



ANÁLISIS CINÉTICO Y CINEMÁTICO DEL PRESS DE BANCA EN DOS SITUACIONES DE EVALUACIÓN: PRESS BANCA LIBRE VS PRESS BANCA MÁQUINA SMITH. PROYECTO PILOTO

A kinetic and Kinematic analysis in two assessment situation with bench press. Free Weight vs Smith Machine. Project pilot.

Jaimes, M. F.¹ Mail: mafrejala@gmail.com

Bautista, I. J.¹ Mail: ikerugr@gmail.com

Chiroso, I. J.¹ Mail: ichiroso@ugr.es

Arguelles, J.²

Monje, J. M.¹

Chiroso, L. J.¹ Mail: Ichiroso@ugr.es

Recibido: 07/09/2011

Aceptado: 26/01/2012

¹Departamento de Educación Física. Universidad de Granada.

² Centro de Alto Rendimiento de Sierra Nevada. Granada.

Correspondencia:

Bautista, I. J.

Mail: ikerugr@gmail.com

Resumen

En este estudio piloto se analizan algunas de las variables cinéticas y cinemáticas que pueden afectar a la situación de ejecución/evaluación del Press de Banca, en máquina Smith (PMS) vs con barra y discos (PBL). Dos sujetos entrenados participaron en esta investigación habiendo sido informados previamente de la finalidad de la misma. En dos momentos se llevó a cabo un protocolo incremental de cargas hasta alcanzar su máximo peso a desplazar en una repetición (1-RM), uno para el PMS y otro para el PBL. El Sujeto 1 (S-1) manifestó valores de fuerza de 770 y 837 N, en PBL y PMS, alcanzando este pico máximo de fuerza (PMF) a los 28 y 12 ms, respectivamente. En el caso del Sujeto 2 (S-2), los valores de PMF fueron de 693 y 849 N, empleando un tiempo en alcanzar estos PMF fue de 60 y 66 ms, en PBL y PMS, respectivamente. Se realizó un análisis detallado de las curvas de "sticking period", las distancias de agarre e inclinación de la barra. Como conclusión más relevante de nuestro trabajo y como base para futuras investigaciones, decir que a la hora de entrenar, el ejercicio en PBL puede ser más aconsejado. Mientras que para evaluar, el ejercicio en PMS aporta información más fiable en cuanto a las variables relevantes de la fuerza.

Palabras Clave: Press de banca, máquina Smith, peso libre, evaluación de la fuerza, tren superior.

Abstract

This pilot study examines the most relevant kinetic and kinematics variables in two bench press exercises; Smith Machine (PMS) vs. free weights (PBL). Two trained subjects participated in the research following informed consent. To determine the maximum load (1-RM), two incremental protocols were used for PMS and PBL. Subject 1 (S-1) produced force values of 770N and 837N, peak force of 28ms and 12ms, in PBL and PMS respectively. Values for subject 2 (S-2) were 693N and 849N, PMF of 60ms and 66ms for PBL and PMS respectively. Detailed analyses of the following variables were performed; velocity curves for each load, the “sticking period”, the distances of grip width, and changes in bar inclination during the ascent phase of the lift were examined. The key findings of this research, and the basis for future research demonstrate that PBL is recommended as a training exercise, while more reliable information regarding force variables can be attained through using PMS in measurement sessions.

Key Words: Bench Press, smith machine, free weight, strength assessment, upper limb.

Introducción

El press de banca es un ejercicio utilizado habitualmente para el entrenamiento de la fuerza del tren superior en diferentes poblaciones, tanto en deportistas recreacionales, como en aquellos que se dedican profesionalmente al alto rendimiento. El press de banca, también conocido como press de pecho, se realiza de cúbito supino sobre un banco horizontal con el objetivo de levantar una barra, ya sea de forma guiada (PMS o pórtico guiado), o bien, de forma libre (con barra y discos) hasta una posición de máxima extensión de las extremidades superiores (Kraemer y Fleck, 2005; McLaughlin y Madsen, 1984). Las diferentes manifestaciones de la fuerza del tren superior son evaluadas frecuentemente mediante el ejercicio del press banca en distintas situaciones (en banco con barra libre, en PMS, mancuernas, máquinas isocinéticas), ya que implican una participación global de los principales grupos musculares de la cintura escapular (Barnett, Kippers, y Turner, 1995; Welsch, Bird, y Mayhew, 2005).

El entrenamiento de la fuerza ha evolucionado de forma cualitativa gracias al avance tecnológico y al desarrollo de dispositivos capaces de medir todas aquellas variables determinantes en el entrenamiento de la fuerza (la potencia, la velocidad, el desplazamiento). Abernethy, Wilson, y Logan (1995) proponen tres factores claves a la hora de programar el entrenamiento de fuerza. En primer lugar, el desarrollo de dispositivos válidos y fiables para medir la fuerza y la potencia. En segundo lugar, identificar de forma clara y objetiva cuales son los mecanismos fisiológicos adaptativos por los cuales se mejoran las cualidades de fuerza y potencia, y en tercer lugar, llevar a cabo una planificación estratégica del entrenamiento de la fuerza. En cuanto al primer apartado se refiere (el desarrollo de los dispositivos válidos y fiables), Harris, Cronin, Taylor, y Boris (2010) analizan la tecnología de los encoders lineales afirmando que son válidos y fiables, además de aportar gran información a la hora de medir variables claves para el entrenamiento de fuerza. Esta tecnología ayuda al proceso de control llevando un seguimiento más cercano de los deportistas, aunque teniéndose en cuenta una serie de características

técnicas como: la velocidad de muestreo (recomendado, >200 Hz), el ejercicio que se realiza para la medición (lineal o rotacional), además de la posibilidad de dar un feedback inmediato al deportista.

Para conocer con más profundidad los diferentes parámetros que influyen en la producción de fuerza en el press banca, es necesario un análisis desde una perspectiva biomecánica. El rango de movimiento (ROM), así como las trayectorias de los centros de masa de todas las palancas implicadas, y sus ajustes durante el recorrido afectan, directa e indirectamente, al rendimiento final (Rahmani, Rambaud, Bourdin, y Mariot, 2009). Concretamente para definir el ROM correctamente en el press de banca hay que analizar el gesto desde la extensión completa de los codos hasta que la barra toca el pecho (Beachle y Earle, 2000). A lo largo del ROM, en ciertas cargas, aparece un punto conocido como "sticking point" el cual corresponde al inicio de una zona en donde la velocidad se ve afectada. Los primeros autores que comenzaron a hablar sobre el "sticking point" fueron Madsen y McLaughlin (1984) y Lander, Bastes, Swahill, y Hamill (1985). Este concepto, es definido como la primera pérdida de velocidad de la barra durante la fase ascendente del press banca. Igualmente, Elliot, Wilson, y Kerr (1989), encontraron que la velocidad de la barra disminuía en la primera parte del ascenso de la carga, mostrando su valor mínimo durante el "sticking región". Una explicación a dicho fenómeno podría ser el incremento del brazo de palanca del peso levantado con respecto al hombro o el codo, y la reducción de actividad muscular durante esta fase del movimiento o región. A raíz de los estudios de Lander et al. (1985) y Newton et al. (1997) demostraron que este fenómeno ocurría con cargas máximas o submáximas, a partir del 75% de 1RM, pero no con cargas ligeras. Sin embargo, Elliot et al. (1989) comentaban que el sticking point sólo aparecía con cargas superiores al 80% de 1RM.

Investigaciones posteriores cambian sutilmente esta definición de "sticking point" y hablan del "sticking period", diferenciando claramente tres fases de la misma (pre-sticking period, sticking period y post-sticking period) (Van Den Tillaar y Ettema, 2009, 2010). Estos autores hacen un análisis temporal de este periodo, determinando que ocurre en un intervalo de 700 ms, comenzando a los 200 ms, y finalizando a los 900 ms. Van Den Tillaar y Ettema (2009), analizan este fenómeno del sticking period desde el punto de vista de la fisiología muscular usando la electromiografía (EMG) de los músculos principales que participan en la ejecución del movimiento (pectoral mayor, porción anterior del deltoides, tríceps y bíceps). En sus investigaciones se centraron en el estudio del sticking period en cargas máximas y supramáximas (1RM y 105% de 1RM) con sujetos que realizaban habitualmente press banca en su entrenamientos. Los resultados obtenidos mostraron que en la mitad de los casos, el fallo se producía una vez ocurrido el sticking period, mientras que en la otra mitad, durante esta fase. Por lo que concluyeron, que el sticking period no es el motivo del fallo en el intento de levantar cargas cercanas a la 1-RM.

Todos estos factores mencionados hasta el momento, pueden verse claramente afectados por la situación en la que se realice el ejercicio. Esto hace, que el PMS, con respecto al realizado con PBL pueda ocasionar diferencias a la hora de manifestar fuerza (Cotterman, Darby, y Skelly, 2005; Schawanbeck, Chilibeck, y Binsted, 2009; Shick, Coburn, y Brown, 2010). En este sentido, cuando el ejercicio se realiza en PBL se produce un incremento de las acciones de estabilización de las articulaciones implicadas en comparación al ejercicio realizado en PMS (Koshicla, Urabe, Miyashita, Iwai, y Kagimori, 2008; Shick et al. 2010; Garhammer, 1981). Saeterbakken, Van del Tillaar, y Fimland (2011) mostraron que durante la realización del press banca en tres situaciones (PBL, con mancuernas y en PMS) la carga desplazada con las mancuernas fue un 14% menos que en el PMS y un 17% menos que en el PMS. Además, observaron que la EMG variaba en función de las condiciones de estabilidad, ocasionando así, en

algunos casos, un disminución de la fuerza. En esta misma línea, González-Badillo y Ribas (2002) afirman que durante la evaluación de un ejercicio en PBL, las condiciones de ejecución se asemejan más a la situación real de competición, aunque se pierde información de forma ostensible. Mientras que la realización del ejercicio en una máquina isocinética, la cantidad de información es mayor, pero nos alejamos mucho de las condiciones de producción de fuerza y explosividad de los movimientos de situaciones reales.

Analizadas algunas de las variables más importantes que pueden afectar a la evaluación en la fuerza de la cintura escapular, en condiciones de alta fiabilidad, estas variables indican que aunque participen los mismos grupos musculares, en realidad son ejercicios diferentes. Desde esta perspectiva, la comparación entre ellos es cuanto menos paradójica, puesto que en esencia, lo que se está entrenando, son aspectos distintos en la habilidad de producción de fuerza.

El propósito de esta investigación es encontrar qué ejercicio, el PBL o con PMS, es el más adecuado para estudiar la cinética y cinemática del gesto. De esta forma se podrá encontrar si son otros los factores a los descritos hasta la fecha los que afectan a la producción de fuerza durante todo el ROM a lo largo de todo el espectro de cargas de una curva de fuerza-velocidad, además de ver las diferencias existentes entre ambos ejercicios.

Método

Sujetos

Dos sujetos varones, voluntarios, pertenecientes a la Facultad De Ciencias De La Actividad Física y el Deporte de la Universidad de Granada (edad: 22 y 31 años, peso: 76.5 y 70.4 Kg, altura: 172 y 173 cm), con experiencia en el entrenamiento de fuerza de más de tres años, habiendo realizado ejercicios de press de banca en PBL y PMS en sus entrenamientos. Los participantes declararon no estar tomando ningún fármaco o sustancia dopante y no tener síntomas ni sufrir ninguna lesión en el tren superior. Además de firmar un consentimiento informado en donde se les informó de todo el procedimiento a seguir durante todo el proyecto piloto. Este estudio fue previamente aprobado por el comité ético de la Universidad de Granada.

Instrumental

Se utilizó un dispositivo de desplazamiento lineal (T-Force System) para la evaluación de la fuerza muscular. El sistema consta de una parte electromecánica (hardware: sensor e interface) y un software, con el cable fijado a la barra, este se movía verticalmente según la dirección del desplazamiento, informando de la posición en cada milisegundo (1000 Hz). Mediante el software T- Force System, se calculó parámetros de la cinética del gesto producida durante la fase concéntrica de cada repetición. Para el análisis cinemático se utilizó una cámara Casio Exilim Pro-Ex F1 para la toma de video (300 fotogramas por segundo). Para el correcto visionado de las imágenes y posterior análisis biomecánico se colocaron marcadores epidérmicos en la piel de los sujetos. El software utilizado para el análisis biomecánico fue el SiliconCOACH Ltd., donde se calcularon las distancias de los agarres, angulaciones y desviaciones de la barra.

Procedimiento

La evaluación de los sujetos se llevó a cabo en dos sesiones separadas cada una por 72 horas. Para ello, los deportistas acudieron al laboratorio de análisis del rendimiento del CAR de Sierra Nevada (Granada).

El primer día, tras calentamiento estandarizado, se realizó un protocolo de cargas incrementales hasta alcanzar su 1RM, siguiendo la metodología de Baechle, Eaele, y Wathen (2000). Para el análisis del movimiento, se siguió el modelo SC-4, (se trata de un modelo general y macro del cuerpo humano) Leva (1996). De este modo, cada sujeto realizó series independientes con aumentos de carga de 10 o 5 kg (en función de la velocidad desplazada) para hallar posteriormente la curva de fuerza, potencia, velocidad y su RM. Para evitar los efectos de la fatiga, se dejaron descansos entre cada una de las series realizadas. Estos descansos comprendían desde periodos de 3 minutos, para velocidades de la barra superiores a 0,5 m/s, y descansos de 5 minutos para velocidades inferiores a 0,5 m/s.

Para el protocolo incremental en PBL y PMS se siguió la técnica descrita por Escamilla, Lander, y Garhammer (2000). A los sujetos se les indicó que realizaran la fase concéntrica con la mayor velocidad posible y se controlaba el descenso durante la fase excéntrica, descendiendo la barra hasta rozar el pecho con el fin de evitar la acción de rebote al invertir la dirección del movimiento. Tras una señal acústica con tiempo aleatorizado, para evitar acciones de contra movimiento, el sujeto desplazaba la barra a la máxima velocidad.

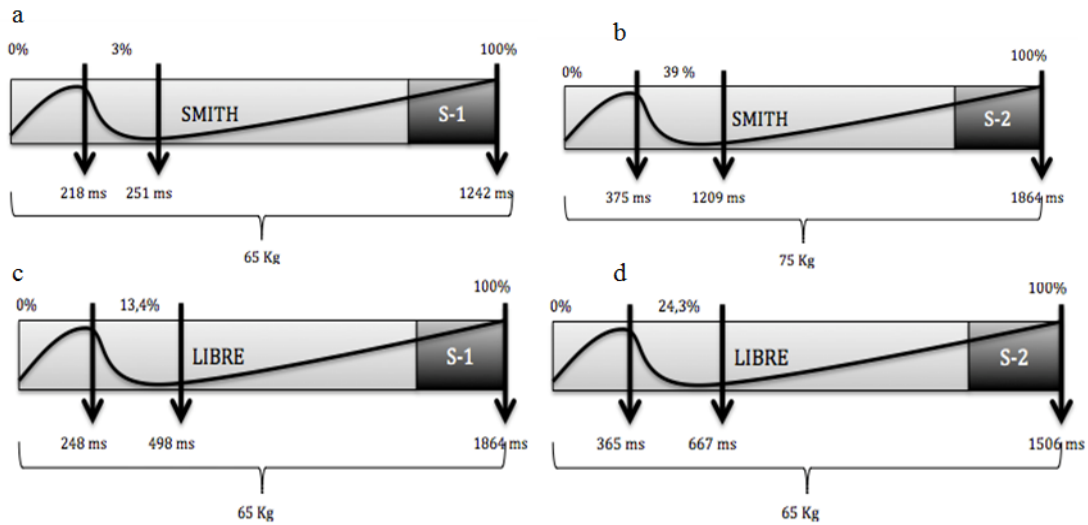
Tres marcadores fueron colocados en el acromial, radial y estelión. Otro marcador fue colocado en el centro de la barra, para poder medir su desplazamiento. La dimensión de los marcadores epidérmicos era de 3 mm de diámetro.

Estadística

Para el análisis de los datos se ha utilizado una estadística descriptiva mediante el uso de medias y desviaciones estándar.

Resultados

Se analizaron las curvas de velocidad-tiempo en cada carga desplazada, y se calculó el porcentaje de 1RM en donde se iniciaba el "sticking period". Como se puede observar en la Tabla 1, se comparó esta variable en las dos condiciones planteadas en este estudio (PBL vs PMS). Los datos mostraron que el S-1 tenía una RM estimada de 68 Kg produciéndose el sticking period a la carga de 65 Kg, al 96% de su 1RM (en condiciones de PBL). Por otro lado, este mismo sujeto, en condiciones de PMS, se estimó su 1RM en 71 kg y la carga en donde se iniciaba el sticking period fue de 65 Kg (91% de 1RM). El S-2, en condiciones de PBL poseía 1RM estimada de 69 Kg y empezó a aparecer el sticking period al 94 % de su 1RM. Mientras que en condiciones de PMS, la RM estimada fue de 77 Kg y el sticking period se inició a la carga de 70 Kg, al 89 % de su 1RM.



Nota. S-1; a) Carga: 65 Kg (91% 1-RM). Duración "sticking period" (3%) del total (PMS). c) Carga: 65 Kg (91% 1-RM). Duración "sticking period" (13,4%) del total (PBL). S-2: b) Carga: 75 Kg (89% 1-RM). Duración "sticking period" (39%) del total (PBL). d) Carga: 65 Kg (94% 1-RM). Duración "sticking period" (24,3%) del total (PMS).

Figura 1. Porcentaje de duración del Sticking Period, tiempo de inicio y final en cargas superiores al 90% de 1-RM.

La duración del sticking period en relación al tiempo total de la ejecución del press banca también se analizó, como se muestra en los resultados de la Figura 1. El S-1, en PMS obtuvo un tiempo de duración del sticking period del 3% del total del movimiento, con 65 Kg, mientras que en la misma carga con PBL obtuvo un 13,4% de duración. Por otro lado, el S-2, en PBL y con la misma carga, la duración fue del 24,3%. En situación de PMS, el S-2, obtuvo valores del 39%, con una carga de 75 Kg.

El análisis de los resultados de fuerza nos reportó los siguientes datos que se muestran en la figura 2. El S-1 manifestó valores de fuerza (N) de 770 y 837, en libre y pórico, alcanzando este pico máximo de fuerza (PMF) a los 28 y 12 ms y una velocidad de 0,06 y 0,02 m/s, respectivamente. En el caso del S-2, los valores de PMF fueron de 693 y 849 N, empleando un tiempo en alcanzar estos de 60 y 66 ms, desarrollando unas velocidades de 0,13 y 0,08 m/s, en PBL y PMS, respectivamente.

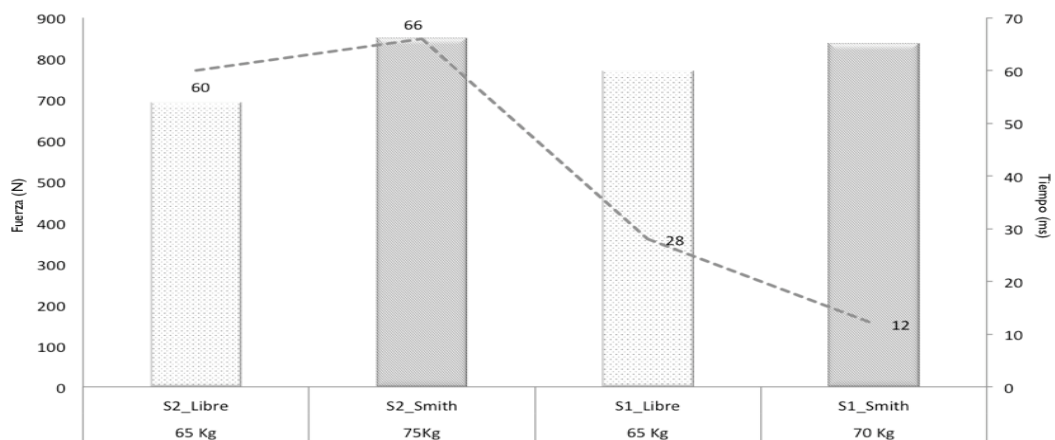
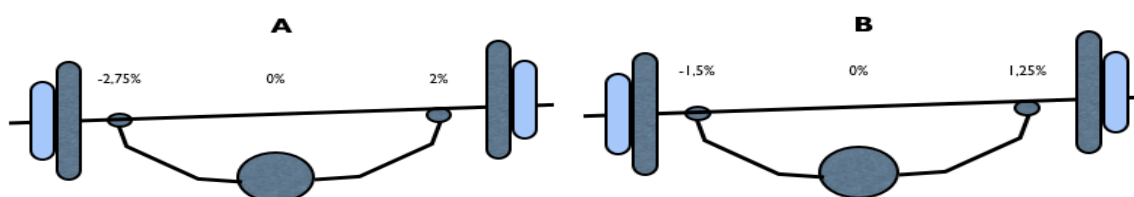


Figura 2. Tiempo (en ms) y valores de fuerza (N) en el desarrollo de la Fuerza Dinámica Máxima (FDM) (Smith vs Libre).

Ambos sujetos levantaron más carga bajo condiciones de PMS que en PBL, con un 7% más para el S-1 y un 13% más para el S-2.

En la Figura 3 podemos comprobar los grados de inclinación de la barra con respecto a la horizontal durante la ejecución del ejercicio de PBL durante la realización del ejercicio. Se tomaron como referencia tres momentos temporales claves durante toda la subida (T-30, T-100 y T-300 ms) y se realizó la media en cada una de las cargas del protocolo (20, 30, 40, 50, 60 y 65 Kg). Al final se hizo la media tanto fuera del pódium como dentro obteniendo un porcentaje de inclinación del S-1 de 2,75° (lado izquierdo) y 2° (lado derecho). En el S-2 encontramos en su lado izquierdo un 1,5° de inclinación y en el derecho un 1,25° con respecto a la horizontal.



Nota: los valores que aparecen en "A" y "B" corresponden al porcentaje de inclinación de la barra medido desde el punto "0", medido en tres momentos clave (30, 100 y 300 ms).

Figura 3. Media del porcentaje de inclinación de la barra durante todo el rango del movimiento en condición de press de banca libre (PBL) en ambos sujetos.

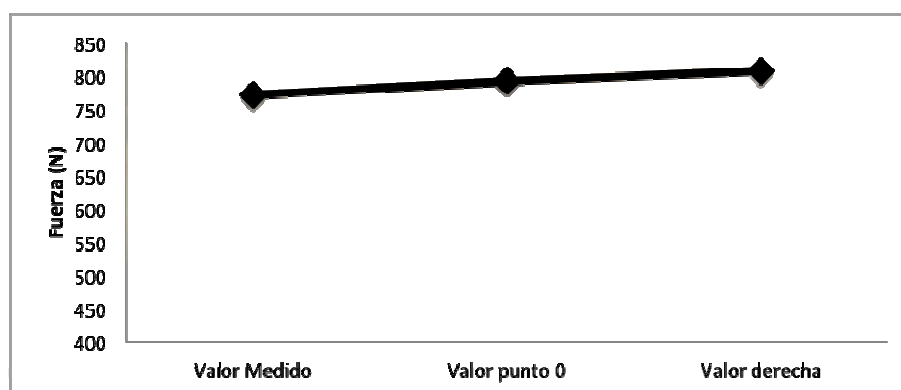
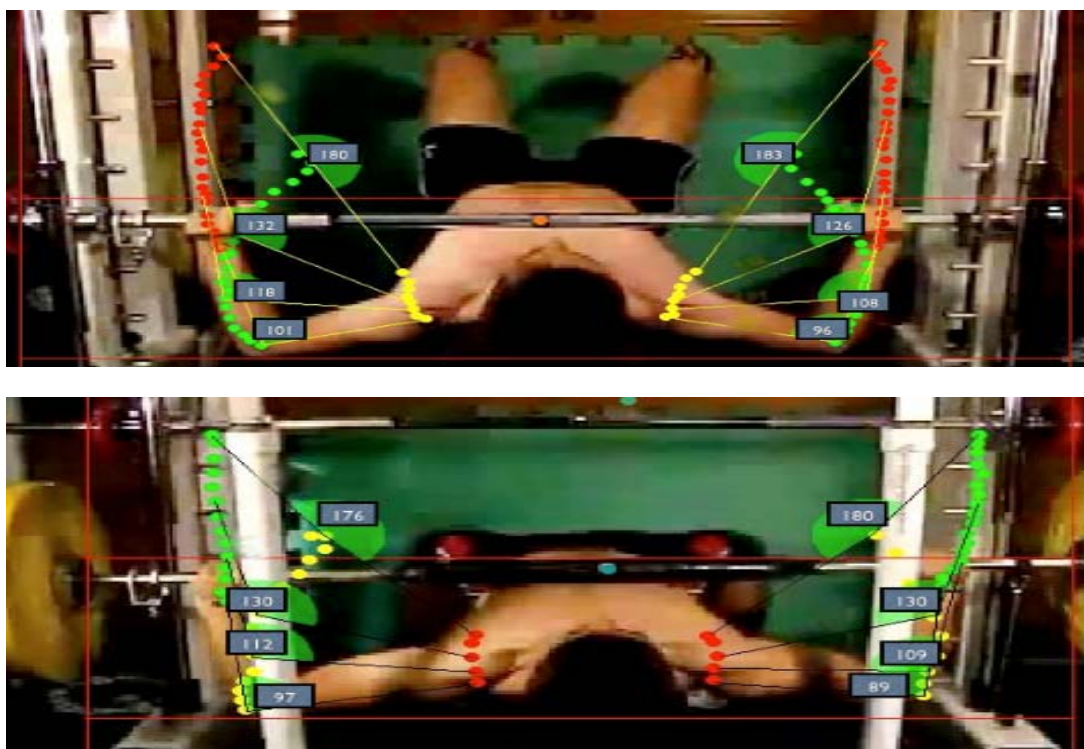


Figura 4. Tres valores de la fuerza (N), en función de la colocación del transductor de velocidad con una carga de 75 Kg en el Sujeto 1.

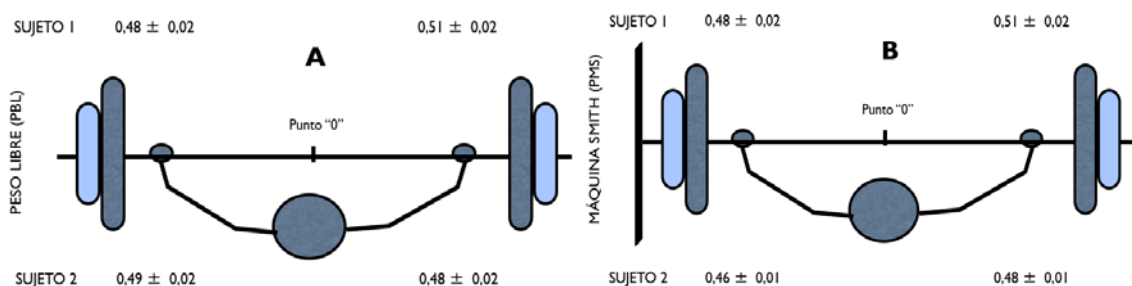
Como se puede apreciar en la Figura 5, se analiza el ángulo del codo de los dos sujetos en cada una de las mejores repeticiones de todas las cargas durante el protocolo en cuatro tiempos determinados (T-30, T-100, T-300 y T-Final). En condiciones de PBL, se obtuvieron valores de 97° y 89°, 112° y 109°, 130° y 130°, 176° y 180°, en el brazo izquierdo y derecho, en los tiempos de 30, 100, 300 ms y final del movimiento respectivamente. Para el ejercicio realizado en PMS estas angulaciones fueron de 101° y 96°, 110° y 108°, 132° y 126°, 180° y 183°, en brazo izquierdo y derecho, en los tiempos de 30, 100, 300 ms y final del movimiento respectivamente.



Nota. Figura "A" (condición de máquina Smith [PMS]). Figura "B" (condición de peso libre [PBL]).

Figura 5. Angulación (°) del codo en el brazo izquierdo (Zi) y brazo derecho (Zd) de cada sujeto en todo el protocolo a los 30,100, 300 ms y final del movimiento.

Los agarres se midieron una vez que los sujetos realizaron todas las repeticiones. En la Figura 6 se muestran las medias de los agarres de cada uno de los sujetos en todas las condiciones de este proyecto piloto (PBL vs PMS). El S-1 en PMS realizó un agarre de $0,48 \pm 0,02$ cm (agarre izquierdo) y $0,51 \pm 0,02$ cm (agarre derecho). En PBL las distancias medias fueron de $0,50 \pm 0,02$ cm (agarre izquierdo) y $0,49 \pm 0,02$ cm (agarre derecho). Los agarres fueron medidos desde el punto 0 de la barra (el punto medio) hasta el punto más cercano del interior de la mano. En el S-2, en cambio, sus valores medios fueron de $0,46 \pm 0,01$ cm y $0,48 \pm 0,01$ cm (en el agarre izquierdo y derecho, respectivamente) en el PMS y de $0,49 \pm 0,02$ cm y $0,48 \pm 0,02$ cm de media, en el PBL. En cuanto a los valores de la desviación biacromial (DB), en condición de peso libre, se obtuvieron valores de 152, para el sujeto 1 y 2, respectivamente. En máquina Smith, los valores obtenidos fueron de 150 y 147, para ambos sujetos.



Nota: Las medidas que aparecen en "A" y "B" corresponde a la distancia (cm) medidos desde el punto "0" de la barra hasta el dedo índice de cada mano.

Figura 6. Media de los agarres durante todo el protocolo en ambos sujetos.

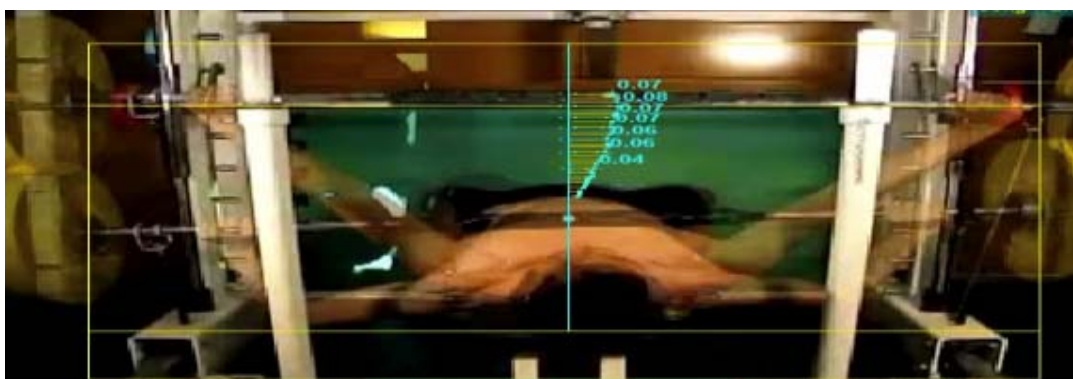


Figura 7. Ejemplo de la desviación de la barra en el plano horizontal durante la realización de una de las cargas bajo condiciones de press de banca libre (PBL).

En la Tabla 1 se muestran los valores de desviación de la barra con respecto al eje biacromial, encontrándose grandes diferencias en la trayectoria hacia el plano sagital derecho del S-2 con una desviación promedio 0,7 cm y 0,4 cm, al contrario que el S-1 en el que su promedio de desviación fue 0,2 cm y 0,3 cm, de forma respectiva.

Tabla 1. Desviación de la barra en el eje biacromial en ambos sujetos en condiciones de peso libre (PBL).

	<i>Peso (Kg)</i>	<i>Máx.(Cm)</i>	<i>Min.(Cm)</i>	<i>media</i>
S-1	50	0,2	0,1	0,2
	65	0,4	0,1	0,3
S-2	60	0,8	0,4	0,7
	65	0,5	0,2	0,4

En la Tabla 2, se puede apreciar una comparativa de las diferentes variables propuestas en este trabajo. En la columna de la izquierda se pueden ver los datos relativos al PBL, y en la columna de la derecha los relativos al PMS.

Tabla 2. Comparación de las variables cinemáticas y cinéticas en press de banca libre (PBL) y press de banca en máquina Smith (PMS).

PRESS DE BANCA LIBRE (PBL)	PRESS DE BANCA MÁQUINA SMITH (PMS)
<p><u>CINEMÁTICA</u> "Sticking Period"</p> <p>Tini: 307 ms Tfinal: 667 ms Ttotal: 1685 ms % Sticking Period= 21</p>	<p><u>CINEMÁTICA</u> "Sticking Period"</p> <p>Tini: 297 ms Tfinal: 730 ms Ttotal: 1553 ms % Sticking Period= 28</p>
<p><u>CINÉTICA</u> Repetición Máxima (1RM)</p> <p>S1 y S2 (65 Kg)</p>	<p><u>CINÉTICA</u> Repetición Máxima (1RM)</p> <p>S1 (70 Kg) y S2 (75 Kg)</p>
<p><u>AGARRE</u> %Desviación Biacromial</p> <p>147</p>	<p><u>AGARRE</u> % Desviación Biacromial</p> <p>152</p>
<p><u>ANGULACIÓN (°) en 1RM</u></p> <p>30 = Izquierda (101,5) Derecha (96) 100= Izquierda (107,5) Derecha (108) 300= Izquierda (13,5) Derecha (128,5) Final= Izquierda (172) Derecha (173,1)</p>	<p><u>ANGULACIÓN (°) en 1RM</u></p> <p>30 = Izquierda (97) Derecha (93) 100= Izquierda (113,5) Derecha (109) 300= Izquierda (131,5) Derecha (126,5) Final= Izquierda (118) Derecha (180)</p>

Discusión

En este estudio piloto se ha analizado algunas de las variables cinéticas y cinemáticas que pueden afectar al ejercicio de press banca en dos condiciones, PBL vs PMS.

Se ha tratado de profundizar en la fase correspondiente al "sticking period" en cargas submáximas y máximas, estudiando el porcentaje y el tiempo de duración (ver Figura 1). Nuestros resultados muestran que el sticking period se produce con cargas superiores al 89% de 1RM, tanto dentro del pórtico como fuera de él. Elliot et al. (1989) reportan que el sticking period se iniciaba, en atletas entrenados, con cargas superiores al 80% de 1RM. Otros autores como Newton et al. (1997) mostraron en sus estudios que el sticking period se producía con cargas superiores al 80% de 1RM, datos que concuerdan con los obtenidos en nuestro estudio, tanto en ambas situaciones.

Tras un análisis temporal se observada la media del tiempo de inicio (T_{inicio}) 270 ± 109 ms y la del tiempo final (T_{final}) de 560 ± 295 ms, estos resultados están en concordancia con los obtenidos por Van Den Tillar et al. (2009), en el que el sticking period se iniciaba a los 200 ms y duraba hasta los 900 ms del total del movimiento. Otros autores como Elliot et al. (1989), informaron que el sticking period comenzaba en torno

a los 340 ms. Cuando se habla en términos de porcentaje de duración del sticking period, los valores obtenidos en nuestra investigación son más bajos que los reportados en otras investigaciones (Elliot et al., 1989; McLaughlin et al., 1984; Newton et al., 1997), ya que en sus estudios informaron que la duración de esta fase era alrededor del 24% del total. Las comparaciones temporales entre las dos condiciones propuestas en nuestro estudio, nos reportaron datos del sticking period de un porcentaje de duración del 21% en PBL y un 28% en condiciones de PMS. Resultado que apoya nuestra hipótesis que ambos ejercicios, a pesar de ser idénticos en cuanto a la realización, se manifiestan diferentes capacidades.

Con respecto a la realización del ejercicio de PBL o de PMS, podemos observar la gran variabilidad que existe a la hora de realizarlo en una situación u otra (ver Figura 2). En nuestro estudio, hemos analizado los grados de inclinación de la barra con respecto a la horizontal en cada una de las cargas. En cuanto a los grados de inclinación, se tomaron tres momentos temporales clave en el ejercicio de press banca (T-30, T-100 y T-300 ms) obteniéndose los grados de inclinación de $2,75 \pm 0,4^\circ$ y $2 \pm 0,4^\circ$ (parte izquierda y derecha respectivamente) en el S-1, mientras que en el S-2, estos grados de inclinación fueron menores ($1,5 \pm 0,58^\circ$ y $1,25 \pm 0,68^\circ$), siendo también muy llamativo. González-Badillo y Ribas (2002), señalan que durante la realización de mediciones de cualquier ejercicio con máquina isocinética se gana en cuanto a información obtenida, pero se pierde el carácter de la explosividad de los ejercicios, en cambio, la realización de los ejercicios en PBL, se acerca más a la naturaleza del gesto, aunque se reduce la información. Más que una pérdida de información es una alteración de la misma, probablemente dada por el hecho de la diferente inclinación de la barra durante la ejecución del gesto. Los dispositivos de desplazamiento lineal miden la fuerza, potencia, RFD y otras variables de forma indirecta, es decir, que las calculan a través de una serie de ecuaciones matemáticas sobre el desplazamiento registrado. Por lo tanto, al error acumulado tras las diferentes derivadas, hay que sumarle un posible fallo en la técnica de ejecución, desvirtuando así algunos valores de vital importancia para los entrenadores, como puede ser la fuerza en los 30, 100 y 300 ms.

Con respecto a la carga máxima levantada en cada una de las situaciones, el S-1 levanto un 7% más en PMS en comparación con el PBL, mientras que el S-2, levantó un 13% más de carga en PMS comparándolo con la situación de PBL. Estos datos no concuerdan con los resultados presentados por Cotterman et al. (2005) ya que en PBL desplazaron un 12,2% más de carga que en PMS. Esto puede ser debido a una mayor experiencia en el entrenamiento con cargas libres con respecto al press de banca en máquina Smith. Shick et al. (2010), habiendo analizado también la implicación muscular mediante EMG, llegó a la conclusión que para el desarrollo de la fuerza del tren superior es preferible realizar el ejercicio de PBL, ya que se produce una mayor activación de la musculatura principal (pectoral mayor, deltoides anterior, tríceps y bíceps).

Las desviaciones o alteraciones en la ejecución de cualquier gesto se pueden explicar al fenómeno de la variabilidad biológica. En este sentido, es bien sabido, que los sistemas biológicos son auto organizados en cuanto al ambiente y las restricciones de orden biomecánico y morfológico para encontrar la solución más eficaz en la producción de un movimiento específico (Thelen, y Smith, 1995). Una disminución en la variabilidad del patrón de movimiento indicaría un comportamiento estable del sistema. Esta línea de pensamiento aplicada al plano deportivo muestra que para realizar el press de banca, hay que tener en cuenta el ambiente o estado externo del momento del gesto y las limitaciones biomecánicas y morfológicas del sujeto. Si el sujeto es efectivo y eficiente en el PBL implicaría una ejecución positiva del movimiento.

La variabilidad puede ser conceptualizada como las variaciones que ocurren en la ejecución motora a través de múltiples repeticiones de un gesto (Stergiou, Buzzi, Kurz, y Heidel., 2004). La variabilidad es inherente a todos los sistemas biológicos, en espacio y tiempo y puede ser fácilmente observada en nuestro caso en la Figura 7, ya que nos demuestra que así se tenga una maestría en la ejecución del PBL, siempre existirán alteraciones en la ejecución, ya sea por sus diferencias segmentales o por una deficiente ejecución técnica.

La variabilidad con respecto al eje biacromial en el PBL (ver Tabla 1), muestra una gran diferencia en la ejecución tanto en sus angulaciones, distancias de segmentos corporales como sus agarres, manifestando marcadas variaciones en cada una de las cargas aplicadas hasta llegar a su 1RM. Por el contrario, se indica en Davids, Glazier, Araujo, y Barlett (2003) que los sistemas del movimiento humano necesitan acceder a esta información para contextualizar los movimientos, factor que constituye un imperativo para las adaptaciones funcionales a los ambientes dinámicos. En otras palabras, la variabilidad en el PBL no debe ser concebida como un factor negativo sino al contrario como un factor funcional que aporta valor al rendimiento deportivo.

En cuanto a la posición de las manos a la hora de realizar el protocolo de fuerza, son muchos los estudios científicos (Sanchez-Medina, Perez, y González-Badillo, 2010; Rahmani et al, 2009) que hablan de una colocación "ligeramente" superior a la anchura de los hombros o directamente, no los controlan (Van Den Tillaar y Ettema, 2009, 2010; Thomas, Kraemer, y Spiering, 2007). Otros estudios (Saeterbaken, Van Den Tillaar, y Fimland, 2011) dicen que controlan la posición de las manos de manera individual, pero no profundizan en cómo lo realizan. A los sujetos que participaron en nuestro estudio, de manera intencional, no se les dio ninguna directriz a la hora de la colocación del agarre. Posteriormente se analizó la longitud del agarre partiendo desde el punto "0" de la barra. En la Figura 4, se muestra las distancias en los agarres de todas las cargas realizadas (S-2) en PBL fue de 0,49 cm (izquierda) y 0,48 cm (derecha) y 0,46 cm (izquierda) y 0,48 cm (derecha), en PMS. En cambio, el S-1, en PBL se obtuvieron valores medios de 0,51 cm (izquierda) y 0,49 cm (derecha); 0,48 cm (izquierda) y 0,51 cm (derecha), en PMS. Si nos basamos en la metodología expuesta por Wagner et al. (1992), nuestros sujetos realizaron un agarre en función de su distancia biacromial (DB) de 147 % y 152 % (Smith y libre, para el S-2, respectivamente) y de 150 % y 152% (Smith y libre, S-, respectivamente). En la investigación de estos autores concluyeron que en un agarre medio G3 (200 % DB) se obtenían mejores valores de fuerza en la fase del sticking period. En cambio, los valores más distantes de la DB (G6 = 270% DB) y los más cercanos (G1 = 95% DB) estos valores de fuerza disminuyeron. A la hora de controlar la distancia del agarre lo hacen en función de su DB, colocando dichos agarres entre un 165-200% (Cotterman et al. 2005; Shick et al. 2010). Estos datos concuerdan con nuestros valores (147-152% DB), como se ha mencionado, los sujetos aplicaron su agarre cómodo. También es de resaltar, que los sujetos en las dos condiciones de ejecución, variaron sus agarres en función del tipo de máquina utilizada. Este hecho resalta la importancia que tiene el control de todas aquellas variables que puedan afectar a los resultados de la evaluación de cualquier ejercicio de fuerza.

Por último, al realizar la comparación en PMS y en PBL hemos podido apreciar la influencia que tiene el instrumento de medida. En nuestro caso hemos podido comprobar que existe una desviación de la barra en PBL, difícil de apreciar solamente con un dispositivo de desplazamiento lineal. Podemos llegar a vislumbrar que el ejercicio de press de banca realizado en condiciones de libre, nos puede llegar a dar una información no real de la fuerza y de la potencia. Hacemos hincapié en que este tipo de dispositivos

miden el desplazamiento (de forma directa) y a raíz de este se calculan las variables de fuerza y potencia mediante ecuaciones matemáticas (Harris et al., 2010). En este sentido, una inclinación media en PBL de 2,75% (izquierda) y 2° (derecha) de la barra con respecto a la horizontal, dará un desplazamiento mayor en un lado que en otro, y teniendo en cuenta, que el encoder lineal se posiciona en un solo lado, la información de la fuerza y potencia se verá afectada.

Para poder entender mejor este hecho, proponemos un ejemplo con una de las repeticiones ejecutadas por el S-1 en PBL (ver Figura 1). En este caso obtuvo un valor de fuerza en condiciones de PBL de 770 N en 1M (65 Kg). La inclinación de la barra con respecto a la horizontal fue de -2,75% hasta el punto medio de la barra y de 4,75% hasta el agarre realizado por la mano derecha. Cabe recordar que la colocación del dispositivo de desplazamiento lineal (encoder) fue en el lado izquierdo. Los resultados obtenidos serían los siguientes:

Si el S-1 hubiera realizado el ejercicio con la misma inclinación de la barra con respecto a la horizontal, el valor pico de fuerza sería de 791 N y no de 770 N, que fue el dato real medido por el encoder. En cambio, si valoramos su fuerza desde su extremidad dominante (el brazo derecho), los valores pico de fuerza obtenidos serían de 806 N. Como podemos comprobar, las diferencias son más que notorias. Por último, cabe resaltar, que si comparamos estos valores pico de fuerza, con otro protocolo de idéntica realización por el mismo sujeto varios meses después, las ganancias o no de fuerza, pueden ser debidas a que se está midiendo de forma diferente. Con este ejemplo, podemos pensar, que siempre que se pretenda evaluar en un ejercicio en peso libre, son muchas las variables contaminantes que pueden afectar a la medición de las diferentes manifestaciones de la fuerza, con este tipo de dispositivos.

Conclusiones

A la hora de realizar cualquier protocolo de fuerza debemos de tener en cuenta una serie de factores como:

- a. Seleccionar el ejercicio para la evaluación de la fuerza del tren superior: el ejercicio elegido va a modificar las condiciones de ejecución del gesto, como hemos comprobado en lo ocurrido entre PMS y el PBL.
- b. Seleccionar el instrumento de medida: los datos que proporciona un dispositivo de desplazamiento lineal cuando el ejercicio se realiza bajo peso libre, pueden verse afectados por la técnica que posea nuestro deportista o por la posición en la que se sitúa el dispositivo de medida.

Aplicaciones prácticas

Los datos obtenidos pueden ser útiles para entrenadores y preparadores físicos, ya que es posible que las ganancias o no de fuerza de los atletas, no se deban al efecto del entrenamiento, sino a una alteración del gesto. La utilización del press banca con barra libre resulta muy interesante a la hora de trabajar (*entrenar*) ya que estaremos enfatizando el trabajo de estabilización de las articulaciones participantes en el movimiento. A la hora de *evaluar* al deportista, sería más conveniente basarse en ejercicios más controlados como el press de banca en máquina Smith. De esta forma, se estaría eliminando ruido (alteraciones) de los datos y por consiguiente, valorando de una forma más precisa las manifestaciones de la fuerza.

Futuras investigaciones

A pesar de haber sido un tema ampliamente estudiado en la literatura específica sobre tema, hemos podido observar que existen ciertas deficiencias a la hora realizar los diferentes protocolos de evaluación de 1RM. Son muy pocos estudios los que estandarizan el agarre en cada una de las repeticiones del protocolo. La variación de las diferentes palancas en la ejecución del movimiento de press de banca podría alterar los resultados de fuerza obtenidos.

Referencias

- Rahmani, A., Rambaud, O., Bourdin, M., y Mariot, J. (2009). A virtual model of the bench press exercise. *Journal of biomechanics*, 42(11), 1610-1615.
- Abernethy, P., Wilson, G., y Logan, P. (1995). Strength and power assessment. Issues, controversies and challenge *Sports Medicine*, 19(6), 401-417.
- Baechle, T. R., Ederle, R. W., y Wathen, D. (2000). Resistance Training, Chapter 18. In Baechle, T. R. y Earle, R. W. (Eds.), *Essential of Strength Training and Conditioning (NSCA)*, (2^o ed. pp. 395-425). Champaign IL: Human Kinetics.
- Barnett, C., Kippers, V., y Turner, P. (1995). Effects of variations of the bench press exercise on the EMG activity of five shoulder muscles. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 9, 222-227.
- Cotterman, M. L., Darby, L. A, y Skelly, W. A. (2005). Comparison of muscle force production using the Smith machine and free weights for bench press and squat. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 510–517.
- Davids, K., Glazier, P., Araujo, D., y Bartlett, R. (2003). Movement systems as dynamical systems: the role of functional variability and its implications for sports medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 245–60.
- Elliott, B. C, Wilson, G. J, y Kerr, G. K. (1989). A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21, 450–462.
- Escamilla, R. F., Lander, J. E. y Garhammer, J. (2000). *Biomechanics of Powerlifting and Weightlifting Exercises*, Chapter 39. In Garret, W. E. y Kirkendall, D. F (Eds.), *Exercise and Sport Science* (pp. 585-615). Philadelphia: Lippincott Williams y Willkins.
- Faigenbaum, A. D., Westcott, W. L., Long, C., Loud, R. L., Delmonico, M. y Micheli, L. J. (1998). Relationship between repetitions and selected percentages of the one repetition maximum in healthy children. *Pediatric Physical Therapy*, 10, 110-113.
- Garhammer, J. (1981). Free weight equipment for the development of athletic strength and power, part I. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 3, 24–26.
- González Badillo, J. J. y Ribas, S. (2002). *Bases de la Programación del Entrenamiento de Fuerza*. Barcelona: Inde.
- Harris, N. K., Cronin, J., Taylor, K., Boris, J., y Sheppard, J. (2010). Understanding Position Transducer Technology for Strength and Conditioning Practitioners. *Strength and Conditioning Journal*, 32(4), 66-79.

- Knutzen, K. M., Brilla, L. R. y Caine, D. (1999). Validity of 1RM prediction equations for older adults. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 13, 242-246.
- Koshida, S., Urabe, Y., Miyashita, K., Iwai, K., y Kagimori, A. (2008). Muscular outputs during dynamic bench press under stable versus unstable conditions. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1584-1588.
- Kraemer, W.J., & Fleck, S.J. (2005). *Strength training for young athletes* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kraus, K., Mayhew, J. L., Nicholls, K., Russell, C., Johnson, J., Sweeney, D. y Sloop, J. (1996). Evaluation of the YMCA bench press test for predicting 1-RM using free weights and machine weights. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 10, 288.
- Lander, J. E., Bates, B. T., Swahill, J. A., y Hamill, J. (1985). A comparison between free-weight and isokinetic bench pressing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17, 344-353.
- Leva, P. (1996). Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. *Journal of Biomechanics*. 29(9), 1223-1230.
- McLaughlin, T. M. y Madsen, N. H. (1984). Bench press techniques of elite heavyweight powerlifters. *Journal of Sports Science*, 6, 44-65.
- Newton, R., Murphy, A. J., Humphries, B., Wilson, G., Kraemer, W. J., y Häkkinen, K. (1997). Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occur during explosive upper body movements. *European Journal of Applied Physiology*, 75, 333-342.
- Rahmani, A., Dalleau, G., Viale, F., Hautier, C. A., y Lacour, J. R. (2000). Validity and reliability of a kinematic device for measuring the force developed during squatting. *Journal of Applied Biomechanics*, 16, 26-35.
- Rahmani, A., Viale, F., Dalleau, G., y Lacour, J. R. (2001). Force/velocity and power/velocity relationships in squat exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 84, 227-232.
- Rahamani, A., Rambaud, O., Bourdin, M., y Pierre Mariot, J. (2009). A virtual model of the bench press exercise. *Journal of Biomechanics*, 42, 36-43.
- Saeterbakken, A. H., Van den Tillaar, R., y Fimland, M. S. (2011). A comparison of muscle activity and 1-RM strength of three chest-press exercises with different stability requirements. *Journal of Sports Sciences*, 29(5), 533-538.
- Sanchez-Medina, L., Perez, C. E., y Gonzalez-Badillo, J. J. (2010). Importance of the Propulsive Phase in Strength Assessment. *International journal of sports medicine*, 31(2), 123-129.
- Schick, E. E., Coburn, J. W., Brown, L. E., Judelson, D. A., Khamoui, A. V., Tran, T. T., y Uribe, B. P. (2010). A Comparison of Muscle Activation Between a Smith Machine and Free Weight Bench Press. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 779-784.
- Schwanbeck, S., Chilibeck, P. D., y Binsted, G. (2009). A Comparison of Free Weight Squat to Smith Machine Squat Using Electromyography. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9), 2588-2591.
- Stergiou, N., Buzzi, U., Kurz, M., & Heidel, J. (2004). Nonlinear Tools in Human Movement., , 63-90. Retrieved from www.scopus.com.
- Schick, E. E., Coburn, J. W., Brown, L. E., Judelson, D. A., Khamoui, A. V., Tran, T. T., y Uribe, B. P. (2010). A Comparison of Muscle Activation Between a Smith Machine and Free Weight Bench Press. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 779-784.

- Simpson, S. R., Rozenek, R., Garhammir, J., Lacourse, M., y Storer, T. (1997). Comparison of one repetition maximums between free weight and universal machine exercises. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 11, 03-106.
- Thelen E. y Smith L. A. (1995). *Dynamic Systems Approach to the Development of Cognition and Action*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Thomas, G., Kraemer, W., y Spiering, B. (2007). Maximal power at different percentages of one repetition maximum: influence of resistance and gender. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 336-342.
- Van den Tillaar, R. y Ettema, G. (2009). A comparison of successful and unsuccessful attempts in maximal bench-pressing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(11), 2056-2063.
- Van den Tillaar, R. y Ettema, G. (2010). The “sticking period” in a maximum bench press. *Journal of Sports Sciences*, 20(5), 529-535.

Referencia del artículo:



Jaimes, M.F., Bautista, I.J., Chiroso, I. J., Arguelles, J., Monje, J.M., Chiroso, L.J. (2012). Análisis cinético y cinemático del press de banca en dos situaciones de evaluación: press banca libre vs press banca máquina smith. Proyecto piloto. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte* 8(2), 105-120. <http://www.e-balonmano.com/ojs/index.php/revista/index>