

FACULTAD DE EDUCACIÓN Y DEPORTE
Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Curso: 2021-2022

**EFFECTOS DE UN PROTOCOLO DE PAPE ISOMÉTRICO EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA
REGIÓN DE ESTANCAMIENTO EN EL PRESS DE BANCA**

AUTOR/A: Laura Gutiérrez Lorenzo
DIRECTOR/A: Eneko Fernández Peña

Fecha, 11 de mayo de 2022

ÍNDICE

ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	3
Beneficios del entrenamiento de fuerza.....	3
Powerlifting y press de banca	4
Factores de rendimiento	5
Región de estancamiento.....	6
Post-activation performance enhancement	9
MÉTODOS.....	11
Participantes.....	11
Procedimientos.....	11
Video análisis de la región de estancamiento.....	12
RESULTADOS	13
DISCUSIÓN	15
CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS	16
Tabla 1. Velocidades de los levantamientos	13
Tabla 2. Cambios en las características de la región de estancamiento	15

ABSTRACT

Objetivo: El objetivo de este estudio era analizar si un protocolo de PAPE isométrico en la región de estancamiento modificaba las características de esta en el press de banca agarre medio.

Métodos: 21 participantes entrenados (edad $26,4 \pm 5,42$ años; masa corporal $79,43 \pm 9,72$ kg; altura $176,19 \pm 6,91$ cm; 1 repetición máxima (1RM) en press de banca agarre medio $97,38 \pm 19,78$ kg) llevaron a cabo un protocolo isométrico (ISO) que consistía en hacer 15 contracciones voluntarias máximas en la región de estancamiento del press de banca agarre medio que duraban 1 segundo con 1 segundo de descanso entre contracciones. Las velocidades de los levantamientos fueron recogidas antes del levantamiento experimental y 0, 4, 8, 12 y 16 minutos después usando un encoder lineal. **Resultados:** el 85% de los participantes aumentó la velocidad en algún post- levantamiento experimental mejorando las características de la región de estancamiento. **Conclusiones:** Los resultados de este estudio sugieren que las contracciones isométricas voluntarias máximas de corta duración mejoran la velocidad del levantamiento antes de llegar a la región de estancamiento, lo que facilita el levantamiento. Dado que la PAPE puede lograrse en condiciones de campo mediante contracciones isométricas, un protocolo ISO podría ser una buena estrategia cuando se necesita una potenciación rápida o cuando se necesita minimizar el riesgo de lesión.

Palabras clave: region de estancamiento, PAPE, press de banca, entrenamiento de fuerza

INTRODUCCIÓN

Beneficios del entrenamiento de fuerza

Numerosos estudios han demostrado que sesiones de 12 a 20 series de ejercicio totales de entrenamiento regular de fuerza (dos o tres días no consecutivos por semana) puede aumentar la masa muscular en adultos de todas las edades hasta la décima década de vida (Fatarone et al., 1990; Wayne W. Campbell, 1994).

Esto es importante, dado que la masa muscular disminuye entre un 3% y un 8% cada década después de los 30 años (Flack et al., 2011) con una media de aproximadamente 0,2 kg de peso magro por año (Frontera et al., 2000; Gilbert B Forbes, 1976) y aumenta hasta el 5%-10% cada década después de los 50 años (Marcell, 2003), con una media de aproximadamente 0,4 kg por

año (Nelson et al., 1994). Además de esto, el músculo esquelético, que representa hasta el 40% del peso corporal total, influencia una variedad de factores de riesgos metabólicos como la obesidad, la dislipidemia, la diabetes tipo 2 y algunas enfermedades cardiovasculares (Strasser & Schobersberger, 2011)

Además de los beneficios del entrenamiento de fuerza en la salud física, en una revisión realizada por O'Connor et al. (2010) describieron los beneficios que tenía para la salud mental, como la reducción de los síntomas en la fatiga, la ansiedad y la depresión, el alivio del dolor en personas con osteoartritis, fibromialgia, problemas de la espalda, mejoras en las capacidades cognitivas de los adultos mayores y mejoras en la autoestima.

Hablando de rendimiento deportivo, la importancia del entrenamiento de la fuerza ha sido remarcada en recientes revisiones (Suchomel et al., 2016, 2018). En cuanto a salud músculo-esquelética, puede reducir las lesiones agudas en el deporte en un tercio y lesiones por sobrecarga a casi la mitad (Lauersen et al., 2014). Malone et al. (2019) encontraron que los jugadores con una fuerza relativa mayor en el tren inferior tuvieron un riesgo menor de lesión comparado con jugadores más débiles.

Hay muchos factores que contribuyen al rendimiento deportivo. Mientras que no podemos manipular las características genéticas de un atleta, sí que podemos mejorar la fuerza muscular relativa y absoluta del mismo con el entrenamiento de fuerza (Suchomel et al., 2016). La fuerza es una característica física muy importante para deportes de fuerza y potencia, sobre todo para el powerlifting (Kyle Travis et al., 2020).

Powerlifting y press de banca

El powerlifting es un deporte de fuerza máxima que incluye tres movimientos: la sentadilla, el press de banca y el peso muerto. Los participantes tienen 3 intentos en cada movimiento para levantar el máximo peso posible en una sola repetición mientras respetan las normas de los jueces. Para la sentadilla, el atleta puede empezar el movimiento en cuanto el juez le da la orden de "inicio". Para que la sentadilla sea válida, debe tener la profundidad adecuada. Para eso, la parte superior de las piernas en la articulación de la cadera debe estar por debajo de la parte superior de las rodillas. Una vez consigue realizar el movimiento y bloquear las rodillas, podrá dejar la barra cuando reciba del juez la orden de "soportes". Para ejecutar el press de banca, el levantador tiene que esperar la orden de "inicio" antes de empezar a bajar el peso. Una vez la

barra está quieta en el pecho, el juez dará la orden de “press” para poder empezar a levantar la barra hasta bloquear los codos, antes de recibir la última orden de “soportes” para poder dejar la barra. Durante el peso muerto, el levantador puede empezar el levantamiento en cuanto el juez central tiene el brazo en alto y termina el movimiento en cuanto estabiliza la barra, bloquea las rodillas y la cadera y echa los hombros hacia atrás, recibe la orden de “tierra” y baja la barra de forma controlada (P. M. Ferland & Comtois, 2019).

De los tres jueces que hay, al menos dos deberán dar el movimiento por válido para puntuar. El mejor levantamiento de cada movimiento válido de los 3 ejecutados será el que sumará a la marca final, la que determinará el top 3 de cada categoría de peso (International Powerlifting Federation, n.d.).

El press de banca es un ejercicio que comúnmente forma parte de los programas de fuerza de varios deportes para el desarrollo de la fuerza y la potencia del tren superior (Ebben et al., 2005; SIMENZ et al., 2005; William P. et al., 2004). Se realiza con el deportista en posición supina, apoyado en un banco plano y horizontal. Tradicionalmente, se utiliza una barra libre recta para imponer resistencia, aunque también es posible utilizar diferentes medios con una variedad de máquinas (Arandjelović, 2012). Las principales acciones que tienen lugar durante la fase concéntrica del press de banca son la aducción del húmero en el plano transversal, la extensión del codo y la abducción escapulo torácica, cuyo alcance varía considerablemente en función de la biomecánica del levantador y del estilo de ejecución del ejercicio. (Kompf & Arandjelović, 2017)

Factores de rendimiento

Hay muchos factores que pueden contribuir al rendimiento del 1RM (Repetición máxima) en el press de banca. Se ha visto que hay una fuerte relación entre la masa corporal magra y la masa muscular y el rendimiento en el 1RM (Reya et al., 2021; W.L. Keogh et al., 2009). Aunque la masa corporal magra está formada por la masa muscular esquelética, la masa ósea y otros tejidos orgánicos, se sigue considerando un buen indicador del tamaño muscular (Abe et al., 2012; Brechue & Abe, 2002). Además, la importancia de la masa corporal magra para el éxito del 1RM en el press de banca también se ve respaldada por las fuertes correlaciones entre las circunferencias de la parte superior del brazo y la suma de las áreas de la sección transversal de los músculos principales en el 1RM del press de banca (Reya et al., 2021). En un estudio de Ferland et al. (2020) vieron que las correlaciones más fuertes con las características antropométricas provenían de la fuerza máxima absoluta, sugiriendo que los levantadores de

powerlifting deberían centrarse en aumentar la fuerza máxima absoluta (peso levantado) en lugar de centrarse en aumentar la fuerza máxima relativa. De hecho, encontraron que el peso corporal, el índice de masa corporal (IMC), el porcentaje de grasa corporal, el peso corporal magro, la circunferencia de la cadera, la cintura y el torso, la altura de la cadera, la altura de la cintura y la altura del torso presentaron mayores coeficientes de correlación con la fuerza máxima absoluta que con la fuerza máxima relativa. Por lo tanto, decían que los levantadores de powerlifting deberían considerar la utilización de técnicas de entrenamiento que estimulen la hipertrofia muscular para aumentar todas las características físicas mencionadas anteriormente. Por ello, se ha postulado que la expresión de la fuerza máxima en el press de banca está en cierta medida limitada por la capacidad del músculo esquelético de acumular masa muscular (Brechue & Abe, 2002).

Además de estos factores, hay medidas antropométricas que afectan al rendimiento en el press de banca que no se pueden modificar con el entrenamiento, ya que son parcialmente genéticamente predispuestas. Estas medidas incluyen las longitudes del antebrazo, el muslo, el tronco y la pierna (P.-M. Ferland et al., 2020). La arquitectura muscular también podría desempeñar un papel en el rendimiento del press de banca, con una correlación positiva fuerte y una correlación negativa moderada entre el 1RM en el press de banca y la longitud del fascículo y el ángulo de pennación del músculo, respectivamente (Reya et al., 2021).

Región de estancamiento

Madsen y McLaughlin (1984) encontraron que haciendo el movimiento del press de banca con un peso elevado hay un punto en el que el levantamiento en vertical de la barra hacia arriba decelera o incluso se para antes de volver a acelerar otra vez. A ese punto lo llamaron punto de estancamiento.

En este punto, se pueden observar dos cosas. Si el punto de estancamiento es el punto más débil de la ejecución de un movimiento, es el factor limitante. Este factor es el limitante porque va a tener un efecto muy grande en el peso que un atleta va a poder utilizar entrenando o compitiendo. Y si este punto dificulta el levantamiento, aumenta la posibilidad de que se pierda la técnica correcta. Esta pérdida de la técnica en el ejercicio podría provocar una lesión (Kompf & Arandjelović, 2016). Por esto, es importante entender la multitud de factores que juegan un rol en el desarrollo de la región de estancamiento (van den Tillaar & Ettema, 2010; Van den Tillaar & Saeterbakken, 2012).

En el press de banca se midieron las actividades musculares en la región previa y posterior a la región de estancamiento para investigar si determinados músculos eran los responsables de que los participantes superaran la región de estancamiento (van den Tillaar & Ettema, 2010; Van Den Tillaar & Ettema, 2013; Van den Tillaar & Saeterbakken, 2012). Cuando se produjo la fatiga en la 6RM del press de banca, el tríceps braquial presentaba una actividad muscular similar durante estas regiones, lo que demostraba que el músculo no era el responsable de sacar a los participantes de la región de estancamiento (van den Tillaar & Saeterbakken, 2013). Esto fue conferido por otros estudios en el press de banca con carga máxima (Van Den Tillaar & Ettema, 2013; Van den Tillaar & Saeterbakken, 2012) y demostraron que los músculos deltoides y el pectoral mayor eran responsables, y no el tríceps braquial, de sacar al levantador de la región de estancamiento en el press de banca. Pero las diferencias en los segmentos corporales de los individuos pueden tener numerosos efectos en las variables cinemáticas y cinéticas asociadas al rendimiento del press de banca. Por ejemplo, la longitud del húmero puede influir en el ángulo del hombro y el codo en la región de estancamiento (Reya et al., 2021).

En una investigación hecha por Elliot, Wilson y Kerr (1989), también encontraron el punto de estancamiento, pero en vez de llamarlo así, lo llamaron región de estancamiento, definida como la región desde el pico de velocidad (T_{vmax}) hasta el pico mínimo de velocidad (T_{vmin}). Esta definición es más funcional al analizar el press de banca ya que hay una región en la que lo más probable es que el fallo se produzca porque la capacidad de los levantadores para generar fuerza es inferior a la magnitud de la carga de la barra, así creando una región de deceleración de la barra, en vez de ser un punto concreto (Gomo & Van Den Tillaar, 2016; Larsen et al., 2021). Pero no en todos los levantamientos se encuentra la región de estancamiento. Newton et al. (1997) encontraron que no hay región de estancamiento en levantamientos con cargas menores del 85% del 1RM en el press de banca.

Elliott et al. (1989) y Madsen y McLaughlin (1984) propusieron que la región de estancamiento se produce porque los músculos implicados están en desventaja mecánica, lo que reduce su capacidad de ejercer fuerza en esta región. van den Tillaar et al. (2012) comprobaron esta hipótesis realizando el 1RM en press de banca y el press de banca isométrico a doce alturas diferentes del esternón y encontraron una disminución de la producción de fuerza en la región de estancamiento para ambas condiciones. Los autores sugirieron que la aparición de la región de estancamiento podría deberse a la relación fuerza-longitud de los músculos implicados, que creaba una mala posición mecánica de la fuerza en la región de estancamiento.

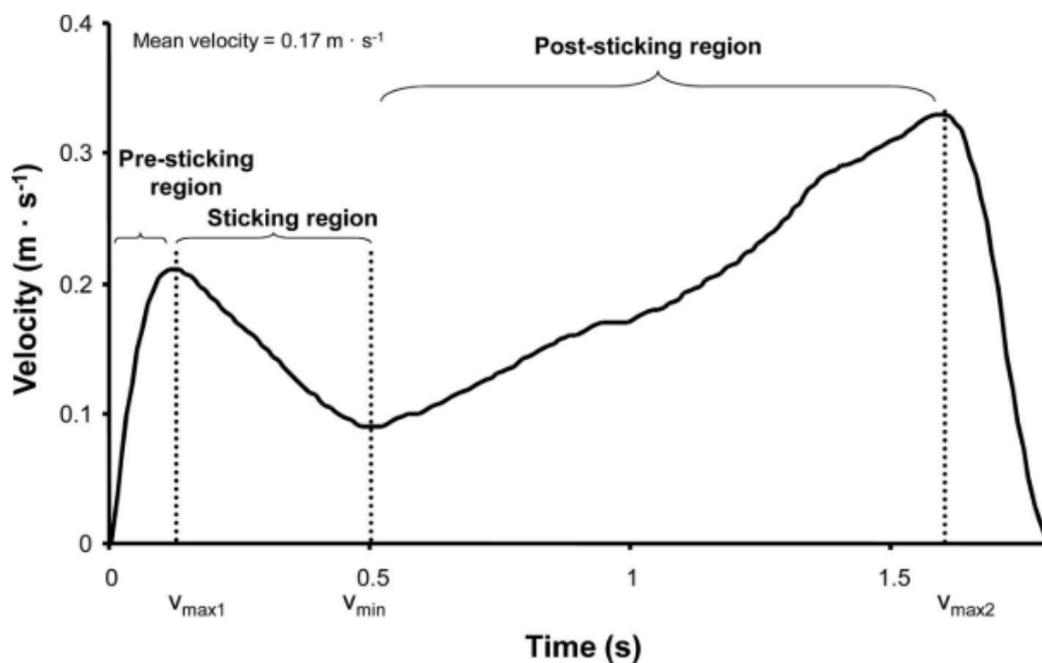


Figura 1. Ejemplo de región de estancamiento (van den Tillaar et al., 2012)

Por lo tanto, para ver si la región de estancamiento ocurría por la longitud del músculo, en la investigación de Gomo y van den Tillaar (2016) cogieron 3 tipos de agarre (agarre ancho definido como el agarre de competición, agarre estrecho, definido como la distancia bi-acromial y el medio a mitad de los otros dos) y vieron si la región de estancamiento ocurría en el mismo grado de la articulación del hombro y el codo independientemente de la distancia o el tiempo desde el esternón. El ángulo de la articulación representaría la longitud del músculo; el mismo ángulo de la articulación sería aproximadamente una longitud del músculo similar para los músculos involucrados. Las principales conclusiones de este estudio fueron que los resultados no coincidían con la hipótesis propuesta de que la región de estancamiento era específica del ángulo. La anchura de agarre estrecha presentaba un ángulo de abducción del hombro significativamente menor y un ángulo de flexión mayor que las otras dos anchuras de agarre al

principio de la región de estancamiento, y un ángulo de flexión del hombro mayor al final de la región de estancamiento. Sin embargo, su hipótesis no puede rechazarse todavía porque sólo se midieron las fuerzas verticales, a pesar de que la fuerza total es una combinación de fuerzas verticales y horizontales.

Duffey y Challis (2011) encontraron que podría haber un gran componente de fuerza horizontal en el press de banca que alcanza alrededor del 26,3% durante los levantamientos máximos en la fase de ascenso en los levantadores novatos. Por lo tanto, Duffey y Challis (2011) sugirieron que las fuerzas horizontales durante el press de banca son el resultado del compromiso de los músculos para generar fuerza vertical. Por lo tanto, la investigación de tal efecto utilizando diferentes tipos de anchura en el agarre de un press de banca con barra a 1RM podría proporcionar más información con respecto a si la región de estancamiento está influenciada por las fuerzas horizontales en un grado significativo, lo que puede afectar a la capacidad de uno para generar fuerzas verticales (Larsen et al., 2021).

Larsen et al. (2021) quisieron ver los efectos que tenían la anchura del agarre en la articulación, las cinemática de la barra y la cinética horizontal, analizados junto con los efectos de la activación muscular alrededor de la región de estancamiento en el 1RM del press de banca con barra. Se planteó la hipótesis de que la fuerza horizontal aumentaba en la región de estancamiento, pero que la fuerza total sería la misma. Vieron que la anchura del agarre dio lugar a diferentes ángulos de abducción del hombro en la mayoría de los eventos. También vieron que la extensión del codo al inicio del levantamiento y la flexión del hombro en los eventos posteriores fueron diferentes entre los tres agarres. Además, las fuerzas horizontales se dirigieron lateralmente en el agarre ancho, pero se dirigieron medialmente en los agarres medios y estrechos y consistieron en un máximo del 19% de la fuerza total. Entre las condiciones de anchura de agarre, sólo la actividad de la cabeza media del tríceps fue mayor para la anchura de agarre media y estrecha que para la anchura de agarre ancha.

Wilson et al. (1989) observaron también esos movimientos horizontales en el movimiento de la barra y vieron que ocurrían en las proximidades de la región de estancamiento, lo que indicaba una potencial pérdida de la técnica.

Post-activation performance enhancement

La *post-activation performance enhancement* (PAPE) es un fenómeno que mejora de forma aguda el rendimiento muscular después de una actividad de acondicionamiento (Blazevich &

Babault, 2019) y no debe confundirse con la *post-activation potentiation* (PAP), que es la mejora de la fuerza muscular provocada eléctricamente y de corta duración (Maloney et al., 2014). La PAPE se logra comúnmente con ejercicios de resistencia pesada antes de un movimiento biomecánicamente similar (Poulos et al., 2018) y su magnitud y duración dependen de varios factores, incluyendo el tipo de fibra muscular, la temperatura o la longitud del sarcómero (Vandenboom et al., 2013).

Se han propuesto diferentes estrategias que implican distintos regímenes de contracción muscular como estímulos eficaces de potenciación (Garbisu-Hualde & Santos-Concejero, 2021), incluyendo protocolos que utilizan cargas óptimas de potencia (Dello Iacono et al., 2019; Gilbert & Lees, 2005), cargas medias (Lowery et al., 2012) o incluso contracciones pliométricas (Krzysztofik & Wilk, 2020). Sin embargo, la evidencia actual sugiere que las contracciones voluntarias máximas (MVC) cortas, continuas y repetitivas parecen ser la estrategia más eficaz para inducir la PAPE (Skurvydas et al., 2019).

Dado que la mayoría de los estudios que analizan las contracciones isométricas como estímulos de potenciación se han realizado en condiciones de laboratorio (Gago et al., 2017; Skurvydas et al., 2019), se plantea la cuestión de si los protocolos existentes son también eficaces cuando se utilizan en condiciones de campo. En este sentido, el press de banca con barra parece ser la mejor opción para responder a esta pregunta. La región de estancamiento en este ejercicio se produce en una posición más segura que en otros ejercicios como la sentadilla. Dado que la anchura de agarre afecta a la localización de la región de estancamiento entendida como la altura desde el pecho (Larsen et al., 2021), un press de banca de agarre medio, 1,4 veces la distancia biacromial parece la mejor elección para comprobar la eficacia de las contracciones isométricas como estímulos PAPE en diferentes ángulos articulares ya que la región de estancamiento parece ocurrir al final de la primera mitad de la fase ascendente (Larsen et al., 2021).

El objetivo de este estudio es ver si tras un protocolo de PAPE isométrico en la región de estancamiento hay algún cambio en las características de esta. La hipótesis es que el protocolo favorecerá al primer pico máximo de velocidad, haciendo que llegue a una mayor velocidad y así facilitando el movimiento.

MÉTODOS

Participantes

21 participantes ($26,4 \pm 5,42$ años; masa corporal $79,43 \pm 9,72$ kg; altura $176,19 \pm 6,91$ cm; 1 repetición máxima (1RM) en press de banca agarre medio $97,38 \pm 19,78$ kg) con por lo menos 2 años de entrenamiento de fuerza tomaron parte voluntariamente en este estudio. Los participantes debían cumplir estos criterios de inclusión: 1) hombres de entre 18 y 40 años de edad; 2) libres de lesiones musculoesqueléticas en los últimos 6 meses; 3) experimentados con el entrenamiento de fuerza, que entrenen con pesas por lo menos 3 veces por semana por un mínimo de 2 años. Un total de 20 participantes completaron el estudio: un participante dejó el estudio por razones personales. Se obtuvo un informe de consentimiento por escrito por cada participante después de una explicación del protocolo del test, los posibles riesgos que incluía, y que tenían derecho de abandonar el estudio cuando quisieran sin necesidad de dar explicaciones. El estudio se realizó de acuerdo a la declaración de Helsinki y el comité de ética de la UPV/EHU aprobó el protocolo experimental (117/2019).

Procedimientos

La intervención duró 2 días en total. El primero fue el día de familiarización, donde se sacó el 1RM usando 4 intentos por participante con un encoder lineal (Speed4Lifts, Spain) (Pérez-Castilla et al., 2019). El 1RM estimado fue calculado ejecutando 4 levantamientos. Los participantes fueron informados sobre el procedimiento y se les preguntó por un "levantamiento fácil" y su mejor levantamiento reciente. Luego, los investigadores decidieron cuál iba a ser el primer peso usando la fórmula de Brzycki ($1RM \text{ estimado} = \text{peso levantado} / (1,0278 - 0,0278X)$) siendo X el número de repeticiones hechas hasta la fatiga (Brzycki, 1993). Los siguientes levantamientos fueron decididos observando la velocidad de cada levantamiento (Jidovtseff et al., 2011). La anchura del agarre fue establecida en 1.4 veces la distancia biacromial como lo describen Larsen et al. (2021). A los participantes se les obligó a hacer 1 segundo de parada en el pecho después de bajar la barra (usando un metrónomo) para estandarizar las repeticiones.

Además de esto, los participantes fueron grabados en video desde una vista lateral para digitalizarlo y calcular dónde estaba la región de estancamiento. En este estudio, la existencia de la región de estancamiento fue aceptada si la diferencia entre el primer pico de velocidad máximo y la velocidad pico mínima siguiente era de $0.05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ o mayor. Las mediciones duraron 45 minutos y las citas de cada participante se establecían con una semana de antelación.

Después de analizar los datos del día de familiarización, en el segundo día los participantes hicieron la sesión de testeo que consistía en un protocolo de calentamiento estandarizado seguido por el levantamiento experimental, que consistía en hacer 1 repetición con el 85% de peso del 1RM estimado de la sesión de familiarización. Después, Se realizaron 15 contracciones isométricas voluntarias máximas (CIVM) de 1 segundo con 1 segundo de descanso entre contracciones en su región de estancamiento descrita previamente (Skurvydas et al., 2019). Los levantamientos posteriores al protocolo isométrico fueron ejecutados 0, 4, 8, 12 y 16 minutos después usando el mismo encoder lineal. Se les pidió a los participantes que no hicieran ninguna actividad extenuante 48h antes de la intervención y también se les pidió que no consumieran cafeína antes de la intervención.

Después de un protocolo estandarizado de calentamiento, los participantes empezaron a aproximar (1 serie de 12 repeticiones con la barra vacía, seguida de 3 series de 8, 6 y 3 repeticiones con el 40%, 60% y 75% del 1RM, respectivamente) para el primer levantamiento del día, que fue calculado usando el 1RM estimado del día de familiarización.

Video análisis de la región de estancamiento

Cada levantamiento del día de familiarización fue grabado desde una vista lateral a 300 Hz usando un marcador LED activo en el lateral de la barra y una cámara de video de alta velocidad (Casio ExilimEX-F1). Las grabaciones de vídeo fueron analizadas usando el software de análisis cinemático Kinovea (versión 0.8.15), el cual es un programa válido, preciso y confiable (Puig-Divi et al., 2019). Los datos exportados del Kinovea al Excel (versión 16.16.27) fueron filtrados (filtro low-pass de tipo Butterworth con una frecuencia de corte de 5Hz) y luego usados para determinar dónde se encontraba la región de estancamiento, definida como la región del levantamiento entre el primer pico de velocidad y el primer mínimo después del pico (Escamilla et al., 2000).

Una vez la región de estancamiento fue detectada, se calculó la altura a la que estaba la barra en ese momento. Como la región de estancamiento no es un punto específico sino un rango en el movimiento del levantamiento, el protocolo se hizo en la mitad de esta región . Esto aseguraba que la contracción isométrica afectaba a la región de estancamiento, ya que se ha demostrado que las contracciones isométricas producen adaptaciones alrededor de 20-50° del ángulo en el que se ha trabajado (Lum & Barbosa, 2019).

RESULTADOS

Comparando la velocidad media propulsiva entre el pre- levantamiento experimental y todos los post-, encontramos que el post 0 era el levantamiento más lento en todos los participantes y que en 17 de 20 participantes la velocidad media propulsiva había aumentado tras el levantamiento experimental. El índice de esfuerzo percibido (RPE) fue de 6.98 ± 0.99 sobre 10.

Tabla 1. Velocidades de los levantamientos

Código participante	PRE	POST 0	POST 4	POST 8	POST 12	POST 16
2	0,41	0,3	0,46	0,45	0,47	0,42
3	0,31	0,23	0,37	0,34	0,31	0,3
4	0,37	0,22	0,36	0,38	0,38	0,36
5	0,31	0,18	0,32	0,3	0,28	0,29
6	0,44	0,35	0,46	0,43	0,41	0,41
7	0,48	0,38	0,47	0,49	0,48	0,47
8	0,49	0,37	0,52	0,46	0,48	0,44
9	0,37	0,24	0,35	0,38	0,36	0,36
10	0,32	0,19	0,33	0,33	0,34	0,32
11	0,48	0,38	0,49	0,53	0,53	0,45
12	0,46	0,33	0,45	0,44	0,47	0,46
14	0,5	0,37	0,46	0,47	0,48	0,38
15	0,38	0,27	0,39	0,37	0,37	0,36
16	0,36	0,28	0,35	0,37	0,37	0,36
17	0,51	0,34	0,51	0,5	0,49	0,5
18	0,53	0,33	0,54	0,56	0,55	0,52
19	0,45	0,3	0,5	0,45	0,42	0,44
20	0,4	0,38	0,49	0,53	0,49	0,51
21	0,4	0,26	0,42	0,42	0,39	0,44

Los valores que se expresan en la tabla son en $m \cdot s^{-1}$

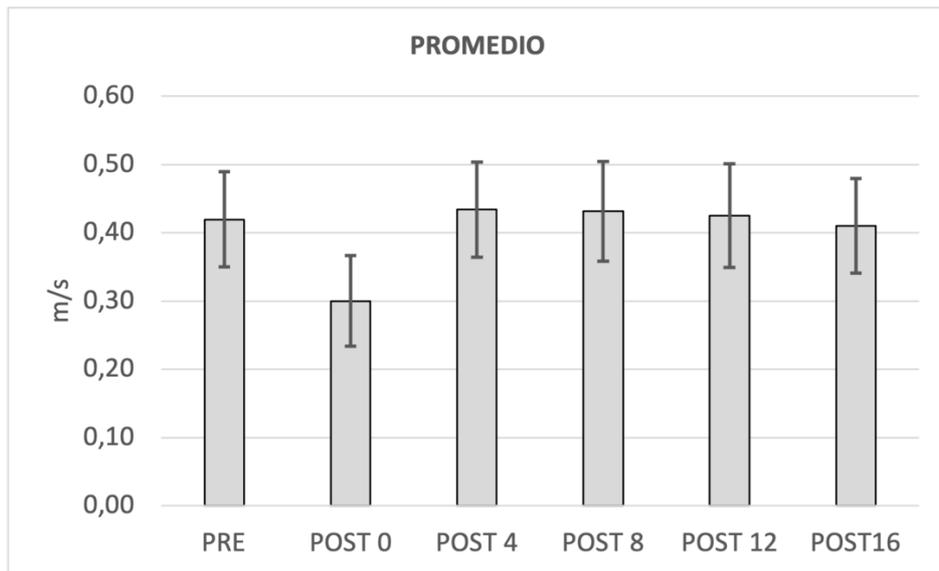


Figura 2. Promedio de las velocidades de cada levantamiento

A la hora de analizar la región de estancamiento en los participantes que mejoraron el rendimiento tras el protocolo experimental ($n=17$; 85% de los participantes), se vieron varias cosas. Para empezar, en el levantamiento pre-, encontramos que en algunos de los participantes no se vio región de estancamiento ($n=5$). En el post- más rápido de estos 5 participantes, en 2 de ellos tampoco lo hubo. De los otros 3, el pico máximo de velocidad en 2 de ellos aumentó considerablemente ($\geq 0,05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) y en el otro no hubo mejoras en cuanto a las características de la región de estancamiento. De los que sí tuvieron región de estancamiento en el pre-, en el post- más rápido algunos no lo mostraron ($n=6$). En los participantes que mostraron una región de estancamiento tanto en el pre- como en el post- más rápido ($n=6$), 3 de ellos aumentaron considerablemente el pico de velocidad máximo y los otros 3 lo aumentaron en menor medida, pero también disminuyó el tiempo de duración de la región de estancamiento.

Tabla 2. Cambios en las características de la región de estancamiento

Código participante						RPE (protocolo)
	PRE	POST más rápido	dif Vmax	dif Vmin	dif t RE	
3	HAY	NO HAY	0,06	-	-	7
6	HAY	HAY	0	-0,02	-0,08	6
2	HAY	NO HAY	0,18	0,16	0,07	7
18	NO HAY	NO HAY	0,11	-	-	8,5
10	HAY	HAY	0,06	-0,05	-0,13	7
20	HAY	NO HAY	0,1	0,17	-	6
9	HAY	NO HAY	0	0,02	-0,22	8
15	NO HAY	HAY	0,01	-0,01	0,08	7,5
5	HAY	HAY	0,11	0	0,24	7,5
7	NO HAY	HAY	0,08	0,02	0,04	7,5
4	HAY	HAY	0,02	-0,05	-0,01	6,5
8	NO HAY	HAY	0,14	0,08	0,02	7
11	NO HAY	NO HAY	0,12	-	-	5
12	HAY	HAY	-0,05	-0,02	-0,21	5
16	HAY	NO HAY	-0,02	0,07	-	7
19	HAY	NO HAY	-0,07	0,01	-	8,5
21	HAY	HAY	0,11	0,07	0,01	6

Los valores que se expresan en la tabla son en $m \cdot s^{-1}$; dif Vmax = diferencia de la velocidad en $m \cdot s^{-1}$ entre el pico máximo del levantamiento PRE y el POST más rápido; dif Vmin = diferencia de la velocidad en $m \cdot s^{-1}$ entre el pico mínimo del levantamiento PRE y el POST más rápido; dif t RE= diferencia de la duración de la región de estancamiento entre el levantamiento PRE y el POST más rápido medido en segundos.

DISCUSIÓN

El principal hallazgo de este estudio fue que un protocolo de PAPE isométrico mejoró la velocidad media y el pico en la primera parte del rango de movimiento del press de banca de agarre medio. Teniendo en cuenta que un encoder lineal proporciona la velocidad media de propulsión (Pareja-Blanco et al., 2017) y que la región de estancamiento se produce en la primera mitad del press de banca de agarre medio, el parámetro más interesante a analizar es la velocidad que el levantador puede ejecutar hasta el inicio de la región de estancamiento, que ayuda al levantador a superarla (Kompf & Arandjelović, 2016).

La principal mejora es que el primer pico máximo de velocidad es mayor después del levantamiento experimental (**Tabla 2**), lo que proporciona al levantador un mayor impulso para superar la región de estancamiento. Este aumento del primer pico máximo de velocidad y el mayor impulso facilitan el levantamiento, lo que da lugar a un cambio en el perfil velocidad-tiempo del levantamiento, haciendo más difícil la identificación de una región de estancamiento. Este cambio en el perfil de velocidad-tiempo del levantamiento y la región de estancamiento (es decir, menor pérdida de velocidad desde los puntos de velocidad máxima a la mínima) se debe al mayor impulso que el levantador ha logrado antes de la región de estancamiento, logrando un pico mínimo de velocidad más rápido. La mejora de la primera parte del levantamiento puede proporcionar al levantador un impulso suficiente para evitar una pérdida excesiva de velocidad desde el pico V_{max} hasta el pico V_{min} , haciendo imperceptible la región de estancamiento.

Además, el protocolo isométrico mejoró el rendimiento del 85% de los participantes (**Tabla 1**). En el levantamiento Post0, se vio una bajada en el rendimiento (**Figura 2**). Esto podría ser por el tiempo bajo tensión que pasaron los participantes en el levantamiento experimental (15 segundos en total) (Beltman et al., 2004).

De los 17 participantes a los que les mejoró el rendimiento con el levantamiento experimental, a todos menos a uno les mejoró alguna de las características de la región de estancamiento (V_{max} , V_{min} o duración de la región de estancamiento) (**Tabla 2**). En 2 de los participantes no se encontró región de estancamiento ni en el pre- ni en el post- más rápido. Esto podría ser debido a que la carga que levantaron no era realmente su 85% del 1RM (Tillaar et al., 2014).

CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS

Los resultados de este estudio sugieren que las contracciones isométricas voluntarias máximas de corta duración mejoran la velocidad del levantamiento antes de llegar a la región de estancamiento, lo que facilita el levantamiento. Dado que la PAPE puede lograrse en condiciones de campo mediante contracciones isométricas, un protocolo ISO podría ser una buena estrategia cuando se necesita una potenciación rápida o cuando se necesita minimizar el riesgo de lesión.

- Abe, T., Bembem, M. G., Kondo, M., Kawakami, Y., & Fukunaga, T. (2012). Comparison of skeletal muscle mass to fat-free mass ratios among different ethnic groups. *Journal of Nutrition, Health and Aging*, *16*(6), 534–538. <https://doi.org/10.1007/s12603-012-0015-2>
- Arandjelović, O. (2012). *COMMON VARIANTS OF THE RESISTANCE MECHANISM IN THE SMITH MACHINE: ANALYSIS OF MECHANICAL LOADING CHARACTERISTICS AND APPLICATION TO STRENGTH-ORIENTED AND HYPERTROPHY-ORIENTED TRAINING*. *5*, 350–363.
- Beltman, J. G. M., Van Der Vliet, M. R., Sargeant, A. J., & De Haan, A. (2004). Metabolic cost of lengthening, isometric and shortening contractions in maximally stimulated rat skeletal muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*, *182*(2), 179–187. <https://doi.org/10.1111/j.1365-201X.2004.01338.x>
- Blazevich, A. J., & Babault, N. (2019). Post-activation Potentiation Versus Post-activation Performance Enhancement in Humans: Historical Perspective, Underlying Mechanisms, and Current Issues. *Frontiers in Physiology*, *10*. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01359>
- Brechue, W. F., & Abe, T. (2002). The role of FFM accumulation and skeletal muscle architecture in powerlifting performance. *European Journal of Applied Physiology*, *86*(4), 327–336. <https://doi.org/10.1007/s00421-001-0543-7>
- Brzycki, M. (1993). Strength Testing—Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, *64*(1), 88–90. <https://doi.org/10.1080/07303084.1993.10606684>
- Dello Iacono, A., Beato, M., & Halperin, I. (2019). The Effects of Cluster-Set and Traditional-Set Postactivation Potentiation Protocols on Vertical Jump Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.
- Ebben, W. P., Hintz, M. J., & Simenz, C. J. (2005). Strength and conditioning practices of Major League Baseball strength and conditioning coaches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *19*(3), 538–546. <https://doi.org/10.1519/R-15464.1>
- Escamilla, R. F., Francisco, A. C., Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Welch, C. M., Kayes, A. V., Speer, K. P., & Andrews, J. R. (2000). A three-dimensional biomechanical analysis of sumo and conventional style deadlifts. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *32*(7), 1265–1275. <https://doi.org/10.1097/00005768-200007000-00013>
- Ferland, P.-M., Laurier, A., & Comtois, A. S. (2020). Relationships Between Anthropometry and Maximal Strength in Male Classic Powerlifters. *International Journal of Exercise Science*, *13*(4), 1512–1531. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33414873><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC7745913>
- Ferland, P. M., & Comtois, A. S. (2019). Classic powerlifting performance: A systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *33*, S194–S201. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003099>
- Fiatarone, M. A., Marks, E. C., Ryan, N. D., Meredith, C. N., Lipsitz, L. A., & Evans, W. J. (1990). High-Intensity Strength Training in Nonagenarians: Effects on Skeletal Muscle. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, *263*(22), 3029–3034. <https://doi.org/10.1001/jama.1990.03440220053029>
- Flack, K. D., Davy, K. P., Hulver, M. W., Winett, R. A., Frisard, M. I., & Davy, B. M. (2011). Aging, resistance training, and diabetes prevention. *Journal of Aging Research*, *2011*.

<https://doi.org/10.4061/2011/127315>

- Frontera, W. R., Hughes, V. A., Fielding, R. A., Fiatarone, M. A., Evans, W. J., & Roubenoff, R. (2000). Aging of skeletal muscle: A 12-yr longitudinal study. *Journal of Applied Physiology*, *88*(4), 1321–1326. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.4.1321>
- Gago, P., Arndt, A., & Ekblom, M. M. (2017). Post Activation Potentiation of the Plantarflexors: Implications of Knee Angle Variations. *Journal of Human Kinetics*, *57*(1), 29–38. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0044>
- Garbisu-Hualde, A., & Santos-Concejero, J. (2021). Post-Activation Potentiation in Strength Training: A Systematic Review of the Scientific Literature. *Journal of Human Kinetics*, *78*(1), 141–150. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0034>
- Gilbert B Forbes. (1976). The Adult Decline in Lean Body Mass. *Human Biology*, *48*(1), 161–173.
- Gilbert, G., & Lees, A. (2005). Changes in the force development characteristics of muscle following repeated maximum force and power exercise. *Ergonomics*, *48*(11–14), 1576–1584. <https://doi.org/10.1080/00140130500101163>
- Gomo, O., & Van Den Tillaar, R. (2016). The effects of grip width on sticking region in bench press. *Journal of Sports Sciences*, *34*(3), 232–238. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1046395>
- International Powerlifting Federation. (n.d.). *Technical Rules Book*. www.powerlifting-ipf.com
- J. Duffey, M., & H. Challis, J. (2011). *Vertical and lateral forces applied to the bar during the bench press in novice lifters*. 2442–2447.
- Jidovtseff, B., Harris, N. K., Crielaard, J. M., & Cronin, J. B. (2011). Using the load-velocity relationship for 1RM prediction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(1), 267–270. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b62c5f>
- Kompf, J., & Arandjelović, O. (2016). Understanding and Overcoming the Sticking Point in Resistance Exercise. *Sports Medicine*, *46*(6), 751–762. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0460-2>
- Kompf, J., & Arandjelović, O. (2017). The Sticking Point in the Bench Press, the Squat, and the Deadlift: Similarities and Differences, and Their Significance for Research and Practice. *Sports Medicine*, *47*(4), 631–640. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0615-9>
- Krzysztofik, M., & Wilk, M. (2020). The Effects of Plyometric Conditioning on Post-Activation Bench Press Performance. *Journal of Human Kinetics*, *74*(1), 99–108. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0017>
- Kyle Travis, S., Mujika, I., Gentles, J. A., Stone, M. H., & Bazyler, C. D. (2020). Tapering and Peaking Maximal Strength for Powerlifting Performance: A Review. *Sports*, *8*(9), 1–17. <https://doi.org/10.3390/sports8090125>
- Larsen, S., Gomo, O., & van den Tillaar, R. (2021). A Biomechanical Analysis of Wide, Medium, and Narrow Grip Width Effects on Kinematics, Horizontal Kinetics, and Muscle Activity on the Sticking Region in Recreationally Trained Males During 1-RM Bench Pressing. *Frontiers in Sports and Active Living*, *2*(January). <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.637066>
- Lauersen, J. B., Bertelsen, D. M., & Andersen, L. B. (2014). The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *British Journal of Sports Medicine*, *48*(11), 871–877.

<https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092538>

- Lowery, R. P., Duncan, N. M., Loenneke, J. P., Sikorski, E. M., Naimo, M. A., Brown, L. E., Wilson, F. G., & Wilson, J. M. (2012). The effects of potentiating stimuli intensity under varying rest periods on vertical jump performance and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3320–3325. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318270fc56>
- Lum, D., & Barbosa, T. M. (2019). Brief Review: Effects of Isometric Strength Training on Strength and Dynamic Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 40(6), 363–375. <https://doi.org/10.1055/a-0863-4539>
- Madsen, N., & McLaughlin, T. (1984). *Kinematic factors influencing performance and injury risk in the bench press exercise* (pp. 376–381).
- Malone, S., Hughes, B., Doran, D. A., Collins, K., & Gabbett, T. J. (2019). Can the workload–injury relationship be moderated by improved strength, speed and repeated-sprint qualities? *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(1), 29–34. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.01.010>
- Maloney, S. J., Turner, A. N., & Fletcher, I. M. (2014). Ballistic Exercise as a Pre-Activation Stimulus: A Review of the Literature and Practical Applications. *Sports Medicine*, 44(10), 1347–1359. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0214-6>
- Marcell, T. J. (2003). *Sarcopenia : Causes , Consequences , and Preventions*. 58(10), 911–916.
- Nelson, M. E., Fiatarone, M. A., Morganti, C. M., Trice, I., Greenberg, R. A., & Evans, W. J. (1994). High-Intensity Strength Training on Multiple Risk Factors for Osteoporotic Fractures. *Jama*, 272, 1909–1914.
- Newton, R. U., Murphy, A. J., Humphries, B. J., Wilson, G. J., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (1997). Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75(4), 333–342. <https://doi.org/10.1007/s004210050169>
- O’connor, P. J., Herring, M. P., & Carvalho, A. (2010). Mental Health Benefits of Strength Training in Adults. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 4(5), 377–396. <https://doi.org/10.1177/1559827610368771>
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., Morales-Alamo, D., Pérez-Suárez, I., Calbet, J. A. L., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 27(7), 724–735. <https://doi.org/10.1111/sms.12678>
- Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Delgado-García, G., Garrido-Blanca, G., & García-Ramos, A. (2019). Reliability and concurrent validity of seven commercially available devices for the assessment of movement velocity at different intensities during the bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(5), 1258–1265. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003118>
- Poulos, N., Chaouachi, A., Buchheit, M., Slimani, D., Haff, G. G., & Newton, R. U. (2018). Complex training and countermovement jump performance across multiple sets: Effect of back squat intensity. *Kinesiology*, 50, 75–89.
- Puig-Divi, A., Escalona, C., Padullés, J., Busquets, A., Padullés, X., & Marcos, D. (2019). Validity

- and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in 4 perspectives. *Plos One*, 14(6), 1–14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2843847>
- Reya, M., Škarabot, J., Cvetičanin, B., & Šarabon, N. (2021). Factors underlying bench press performance in elite competitive powerlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(8), 2179–2186. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003097>
- SIMENZ, C. J., DUGAN, C. A., & EBBEN, W. P. (2005). Strength and Conditioning Practices of National Basketball Association Strength and Conditioning Coaches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 495–504. <https://doi.org/10.1519/00124278-200508000-00003>
- Skurvydas, A., Jurgelaitiene, G., Karanauskiene, D., Mickeviciene, D., Mickevicius, M., Valanciene, D., Brazaitis, M., Mamkus, G., & Kamandulis, S. (2019). What are the best isometric exercises of muscle potentiation? *European Journal of Applied Physiology*, 119(4), 0. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04092-y>
- Strasser, B., & Schobersberger, W. (2011). Evidence for resistance training as a treatment therapy in obesity. *Journal of Obesity*, 2011. <https://doi.org/10.1155/2011/482564>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Medicine*, 48(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Tillaar, R. Van Den, Andersen, V., & Saeterbakken, A. H. (2014). The existence of a sticking region in free weight squats. *Journal of Human Kinetics*, 42(1), 63–71. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0061>
- van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2010). The “sticking period” in a maximum bench press. *Journal of Sports Sciences*, 28(5), 529–535. <https://doi.org/10.1080/02640411003628022>
- Van Den Tillaar, R., & Ettema, G. (2013). A comparison of muscle activity in concentric and counter movement maximum bench press. *Journal of Human Kinetics*, 38(1), 63–71. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0046>
- van den Tillaar, R., & Saeterbakken, A. H. (2013). Fatigue effects upon sticking region and electromyography in a six-repetition maximum bench press. *Journal of Sports Sciences*, 31(16), 1823–1830. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.803593>
- Van den Tillaar, R., & Saeterbakken, A. H. (2012). *THE STICKING REGION IN THREE CHEST-PRESS EXERCISES WITH INCREASING DEGREES OF FREEDOM*. 11, 2962–2969.
- van den Tillaar, R., Saeterbakken, A. H., & Ettema, G. (2012). Is the occurrence of the sticking region the result of diminishing potentiation in bench press? *Journal of Sports Sciences*, 30(6), 591–599. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.658844>
- Vandenboom, R., Gittings, W., Smith, I. C., Grange, R. W., & Stull, J. T. (2013). Myosin phosphorylation and force potentiation in skeletal muscle: Evidence from animal models. *Journal of Muscle Research and Cell Motility*, 34(5–6), 317–332. <https://doi.org/10.1007/s10974-013-9363-8>
- W.L. Keogh, J., A. Hume, P., N. Pearson, S., & J. Mellow, P. (2009). *CAN ABSOLUTE AND PROPORTIONAL ANTHROPOMETRIC CHARACTERISTICS DISTINGUISH STRONGER AND*

WEAKER POWERLIFTERS? 23(8), 2256–2265.

Wayne W. Campbell, M. C. C. (1994). Increased energy requirements and changes composition with resistance training and. *American Journal of Clinical Nutrition*, 60(2), 167–175.

William P., E., Ryan M., C., & Christopher J., S. (2004). *STRENGTH AND CONDITIONING PRACTICES OF NATIONAL HOCKEY LEAGUE STRENGTH AND CONDITIONING COACHES*. 18(4), 889–897.

Wilson, G. J., Elliott, B. C., & Kerr, G. K. (1989). Bar Path and Force Profile Characteristics for Maximal and Submaximal Loads in the Bench Press. *International Journal of Sport Biomechanics*, 5(4), 390–402. <https://doi.org/10.1123/ijsb.5.4.390>