

Matavulj, D., Kukolj, M., Ugarkovic, D., Tihanyi, J., & Jaric, S. (2001). Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 41(2), 159.

Matthews, P. B. (1990). The 1989 James AF Stevenson memorial lecture. The knee jerk: still an enigma?. *Canadian journal of physiology and pharmacology*, 68(3), 347-354.

Nuzzo, J. L., McBride, J. M., Cormie, P., & McCaulley, G. O. (2008). Relationship between countermovement jump performance and multijoint isometric and dynamic tests of strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 699-707.

Robbins, D. W. (2005). POSTACTIVATION POTENTIATION AND ITS PRACTICAL APPLICABILITY. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(2), 453-458.

Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. *Exercise and sport sciences reviews*, 30(3), 138-143.

Santos, E. J., & Janeira, M. A. (2008). Effects of complex training on explosive strength in adolescent male basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 903-909.

Squat (exercise). (2017, May 19). In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*.

Retrieved 20:30, May 31, 2017,

from [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Squat_\(exercise\)&oldid=781147996](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Squat_(exercise)&oldid=781147996)

Sweeney, H. L., Bowman, B. F., & Stull, J. T. (1993). Myosin light chain phosphorylation in vertebrate striated muscle: regulation and function. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 264(5), C1085-C1095.

Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports medicine*, 39(2), 147-166.

Tsoukos, A., Bogdanis, G. C., Terzis, G., & Veligekas, P. (2016). Acute improvement of vertical jump performance after isometric squats depends on knee angle and vertical jumping ability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(8), 2250-2257.

Young, W., McLean, B., & Ardagna, J. (1995). Relationship between strength qualities and sprinting performance. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 35(1), 13-19.

ANEXOS

INFORME DEL COMITÉ DE ÉTICA



NAZIOARTEKO
BIKANTASUN
CAMPUSA
CAMPUS DE
EXCELENCIA
INTERNACIONAL

IKERKETA SAILEKO ERREKTOREORDETZA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

GIZAKIEKIN ETA HAUEN LAGIN ETA DATUEKIN EGINDAKO IKERKETEI BURUZKO ETIKA BATZORDEAREN (GIEB-UPV/EHU) TXOSTENA

M^a Jesús Marcos Muñoz andreak, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitateko (UPV/EHU) GIEBeko idazkari gisa,

ZIURTATZEN DU

Ezen gizakiekin egindako ikerkuntzaren etika batzorde honek, GIEB-UPV/EHU, (2014/2/17ko 32. EHAA)

Balioetsi duela ondoko ikertzailearen proposamen hau:

Jordan Santos Concejero andreak, M10_2016_327, honako ikerketa proiektu hau egiteko:
"Análisis del método de contrastes francés como método de potenciación del salto vertical"

Eta aintzat hartuta ezen

1. Ikerketa justifikatuta dago, bere helburuei esker jakintza areagotu eta gizarteari onura ekarriko baitio, ikerlanak lekartzakeen eragozpen eta arriskuak arrazolizko izanik.
2. Ikertzaile taldearen gaitasuna eta erabilgarri dituzten baliabideak aproposak dira proiektua gauzatzeko.
3. Ikerketaren planteamendua bat dator era honetako ikerkuntza egin ahal izateko baldintza metodologiko eta etikoekin, ikerkuntza zientifikoaren praktika egokien irizpideei jarraiki.
4. Indarreko arauak betetzen ditu, ikerketa egin ahal izateko baimenak, akordioak edo hitzarmenak barne.

Aldeko Txostena eman du 2017ko otsailaren 23n egin duen bileran (85/2017akta) aipatutako ikerketa proiektua ondoko ikertzaileek osatutako taldeak egin dezan:

Jordan Santos Concejero
Joseba Andoni Hernández

Eta halaxe sinatu du Leioan, 2017ko martxoaren 2an

M^a Jesús Marcos Muñoz
GIEB-UPV/EHUko idazkari teknikoa
Secretaría Técnica del CEISH-UPV/EHU

INFORME DEL COMITÉ DE ÉTICA PARA LAS INVESTIGACIONES CON SERES HUMANOS, SUS MUESTRAS Y SUS DATOS (CEISH-UPV/EHU)

M^a Jesús Marcos Muñoz como Secretaria del CEISH de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

CERTIFICA

Que este Comité de Ética para la Investigación con Seres Humanos, CEISH-UPV/EHU, BOPV 32, 17/2/2014,

Ha evaluado la propuesta del investigador:
D. Jordan Santos Concejero, M10_2016_327, para la realización del proyecto de investigación: "Análisis del método de contrastes francés como método de potenciación del salto vertical"

Y considerando que,

1. La investigación está justificada porque sus objetivos permitirán generar un aumento del conocimiento y un beneficio para la sociedad que hace asumibles las molestias y riesgos previsibles.
2. La capacidad del equipo investigador y los recursos disponibles son los adecuados para realizarla.
3. Se plantea según los requisitos metodológicos y éticos necesarios para su ejecución, según los criterios de buenas prácticas de la investigación científica.
4. Se cumple la normativa vigente, incluidas las autorizaciones, acuerdos o convenios necesarios para llevarla a cabo.

Ha emitido en la reunión celebrada el 23 de febrero de 2017 (acta 85/2017), **INFORME FAVORABLE** a que dicho proyecto de investigación sea realizado, por el equipo investigador:

Jordan Santos Concejero
Joseba Andoni Hernández

Lo que firmo en Leioa, a 2 de marzo de 2017



CONSENTIMIENTO INFORMADO

TÍTULO DEL ESTUDIO: VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE CONTRASTES FRANCÉS COMO MÉTODO DE POTENCIACIÓN DEL SALTO VERTICAL	
INVESTIGADOR PRINCIPAL: ANDONI HERNANDEZ PRECIADO	
Investigador Responsable: JORDAN SANTOS CONCEJERO Departamento: EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA Centro: FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FISICA Y EL DEPORTE	
Tf: 9450135378	E-mail. jordan.santos@ehu.eus

La potenciación post-activación (PAP) es una respuesta del organismo ante un esfuerzo de carácter casi máximo que permite aumentar la cantidad de fuerza producida en movimientos sub-máximos posteriores, los cuales deben mantener cierta similitud biomecánica con el ejercicio potenciador.

El Método de Contrastes Francés, también conocido como "French Complex" o "French Contrast Method", se ha utilizado con el fin de lograr el fenómeno de la potenciación post-activación. A pesar de la amplia utilización de este método, no se encuentra en la literatura científica ningún estudio que valide dicho protocolo, así como ninguno que examine sus efectos. Por ello, el objetivo de este estudio es realizar un análisis de los efectos del Método de Contrastes Francés.

Para ello, se realizarán diferentes test (1RM y Salto vertical) antes de comenzar, durante y tras finalizar el protocolo, de tal manera que se realizará una valoración del efecto de potenciación a través del salto vertical.

Para ello, las mediciones serán las siguientes:

- Test 1RM en sentadilla (a través del perfil de velocidad del sujeto) previo a la realización del protocolo.
- Test de salto vertical (CMJ) pre, intra y post intervención.

Todos los sujetos del estudio participarán en todas las pruebas.

A través de una comparación entre el valor inicial de salto vertical con los valores subsiguientes se demostrará en qué medida es capaz el Método de Contrastes Francés de potenciar el salto vertical.

Los atletas que participen en este trabajo de fin de grado serán atletas de fuerza entrenados y serán mayores de 18 años. Todos los participantes realizarán el mismo protocolo.

INTERVENCIÓN

Previo a realizar la intervención los atletas realizarán un calentamiento general consistente en 5 minutos de carrera continua en tapiz rodante a 8km/h y 5 minutos de estiramientos dinámicos.

Tras el calentamiento general se realizará un calentamiento específico a través del ejercicio "Sentadilla profunda", en el cual se realizarán 2 repeticiones con 50, 70 y 80kgs, con 1 minutos de descanso entre cada serie. La realización de las diferentes repeticiones serán grabadas para medir la velocidad de ejecución de cada una de ellas, de tal manera que se pueda establecer un perfil de fuerza-velocidad en dicho movimiento y establecer el 1RM.

Tras la finalización del calentamiento, se descansará 1 minuto y se procederá a realizar una medición de salto vertical mediante un CMJ. Para ello, se realizará una grabación en video del salto y se calculará la distancia mediante la aplicación MyJump.

Una vez realizada la medición se comenzará con el Método de Contrastes Francés , el cual consiste en 6 series de:

- 1 repetición isométrica durante 5" de ¼ de sentadilla con el 85% del 1RM.
- 3 repeticiones de Drop Jump (DJ) desde una altura de 60cm.
- 3 repeticiones dinámicas realizadas a máxima velocidad intencional de ½ sentadilla con el 60% del 1RM
- 4 saltos asistidos mediante bandas elásticas

El descanso entre ejercicios será de 20 segundos, mientras que entre series será de 5 minutos.

Tras finalizar cada serie se realizarán mediciones de salto vertical mediante un CMJ justo al terminar la serie y tras 2', 4' y 5'. La siguiente serie se comenzará tras realizar la medición del minuto 5.

Mediante el siguiente test se determinará la capacidad de salto:

- CMJ (Countermovement Jump): mide la fuerza explosiva elástica. El sujeto deberá ejecutar un salto vertical después de un rápido contramovimiento hacia abajo, partiendo de una posición erguida, los pies alineados en el suelo y con las manos en la cintura.

El equipo investigador cumplirá estrictamente la legislación en materia de protección de datos, en concreto los preceptos de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre de protección de datos de carácter personal y el Real Decreto 1029/2007 sobre medidas de seguridad. Los datos recogidos en las encuestas entrarán a formar parte del fichero " TRABAJOS FIN DE GRADO JSC" (no 2080310017-INA0009) cuyo titular es la UPV/EHU y cuya finalidad es la descrita en el presente documento. En todo caso, en cualquier momento puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición dirigiéndose al Responsable de Seguridad LOPD de la UPV/EHU (lopdp@ehu.es).

Puede consultar el reglamento de protección de datos personales de la UPV/EHU en "www.ehu.es/babestu". Los resultados de las pruebas serán tratados en ordenadores de la UPV/EHU previa disociación de los datos personales, y el acceso a su información personal quedará restringido

únicamente a los investigadores del estudio siempre manteniendo la confidencialidad de los mismos de acuerdo a la legislación vigente.

Mi participación en el estudio no supondrá ningún gasto.

- Comprendo que mi participación es voluntaria.
- Comprendo que puedo retirarme del estudio:
 - o 1. Cuandoquiera
 - o 2. Sin tener que dar explicaciones.
 - o 3. Sin que esto suponga represalias de ningún tipo.
- Participo libremente en el estudio y doy mi consentimiento para el acceso y utilización de mis datos en las condiciones detalladas en la hoja de información.

Yo, D/Dña, mayor de edad, y con D.N.I.,

DECLARO QUE:

- He leído la hoja de información que se me ha entregado.
- He podido hacer preguntas sobre el estudio.
- He recibido suficiente información sobre el estudio.
- Y para que así conste firmo el presente documento en a

Firma del participante:

Nombre: DNI:

Firma del investigador:

Nombre: DNI:

**En caso de necesitar más información o tener alguna duda póngase en contacto con el Dr. Jordan Santos Concejero, tel. 945013538 jordan.santos@ehu.eus