

Sport Performance

Validación de dos Pruebas de Predicción de la Potencia Muscular en el Ejercicio de Press de Banca

Validity of Two Muscle Power Prediction Tests in Bench Press Exercise

Sganga, Magalí., Farinola, Martín Gustavo.

Laboratorio de Actividad y Aptitud Física. Instituto Superior de Educación Física N°2. Federico W. Dickens

Dirección de contacto: sgangamagali@gmail.com

Magali Sganga

Fecha de recepción: 27 de abril de 2019

Fecha de aceptación: 10 de octubre de 2019

RESUMEN

Este estudio buscó establecer la validez concurrente de los test de predicción de potencia muscular Palazzi y W5" en el ejercicio press de banca. Participaron 40 estudiantes de educación física de ambos sexos aparentemente sanos de $23,6 \pm 2,7$ años. Se aplicaron ambos test simultáneamente con un encoder. Se comparó la potencia estimada de los test de predicción con la potencia media concéntrica (PmC) y potencia media concéntrica/excéntrica (PmCE) obtenidas con el encoder. Para determinar su validez se calculó el coeficiente de determinación (R^2) y coeficiente de correlación intraclass (CCI) y se realizó el gráfico Bland-Altman. Si bien se encontraron valores elevados de R^2 en ambos test de predicción el análisis del CCI mostró un mayor acuerdo con el encoder en el test de Palazzi con respecto a W5" (PmC: 0,886 y 0,841; PmCE: 0,921 y 0,883 respectivamente). El gráfico Bland-Altman mostró que el acuerdo entre los test y el encoder disminuye en los valores más altos de potencia. Se concluye que ambos test poseen una validez concurrente aceptable como estimadores de potencia muscular en el ejercicio de press de banca aunque se recomienda utilizar preferentemente el test Palazzi y evitar su aplicación en sujetos de elevada potencia muscular.

Palabras Clave: evaluación deportiva, potencia muscular, validez

ABSTRACT

This study pursued to examine the concurrent validity of muscle power prediction test Palazzi and W5" in bench press exercise. 40 physical education apparently healthy students of both sexes of an age range of 23.6 ± 2.7 years old were tested. Both prediction tests were administrated simultaneously with an encoder. The power estimated by both tests was

compared with the concentric media power (PmC) and the concentric/eccentric media power (PmCE) obtained with the encoder. To evaluate their validity the determination coefficient (R2) and intra-class correlation coefficient (ICC) were calculated and Bland-Altman plot was generated. Despite both prediction test obtain high values of R2 an analysis of ICC showed a greater agreement with encoder in Palazzi than in W5" (PmC: 0.886 and 0.841; PmCE: 0.921 and 0.883 respectively). Bland-Altman plot showed that the agreement between prediction tests and encoder decreases in higher power values. It is concluded that both tests have acceptable concurrent validity as muscle power estimators in the bench press exercise, although it is recommended to preferably use the Palazzi test and avoid its application in subjects of high muscle power.

Keywords: sports performance, muscle power, validity

INTRODUCCIÓN

La potencia muscular es ampliamente reconocida como un elemento crucial del rendimiento deportivo en numerosas disciplinas (Castillo, Valverde, Morales, Pérez-Guerra, de León & García-Manso, 2012; Loturco, et al., 2015; Nacleiro, Jiménez, Forte & Benito, 2006; Soriano, Suchomel & Marín, 2017). Sin embargo, varios autores coinciden en la dificultad que conlleva la evaluación de esta capacidad (Cronin & Sleivert, 2005; Badillo & Ribas, 2002; Mac Dougall, Wenger & Green, 2005). Mayormente se propone medir la potencia muscular a través de test estándares que requieren de instrumentos costosos y de acceso limitado para la mayoría de las personas que entrenan, como por ejemplo aparatos isocinéticos, dinamómetros, plataformas de fuerza o sistemas de captación de imágenes en 3 dimensiones, entre otros (González, Mangine, Spitz, Ghigiarelli & Sell, 2019; Rahmani, Samozino, Morin & Morel, 2018). Debido al costo y la complejidad que implica la utilización de estos instrumentos se han desarrollado pruebas de predicción de potencia muscular más sencillas, tanto para miembros inferiores como superiores, las cuales contaron con grados de validez aceptables (Clemons, Campbell & Jeansonne, 2010; Markovic, Dizdar, Jukic & Cardinale, 2004; Paule, Madole, Garhammer, Lacourse & Rozenek, 2000; Rahmani, Samozino, Morin & Morel, 2017; Stockbrugger & Haennel, 2001).

En la literatura se han propuesto otros test de predicción de la potencia muscular sumamente prácticos y accesibles, como ser las pruebas diseñadas por Dino Palazzi (s.f.) (*test Palazzi*) y por Julio Tous (1999) (*test W5"*). Las mismas pueden aplicarse a una serie variada de ejercicios con pesos libres y cuentan con un sustento teórico sólido, pero hasta nuestro conocimiento no se ha estudiado su concordancia con instrumentos de mayor precisión.

El test Palazzi consiste en cronometrar el tiempo que le lleva al evaluado ejecutar 8 repeticiones completas a máxima velocidad de algún ejercicio donde se realice un movimiento rectilíneo con carga. Se mide distancia recorrida en una fase concéntrica, tiempo de ejecución y peso movilizado y se introducen los datos en la Ecuación 1 para obtener la potencia muscular.

$$P = \frac{m \cdot 9,8 \cdot d}{\left(\frac{t}{16}\right)}$$

Ecuación 1

Donde P es la potencia obtenida en Watts; m es la masa movida en el ejercicio en kilogramos que al multiplicarlo por 9,8 m/s (valor asignado a la fuerza de gravedad) se convierte a peso en Newton; d la distancia recorrida en un solo movimiento concéntrico medido en metros, y t es el tiempo empleado para ejecutar las 8 repeticiones medido con un cronómetro en segundos que, al dividirlo por 16, se transforma en el tiempo utilizado para realizar una fase concéntrica del ejercicio.

En el test propuesto por Tous (1999), llamado W5", se le pide al sujeto que ejecute la mayor cantidad de repeticiones en 5 segundos de algún ejercicio donde se realice un movimiento rectilíneo con carga. Se mide cantidad de repeticiones completadas en ese tiempo, la distancia recorrida en una fase concéntrica y el peso movilizado, y se introducen los datos obtenidos en la Ecuación 2.

$$P = \frac{m \cdot 9,8 \cdot d \cdot 2 \cdot r}{5}$$

Ecuación 2

Donde P es la potencia obtenida en watts; m es la masa movida en el ejercicio en kilogramos que al multiplicarlo por 9,8 m/s (valor asignado a la fuerza de gravedad) se convierte a peso en Newton; d es la distancia recorrida medida en metros y

r es el número de repeticiones completadas. El autor no aclara qué sucede en caso que el evaluado no complete la última repetición, quedando a la mitad de la ejecución. Sin embargo, al detallar que r es el número de repeticiones completadas se entiende que la repetición que queda inconclusa no se considera válida. Se divide por 5 que es el tiempo en segundos en que se realiza el test. Tous recomienda restringir el período de tiempo a 5 segundos, ya que en menos tiempo influiría el tiempo de reacción tanto del ejecutante como del cronometrador, y en un tiempo mayor la velocidad de ejecución en las últimas repeticiones distaría mucho de las primeras a causa de la fatiga, encontrándose un gran desvío típico.

Como se ve, ambas pruebas utilizan instrumentos de bajo costo (cinta métrica, cronómetro y pesos libres) y cuentan con un soporte matemático adecuado (asumiendo que el total de la fuerza aplicada es en la dirección del movimiento), lo que las hace preferibles en contexto de campo. Sin embargo no se han encontrado trabajos que hayan evaluado su validez. A partir de esto, el objetivo del presente estudio es evaluar la validez concurrente de los test Palazzi y W5" en el ejercicio de press de banca.

MÉTODOS

Sujetos

La muestra estuvo conformada por 40 estudiantes de un Profesorado de Educación Física de ambos sexos (8 mujeres y 32 varones) de entre 19 y 30 años de edad. Estos sujetos se caracterizan por contar con niveles elevados de actividad física habitual, aunque no necesariamente son deportistas (Farinola, Polo, La Valle y Arcuri, 2009). Todos los participantes contaban con experiencia previa en el ejercicio de press de banca, excepto un caso a quien se le solicitó que realice una sesión de familiarización en días separados.

La participación de los sujetos fue voluntaria. Todos ellos presentaron certificado de salud para la práctica de actividad física y firmaron un consentimiento informado donde se les comunicó las características del estudio. A su vez, a cada sujeto se le realizó una devolución de los resultados para que conozcan mejor su estado físico.

Materiales

La validez concurrente es un tipo de validez que correlaciona un instrumento de medida con algún criterio valorado de forma concurrente o simultánea. Se utiliza cuando el investigador pretende sustituir un criterio difícil de medir por una prueba más corta y fácil de realizar (Thomas & Nelson, 2006). La prueba estándar utilizada para este trabajo fue un encoder lineal o transductor lineal de posición. Este instrumento determina los cambios de posición en función del tiempo a partir de lo cual calcula la velocidad de desplazamiento de una carga externa conocida (González-Badillo, Sánchez-Medina, Pareja-Blanco & Rodríguez-Rosell, 2017). Se empleó el modelo Real Speed de la marca WinLaborat. Según el fabricante, este instrumento cuenta con una precisión de 0,02s a una frecuencia de muestreo de 1000Hz, lo cual resulta adecuado para las variables que se medirán en este trabajo (Harris, Cronin, Taylor, Boris & Sheppard, 2010). Las variables analizadas con el encoder serán potencia media concéntrica (PmC), potencia media concéntrica-excéntrica (PmCE), distancia recorrida en las fases concéntrica y excéntrica y tiempo empleado en las fases concéntrica y excéntrica de la prueba. Estos valores son provistos por el software WinLaborat 5.0. Al obtenerse una gran cantidad de datos por cada repetición, el valor utilizado como representativo de cada potencia fue el promedio del módulo de los valores generados en cada repetición.

Se utilizaron dos cronómetros de la marca Galileo con una resolución de 0,01s según el fabricante. La cinta métrica usada para medir la distancia de la barra al pecho es una cinta inextensible que tiene un paso de 0,001m de la marca Roscraft.

El ejercicio press de banca se realizó con pesos libres en un banco diseñado específicamente para ese ejercicio, y se utilizaron barra y discos olímpicos.

Secuencia de valoración

En la ejecución del ejercicio de press de banca, el ancho de manos con el que se toma la barra modifica el trayecto que la misma realiza (Wagner, Evans, Weir, Housh & Johnson, 1992). Con el objetivo de estandarizar el movimiento y reducir la variabilidad interindividual, todas las repeticiones se realizaron con un ancho de manos determinado por el 130% del diámetro biacromial del evaluado (Clemons et al., 2010). Con este fin, se marcó la barra con 6 posibles anchos de manos (41 cm, 46 cm, 51 cm, 56 cm, 61 cm y 66 cm), y el sujeto se adecuó al valor más cercano a su medida. A lo largo de todo el protocolo se prestó especial atención a la correcta ejecución de la técnica de press de banca.

Se les solicitó a los evaluados que no realizaran actividad física intensa durante los dos días previos la sesión. El protocolo

se administró en una única sesión dividida en dos partes.

Primera parte

En la primera parte del protocolo se tomaron medidas antropométricas (peso, talla y diámetro biacromial), se estimó una repetición máxima (1RM) en press de banca a través del test de 1RM indirecto con la ecuación de Brzycki (Brzycki, 1993; do Nascimento, Serpeloni, Nakamura, Romanzini, Cardoso & Queiróga, 2007) al igual que en estudios similares recientes (González, Mangine, Spitz, Ghigiarelli & Sell, 2019) y los sujetos realizaron una familiarización con los test de potencia Palazzi y W5”.

Los evaluados realizaron una entrada en calor siguiendo el procedimiento propuesto para press de banca por do Nascimento et al. (2007). Luego se realizó el test de 1RM con una pausa de 2 minutos entre series. Después de un descanso de 3 a 5 minutos, el sujeto realizó una familiarización con el protocolo de los test consistente en 8 repeticiones a máxima velocidad con el 40% del peso determinado para 1RM. Ninguno de los test estudiados propone un peso específico para la medición de la potencia muscular, por lo que se decidió realizar la prueba con el 40% de 1RM que es un valor que se encuentra dentro del rango en el que se da el pico de potencia en el ejercicio press de banca (Soriano, Suchomel & Marín, 2017).

Una vez determinado el peso para 1RM y efectuada la familiarización con el test, el sujeto realizó una pausa tal que le permitiera una recuperación que no afecte el rendimiento en las series subsiguientes. Según la literatura este tiempo de recuperación es de 3 a 5 minutos para el caso de la fuerza explosiva y máxima (Naclerio, 2011; Williardson, 2008). Teniendo en cuenta que en el test de 1RM se ejecuta una sola serie máxima y con el objetivo de permitir la mejor recuperación posible, se otorgó un tiempo de 5 minutos entre el test máximo y el test explosivo.

Segunda parte

En la segunda parte se administraron simultáneamente los test Palazzi y W5” junto con la utilización del encoder en el ejercicio de press de banca. Se ejecutaron dos intentos de 8 repeticiones a máxima velocidad con un peso del 40% de 1RM, con una pausa de 3 minutos entre intentos.

La medición de la distancia en estos test de predicción se realiza previamente a su ejecución. Para esto el sujeto se coloca en posición supino dorsal sobre un banco plano sosteniendo la barra con brazos extendidos a la altura de su pecho con el ancho de manos determinado con anterioridad, mientras el evaluador mide la distancia desde el esternón hasta el borde inferior de la barra con una cinta métrica.

Se requirieron tres evaluadores. Uno de ellos activó el encoder mientras daba la orden de inicio, otro evaluador cronometró el tiempo que le llevó al evaluado realizar las 8 repeticiones (test Palazzi) y el tercer evaluador contó cuántas repeticiones completas realizó el sujeto en los primeros 5 segundos (test W5”). Los evaluadores fueron los mismos para todos los sujetos para evitar errores inter-observador.

Para el análisis de resultados se escogió el intento en el que el evaluado tardó menos tiempo en completar las 8 repeticiones. Se obtuvo la potencia estimada por el test Palazzi y por el test W5” según las ecuaciones 1 y 2 respectivamente.

Análisis estadístico

La validez concurrente se estudió comparando los siguientes pares de variables de los test de predicción y encoder respectivamente. Para el test Palazzi: potencia vs. PmC en 8 repeticiones, potencia vs. PmCE en 8 repeticiones, tiempo vs. tiempo de ascenso medio en 8 repeticiones y distancia vs. distancia de ascenso media en 8 repeticiones. Para el test W5”: potencia vs. PmC en repeticiones completas durante 5 segundos, potencia vs. PmCE en repeticiones completas durante 5 segundos, tiempo vs. tiempo de ascenso medio en repeticiones completas durante 5 segundos y distancia vs. distancia de ascenso media en repeticiones completas durante 5 segundos.

Para estudiar el acuerdo y la correlación entre pares de variables se calculó el coeficiente de determinación (R^2) y el coeficiente de correlación intraclase (CCI) basado en el modelo de efectos mixtos de dos factores, acuerdo absoluto, medidas individuales. Además, se realizaron los gráficos de dispersión y Bland-Altman. El nivel de significancia establecido fue de $p \leq 0,05$. Para el análisis del CCI se utilizó la escala propuesta por Koo y Li (2016). En los gráficos se representaron las variables estimadas por cada test de predicción en función del valor obtenido con el encoder. Se utilizaron las mismas escalas en los ejes con el fin de facilitar la comparación visual entre ambos test.

El tratamiento de los datos se realizó con el programa IBM SPSS versión 20 y los gráficos con el programa Excel del paquete Office, ambos para Windows.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los resultados de las variables antropométricas de la muestra.

Tabla 1. Características de la muestra

	n	Edad (años)	Talla (cm)	Peso (kg)	IMC (kg/m ²)	Diámetro biacromial (cm)
Varones	32	23,6 ± 2,6	174,5 ± 9,0	75,9 ± 13,1	24,8 ± 3,2	40,1 ± 2,3
Mujeres	8	23,5 ± 2,6	166,5 ± 8,2	67,0 ± 9,0	24,2 ± 2,4	38,5 ± 1,4

Todos los valores corresponden a la media ± desvío estándar. IMC: Índice de masa corporal.

En la Figura 1 se presentan los resultados del test Palazzi y en la Figura 2 los resultados del test W5". Los gráficos se presentan en dos columnas. En la primera se muestran los valores estimados por el test Palazzi (Fig. 1) y test W5" (Fig. 2) en función del valor obtenido con el encoder junto con la línea de regresión lineal y la R2 obtenida. En la segunda columna se muestra el gráfico Bland-Altman para las mismas variables, donde el eje horizontal este representado por el promedio de ambas medidas y el eje vertical por la diferencia entre ambos (E-P). En líneas punteadas se grafica un desvío estándar.

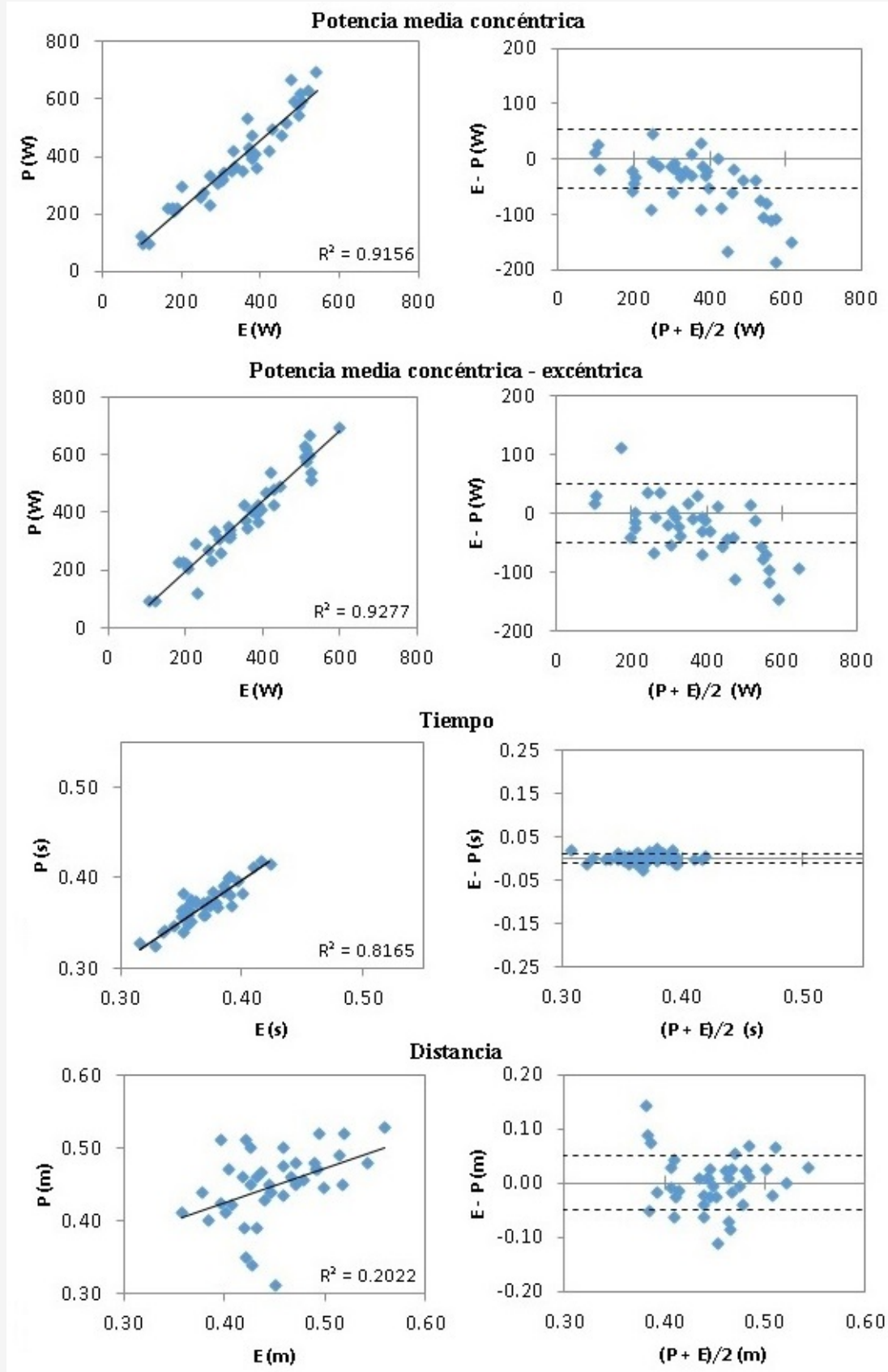


Figura 1. Relación entre resultados del test Palzazi (P) y resultados del encoder (E).

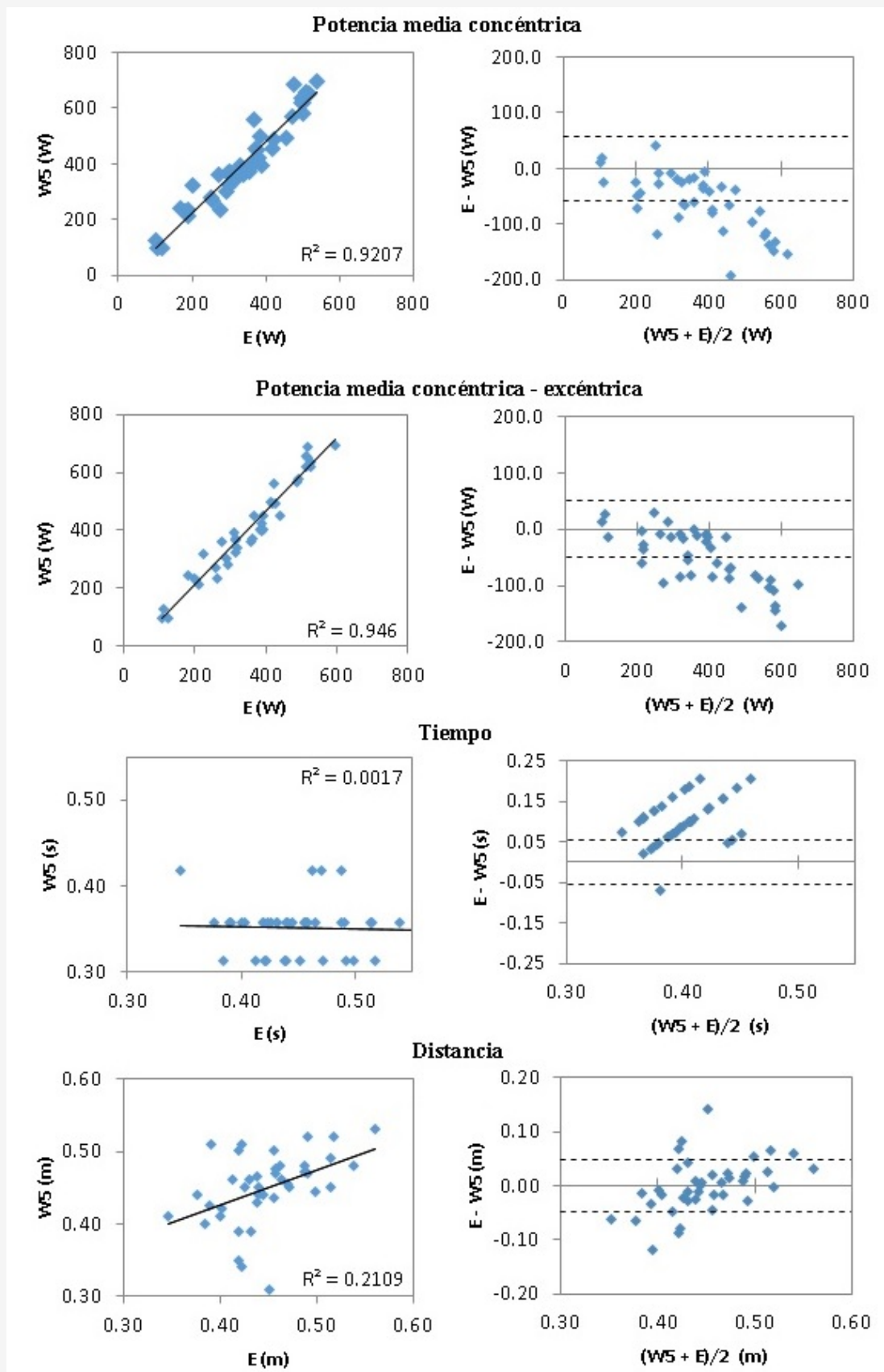


Figura 2. Relación entre resultados test W5'' (W5) y resultados del encoder (E).
 En la Tabla 2 se muestran los valores de R2 y CCI obtenidos para el test Palazzi y test W5''.

Tabla 2. Comparación de resultados entre los test de predicción y el encoder

PmC: potencia media concéntrica. PmCE: potencia media concéntrica excéntrica. R²: coeficiente de determinación. CCI: coeficiente de correlación intraclase. IC 95%: intervalo de confianza del 95% del CCI. Sig: significancia estadística del CCI.

Variable	Test Palazzi				Test W5"			
	R ²	Valor	CCI IC 95%	Sig.	R ²	Valor	CCI IC 95%	Sig.
PmC	0,915	0,886	0,526 - 0,958	0,000	0,921	0,841	0,203 - 0,948	0,000
PmCE	0,927	0,921	0,808 - 0,963	0,000	0,946	0,883	0,366 - 0,961	0,000
Tiempo	0,816	0,906	0,829 - 0,949	0,000	0,001	-0,009	-0,071 - 0,090	0,593
Distancia	0,202	0,455	0,167 - 0,671	0,002	0,211	0,465	0,179 - 0,677	0,001

DISCUSIÓN

El resultado principal de la presente investigación es que tanto el test Palazzi como el W5" entregaron altos valores de R² y de CCI para la estimación de PmC y de PmCE. No obstante, un análisis más detallado de los estadísticos permite inferir que el test Palazzi correlacionó mejor con el encoder que W5". Por un lado los valores de CCI fueron más altos en Palazzi que en W5" en todas las variables excepto en distancia, en la que prácticamente no hubieron diferencias entre ambos test de predicción (tabla 2). Por otro lado Palazzi obtuvo una correlación denominada excelente (Koo & Li, 2016) en dos de las cuatro variables, mientras que W5" no obtuvo esa clasificación en ninguna de las cuatro variables estudiadas aquí. Además, analizando los intervalos de confianza del CCI con la clasificación propuesta por Koo y Li (2016), surge que en Palazzi los valores van de moderados a excelentes en tres de las cuatro variables y de pobre a moderado en la restante; mientras que en W5" los valores se clasifican como pobres a excelentes en dos variables, pobre a moderado en otra de las variables y pobre en la restante. Por último, y aunque los valores de R² hayan sido levemente superiores en W5" con respecto a Palazzi en las variables PmC, PmCE y distancia, la variable tiempo en W5" fue la única que obtuvo una correlación nula con el encoder, la que además resultó ser muy inferior a la encontrada en Palazzi (ver tabla 2).

En ambos test de predicción los valores obtenidos para PmCE fueron mayores que los obtenidos para PmC. Esto puede deberse al método de estimación de potencia que utilizan los test de predicción al promediar el ejercicio completo y no únicamente la parte concéntrica del mismo.

Otro punto a tener en cuenta es lo que se observó en los gráficos Bland-Altman de PmC y PmCE: ambos test de predicción tendieron a sobreestimar los resultados en los valores más altos de potencia. Esto pone en duda la aplicabilidad de estas pruebas en deportistas con niveles altos de potencia muscular.

A pesar de la alta correlación obtenida para PmC y PmCE en ambos test, este valor no es perfecto. Dos posibles fuentes de imprecisión son la cuantificación del tiempo de realización de la prueba y de la distancia recorrida en cada ejecución. Si se analiza cada test de forma individual, se observa que el test Palazzi obtuvo un valor de CCI superior en tiempo que en distancia (ver más arriba). El test W5" obtuvo un R² y CCI similar al test Palazzi para la estimación de la distancia, sin embargo, sus valores de R² y CCI para la estimación del tiempo son muy bajos, cercanos al cero, indicando una correlación prácticamente nula. La diferencia en la estimación del tiempo entre ambos test puede deberse a la metodología de medición empleada en cada uno. Mientras el test W5" cuenta repeticiones en un tiempo fijo, el test Palazzi fija las repeticiones contando el tiempo de ejecución. Este segundo procedimiento le da al evaluador una resolución de 0,01 segundos que es la brindada por el cronómetro. Mientras que el diseño que propone el test W5" da una resolución de una repetición, haciendo que el método sea posiblemente menos sensible. Para el caso de la medición de la distancia, se realiza de igual manera en ambos test de predicción: de forma estática y con una cinta métrica previo el comienzo del test. Las imprecisiones en esta variable pueden deberse, por un lado, a que el evaluado ejecuta el test a la máxima velocidad posible, lo que puede resultar en un movimiento más amplio que incluiría una mayor antepulsión de hombros no considerada en la medición inicial. Y por otro lado a que se mide el recorrido más corto de la barra, que es el camino vertical. Es probable que en la ejecución de los test de predicción este recorrido no se haya respetado (ver más adelante).

En cuanto a la metodología de este trabajo se destaca que la aplicación de los test de predicción y del encoder fue simultánea, realizando las comparaciones de los distintos instrumentos durante la misma y única ejecución. Es necesario aclarar aquí que en esta ejecución se utilizaron pesos libres dado que es el tipo de ejercicio que aparece en los protocolos

de los test de predicción a validar. Esta simultaneidad entre los test conlleva ventajas y limitaciones. Una de las ventajas consiste en que se elimina la posibilidad de error en la que se incurriría si se compararan dos ejecuciones distintas del mismo test o de test diferentes, ya que el ejecutante podría no manifestar la misma potencia en ambas oportunidades. Otra ventaja es la posibilidad de comparar con el encoder no solo la potencia sino también el tiempo y la distancia, las dos variables que el encoder registra. De este modo se puede reconocer cuál variable arroja mayor imprecisión para el cálculo de la potencia muscular. En el presente trabajo fue interesante lo que sucedió con el test Palazzi, mientras que se esperaba que el mayor error se encuentre en la medición del tiempo debido a que se realiza con cronometraje manual, los resultados mostraron que el mayor error estuvo en la estimación de la distancia recorrida (ver tabla 2).

Con respecto a las limitaciones encontramos que, si bien el encoder es un instrumento de eficacia reconocida para la evaluación de la potencia muscular (Lorenzetti, Lamparter & Lüthy, 2017), el mismo sólo es útil en ejercicios de trayectoria rectilínea. En el caso que la misma no lo sea el dispositivo trae aparejado un error que no puede cuantificar. En este sentido se ha sugerido utilizar la máquina Smith (con guías) para la evaluación de la potencia en el ejercicio de press de banca debido a que la misma se limita exclusivamente a una trayectoria rectilínea vertical (Soriano, Suchomel & Marín, 2017), mientras que esto no ocurriría en el mismo ejercicio realizado con pesos libres. En función de esto se han validado una serie de test de potencia muscular en miembros superiores que utilizan este tipo de máquina como por ejemplo el desarrollado por Rahmani, Samozino, Morin y Morel (2017).

No obstante, hasta nuestro conocimiento, no se ha estudiado si el componente horizontal del ejercicio press de banca con pesos libres es suficiente como para afectar de manera significativa la precisión del encoder en el cálculo de potencia. En un estudio en el que se compararon las diferencias cinéticas y cinemáticas entre los pesos libres y la máquina Smith en el ejercicio de sentadillas con salto se encontraron diferencias significativas sólo en una de las seis variables estudiadas, a partir de lo cual los autores concluyeron que ambos tipos de ejercicios serían aceptables para la evaluación de la fuerza y la potencia muscular (Sheppard, Doyle & Taylor, 2008). En el mismo estudio participaron sujetos altamente entrenados, por lo que se concluyó que la concordancia entre los distintos ejercicios pudo deberse al dominio de la técnica en el ejercicio con pesos libres (Harris, Cronin, Taylor, Boris & Sheppard, 2010; Sheppard, Doyle & Taylor, 2008). A partir de esto se recomendó que si se utilizan pesos libres para evaluar la potencia muscular se procure que los sujetos estén familiarizados con la técnica del ejercicio (Harris, Cronin, Taylor, Boris & Sheppard, 2010), requisito que se ha cumplido en la presente investigación. En un estudio más reciente Lorenzetti, Lamparter y Lüthy (2017) compararon las velocidades obtenidas en el ejercicio de sentadillas con pesos libres entre tres encoders lineales y un sistema de captura del movimiento en 3 dimensiones utilizado como estándar. Los tres encoders obtuvieron correlaciones significativas por encima de 0.958 para la velocidad media concéntrica y por encima de 0.933 para la velocidad máxima concéntrica en relación al estándar. Esto sugiere que el error que arrojan los transductores lineales en los ejercicios realizados con pesos libres no sería significativo, al menos en sentadillas. Por otro lado el componente horizontal en el ejercicio de press de banca de competición con pesos libres se ha visto que se reduce junto con la disminución de la intensidad, siendo mayor con el 100% que con el 81% del peso levantado en el mejor intento (Wilson, Elliott & Kerr, 1989); en la presente investigación se ha utilizado una intensidad del 40% de 1 RM por lo que podemos suponer que el componente horizontal sería menor aún, aunque esto no se ha medido en este estudio.

Serán necesarias nuevas investigaciones orientadas a determinar la precisión del encoder lineal en el ejercicio de press de banca con pesos libres.

Se concluye que, si bien tanto el test Palazzi como el test W5" resultaron ser test de predicción suficientemente válidos para estimar potencia media concéntrica y potencia media concéntrica-excéntrica en el ejercicio de press de banca, la validez ha sido mayor en el test Palazzi para la estimación de la potencia media concéntrica-excéntrica en sujetos que no cuenten con niveles de potencia sumamente elevados.

APORTACIONES DIDÁCTICAS

En base a los resultados de este trabajo los entrenadores cuentan con dos soluciones prácticas y suficientemente válidas para resolver la problemática de la evaluación de la potencia muscular en sus entrenados.

REFERENCIAS

- Brzycki, M. (1993). Strength testing: predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *J Health Phys Ed Rec and Dance*, 64(1), 88-90.
- Castillo, F., Valverde, T., Morales, A., Pérez-Guerra, A., de León, F. & García-Manso, J. M. (2012). Maximum power, optimal load and optimal power spectrum for power training in upper-body (bench press): a review. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5(1), 18-27.
- Clemons, J. M., Campbell, B. & Jeansonne, C. (2010). Validity and reliability of a new test of upper body power. *J Strength Cond Res*, 24(6), 1559-1565.
- Cronin, J. & Sleivert, G. (2005). Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Med*, 35(3), 213-234.
- Do Nascimento, M. A., Cyrino, E., Nakamura, F. Y., Romanzini, M., Pianca, H. J. & Queiróga, M. R. (2007). Validation of the Brzycki equation for the estimation of 1-RM in the bench press. *Rev Bras Med Esporte*, 13(1), 40e-42e.
- Farinola, M. G., Polo, H. M., La Valle, L. & Arcuri, C. A. (2009). Niveles de actividad física en alumnos/as del Instituto Superior de Educación Física Nº 2 Federico W. Dickens. *Revista electrónica de Ciencias Aplicadas al Deporte*, 2(5). Recuperado de <https://isef2-caba.infed.edu.ar/sitio/publicaciones/>
- Gonzalez, A. M., Mangine, G. T., Spitz, R. W., Ghigiarelli, J. J., Sell, K. M. (2019). Agreement between the Open Barbell and Tendo Linear Position Transducers for monitoring barbell velocity during resistance exercise. *Sports*, 7(5), 125.
- González-Badillo, J. J. & Ribas-Serna, J. (2002). Bases de la programación del entrenamiento de la fuerza. *Barcelona: Inde Publicaciones*.
- González-Badillo, J. J., Sánchez-Medina, L., Pareja-Blanco, F. & Rodríguez-Rosell, D. (2017). La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de fuerza. *Pamplona: Ergotech*.
- Harris, N. K., Cronin, J., Taylor, K. L., Boris, J. & Sheppard, J. (2010). Understanding position transducer technology for strength and conditioning practitioners. *Strength Cond J*, 32(4), 66-79.
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med*, 15(2), 155-163.
- Lorenzetti, S., Lamparter, T. & Lüthy, F. (2017). Validity and reliability of simple measurement device to assess the velocity of the barbell during squats. *BMC Res Notes*, 10(1), 707.
- Loturco, I., Nakamura, F. Y., Kobal, R., Gil, S., Abad, C. C., Cuniyochi, R., Pereira, L. A. & Roschel, H. (2015). Training for power and speed: Effects of increasing or decreasing jump squat velocity in elite young soccer players. *J Strength Cond Res*, 29(10), 2771-2779.
- Mac Dougall, J. C., Wenger, H. A. & Green, H. J. (2005). Evaluación fisiológica del deportista. *Barcelona: Editorial Paidotribo*.
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I. & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *J Strength Cond Res*, 18(3), 551-555.
- Marques, M. C., van den Tilaar, R., Vescovi, J. D. & González-Badillo, J. J. (2007). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *Int J Sports Physiol Perform*, 2(4), 414-422.
- Naclerio, F. (2011). Entrenamiento deportivo. *Buenos Aires: Editorial Panamericana*.
- Palazzi, D. s.f. (2000). Medición de la potencia muscular y su evolución temporal con instrumentos de bajo costo. *Boletín del Centro Regional de Desarrollo I.A.A.F.*, 9, 13-16.
- Pauole, K., Madole, K., Garhammer, J., Lacourse, M., & Rozenek, R. (2000). Reliability and validity of the T-test as a measure of agility, leg power, and leg speed in college-aged men and women. *J Strength Cond Res*, 14(4), 443-450.
- Rahmani, A., Samozino, P., Morin, J. & Morel, B. (2018). A simple method for assessing upper limb force-velocity profile in bench press. *Int J Sports Physiol Perform*, 13(2), 200-207.
- Sears, F. W., Ford, A. L. & Freedman, R. A. (2009). Física universitaria. *México: Pearson Educación*.
- Sheppard, J. M., Doyle, T. & Taylor, K. L. (2008). A methodological and performance comparison of free weight and Smith-machine jump-squats. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 16, 5-9.
- Soriano, M. A., Suchomel, T. J. & Marín, P. J. (2017). The optimal load for maximal power production during upper-body resistance exercises: a meta-analysis. *Sports Med*, 47(4), 757-768.
- Stockbrugger, B. A. & Haennel, R. G. (2001). Validity and reliability of a medicine ball explosive power test. *J Strength Cond Res*, 15(4), 431-438.
- Tomas, J. R., & Nelson, J. K. (2006). Métodos de investigación en actividad física. *Badalona: Paidotribo*.
- Tous, J. (1999). Nuevas tendencias en fuerza y musculación. *Barcelona: Ergo*.
- Wagner, L. L., Evans, S. A., Weir, J. P., Housh, T. J. & Johnson, G. O. (1992). The effect of grip width on bench press performance. *Int J Sport Biomech*, 8(1), 1-10.
- Willardson, J. M. (2008). A brief review: How much rest between sets? *Strength Cond J*, 30(3), 44-50.
- 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. *Int J Sport Biomech*, 5(4), 390-402.
- Zagatto, A. M., Beck, W. R. & Gobatto, C. A. (2009). Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. *J Strength Cond Res*, 23(6), 1820-1827.