

Article

Tiempo Bajo Tensión, Activación Muscular y Respuestas de Lactato Sanguíneo al Realizar 8, 10 y 12 RM en el Ejercicio Press de Banca

Jurandir Baptista da Silva^{1,2}, Vicente Pinheiro Lima^{1,2}, Jefferson da Silva Novaes³, Juliana Brandão Pinto de Castro¹, Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes¹ y Rodrigo Gomes de Souza Vale^{1,4}

¹Programa de Posgrado en Ciencias del Deporte y el Ejercicio/Universidad Estatal de Río de Janeiro, Río de Janeiro, Brasil

²Instituto BIODESA, Grupo de Investigación de Rendimiento, Biodinámica, Ejercicio y Salud, Universidad Castelo Branco, Río de Janeiro, Brasil

³Escuela de Educación Física y Deportes, Universidad Federal de Río de Janeiro, Río de Janeiro, Brasil

⁴Laboratorio de Fisiología del Ejercicio/Universidad Estácio de Sá, Cabo Frio, RJ, Brasil

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue comparar el tiempo bajo tensión (TBT), la actividad electromiográfica (EMG) y los niveles de lactato (LAC) entre 8, 10 y 12RM en el ejercicio de press de banca. Once hombres físicamente activos participaron en este estudio. El TBT fue verificado a través de la cinemática. Después de 48 horas, los sujetos realizaron el ejercicio con el TBT y la carga obtenidos en las pruebas con la evaluación de EMG y LAC. El ANOVA reveló diferencias significativas en todos los protocolos en las variables TBT y LAC ($P < 0,05$) en orden ascendente al número de repeticiones ($8 < 10 < 12RM$). El músculo pectoral mayor (parte esternocostal) presentó una señal EMG más alta para las 12RM en comparación con el protocolo de 8 y 10RM. El pectoral mayor (parte clavicular) presentó una señal EMG más baja para el protocolo de 12RM. Sin embargo, el deltoides y el tríceps braquial no mostraron ninguna diferencia en la respuesta EMG. Los hallazgos indican que el control de la relación volumen/intensidad y la prescripción en los rangos de repetición del ejercicio propuesto se pueden realizar en función del TBT.

INTRODUCCIÓN

El entrenamiento de la fuerza es practicado por personas interesadas en el aumento del rendimiento deportivo o la mejora de las actividades de la vida diaria (29). El entrenamiento de la fuerza (EF) se aplica para sobrecargar el sistema musculoesquelético y estimular el aumento progresivo de la fuerza muscular (10). También se usa para desarrollar la base de las habilidades musculoesqueléticas, como la hipertrofia y la resistencia muscular localizada (23). Los resultados están asociados con cambios significativos en las respuestas mecánicas, hormonales y metabólicas (7).

La magnitud de la carga de entrenamiento y el número de repeticiones se pueden prescribir de forma inversa. En la intervención práctica, el ajuste de la carga se produce de forma absoluta a través del número de repetición máxima (RM) (31). Durante el entrenamiento de una o más RM, hay un cierto intervalo cubierto por la producción de fuerza muscular,

que se conoce como tiempo bajo tensión (TBT). El TBT está relacionado con el número de repeticiones porque la tensión muscular está asociada con el producto de la fuerza por el desplazamiento (18).

La relación de volumen e intensidad también se puede calcular utilizando el TBT (5). Sin embargo, la relación entre el volumen de entrenamiento y las adaptaciones neuromusculares puede no presentar linealidad (13). Los protocolos de entrenamiento ajustados por el TBT con diferentes números y duraciones de repeticiones inducen distintas respuestas neuromusculares agudas (18,33). Incluso si el número de repeticiones y el TBT son similares, es posible realizar una respuesta neuromuscular diferente según los niveles de aptitud física y el tipo de ejercicio (21).

El TBT puede generar diferentes concentraciones de marcadores sanguíneos de estrés muscular debido al tiempo de ejecución del ejercicio (11). Entre estos marcadores, el lactato se destaca porque tiene una fuerte relación causada por los protocolos de EF y el aumento de las respuestas hormonales relacionadas con la hipertrofia muscular (32). El valor absoluto de la concentración de lactato depende del número de series y repeticiones, la intensidad relativa del ejercicio y la cantidad y el tamaño de los músculos implicados (12). El aumento en la concentración de lactato también se asocia comúnmente con una disminución en el rendimiento neuromuscular durante el entrenamiento hasta la repetición máxima (20). En este contexto, el análisis de estas respuestas permite caracterizar diferentes dominios de la intensidad del ejercicio (1).

Los cambios en el estímulo mecánico generado por diferentes TBT y el número de contracciones musculares pueden influir en la producción de fuerza (26). La fuerza muscular depende del sistema nervioso central y la modulación de la combinación entre el reclutamiento y la frecuencia de activación de la unidad motora (30). La actividad electromiográfica de superficie (EMG) puede evaluar el análisis del patrón de actividad muscular entre ciertos protocolos y ejercicios (4). La amplitud de la señal electromiográfica se relaciona cualitativamente con la cantidad de torque (o fuerza) medida en una articulación, aunque no necesariamente refleja el valor de la fuerza generada por un músculo contraído. Esta es la razón por la cual los datos electromiográficos pueden proporcionar información sobre la fuerza muscular (22).

El control de las variables neuromusculares y metabólicas derivadas de la manipulación de la relación volumen e intensidad en el EF es importante para la prescripción eficiente de ejercicios (31). Sin embargo, el TBT medio en la velocidad máxima en el ejercicio de press de banca y sus respuestas musculares en repeticiones múltiples aún no se han aclarado en la bibliografía científica. Por lo tanto, el propósito de este estudio fue comparar el TBT, la EMG y la concentración de lactato en sangre (LAC) entre 8, 10 y 12RM en la velocidad máxima en el ejercicio de press de banca.

MÉTODOS

Sujetos

Este es un estudio comparativo con un diseño transversal. Once hombres activos participaron en este estudio. La Tabla 1 presenta las características descriptivas de los sujetos. Para ser incluido en el estudio, el sujeto tenía que practicar ejercicio físico regularmente durante al menos 6 meses y tener una frecuencia de entrenamiento de al menos 2 d·sem⁻¹. Los individuos con lesiones o dolor que podrían interferir con la ejecución correcta del ejercicio propuesto, aquellos con un PAR-Q positivo (28) y aquellos que faltaron a cualquier recolección de datos se excluyeron de este estudio.

Tabla 1. Datos Descriptivos de los Sujetos (N = 11).

Variables	Media ± DE	Máximo	Mínimo	Valor-P (SW)
Edad (años)	19,09 ± 0,30	20,00	19,00	0,981
Peso Corporal (kg)	67,89 ± 6,60	79,75	58,50	0,132
Altura (m)	1,71 ± 0,05	1,75	1,63	0,301
IMC (kg·m⁻²)	23,38 ± 2,46	27,36	19,10	0,143
%GC	7,99 ± 1,61	10,30	4,40	0,162
DC8RM (kg)	68,86 ± 5,05	80,00	62,50	0,337
DC10RM (kg)	61,18 ± 6,88	70,00	45,00	0,691
DC12RM (kg)	53,86 ± 7,45	67,50	40,00	0,285

DE = Desviación Estándar; **IMC** = Índice de Masa Corporal; **%GC** = Porcentaje de Grasa Corporal; **DC** = Determinación de la Carga;

El protocolo de investigación fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación del Hospital Universitario Pedro Ernesto (HUPE/UERJ), con el número 1.823.683. Los sujetos que aceptaron participar en este estudio firmaron un formulario de consentimiento informado de acuerdo con las pautas sobre investigación humana delineadas en la Resolución 466/2012 del Consejo Nacional de Salud y la Declaración de Helsinki.

Procedimientos

La medición del peso corporal y la altura se evaluaron a través de una balanza mecánica (Filizola®, Brasil) y un estadiómetro portátil (Seca®, Baystate Scale & Systems, EEUU.), respectivamente. Además, se calculó el IMC. Se utilizó el protocolo de tres pliegues cutáneos para estimar el porcentaje de grasa corporal (17).

Los sujetos recibieron información sobre la técnica correcta de ejecución del ejercicio propuesto. La posición del individuo en el press de banca en la Máquina Smith (Righetto, High On, Brasil) fue en posición supina con ambos pies en el suelo, columna con curvaturas fisiológicas conservadas, hombros en abducción de 90° y codos flexionados a 90°. En esta posición, la parte posterior del brazo tocaba una cuerda sostenida por dos caballetes que limitaban una amplitud más baja.

En la ejecución del ejercicio de press de banca, se llevó a cabo una aducción horizontal del hombro, una abducción de la cintura escapular y una extensión completa del codo a 0°, lo que determinó el punto final del movimiento. El punto final fue marcado por una etiqueta colocada en la barra de soporte de la Máquina Smith, que sirvió como límite de la ejecución. Se observó la falla del movimiento, así como la retirada del respaldo y/o las piernas del suelo. Si la ejecución no concordaba con los estándares, la recolección de datos se cancelaba y reprogramaba (29).

Determinación de la Carga de Ocho, Diez y Doce Repeticiones Máximas

El propósito de las pruebas de 8, 10 y 12RM era medir la carga máxima al mayor ritmo posible (31). Las pruebas de RM se realizaron en días diferentes con al menos un intervalo de 48 horas entre las pruebas. La prueba se detuvo cuando el sujeto realizó el movimiento con la técnica incorrecta y/o cuando se produjeron fallas concéntricas voluntarias.

Para estar al tanto de toda la rutina que implicó la recolección de datos, los sujetos recibieron instrucciones estandarizadas antes de la prueba. El examinador era consciente de la posición adoptada por el sujeto durante la prueba para evitar pequeñas variaciones en el posicionamiento de las articulaciones involucradas en el movimiento. Se brindó estímulo verbal a los sujetos para mantener un alto nivel de motivación (23).

El intervalo entre los intentos durante las pruebas fue de 5 min. Los sujetos no debían consumir ninguna bebida estimulante (alcohol o cafeína) ni realizar ninguna actividad física 48 horas antes de las pruebas. Las técnicas del ejercicio propuesto se estandarizaron y se siguieron en todas las pruebas (27). Todos los procedimientos de recolección se realizaron previamente para la capacitación de los examinadores que presentaron un coeficiente de correlación intraclase (CCI) superior a 0,90.

Tiempo Bajo Tensión (TBT)

La temporización del TBT de cada sujeto se verificó en la ejecución satisfactoria de las pruebas de 8, 10 y 12RM utilizando la técnica del tiempo de conteo mediante cinemetría con el software Kinovea 8.15 (3). Para verificar el tiempo de inicio y finalización del movimiento, así como el comportamiento de la cinemática articular angular y lineal, se fijaron marcadores reflectantes en las muñecas, los codos y los hombros para asegurar el patrón de movimiento. Las imágenes fueron adquiridas por una cámara (Sony, Japón) colocada en un trípode en el plano frontal para permitir la visión completa del movimiento.

Actividad Electromiográfica

Las señales EMG superficiales se capturaron utilizando un electromiógrafo de 8 canales (EMGSystem do Brasil Ltda., São Paulo, Brasil) con una ganancia total de 1000, 110 dB de rechazo al modo común, y de 8 a 500 Hz, escaneadas a una computadora a través de una tarjeta de conversión A/D de 16-bit de resolución, y a la velocidad de muestreo de 1000 Hz.

La señal EMG se capturó a través de electrodos de superficie bipolares Ag/AgCl pasivos con un área de captación de 1 cm y una distancia entre electrodos de 2 cm. Los electrodos se colocaron en los músculos pectoral mayor, parte clavicular (PC) y parte esternocostal (PE), tríceps braquial (TB) y deltoides clavicular (anterior) (DA). Antes de la colocación de los electrodos, se realizó una tricotomía, una abrasión y asepsia posterior de la piel con algodón empapado en alcohol. El

electrodo de referencia se fijó a la clavícula. Tanto los electrodos de registro como el electrodo de referencia se fijaron con cinta adhesiva según las recomendaciones de la Sociedad Internacional de Electrofisiología y Kinesiología (22).

La señal obtenida se evaluó en el software MyoResearch XPTM (Noraxon Inc., EEUU) y se presentó como Media Cuadrática (RMS). La técnica de la Media de la Señal EMG se usó para la normalización de la señal (6).

Concentración de Lactato Sanguíneo (LAC)

Para la medición de la concentración de niveles de lactato sanguíneo, se utilizaron lancetas desechables (Roche, Accutrend, Suiza) para realizar una perforación en la falange distal del dedo índice derecho de los sujetos después de que se limpió con alcohol. Este procedimiento permitió la colocación de una gota de sangre en una tira reactiva (Roche, BM-Lactate, Suiza) que luego se colocó en un lactómetro portátil (2).

Protocolo Experimental

El presente estudio se desarrolló en cuatro etapas: 1) recolecciones para la caracterización de la muestra; 2) descripción de los patrones de movimiento; 3) prueba de carga; y 4) protocolo experimental. Los pasos 1 y 2 ocurrieron el mismo día, mientras que para cada RM deseada, las visitas se realizaron en días diferentes. Los pasos 3 y 4 ocurrieron con un intervalo de no menos de 48 horas entre ellos. En total fueron hechas siete visitas (Figura 1).

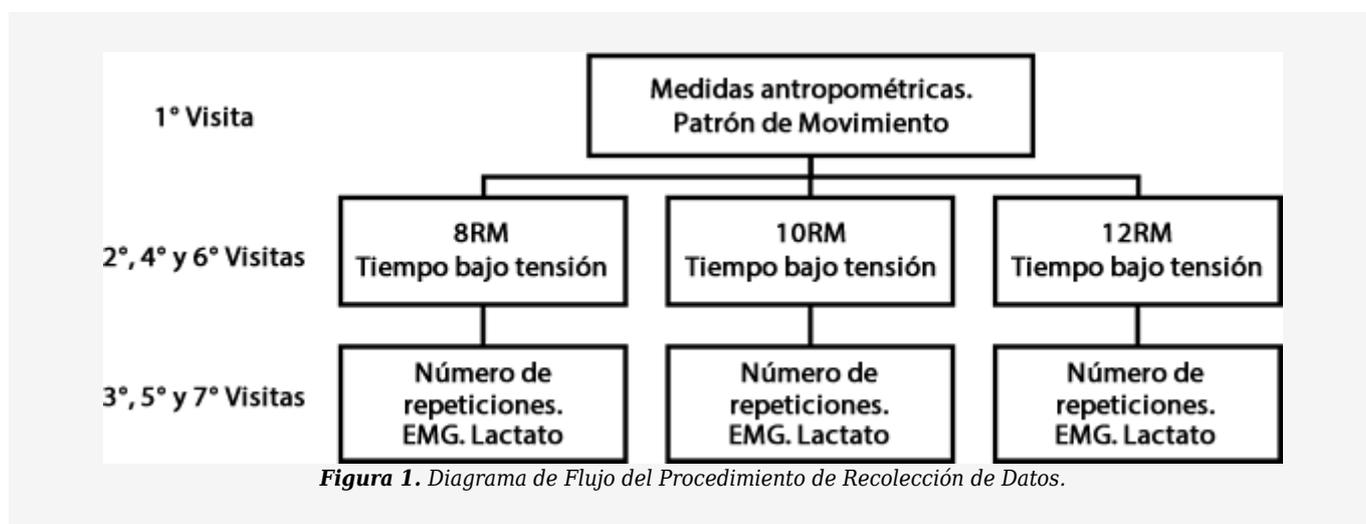


Figura 1. Diagrama de Flujo del Procedimiento de Recolección de Datos.

Cuatro evaluadores experimentados llevaron a cabo la recolección de datos. El **evaluador de la ejecución** fue responsable de verificar el patrón del movimiento, alentar al sujeto y validar la recolección. El **evaluador de la EMG** fue responsable de la fijación del electrodo y la manipulación de la instrumentación. El **evaluador de la cámara** fue responsable de la filmación y el posterior análisis de la filmación. El **evaluador de la sangre** fue responsable de la recolección y el análisis de la sangre de los sujetos.

Antes de la aplicación del protocolo, los sujetos realizaron un calentamiento que consistió en 15 repeticiones al 50% de la carga obtenida en la prueba de RM, mientras que adoptaron un intervalo de 3 minutos antes de iniciar el protocolo. Los sujetos fueron instruidos para realizar el ejercicio a la mayor velocidad posible.

La prueba de Shapiro-Wilk determinó la normalidad en el TBT verificado por el grupo, lo que permitió el uso de la media para el protocolo experimental. Los sujetos realizaron el ejercicio más tarde con la carga obtenida en la prueba. Realizaron la mayor cantidad de repeticiones posible con el TBT medio alcanzado por el grupo el día del protocolo preliminar.

El ejercicio se realizó siguiendo el mismo patrón de movimiento utilizado en la prueba de RM para verificar si reflejaba el mismo número de repeticiones realizadas anteriormente. Se verificó la señal EMG correspondiente al TBT de 8, 10 y 12RM. Las muestras de sangre para el análisis de lactato se recogieron antes y 30 segundos después del ejercicio de press de banca (18).

Análisis Estadísticos

Los datos fueron analizados por IBM SPSS Statistics 20 para Windows y presentados como valores de media \pm desviación

estándar, máximo y mínimo. La normalidad y la homogeneidad de la varianza de los datos se determinaron utilizando las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Se aplicó un ANOVA unidireccional con medidas repetidas para comparaciones entre RM, TBT, EMG y LAC, seguido de la prueba *post hoc* de Bonferroni para identificar posibles diferencias. El nivel de significancia se estableció en un alfa de $P < 0,05$ para todas las pruebas.

RESULTADOS

El ANOVA con medidas repetidas mostró una interacción entre las variables de estudio (Wilk's Lambda = 0,141; $F = 24,094$; Valor- $P = P < 0,001$). La Tabla 2 presenta los datos de la determinación de la carga (DC), el TBT y el número de repeticiones realizadas en el press de banca. La DC encontrada en el protocolo de 12RM fue significativamente más alta que la encontrada en el protocolo de 10RM ($P = 0,041$) y el protocolo de 8RM ($P < 0,001$). El protocolo de 10RM presentó una carga mayor que la encontrada en el protocolo de 8RM ($P = 0,030$). El TBT12RM fue más alto que el TBT8RM ($P < 0,001$) y el TBT10RM ($P < 0,001$). El TBT10RM también presentó un valor más alto en comparación con el TBT8RM ($P < 0,001$).

En el protocolo experimental, fue posible observar que el número de repeticiones realizadas con el TBT medio de la muestra representaba los mismos valores de repeticiones con la carga individual de la prueba RM.

La Tabla 3 presenta los resultados del comportamiento de la variable de lactato en el ejercicio de press de banca. Todas las medias de niveles de lactato sanguíneo después del protocolo experimental fueron más altas que la prueba previa para 8, 10 y 12RM ($P < 0,001$). La concentración media en sangre de LAC-Post12RM fue mayor en comparación con LAC-Post10RM ($P = 0,041$) y LAC-Post8RM ($P < 0,001$). Los niveles de LAC-Post10RM fueron más altos que los niveles de LAC-Post8RM ($P = 0,042$).

Tabla 2. Resultados de la Determinación de la Carga (DC) en kg, Tiempo Bajo Tensión (TBT) en Segundos y Número de Repeticiones (REP) realizadas en el Protocolo Experimental para 8, 10 y 12RM.

DC8RM	68,86 ^{*,#}	5,05
DC10RM	61,18 [#]	6,88
DC12RM	53,86	7,45
TBT8RM	14,22 ^{*,#}	0,74
TBT10RM	17,18 [#]	0,77
TBT12RM	20,66	1,64
REP8RM	8,09 ^{*,#}	0,94
REP10RM	10,00 [#]	0,63
REP12RM	12,09	0,83

DE = Desviación Estándar; ^{*}Diferencia Significativa para DC10RM; [#]Diferencia Significativa para DC12RM; ^{*}Diferencia Significativa para TBT10RM; [#]Diferencia Significativa para TBT12RM; ^{*}Diferencia Significativa para REP10RM; [#]Diferencia Significativa para REP12RM

Tabla 3. Valores de Niveles de Lactato Sanguíneo Pre y Post- Protocolo Experimental en mmol·L⁻¹ durante el Ejercicio de Press de Banca.

Variables	Media	± DE
LAC-Pre	3,75 [§]	0,24
LAC-Post8RM	7,89 ^{*,#}	1,88
LAC-Post10RM	10,01 [#]	2,07
LAC-Post12RM	12,14	2,08

DE = Desviación Estándar; [§]Diferencia Significativa para LAC-Post8, 10 y 12RM; ^{*}Diferencia Significativa para LAC-Post10RM;

La Figura 2 muestra los resultados de la actividad EMG de los músculos PC, PE, DA y TB. La PE del pectoral mayor presentó una mayor actividad EMG en el protocolo de 12RM en comparación con el de 8RM ($P < 0,001$) y el de 10RM ($P = 0,002$). Sin embargo, no hubo diferencia entre los protocolos de 8RM y de 10RM. Esta diferencia también se verificó para la PC del músculo pectoral mayor en el protocolo de 12RM comparado con el de 8RM ($P = 0,010$) y de 10RM ($P < 0,001$). No se encontraron diferencias significativas para los músculos DA y TB entre los protocolos.

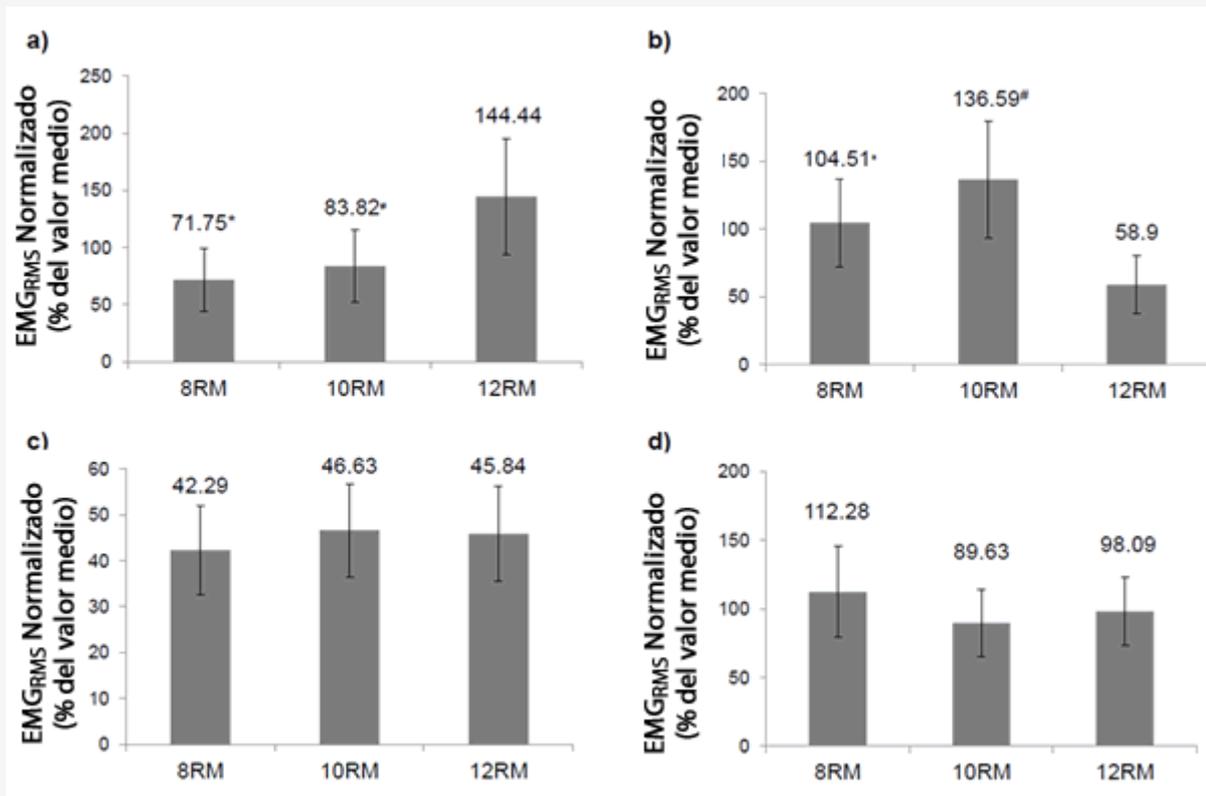


Figura 2. Análisis de los Valores Normalizados de la Actividad EMG de los Músculos.

a) Pectoral Mayor, Parte Esternocostal (PE); b) Pectoral Mayor, Parte Clavicular (PC); c) Deltoides Clavicular (Anterior) (DA); y d) Tríceps Braquial (TB). *Diferencia Significativa para 12RM

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio demostraron que el TBT de 12RM fue mayor que el de 10RM y de 8RM. El TBT de 10RM también fue mayor que el TBT de 8RM. Las respuestas de lactato siguieron este fenómeno con la misma relación entre los protocolos (12 > 10 > 8RM). Estos resultados indican que el volumen de entrenamiento es un agente importante que causa estrés metabólico (9,16,25).

La actividad EMG del pectoral mayor, parte clavicular (PC), disminuyó para el protocolo de 12RM y la actividad del pectoral mayor, parte esternocostal (PE) aumentó. Los músculos deltoides y tríceps no mostraron diferencias en la respuesta EMG. Estos resultados contradicen los hallazgos de Lacerda et al. (18), quienes indicaron una mayor activación para todos los músculos citados en un mayor TBT.

El tamaño del segmento del cuerpo puede influir en el desplazamiento, la velocidad y el TBT en la ejecución de un ejercicio (29). Santiago et al. (24) informaron que el ejercicio de miembro inferior (prensa de piernas) para 10RM dio como resultado un TBT de $25,7 \pm 6$ segundos en mujeres entrenadas, que es más alto en comparación con el TBT encontrado en

el presente estudio para el ejercicio de press de banca. Esta diferencia en el TBT se justifica por la diferencia en el tamaño de los segmentos del cuerpo involucrados en los ejercicios.

Por otro lado, Haua et al. (14) encontraron un TBT de $18,67 \pm 2,05$ segundos en 10RM en el ejercicio de remo con polea en 18 hombres que tenían experiencia en EF. Este hallazgo es un valor muy similar al encontrado en el presente estudio. Esta similitud puede explicarse por el hecho de que los movimientos articulares de aducción y abducción horizontal están presentes en ambos ejercicios. Esto sugiere que el TBT puede variar según el tipo de ejercicio, el número de repeticiones y la velocidad de ejecución.

La influencia de las respuestas metabólicas, hormonales y neuromusculares durante el EF (5) da como resultado ganancias de fuerza e hipertrofia muscular. En particular, la magnitud de la respuesta metabólica asociada con los niveles de lactato (32) se debe a la intensidad y/o el volumen del programa de entrenamiento (8). Con base en este concepto, los resultados del presente estudio difieren con los hallazgos de Lamas et al. (19). Los autores no observaron una diferencia significativa en el aumento de la fuerza máxima y la hipertrofia en el protocolo de EF (EF: 60 y 95% de 1RM) en comparación con el protocolo de entrenamiento de potencia (EP: 30 y 60% de 1RM), ambos realizados a la mayor velocidad posible. Al considerar que la intensidad de la carga utilizada en el EP permite alcanzar velocidades más altas, el EP obtuvo un TBT más bajo en comparación con el EF. Sin embargo, la mayor intensidad de carga del EF, aparece como un factor determinante para la hipertrofia. Por lo tanto, el estímulo metabólico no fue suficiente para aparecer como un indicador del proceso de hipertrofia.

Headley et al. (15) evaluaron a 17 hombres entrenados que realizaron 4 repeticiones al 55% de 1RM, 5 repeticiones al 60% de 1RM, 6 repeticiones al 65% y 7 repeticiones al 75% de 1RM con la carga del test de 1RM realizado en 2/2 segundos y luego en 2/4 segundos. Los autores no encontraron diferencias significativas en las respuestas de lactato sanguíneo entre los protocolos, divergiendo de los resultados encontrados en el presente estudio que verificaron niveles más altos de lactato sanguíneo en los protocolos de mayor volumen y menor intensidad. Este desacuerdo puede explicarse por el hecho de que las cargas de 1RM a 2/2 segundos son significativamente mayores que a 2/4 segundos. La intensidad puede haber igualado los resultados sanguíneos con el volumen más alto en el TBT más alto. Estos resultados refuerzan los hallazgos de Lamas et al. (19) y reafirman la importancia de la interdependencia entre el volumen y la intensidad.

Martins-Costa et al. (21) analizaron el efecto de diferentes TBT en 15 hombres entrenados recreativamente que completaron 3 series de 6 repeticiones al 60% de 1RM en una cadencia de 2/2 segundos y de 2/4 segundos. Los resultados mostraron niveles más altos de lactato en el protocolo con mayor TBT, lo que concuerda con los hallazgos en el presente estudio (es decir, concentraciones más altas de lactato sanguíneo en el TBT más alto). Esto indica que el aumento del volumen de entrenamiento de TBT promueve un mayor estrés metabólico a intensidades de carga similares.

Martins-Costa et al. (21) también observaron un aumento de la activación muscular (RMS normalizado) para el pectoral mayor ($P < 0,001$) y el tríceps braquial ($P < 0,004$) en el protocolo con repeticiones de 6 segundos en comparación con las de 4 segundos. Curiosamente, sus hallazgos son diferentes de los hallazgos en el presente estudio que no verificaron la misma situación para el tríceps braquial. Los diferentes resultados pueden explicarse por el hecho de que el presente estudio utilizó cargas máximas. Otra justificación puede ser que los estudios utilizaron hombres con diferentes niveles de aptitud física. Esta diferencia sugiere que el nivel de entrenamiento también puede influir en las respuestas musculares.

Lacerda et al. (18) evaluaron los niveles de lactato de los sujetos y su EMG siguiendo 3 series de 2 protocolos de entrenamiento que manipularon la cadencia y el número de repeticiones con el TBT ecualizado en 36 segundos en cada serie. Los autores verificaron concentraciones más altas de lactato sanguíneo en el protocolo de 12 repeticiones a una duración de 3 seg-rep-1 en comparación con 6 repeticiones a una duración de 6 seg-rep-1. Sus resultados indican que el trabajo mecánico de las contracciones también es importante para las adaptaciones musculares (15), por lo que los resultados son similares a los hallazgos del presente estudio que también verificaron altos niveles de lactato en un mayor número de repeticiones.

Aunque Lacerda et al. (18) encontraron que el protocolo con el mayor número y la menor duración de la repetición produjo una mayor amplitud de la señal EMG en todos los músculos evaluados en el ejercicio de press de banca, el presente estudio no está de acuerdo con los resultados. La activación del pectoral mayor (PC) disminuyó a medida que aumentaba el número de repeticiones. La menor activación junto con el mayor LAC en el mayor TBT sugiere que esta porción del músculo pectoral mayor puede haber sufrido fatiga debido al menor volumen. Esta hipótesis puede sostenerse por el hecho de que la PE del pectoral mayor incrementó su activación, que era más probable que satisficiera la mayor demanda. Los músculos tríceps braquial y deltoides no presentaron diferencia. Este hallazgo difiere del estudio de Lacerda y colegas (18).

La hipótesis de fatiga en las fibras claviculares del pectoral mayor se puede observar en los resultados informados por Tran et al. (33). Los autores evaluaron tres protocolos de EF con un 90% de 10RM alterando el TBT, el volumen de la carga y la cadencia en el ejercicio de flexión de codo en 18 hombres universitarios que practicaban EF durante ~1 año. El

protocolo A se realizó con 5/2 seg de cadencia. El protocolo B presentó el mismo volumen de carga que el protocolo A, pero con una cadencia de 2/2 segundos. El protocolo C se asemejó al protocolo A para el TBT, pero con una cadencia de 10/4 segundos y un volumen de carga inferior. Se detectó una disminución significativa para el desarrollo de la fuerza isométrica de los valores pre y post-protocolo ($P < 0,05$). Todos los protocolos dieron como resultado una disminución en el pico de salida de la fuerza isométrica de los valores pre y post-protocolo ($P < 0,05$). La producción de fuerza en el Protocolo A que involucró un gran volumen de carga y un alto TBT disminuyó en un 19,2%, que fue significativamente mayor ($P < 0,05$) que la reducción en los niveles de fuerza observada en el Protocolo B (TBT reducido).

En el estudio de Gehlert et al. (11), 22 sujetos masculinos realizaron 3 series de 10 repeticiones del ejercicio en sillón de cuádriceps unilateralmente en el aparato isocinético. Se realizaron tres protocolos con TBT ecualizado. El protocolo 1 consistió en el ejercicio con un 75% de fuerza máxima excéntrica y concéntrica con una velocidad de movimiento de $65^{\circ}\text{-sec}^{-1}$. En el Protocolo 2, el ejercicio se realizó en una sola serie de 20 repeticiones con un 100% de fuerza excéntrica y concéntrica con una velocidad de movimiento de $40^{\circ}\text{-sec}^{-1}$. En el Protocolo 3, 3 series de 8 repeticiones también se realizaron con fuerza máxima, sin embargo con una velocidad de movimiento de $25^{\circ}\text{-sec}^{-1}$. Veinticuatro horas después del ejercicio, se verificaron niveles más altos de Creatina Quinasa (CK) en el Protocolo 3. Los resultados indican que la menor velocidad utilizada en el Protocolo 3 provocó un mayor estrés mecánico, incluso en un menor número de repeticiones en un TBT equiparado.

El presente estudio no utilizó otros marcadores sanguíneos de estrés muscular, como la CK, que podrían haber proporcionado información adicional sobre el trabajo muscular para los diferentes TBT en el ejercicio de press de banca. Esto puede considerarse como una limitación de este estudio.

CONCLUSIONES

El TBT y la respuesta muscular (EMG y LAC) para las ejecuciones de 8, 10 y 12RM presentaron puntuaciones más altas entre las variables TBT, DC y LAC para todos los protocolos en orden ascendente con respecto al número de repeticiones. En el ejercicio press de banca, en altas intensidades y bajo TBT, la parte esternocostal del pectoral mayor fue más activa. A bajas intensidades y alto TBT, la parte clavicular del pectoral mayor indicaba más trabajo muscular. El control de la relación volumen/intensidad y la prescripción en los rangos de repetición del ejercicio propuesto se puede realizar en función del TBT. Se recomiendan estudios adicionales para analizar las relaciones que involucran el TBT en otros ejercicios con series múltiples y en diferentes poblaciones.

Dirección de correo: Juliana Brandão Pinto de Castro - Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, Pavilhão João Lira Filho, Bloco F, 9º andar, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, CEP: 20550-900, Email: julianabrandaoflp@hotmail.com

REFERENCIAS

1. Azizbeigi K, Azarbayjani MA, Atashak S, Stannard SR. (2015). Effect of moderate and high resistance training intensity on indices of inflammatory and oxidative stress. *Res Sports Med.* 2015;23:73-87.
2. Baldari C, Bonavolontà V, Emerenziani GP, Gallotta MC, Silva AJ, Guidetti L. (2009). Accuracy, reliability, linearity of accutrend and lactate pro versus EBIO plus analyzer. *Eur J Appl Physiol.* 2009;107:105-111.
3. Balsalobre-Fernández C, Tejero-González CM, Campo-Vecino J, Bavaresco N. (2014). The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. *J Strength Cond Res.* 2014;28:528-533.
4. Becker S, Fröhlich M, Kelm J, Ludwig O. (2017). Change of muscle activity as well as kinematic and kinetic parameters during headers after core muscle fatigue. *Sports.* 2017;5:10-17.
5. Burd NA, Andrews RJ, West DW, Little JP, Cochran AJ, Hector AJ, et al. (2012). Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. *J Physiol.* 2012;590:351-362.
6. Burden A, Bartlett R. (1999). Normalization of EMG amplitude: An evaluation and comparison of old and new methods. *Med Eng Phys.* 1999;21:247-257.
7. Earp JE, Newton RU, Cormie P, Blazevich AJ. (2015). In homogeneous quadriceps femoris hypertrophy in response to strength and power training. *Med Sci Sports Exerc.* 2015; 47:2389-2397.
8. Eklund D, Schumann M, Kraemer WJ, Izquierdo M, Taipale RS, Häkkinen K. (2016). Acute endocrine and force responses and long-term adaptations to same-session combined strength and endurance training in women. *J Strength Cond Res.*

9. Fink J, Kikuchi N, Nakazato K. (2016). Effects of rest intervals and training loads on metabolic stress and muscle hypertrophy. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2016;1-8.
10. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. (2011). American College of Sports Medicine position stand. *Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise*. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43:1334-1359.
11. Gehlert S, Suhr F, Gutsche K, Willkomm L, Kern J, Jacko D, et al. (2015). High force development augments skeletal muscle signalling in resistance exercise modes equalized for time under tension. *Pflugers Arch*. 2015;467:1343-1356.
12. Gentil P, Oliveira E, Bottaro M. (2006). Time under tension and blood lactate response during four different resistance training methods. *J Physiol Anthropol*. 2006;25:339-344.
13. Hass CJ, Garzarella L, Hoyos D, Pollock ML. (2000). Single versus multiple sets in long-term recreational weightlifters. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32:235-242.
14. Haula R, Paz GA, Maia MF, Lima VP, Cader SA, Dantas EHM. (2014). The effect of antagonist proprioceptive-3S neuromuscular facilitation on determining the loads of 10RM test. *Rev Bras Ciênc Saúde*. 2014;11:1-7.
15. Headley SA, Henry K, Nindl BC, Thompson BA, Kraemer WJ, Jones MT. (2011). Effects of lifting tempo on one repetition maximum and hormonal responses to a bench press protocol. *J Strength Cond Res*. 2011;25:406-413.
16. Henselmans M, Schoenfeld BJ. (2014). The effect of inter-set rest intervals on resistance exercise-induced muscle hypertrophy. *Sports Med*. 2014;44:1635-1643.
17. Jackson AS, Pollock ML. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr*. 1978;40:497-504.
18. Lacerda LT, Martins-Costa HC, Diniz RC, Lima FV, Andrade AG, Tourino FD, et al. (2016). Variations in repetition duration and repetition numbers influence muscular activation and blood lactate response in protocols equalized by time under tension. *J Strength Cond Res*. 2016;30:251-258.
19. Lamas L, Ugrinowitsch C, Campos GER, Aoki MS, Fonseca R, et al. (2007). Strength training x power training: Performance changes and morphological adaptations. *Rev Bras Educ Fís Esp*. 2007;21:331-340.
20. Martin JS, Friedenreich ZD, Borges AR, Roberts MD. (2015). Acute effects of peristaltic pneumatic compression on repeated anaerobic exercise performance and blood lactate clearance. *J Strength Cond Res*. 2015;29:2900-2906.
21. Martins-Costa HC, Diniz RCR, Lima FV, Machado SC, Almeida, RSV, et al. (2016). Longer repetition duration increases muscle activation and blood lactate response in matched resistance training protocols. *Motriz Rev Educ Fís*. 2016;22:35-41.
22. Merletti R. Standards for reporting EMG data. (1999). *J Electromyogr Kinesiol*. 1999.
23. Paz G, Robbins DW, Oliveira CG, Bottaro M, Miranda H. (2017). Volume load and neuromuscular fatigue during an acute bout of agonist-antagonist paired-set versus traditional-set training. *J Strength Cond Res*. 2017;31(10):2777-2784.
24. Santiago FLS, Paz GA, Maia MF, Santos PS, Santos ATL, Lima VP. (2012). Strength of maximum repetitions and tension time on leg press after static elongation in extensor and flexor knee. *Rev Bras Prescr Fisiol Exercício*. 2012;6:3-9.
25. Schoenfeld BJ, Ogborn DI, Krieger JW. (2015). Effect of repetition duration during resistance training on muscle hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2015;45:577-585.
26. Schoenfeld BJ. (2013). Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Med*. 2013;43:179-194.
27. Scudese E, Willardson JM, Simão R, Senna G, Salles BF, Miranda H. (2015). The effect of rest interval length on repetition consistency and perceived exertion during near maximal loaded bench press sets. *J Strength Cond Res*. 2015;29:3079-3083.
28. Shephard, RJ. (1988). PAR-Q: Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. *Sports Med*. 1988;5:185-195.
29. Silva JB, Lima VP, Paz GA, Oliveira CR, D'Urso F, Nunes RAM, et al. (2016). Determination and comparison of time under tension required to perform 8, 10 and 12-RM loads in the bench press exercise. *Biomed Hum Kinet*. 2016;8:153-158.
30. Silva MF, Dias JM, Pereira LM, Mazuquin BF, Lindley S, Richards J, Cardoso JR. (2017). Determination of the motor unit behavior of lumbar erector spinae muscles through surface EMG decomposition technology in healthy female subjects. *Muscle & Nerve*. 2017;55:28-34.
31. Simão R, Salles BF, Figueiredo T, Dias I, Willardson JM. (2012). Exercise order in resistance training. *Sports Med*. 2012;42:251-265.
32. Tanimoto M, Ishii N. (2006). Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. *J Appl Physiol*. 2006; 100:1150-1157.
33. Tran QT, Docherty D, Behm D. (2006). The effects of varying time under tension and volume load on acute neuromuscular responses. *Eur J Appl Physiol*. 2006;98:402-410.

Cita Original

Silva JB, Lima VP, Novaes JS, Castro JBP, Nunes RAM, Vale RGS. Tiempo Bajo Tensión, Activación Muscular y Respuestas de Lactato Sanguíneo al Realizar 8, 10 y 12 RM en el Ejercicio Press de Banca. *JEPonline* 2017;20(6):41-54.