

*Trabajo de fin de grado en Ciencias de la Actividad
Física y del Deporte*

**VARIABILIDAD, REPRODUCTIBILIDAD
Y
PRECISIÓN DE LA REPETICIÓN MÁXIMA EN
PRESS BANCA**



Autor:

Jesús Rodríguez González

Tutor:

Rafael Sabido Solana

Universidad Miguel Hernández (Elche)

Curso académico 2020-2021

ÍNDICE

Introducción	pág. 3-5
Objetivo de la revisión.....	pág. 5
Método	pág. 5
Datos y fuentes de búsqueda.....	pág. 5
Selección de estudios.....	pág. 5
Resultados	pág. 5-13
Búsqueda.....	pág. 5
Discusión.....	pág. 12
Recomendaciones para futuros estudios.....	pág. 12-13
Propuesta de intervención	pág. 13-15
Sujetos.....	pág. 13
Aproximación experimental al problema.....	pág. 13
Procedimientos.....	pág. 13-15
Conclusión	pág. 15
Referencias	pág. 15-18



INTRODUCCIÓN

Desde la visión física mecánica, la fuerza se manifiesta por una acción que posibilitaría la generación de cambios en el estado de un cuerpo, modificando la situación del mismo; pudiendo acelerar o detener su movimiento, desplazarlo si está quieto, o bien deformarlo (González-Badillo y Ribas, 2002). Concretamente, cuando se habla del movimiento humano es el efecto externo, generalmente observable, producido por la acción muscular, la atracción de la gravedad o la inercia de un cuerpo.

Desde la visión fisiológica y en relación al movimiento humano, al aplicar fuerza desde el sistema neuromuscular pasando por los músculos a un elemento, la manera en que ésta se transmite puede adquirir distintas características, como la aceleración y la tasa o ritmo a la cual la fuerza es aplicada (Nigg, 2000; Siff y Verkhoshansky, 2000). Así, Verkhoshansky (2001) expresa que la fuerza del sistema neuromuscular podrá manifestarse de distintas maneras:

- Magnitud de la tensión generada por el sistema neuromuscular.
- Ritmo de desarrollo de la fuerza o tensión.
- Tiempo durante el cual se aplica un cierto nivel de fuerza o tensión.

Todo movimiento físico es realizado como resultado de determinada magnitud de fuerza y a una determinada velocidad, a veces ha de ser repetido o mantenido a lo largo del tiempo. Por este motivo, a la hora de querer mejorar el rendimiento físico, es de vital importancia añadir una dinámica de ejercicios que generen una carga y con el objetivo final del aumento de los niveles de fuerza del sujeto mediante las adaptaciones que produce el cuerpo al ser sometido a un entrenamiento de fuerza y supercompensando, tanto neurológicas que permiten enviar la señal más fuerte y más rápida como musculares aumentando la sección transversal del músculo, para así conseguir una mejor respuesta en forma de potencia y velocidad hacia el deporte que practique como es el caso de Hermassi et al. (2019) en el balonmano o sin ir más lejos en el ámbito de la salud para mejorar la calidad de vida mediante reducción de la presión sanguínea reduciendo el riesgo de sufrir ciertas patologías relacionadas con su aumento, previene enfermedades de desmineralización ósea ya no directamente que también si no que reduce el número de caídas y golpes gracias a que la potencia, fuerza y coordinación mejora (Katula et al., 2008), acelera el metabolismo aumentando el gasto calórico y teniendo más margen a la hora de desarrollar obesidad y todo lo que ello conlleva entre otros (Hurley y Roth, 2000; Fragala et al., 2019).

Según Badillo (2002) la manifestación de la fuerza depende de varios factores entre los que se encuentran la tensión, la velocidad, el tipo de contracción entre otros. Lo que le lleva a plantear dos relaciones que se ven reflejadas en la curva fuerza-tiempo.

Toda acción de la fuerza viene relacionada con un tiempo que se necesita para la ejecución de esta.

Dentro de esta Curva fuerza-velocidad distingue en 3 fases:

- La fuerza inicial: Descrita como la capacidad de manifestar la fuerza justamente al inicio de la contracción muscular.
- La fuerza explosiva: Descrita como la que mejor relación fuerza tiempo presenta.
- La fuerza máxima: Descrita como la manifestación de la fuerza presente al desarrollar la cantidad de fuerza más alta, se mueva la resistencia (dinámica) o no (isométrica).

La carga externa es aquella que podemos manejar de manera directa e influye al sujeto, se puede medir de manera cuantitativa siendo algunas de ellas la velocidad de ejecución, el kilaje de una barra, el tiempo que se está ejecutando una acción entre otras Medvedev (1986).

Por otro lado, denominamos carga interna, a lo que nuestro cuerpo genera para mediar de alguna manera con la carga externa. Expresa fundamentalmente la movilización de los sistemas funcionales del organismo del sujeto cuando realiza un trabajo. La carga de un entrenamiento viene dada comúnmente por variables como volumen, intensidad o densidad. Para comenzar en el entrenamiento de fuerza necesitaremos realizar una evaluación y prescribir la carga de manera adecuada a los objetivos del usuario. La evaluación antes mencionada suele llevarse a cabo con una Repetición Máxima como gold standar (valor de referencia), debido a su rapidez en el proceso de medida, sensibilidad al proceso, su bajo coste a nivel material, su simplicidad y su demostrada empleabilidad en diferentes poblaciones (Amarante do Nascimento et al., 2013; Lebrasseur et al., 2008; Ritti-Dias et al., 2011)

Repetición Máxima o 1RM es el máximo peso que puedes mover en tan sólo una única vez y en un movimiento determinado. De hecho, la velocidad con la que se mueve la barra será inversamente proporcional a la fuerza aplicada por el sujeto, una menor velocidad quiere decir que ese peso está más cerca de nuestro máximo. El 1RM es una prueba de nuestra fuerza actual en ese momento y en ese ejercicio concreto.

La utilidad del 1RM es muy importante en el entrenamiento de fuerza ya que determina el peso máximo movilizable en una única repetición permitiendo tener un punto de referencia sobre el cual realizar nuestra programación del entrenamiento.

El 1RM es considerado el valor de referencia para la prescripción del entrenamiento y la evaluación de la fuerza en los deportistas desde hace tiempo. Sin embargo, las nuevas metodologías para estimar el 1RM de un ejercicio basadas en la curva fuerza-velocidad han cuestionado la idoneidad de la evaluación tradicional del 1RM debido a varias cuestiones (Banyard et al 2019).

Varios autores alegan un riesgo potencial de lesión o daño muscular como consecuencia de la evaluación tradicional del 1RM debido a que los deportistas deben ejecutar hasta el fallo mecánico (DiStasio, 2014; Dohoney et al., 2002; Goulart et al., 2020). En este sentido, se ha demostrado que el entrenamiento repetido hasta el fallo muscular presenta riesgos de lesión por producir un excesivo estrés en el músculo (Gorostiaga et al., 2012). No obstante, una única sesión hasta el fallo muscular, en la cual el deportista apenas pasa tiempo produciendo fuerza en comparación con un entrenamiento convencional, no ha demostrado ningún efecto negativo sobre la salud o el rendimiento hasta el momento.

Además, también refieren que la velocidad presenta ventajas sobre el 1RM como que la velocidad no requiere detener el proceso de entrenamiento antes de los test para garantizar una recuperación absoluta y que esa medición sea su 1RM real (González-Badillo et al. 2016; Gorostiaga et al. 2012, 2014; Sánchez-Medina and González-Badillo 2011). Según, Bartolomei et al. (2017), los protocolos de velocidad presentan valores notablemente mejores índices de fiabilidad entre días (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010; Pallarés, et al., 2014). También conocer en cada sesión de entrenamiento el estado actual de rendimiento del participante y que se puede evaluar otras capacidades determinantes del rendimiento deportivo diferentes de la fuerza dinámica máxima absoluta, como el valor o valores de fuerza útil de un determinado gesto técnico, la fuerza explosiva, el déficit de velocidad, diferenciar la fase propulsiva de la de frenado, o estudiar la curva carga-velocidad y carga-potencia en cada ejercicio, cosas que con un protocolo de 1RM no podríamos obtener (Sánchez-Medina, Pallarés, Pérez, Morán-Navarro, y González-Badillo, 2017).

Objetivo de la revisión

Por ello, el objetivo del presente TFG es realizar una revisión de la literatura sobre la fiabilidad de los procesos de valoración basados en la velocidad y en el cálculo del RM, así como su implicación en aspectos como la fatiga o la posibilidad de lesión.

MÉTODO

Se realizó una revisión sistemática de la literatura de acuerdo a la guía “*preferred reporting items for systematic review and meta-analyses*” (PRISMA)

Datos y fuentes de búsqueda

Los estudios se identificaron mediante una estrategia integral. Las bases de datos electrónicas consultadas fueron PubMed, Scopus y Google Scholar (restringido a las primeras 1000 citas) para las indexaciones anteriores al 30 de noviembre de 2020. La estrategia de búsqueda incluyó los términos “1RM”, “1 RM”, “1-RM” “one-rep max”, “1 repetition maximum”, “one repetition maximum”, “reliability”, “reproducibility”, “repeatability”. Estableciéndose como buscador booleano la expresión (1 RM) OR (1RM) OR (1-RM) OR (one-rep max) OR (1 repetition maximum) OR (one repetition maximum) AND (reliability) OR (reproducibility) OR (repeatability)

Selección de estudios

Los criterios de elegibilidad se establecieron de acuerdo con la guía PIO (participantes, intervención, y resultados). Se seleccionaron estudios que realizaron pruebas de confiabilidad del procedimiento de evaluación del 1RM, el ejercicio realizado fuera press de banca y se especificará la experiencia de los sujetos. Sólo se admitieron estudios publicados en inglés.



RESULTADOS

Búsqueda

El proceso de búsqueda de publicaciones mostró un total de 4583 artículos. En un inicio, todos los artículos duplicados fueron eliminados (51 artículos eliminados). Entre los 4532 restantes, tras la lectura de título y abstract fueron eliminados 4418. Se leyeron a texto completo 113 estudios para identificar más detalles de evaluación que resultó en la exclusión de 90 artículos. Por lo tanto, siguiendo los criterios de elegibilidad, veintitrés artículos fueron incluidos en esta revisión. (Figura 1)

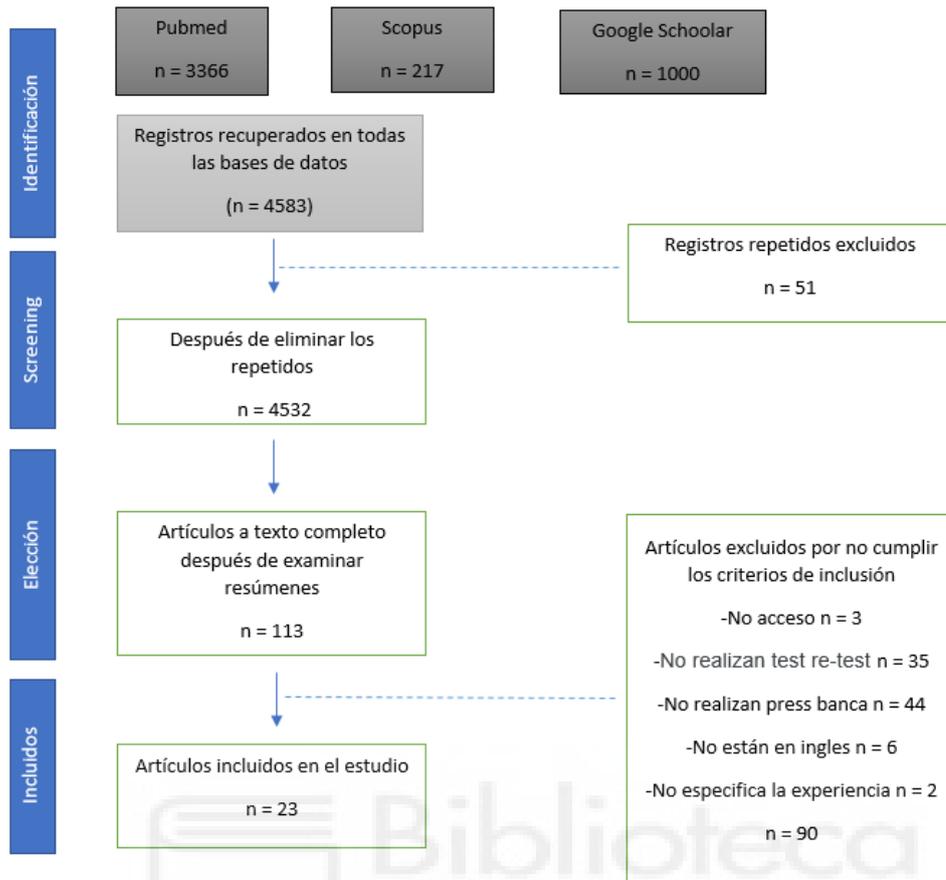


Figura 1. Diagrama de flujo

Estudio	Participantes	Calentamiento	Nº de días de medida	Descansos	Intentos	Sesiones de familiarización	Adversidades	Resultados de confiabilidad
Amarante do Nascimento et al.	45 mujeres ancianas desentrenadas	1 serie × 6–10 repeticiones (~50% 1RM)	2 días	3-5 min	3 permitido	0	Nada	ICC: 0.95-97 CV: No presenta
Amarante do Nascimento et al.	60 mujeres jóvenes desentrenadas	1 serie × 6–10 repeticiones (~50% 1RM)	2 días	3-5 min	3 permitido	0	Nada	ICC: 0.98 CV: <1%
Baker et al.	26 hombres and 25 mujeres	1 serie × 5–10 repeticiones (carga baja) 2 series x 3-5 repeticiones (más pesada)	2 días	2-4 min	Necesarios hasta el fallo	0	Nada	No presenta
Barbalho et al.	376 mujeres ancianas sin experiencia previa en entrenamiento de fuerza	1 serie × 8 repeticiones (40–50% 1RM); 1 serie × 6 repeticiones (50–60% 1RM)	2-3 días	5 min	Hasta 3	0	Nada	ICC: 0.99 CV: <1%
Benton et al.	10 mujeres de mediana edad desentrenadas	1 serie × 10 repeticiones (~40% 1RM); 1 serie × 5 repeticiones (~60% 1RM)	Al menos 1 día	3 min	En 5	0	Nada	ICC: 0.98 CV: No presenta

Buckley and Hass	46 sujetos con Parkinson (sexo no especificado)	1 set × 10 repeticiones ("baja carga"), con un aumento progresivo de la carga	Al menos 3 días	No especifica	En 5	2	Nada	ICC:0.95 (95% CI: 0.90-0.98) CV: No presenta
Bocalinil et al.	54 con diferentes experiencias en entrenamiento de fuerza	1 serie × 6–10 repeticiones (~50% 1RM)	6 días	5 min	Hasta 5	0	Nada	No presenta
Buskard et al.	70 con diferentes experiencias en el entrenamiento de fuerza	1 serie × 8 repeticiones (~50% 1RM) 1 serie x 3 repeticiones (~70% 1RM)	2-3 días	2-3 min	Hasta alcanzar 1RM	1	Nada	No presenta
LeBrasseur et al.	30 hombres jóvenes desentrenados, 31 hombres mayores desentrenados, and 39 hombres mayores desentrenados con limitaciones de movilidad	Aumento de carga progresiva (no especifica)	2–7 días	No especifica	No especifica	0	Nada	ICC: (jóvenes): 0.99 (95% CI: 0.99–1.00), (adultos): 0.98 (95% CI: 0.96–0.99) (adultos con limitaciones de movilidad): 0.98 (95% CI: 0.96–0.99) CV: No presenta

Levinger et al.	53 hombres de mediana edad desentrenados	1 serie × 10 repeticiones (“carga baja”), y incremento progresivo de la carga	4–8 días	1 min	Entre 3-6	1	Dolor leve en algunos sujetos	ICC: 0.99 CV: No presenta
McCurdy et al	16 hombres y mujeres con experiencia en el entrenamiento de fuerza	Estiramientos miembros superiores; 2 series × 5 repeticiones (“carga baja”); 1 serie × 3 repeticiones (carga moderada)	2 días	2-3 min	No especifica	0	Nada	ICC:0.99 (hombres), 0.93 (mujeres) CV: No presenta
Mendes et al.	30 hombres con diferente experiencia en entrenamiento de fuerza	1 serie × 6–10 repeticiones (~50% 1RM)	4 días	3-5 min	En 3	0	Nada	ICC: 0.95 CV: No presenta
Mendes et al.	21 hombres con diferente experiencia en entrenamiento de fuerza	1 serie × 6–10 repeticiones (~50% 1RM)	4 días	3-5 min	En 3	0	Nada	No presenta
Neto et al.	16 hombre jovenes con experiencia en entrenamiento de fuerza	3-min cicloergómetro y un aumento progresivo de la carga	3–5 días	5 min	No especifica	0	Nada	ICC: 0.97 CV: No presenta

Phillips et al.	47 hombres y mujeres mayores desentrenados	5-min cicloergómetro; 1 serie × 5–10 repeticiones (“carga baja”)	Días no consecutivos	1-2 min	No específica	3	Nada	ICC: No presenta CV: 5.4% (95% CI: 4.0–8.7%) (hombres), 5.2% (95% CI: 4.3–7.3%) (mujeres)
Ribeiro et al.	67 hombres entrenados	1 serie × 6–10 repeticiones (~50% 1RM)	2–3 días	3–5 min	Hasta 3	1	Nada	ICC: 0.98 CV: 3.4%
Ribeiro et al.	24 hombres y mujeres jóvenes desentrenados	1 serie × 6–10 repeticiones (~50% 1RM)	2–3 días	3–5 min	Hasta 4	1	Nada	ICC: 0.96 (hombres), 0.97 (mujeres) CV: 6.5% (hombres), 5.6% (mujeres)
Ryman et al.	41 mujeres jóvenes entrenadas	5-min cicloergómetro; 1 serie × 15–20 repeticiones (barra vacía)	5–9 días	1 min	Entre 4 y 5	0	Nada	ICC: 0.98 (95% CI: 0.94–0.99) CV: No presenta
Seo et al	30 hombres y mujeres jóvenes entrenados	5-min cicloergómetro; 1 serie × 8–10 repeticiones(~50% 1RM)	2 días	1 min	En 5	1	Nada	ICC: 1.00 (ambos) CV: 2.9% (hombres), 5.4% (mujeres)

Sewall et al.	30 hombres experimentados	2 series de 5 reps 35% ;1 serie 3 reps al 50%	2 días	2 min	En 5	0	Nada	ICC: 0.98 CV: No presenta
Silva-Junior et al.	15 hombres experimentados	1 min gestual de press banca	6 días	3-5 min	Hasta 3	0	Nada	No presenta
Soares et al.	27 mujeres adultas sanas	1 serie × 6–10 repeticiones (~50% 1RM)	5 días	2 min	En 3	0	Nada	ICC: 0.98 CV: No presenta
Tiggemann et al	10 hombres jóvenes desentrenados, 10 hombres activos de manera recreativa, and 10 hombres entrenados	1 serie × 12 repeticiones	2–4 días	3-5 min	En 5	2	Nada	ICC: 0.99 CV: No presenta

Tabla 1. Resultados

Discusión

En esta revisión compuesta por 23 artículos buscando lo que dice la literatura sobre la fiabilidad de los procesos de valoración basados en el cálculo del RM, así como su implicación en aspectos como la fatiga o la posibilidad de lesión. Hemos obtenido que con diferentes protocolos tanto de calentamiento como de aproximación al 1RM, la prueba del 1RM es confiable ya que los resultados arrojados por todos ellos afirman un alto nivel de reproducibilidad en el test-retest. No importando el calentamiento previo como podemos observar en Silva-Junior et al. (2007) que cuenta con un calentamiento sencillo sin carga de movimientos gestuales en contraste con McCurdy et al. (2008) que presenta un calentamiento completo de estiramientos y hasta 3 series con diferentes cargas. También en el protocolo de aproximación hasta conseguir el 1RM se ven diferencias, aunque es verdad que la media para alcanzar el 1RM está en 4 intentos según los resultados obtenidos como en Ribeiro et al. (2013).

Las adversidades expuestas en la Tabla 1 hacen referencia a los inconvenientes lesionales que puede presentar realizar la prueba de 1RM de manera repetida en unos periodos de tiempo que podemos considerar corto, solo el estudio de Levinger et al. que manifiesta “dolor leve en algunos sujetos” podríamos llegar a relacionarlo con la prueba del 1RM, pero recuerdo que es un comentario aislado y no habla en ningún momento de lesión.

Hay varios condicionantes como los protocolos antes mencionados que podrían alterar el resultado de los artículos revisados como el número de sesiones de test-retest y el tiempo que hay entre ellas, lo que puede derivar en una recuperación completa o no en caso de que fuese la prueba 1RM generadora de fatiga determinante en el rendimiento de la misma. También varios artículos presentan el ejercicio del press banca con una barra libre como Barbalho et al. (2018) e incluso McCurdy et al. (2008) una barra libre con cadenas frente a otros varios que usan una máquina Smith, viéndose menos influenciada por la técnica de ejecución estas últimas sobre todo en los sujetos noveles.

Una limitación evidente de esta revisión es que todo el proceso de revisión y extracción de las características se realizó por una sola persona la cual es inexperta y es su primer trabajo de calado, por lo que se podrían haber producido errores en la selección y codificación de las características de los estudios. También hay que mencionar que la muestra seleccionada puede que sea un poco escasa mirando otras revisiones encontramos mayor número de artículos revisados con los que trabajar y obtener mejores resultados. La disparidad de los estudios también es un inconveniente, sí que es cierto que algunos coinciden en protocolos de calentamiento o de la realización del 1RM, pero no así en la muestra, días de medida o tiempo hasta volver a medir. Lo único que sí tienen en común es que el ejercicio elegido es press banca, eso si no contamos con las variantes del mismo que si están presentes. Que no hagan referencia expresa a las variables de fatiga y lesiones deja la puerta abierta a conocer si tiene una relación con la realización de la prueba 1RM.

Recomendaciones para futuros estudios

La evidencia en los resultados obtenidos es confiable según las variables mencionadas en los principales hallazgos, pero sí cabría mencionar que para que los resultados fueran aún más estandarizados deberíamos de unificar protocolos de calentamiento como el propio de la medición del 1RM. En los calentamientos varios de los estudios añaden el componente aeróbico mediante un ciclo ergómetro, otros añaden series con porcentajes de peso más altos que otros e incluso uno se conforma con movimientos similares al ejercicio con el que se realiza la prueba sin carga ninguna. En los intentos y los porcentajes o subidas de peso hasta alcanzar el 1RM también encontramos diferencias metodológicas, una diferencia que tanto aquí como en el protocolo de calentamiento puede ser determinante a la hora de realizar el 1RM. Si se estandariza un protocolo basado en la revisión bibliográfica como la propuesta de intervención

que planteo a continuación podríamos comprobar de manera más exacta la fatiga que genera o si es lesivo de manera significativa aparte de comprobar si es reproducible durante los días. En resumen, estandarizar un protocolo para alcanzar el 1 RM ayudaría en próximas investigaciones.

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Objetivo de la intervención

El principal objetivo de la intervención es valorar, la variabilidad, reproductibilidad, fatiga y riesgo de lesión en la medida del parámetro 1RM.

Hipótesis de la intervención

Nuestra hipótesis es que los sujetos no verán mermado su rendimiento del 1RM como tampoco se verá afectada los indicadores de fatiga de forma significativa.

Sujetos

Un total de 11 hombres ($21.36 \pm 2,06$ años, $79,227 \pm 11,84$ kilos, $177,93 \pm 4,57$ centímetros, $1,21 \pm 0,22$ 1RM/peso corporal). Se requirió que estuvieran familiarizados con el ejercicio press de banca y no realizarán entrenamientos de tren superior durante el periodo de intervención. Los participantes que presentaran enfermedad o lesión musculoesquelética en el tren superior fueron excluidos.

La totalidad de este estudio fue avalado por el Órgano Evaluador de Proyecto de la Universidad Miguel Hernández de Elche, ajustándose al Código Ético de la Asociación Médica Mundial. Los participantes dieron su consentimiento por escrito antes de la participación.

Aproximación experimental al problema

El estudio siguió un diseño de investigación descriptiva intrasujeto. Cada participante realizó un total de 4 sesiones en días consecutivos con un periodo de recuperación entre sesiones de 24 horas. Los procedimientos en cada sesión fueron idénticos. Excepcionalmente, en la primera sesión se realizó una antropometría y se determinó la amplitud del agarre en la ejecución del press de banca para cada sujeto. Cada sesión estuvo compuesta por un calentamiento, valoración subjetiva del estado de forma física, evaluación de la fatiga mediante variabilidad de la frecuencia cardiaca (pre calentamiento, post-calentamiento y final de sesión) y el test de evaluación de 1RM. Este test consistió en 4 series de intensidad incremental basados en la predicción del 1RM mediante la velocidad de movimiento (Hughes, Peiffer y Scott (2020)). Los pesos levantados fueron determinados en la primera sesión, a excepción del último intento que fue ajustado día a día según predicción.

Procedimientos

Evaluación de la fuerza dinámica máxima.

El test de 1RM para press de banca fue realizado usando una Smith Machine (Multipower M953; Technogym, Italy) con el fin de estandarizar la prueba. Durante las mediciones se monitorizó la velocidad de movimiento mediante un encoder lineal con frecuencia de registro de 500 Hz (Chronojump, Boscosystem; Barcelona), el error es 0,1% y el coeficiente de variación del 4.53%.

El 1RM fue evaluado mediante un test de carga incremental. Tras el calentamiento, se incrementa la carga de la primera sesión según predecía el encoder a 80%, 85% 90% y 100% quedando todos los intentos fijados el primer día menos el último del 100% que se predecía el mismo día según la velocidad de los levantamientos de esa sesión. Los periodos de descanso entre intentos eran de 3 min. Los participantes se tumbaron en horizontal con la cabeza, espalda, glúteos y piernas apoyadas firmemente en el banco, y los codos completamente extendidos y aprehendiendo la barra. Fueron instruidos de manera que en cada repetición la barra fuera bajada al pecho hasta tocar su pecho en cada repetición, los codos debían extenderse por igual manteniendo la cabeza y cadera en contacto con el banco y los pies en contacto con el suelo durante el levantamiento. Los sujetos debían levantar la barra lo más rápido posible sin perder ningún contacto de apoyo. Las pruebas se realizaron por el mismo investigador.

Calentamiento

Los sujetos fueron encomendados pedalear en cicloergómetro durante 5 minutos para elevar la temperatura corporal. Seguidamente la primera serie de 6 repeticiones al 50% del peso corporal del sujeto (en esta serie se midió la velocidad pico para la monitorización de cambios entre sesiones para ver el estado de fatiga) y la segunda serie tras 30 segundos de descanso tres repeticiones al 70% 1RM predicho por el encoder.

Variabilidad de la frecuencia cardiaca

Se tomaron registros de variabilidad cardiaca justo al comenzar el protocolo tras el calentamiento se realizó otra eliminando posibles sesgos por activación del sistema neural y al terminar la prueba, en cada una de las mediciones se registraban RMSSD, SDNN, PN50 y MEAN RR.

Para las mediciones se colocaba de cubito supino al sujeto en una camilla situada en un entorno tranquilo, utilizando una banda de medición cardiaca Polar H7 a través de la aplicación Élite HRV con un periodo de 1 minuto y 30 segundos de registro (Esco y Flatt. 2014)

Cuestionarios

Se registraron características mediante cuestionarios tipo likert como el dolor muscular, la sensación de recuperación y la percepción de esfuerzo respondiendo a las siguientes preguntas:

-PRS El nivel de recuperación percibido autoseleccionado por el individuo utilizando una escala PRS recientemente desarrollada mantiene una correlación significativa con el rendimiento posterior del ejercicio con el siguiente procedimiento. “¿Cuan recuperado te sientes?” siendo 0 extremadamente cansado y 10 lleno de energía (Green et al. (2011)

-DOMS Una escala de dolor diario fue calculada previo a cada sesión. Esto implicó preguntar en las principales zonas ejecutoras del press banca, las cuales podrían ser susceptibles de sufrir algún incidente doloroso. “¿Cuánto dolor sientes en hombros, brazos y/o pecho?” siendo 0 sin dolor y 10 muy dolorido (Smith et al. (1993))

-RPE ha sido reportado por autores que el RPE es una herramienta válida para cuantificar el nivel de esfuerzo percibido en un entrenamiento de fuerza sientto autoseleccionado por el sujeto mediante con la respuesta a la siguiente pregunta. “¿Cuán duro te ha parecido el ejercicio?” siendo 0 muy ligero y 10 extremadamente duro (Day et al. (2004)).

Las preguntas de PRS y DOMS se realizaron previas al inicio de la medición durante la realización del calentamiento en el cicloergómetro. Mientras que la de RPE justo al finalizar la sesión para saber cómo la había percibido.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis ANOVA de medidas repetidas de una vía para 4 niveles intrasujeto (uno por día de evaluación) en las variables 1RM (kg), kilos y velocidad de la última repetición exitosa, Velocidad pico al 50% del peso corporal, y valores determinados en las escalas PRS, DOMS y RPE. Para las determinaciones de la variabilidad de la frecuencia cardiaca se realizó un análisis ANOVA de medidas repetidas de doble vía (días de evaluación y series, cuatro y tres niveles respectivamente). Las pruebas fueron realizadas con RStudio (version 4.0.2). La significación estadística fue establecida para $p \leq 0.05$.

CONCLUSIÓN

La evaluación precisa de la fuerza es la base sobre la que qué programas de entrenamiento de fuerza de una manera óptima, además para que las ganancias de fuerza se puedan desarrollar y evaluar. Según vemos en los resultados de esta revisión, se puede concluir que la prueba 1RM generalmente tiene una confiabilidad de test-retest bastante buena tras leer que todos los artículos lo concluyen en sus resultados. Pocos o pequeños cambios sistemáticos se esperan entre las distintas mediciones de la prueba de 1RM. El nivel de riesgo de lesión y de fatiga acumulada tras las sesiones parece ser bajo. El de lesión porque solo uno lo menciona y no llega ni a ser una lesión y el de la fatiga acumulada porque si no el rendimiento en los diferentes días se vería mermado. Investigadores y profesionales pueden, por lo tanto, utilizar el 1RM como una prueba confiable para evaluar la fuerza dinámica máxima.

REFERENCIAS

1. Baker, S. C., Jung, A. P., & Petrella, J. K. (2011). Presence of observers increases one repetition maximum in college-age males and females. *International Journal of Exercise Science*, 4(3), 199.
2. Banyard HG, Tufano JJ, Delgado J, Thompson SW, Nosaka K. Comparison of the Effects of Velocity-Based Training Methods and Traditional 1RM-Percent-Based Training Prescription on Acute Kinetic and Kinematic Variables. *Int J Sports Physiol Perform*. 2019 Feb 1;14(2):246-255. doi: 10.1123/ijsp.2018-0147. Epub 2019 Jan 9. PMID: 30080424.
3. Barbalho, M., Gentil, P., Raiol, R., Del Vecchio, F. B., Ramirez-Campillo, R., & Coswig, V. S. (2018). High 1RM tests reproducibility and validity are not dependent on training experience, muscle group tested or strength level in older women. *Sports*, 6(4), 171.
4. Bartolomei, S., Sadres, E., Church, D. D., Arroyo, E., Gordon, J. A., III, Varanoske, A. N., Wang, R., Beyer, K. S., Oliveira, L. P., Stout, J. R., & Hoffman, J. R. (2017). Comparison of the recovery response from high-intensity and high-volume resistance exercise in trained men. *European journal of applied physiology*, 117(7), 1287–1298. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3598-9>
5. Benton, M. J., Raab, S., & Waggenger, G. T. (2013). Effect of training status on reliability of one repetition maximum testing in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(7), 1885–1890. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182752d4a>

6. Bocalini, D. S., Portes, L. A., Ribeiro, K. J., Tonicelo, R., Rica, R. L., Pontes Junior, F. L., & Serra, A. J. (2013). Insight for learning and stability of one repetition maximum test in subjects with or without experience on resistance training. *Gazzetta Medica Italiana*, 172(11), 845–851.
7. Buckley, T. A., & Hass, C. J. (2012). Reliability in one-repetition maximum performance in people with Parkinson's disease. *Parkinson's Disease*. <https://doi.org/10.1155/2012/928736>
8. Buskard, A. N. L., Roberson, K. B., & Signorile, J. F. (2020). A Novel Assessment Technique Does Not Produce More Reliable Estimates of Maximal Neuromuscular Strength. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1–9. <https://doi.org/10.1080/02701367.2020.1761935>
9. da Silva Junior, A. M., Lima, M. L. F., Ribeiro, L. G., & Dantas, E. H. M. (2007). Verifi cation of possible differences between different days of testing of repetition maximum (1RM). / Verificación de las posibles diferencias entre diferentes días del test de 1RM. / Verificação das possíveis diferenças entre diferentes dias do teste de. *Fitness & Performance Journal (Online Edition)*, 6(4), 232–236. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=35447197&site=ehost-live>
10. Day, M. L., McGuigan, M. R., Brice, G., & Foster, C. (2004). Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *Journal of strength and conditioning research*, 18(2), 353–358. <https://doi.org/10.1519/R-13113.1>
11. Dias, R. M. R., Cyrino, E. S., Salvador, E. P., Caldeira, L. F. S., Nakamura, F. Y., Papst, R. R., Bruna, N., & Gurjão, A. L. D. (2005). Influence of familiarization process on muscular strength assessment in 1-RM tests. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 11(1), 39–42.
12. DiStasio, T. (2014). Validation of the Brzycki and Epley Equations for the 1 Repetition Maximum Back Squat Test in Division I College Football Players. *Research Papers*.
13. Do Nascimento, M. A., Borges Januário, R. S., Gerage, A. M., Mayhew, J. L., Cheche Pina, F. L., & Cyrino, E. S. (2013). Familiarization and reliability of one repetition maximum strength testing in older women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1636–1642. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182717318>
14. Do Nascimento, M. A., Ribeiro, A. S., De Souza Padilha, C., Da Silva, D. R. P., Mayhew, J. L., Do Amaral Campos Filho, M. G., & Cyrino, E. S. (2017). Reliability and smallest worthwhile difference in 1RM tests according to previous resistance training experience in young women. *Biology of Sport*, 34(3), 279–285. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2017.67854>
15. Dohoney, P., Chromiak, J. A., Lemire, D., Abadie, B. R., & Kovacs, C. (2002). Prediction of one repetition maximum (1-RM) strength from a 4-6 RM and a7-10 RM submaximal strength test in healthy young adult males. *Journal of Exercise Physiology Online*, 5(3), 54–59.
16. Elvar, J. R. H., Isidro, F., Medrano, I. C., Costa, M. R., Física, P. A., & Comunidad, D. (2006). Mitos y Realidades en el Entrenamiento de Fuerza y Salud. *PubliCE Standard*, 17(3), 611.
17. Esco, M. R., & Flatt, A. A. (2014). Ultra-short-term heart rate variability indexes at rest and post-exercise in athletes: evaluating the agreement with accepted recommendations. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(3), 535
18. Fragala, M. S., Cadore, E. L., Dorgo, S., Izquierdo, M., Kraemer, W. J., Peterson, M. D., & Ryan, E. D. (2019). Resistance Training for Older Adults: Position Statement From the National Strength and Conditioning Association. *Journal of strength and conditioning research*, 33(8), 2019–2052. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003230>
19. Badillo, J. J. G., & Ayestarán, E. G. (2002). Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo: texto básico del Máster Universitario en Alto

- Rendimiento Deportivo del Comité Olímpico Español y de la Universidad Autónoma de Madrid. Inde.
20. González-Badillo, J. J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Ribas, J., López-López, C., Mora-Custodio, R., Yañez-García, J. M., & Pareja-Blanco, F. (2016). Short-term recovery following resistance exercise leading or not to failure. *International Journal of Sports Medicine*, 37(4), 295–304.
 21. González Badillo, Juan José y Juan Ribas Serna (2002). Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. INDE
 22. González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International journal of sports medicine*, 31(5), 347–352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
 23. Gorostiaga, E. M., Navarro-Amézqueta, I., Calbet, J. A., Hellsten, Y., Cusso, R., Guerrero, M., ... & Izquierdo, M. (2012). Energy metabolism during repeated sets of leg press exercise leading to failure or not. *PLoS one*, 7(7), e40621.
 24. Goulart, K. N. de O., Duffield, R., Junior, G. O. C., Passos Ramos, G., Pimenta, E. M., & Couto, B. P. (2020). Recovery timeline following resistance training in professional female soccer players. *Science and Medicine in Football*, 4(3), 233–239. <https://doi.org/10.1080/24733938.2020.1737724>
 25. Hermassi, S., Ghaith, A., Schwesig, R., Shephard, R. J., & Souhail Chelly, M. (2019). Effects of short-term resistance training and tapering on maximal strength, peak power, throwing ball velocity, and sprint performance in handball players. *PLoS one*, 14(7), e0214827. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214827>
 26. Hughes, L. J., Peiffer, J. J., & Scott, B. R. (2020). Load-velocity relationship 1RM predictions: A comparison of Smith machine and free-weight exercise. *Journal of Sports Sciences*, 38(22), 2562–2568.
 27. Hurley, B. F., & Roth, S. M. (2000). Strength training in the elderly: Effects on risk factors for age-related diseases. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 30(4), 249–268.
 28. Katula, J. A., Rejeski, W. J., & Marsh, A. P. (2008). Enhancing quality of life in older adults: a comparison of muscular strength and power training. *Health and Quality of Life Outcomes*, 6(1), 45.
 29. Laurent, C. M., Green, J. M., Bishop, P. A., Sjøkvist, J., Schumacker, R. E., Richardson, M. T., & Curtner-Smith, M. (2011). A practical approach to monitoring recovery: development of a perceived recovery status scale. *Journal of strength and conditioning research*, 25(3), 620–628. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c69ec6>
 30. LeBrasseur, N. K., Bhasin, S., Miciak, R., & Storer, T. W. (2008). Tests of muscle strength and physical function: Reliability and discrimination of performance in younger and older men and older men with mobility limitations. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(11), 2118–2123. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2008.01953.x>
 31. Levinger, I., Goodman, C., Hare, D. L., Jerums, G., Toia, D., & Selig, S. (2009). The reliability of the 1RM strength test for untrained middle-aged individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(2), 310–316. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.10.007>
 32. Lucille L. Smith, Mark H. Brunetz, Thomas C. Chenier, Michael R. McCammon, Joseph A. Houmard, Mary Ellen Franklin & Richard G. Israel (1993) The Effects of Static and Ballistic Stretching on Delayed Onset Muscle Soreness and Creatine Kinase, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 64:1, 103-107, DOI: [10.1080/02701367.1993.10608784](https://doi.org/10.1080/02701367.1993.10608784)
 33. Mccurdy, K., Langford, G., Jenkerson, D., & Doscher, M. (2008). The validity and reliability of the 1RM bench press using chain-loaded resistance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 678–683. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816a6ce0>

34. Medvedev, A. S. (1986). Problemas de la preparación por edades de los levantadores de pesas. En su: Entrenamiento de muchos años en el levantamiento de pesas. Moscú, Cultura Física y Deportes, 23–45,.
35. Naclerio Ayllón, F. (2007). Entrenamiento de la fuerza contra resistencias : cómo determinar las zonas de entrenamiento. *Journal of Human Sport and Exercise*, 2(2), 42–52.
36. Neto, J. C., Cedin, L., Dato, C. C., Bertucci, D. R., Perez, S. E. d. A., & Baldissera, V. (2015). A single session of testing for one repetition maximum (1RM) with eight exercises is trustworthy. *Journal of Exercise Physiology Online*, 18(3), 74–80.
37. Nigg, B. M. (2000). *Biomechanics and biology of movement*. Human Kinetics.
38. Phillips, W. T., Batterham, A. M., Valenzuela, J. E., & Burkett, L. N. (2004). Reliability of Maximal Strength Testing in Older Adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(2), 329–334. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.05.010>
39. Ribeiro, A. S., Do Nascimento, M. A., Mayhew, J. L., Ritti-Dias, R. M., Avelar, A., Okano, A. H., & Cyrino, E. S. (2014). Reliability of 1RM test in detrained men with previous resistance training experience. *Isokinetics and Exercise Science*, 22(2), 137–143. <https://doi.org/10.3233/IES-130530>
40. Ribeiro, A. S., Do Nascimento, M. A., Salvador, E. P., Gurjão, A. L. D., Avelar, A., Ritti-Dias, R. M., Mayhew, J. L., & Cyrino, E. S. (2014). Reliability of one-repetition maximum test in untrained young adult men and women. *Isokinetics and Exercise Science*, 22(3), 175–182. <https://doi.org/10.3233/IES-140534>
41. Ritti-Dias, R. M., Avelar, A., Salvador, E. P., & Cyrino, E. S. (2011). Influence of previous experience on resistance training on reliability of one-repetition maximum test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1418–1422. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d67c4b>
42. Ryman Augustsson, S., & Svantesson, U. (2013). Reliability of the 1 RM bench press and squat in young women. *European Journal of Physiotherapy*, 15(3), 118–126. <https://doi.org/10.3109/21679169.2013.810305>
43. Sánchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(9), 1725–1734.
44. Sánchez-Medina, L., Pallarés, J. G., Pérez, C. E., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. J. (2017). Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. *Sports Medicine International Open*, 1(2), E80.
45. Seo, D.-I., Kim, E., Fahs, C. A., Rossow, L., Young, K., Ferguson, S. L., Thiebaud, R., Sherk, V. D., Loenneke, J. P., Kim, D., Bembem, M. G., & So, W.-Y. (2012). Reliability of the one-repetition maximum test based on muscle group and gender. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11(2), 221–225.
46. Sewall, L. P., & Lander, J. E. (1991). The effects of rest on maximal efforts in the squat and bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 5(2), 96–99. <https://doi.org/10.1519/00124278-199105000-00008>
47. Siff, M. C., & Verkhoshansky, Y. (2000). *Superentrenamiento*. Paidotribo Editorial.
48. Soares-Caldeira, L. F., Ritti-Dias, R. M., Okuno, N. M., Cyrino, E. S., Gurjão, A. L. D., & Ploutz-Snyder, L. L. (2009). Familiarization indexes in sessions of 1-RM tests in adult women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(7), 2039–2045.
49. Tiggemann, C. L., Guedes, M. G., Bgeginski, R., Pinto, R. S., & Kruel, L. F. M. (2011). The reliability of the one maximum repetition in sedentary, active and strength-trained subjects. *Motriz. Revista de Educacao Fisica*, 17(4), 700–707. <https://doi.org/10.1590/S1980-65742011000400015>
50. Verkhoshansky, Y. (2001). Teoría y metodología del entrenamiento deportivo (Vol. 24). Editorial Paidotribo.