Monograph

Relaciones Fuerza – Potencia durante dos Tipos de Movimientos de las Extremidades Inferiores en Remeros de Sexo Femenino de la División I

Robin Lund[1], Dennis Dolny[2] y Kathy Browder[2]

[1]*University of Northern Iowa, USA.*
[2]*University of Idaho, Moscow, ID.*

RESUMEN

El propósito del presente estudio fue examinar el rol de la fuerza respecto de la capacidad para expresar potencia durante el movimiento de prensa de piernas solo concéntrico (CO) y utilizando el ciclo de estiramiento acortamiento (SSC) en un grupo de miembros del equipo femenino de remo de la División I que realizaban entrenamientos similares de la fuerza, y observar el efecto de la carga sobre la relación entre la fuerza y la potencia. Los sujetos (n=30) realizaron tests de una repetición máxima (1RM) en un dinamómetro Omnikinetic (Omk) y también dos series (CO vs. CSS) del ejercicio de prensa de piernas realizado en forma explosiva con cargas del 30-80% de 1RM. Se observaron relaciones moderadas a fuertes entre la fuerza en 1RM y el pico de potencia (PP) (r=0.436-0.718), tanto en la prueba CO como en la prueba SSC, excepto para el 80% en la prueba CO y para el 70-80% en la prueba SSC. Hubo algunas correlaciones significativas entre la fuerza en 1RM y la producción de potencia en los 200 ms iniciales de la fase concéntrica ($P_{500-200}$). Además, los sujetos fueron divididos en dos grupos, uno de RM alta (n=13, 1RM>187 kg) y otro de RM baja (n=17, 1RM<187 kg), los cuales fueron comparados. El grupo con alta RM tuvo un PP significativamente mayor con todas las cargas y tanto en la prueba CO como en la prueba SCC ($p<0.05$). No se observaron diferencias significativas en la P_{50} ni en la prueba CO ni en la SSC. Los sujetos más fuertes tuvieron una P_{100} significativamente mayor con el 30-50% en la prueba CO y el 40% en la prueba SSC, una mayor P_{150} con el 30-50% en la prueba CO y con el 40% en la prueba SSC y una mayor P_{200} con el 30-50% en la prueba CO y con el 50-60% en la prueba SSC. Al parecer la fuerza desempeña un papel significativo en la PP en el movimiento de prensa de piernas tanto la condición CO como en la SSC en remeros de sexo femenino de la División I y el efecto de la fuerza disminuye con las mayores cargas.

Palabras Clave: fuerza, solo concéntrico, ciclo de estiramiento acortamiento

INTRODUCCION

La capacidad de los músculos esqueléticos para manifestar potencia mecánica puede ser su función más crucial (1). La

potencia es un componente fundamental del éxito en muchos deportes de conjunto, tales como el fútbol americano (2), el básquetbol (3), el fútbol (4) y el voleibol (5). Además, se ha observado que la potencia es importante en muchos deportes individuales tales como el taekwondo (6), el biatlón (7) y el ciclismo de velocidad (8). Por último, se ha demostrado que la potencia es un parámetro de predicción significativo del tiempo para completar una carrera de remo de 2000 metros (9).

Debido a que la potencia es el producto de la fuerza por la velocidad, en general se cree que la fuerza desempeña un papel importante en la expresión de potencia, sin embargo, esta relación puede depender del tipo de movimiento debido a diferencias en el tipo de contracción muscular y en la carga externa involucrada. Schmidtbleicher (10) afirmó que "la fuerza máxima es la cualidad básica que influencia el rendimiento de potencia". Sin embargo este investigador postulo que en aquellos movimientos que utilizan el ciclo de estiramiento acortamiento (SSC), las correlaciones entre la fuerza y la potencia podrían ser bajas. A la inversa, los movimientos puramente concéntricos (CO) dependen más de la fuerza a medida que se incrementa la carga. Esto tiene implicaciones obvias para el entrenamiento aunque solo se han llevado a cabo dos estudios que analizaron este tema de manera específica (11, 12).

En un estudio llevado a cabo por Cronin, McNair y Marshall (11) se exploró el papel de la fuerza máxima en la producción de potencia durante los 200 ms iniciales de la fase concéntrica en el ejercicio de press de banca realizado en forma CO no balística y en el ejercicio de press de banca realizado con el SSC, en hombres universitarios desentrenados. Los investigadores separaron a los sujetos en grupos de alta y baja RM en base a la fuerza en una repetición máxima (1RM) para comparar diversas variables de la potencia entre los grupos. Cuando estos investigadores analizaron toda la fase concéntrica observaron que la producción de potencia fue significativamente mayor en el grupo con alta RM tanto para el press de banca CO como para el press de banca SSC, con todas las cargas (40, 60 y 80% de 1RM). Cuando analizaron los primeros 200 ms de la fase concéntrica, las mayores producciones de potencia fueron observadas en el grupo de alta RM durante el movimiento de rebote (SSC) del press de banca, con todas las cargas aunque no se reportaron diferencias durante el movimiento de press de banca CO.

Stone, y O'Briant et al. (12) reportaron correlaciones significativas entre la fuerza en una repetición máxima en el ejercicio de sentadillas (1RM) y el pico de potencia medido durante la realización de saltos desde sentadillas CO (PP) y también con la PP medida durante un salto con contramovimiento, utilizando un amplio rango de cargas (10-100% de 1RM). Un análisis adicional, en el cual se compararon los 5 sujetos más fuertes con los 5 sujetos menos fuertes, indicó que los sujetos más fuertes tenían una PP significativamente mayor tanto en el salto CO como en el salto con contramovimiento con todas las cargas.

Se debería señalar que los sujetos utilizados por Cronin et al. (11) no habían participado en entrenamientos de la fuerza por al menos 6 meses antes del comienzo de las evaluaciones. En el estudio de Stone, y O'Briant et al. (12) los sujetos reportaron un amplio rango de experiencia en el entrenamiento de la fuerza. Estos sujetos fueron reclutados de esta manera en forma intencionada para "magnificar" cualquier relación observada. Estos dos estudios sugieren que la fuerza desempeña un papel importante en la producción de potencia tanto durante movimientos CO como durante movimientos SSC. Esto podría ser especialmente cierto cuando existe una gran heterogeneidad dentro de la muestra. El interés de los autores fue observar si la fuerza mantiene su rol de manera similar en un grupo de sujetos entrenados que es menos heterogéneo. Por lo tanto, el propósito del presente estudio fue examinar el rol de la fuerza en la capacidad para expresar potencia durante la realización del ejercicio de prensa de piernas tanto CO como SSC en un grupo de mujeres con un entrenamiento similar en la fuerza pertenecientes al equipo de remo de la División I, y observar el efecto de la carga sobre la relación entre la fuerza y la potencia. Aunque creemos que la fuerza desempeñará un rol significativo en la capacidad para expresar potencia, esperamos observar un efecto atenuado debido a la heterogeneidad de la muestra.

METODOS

Sujetos

Treinta mujeres miembros de tripulaciones de la División I de la NCAA participaron en el presente estudio. Todos los sujetos estaban realizando un programa para el entrenamiento de la fuerza prescrito por su entrenador de fuerza y acondicionamiento en los seis meses previos a las evaluaciones. Todos los procedimientos fueron revisados y aprobados por el Comité de Garantía para Sujetos Humanos de la Universidad de Idaho, de acuerdo con las normativas aplicadas a la utilización de sujetos humanos, establecidas por el Colegio Americano de Medicina del Deporte.

Procedimientos

Aunque las técnicas balísticas han recibido una considerable atención para su aplicación en el entrenamiento de la

potencia (13, 14), la realización del movimiento de prensa de piernas en forma no balística puede ser ventajosa para los remeros debido a la especificidad de dicho movimiento. Las técnicas balísticas implican la proyección de la carga hacia el espacio lo cual resulta en que no haya desaceleración o en que la desaceleración sea mínima. Para evaluar la potencia de las extremidades inferiores en remeros universitarios, se utilizó un novedoso dinamómetro para extremidades inferiores capaz de medir la producción de potencia en forma bilateral, para lo cual uno de los pies es fijado a una almohadilla.

Luego de una sesión de orientación utilizada para explicar los procedimientos y para que los sujetos firmaran el consentimiento informado, se llevaron a cabo dos sesiones de evaluación. Durante la primera sesión se llevaron a cabo las mediciones antropométricas (talla, peso y longitud trocantérea) y se midió la fuerza en 1RM en el dinamómetro Omnikinetic (Omk). La longitud trocantérea se definió como la distancia entre el trocánter mayor, determinado por palpación y el piso. La longitud trocantérea se necesitó para estimar las diferentes variables de la extremidad inferior para los cálculos cinéticos (15). Antes de realizar la evaluación de 1RM, todos los sujetos realizaron una entrada en calor que consistió de 5 min de pedaleo en un cicloergómetro sin carga adicional. La medición de la fuerza en 1RM en el ejercicio de prensa de piernas fue llevada a cabo en el Omk utilizando los procedimientos establecidos por la Asociación Nacional de Fuerza y Acondicionamiento (NSCA) para la evaluación de 1RM (16).

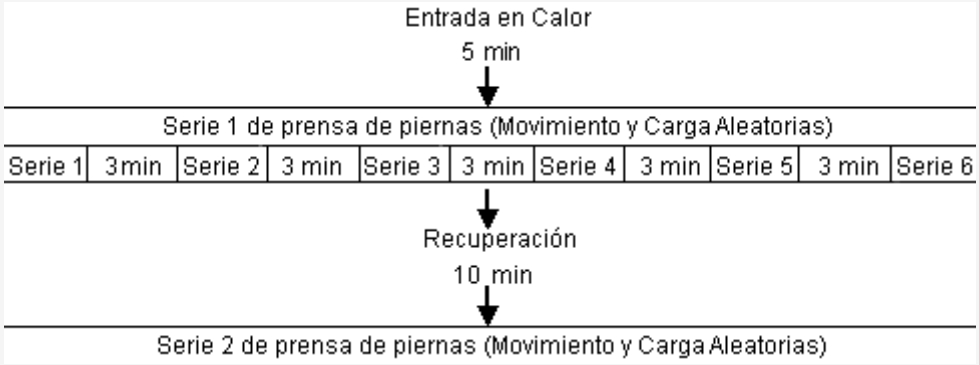

Figura 1. *Esquema de flujo de la segunda sesión de evaluación.*

Luego de un mínimo de cuatro días de recuperación se realizó la segunda sesión de evaluación. En esta sesión se realizaron dos series del ejercicio de prensa de piernas en forma explosiva, llevadas a cabo en el Omk. En una de las series se realizó la prensa de piernas CO y en la otra la prensa de piernas utilizando el SSC. El ejercicio de prensa de piernas CO comenzó con las rodillas en posición de flexión y finalizó con las rodillas en posición de extensión realizando tres repeticiones con cada carga. La prensa de piernas SSC comenzó con las rodillas en posición de flexión. Luego de esto los sujetos flexionaron y extendieron las rodillas realizando tres repeticiones con cada carga. Las cargas utilizadas para ambas series de prensa de piernas realizada en forma explosiva fueron del 30, 40, 50, 60, 70 y 80% de 1RM con 3 minutos de pausa entre las series. Entre las series CO y SSC se permitió un período de recuperación de 10 minutos. Los sujetos fueron instruidos para realizar todas las repeticiones lo más rápido posible. El orden de las dos series de movimientos, así como también de la asignación de la carga, fue aleatorio para minimizar de esta manera el efecto del orden. Para clarificar lo aquí expuesto se ha provisto un diagrama de flujo (Figura 1).

Instrumentación

El Omk (Interactive Performance Monitoring, Pullman, WA) es un dinamómetro bilateral para las extremidades inferiores, de cadena cerrada y que se utiliza en posición de sentado, lo cual permite que el usuario realice patrones de movimiento tanto unilaterales como bilaterales. La carga es provista neumáticamente para minimizar el efecto de la inercia. El movimiento de extensión concéntrica-flexión excéntrica refleja las acciones musculares realizadas durante el remo y por lo tanto puede considerarse una herramienta de evaluación adecuada para esta investigación. Este instrumento está diseñado para medir la posición de la manivela, del pedal, del asiento y también las fuerzas tensiles normales alrededor de la manivela. Los modelos de la cinemática y cinética de la extremidad inferior se basan en una modificación del modelo antropométrico de Hanavan (17). El método Omk ha probado ser valido y confiable y se ha publicado una descripción completa del mismo (15). Se registraron el pico de potencia de la fase concéntrica (PP) y también la potencia en los primeros 50, 100, 150 y 200 ms ($P_{50\text{-}200}$) de la fase concéntrica. El tiempo para alcanzar el pico de potencia (TPP) fue definido como el tiempo (ms) entre el comienzo de la fase concéntrica y la producción pico de potencia. Todas las variables fueron registradas como el valor medio de la pierna derecha e izquierda promediando las tres repeticiones.

Variable	N	R	P
CO			
PP	53	0.918	<0.0001
P_{50}	53	0.758	<0.0001
P_{100}	53	0.702	<0.0001
P_{150}	53	0.894	<0.0001
P_{200}	53	0.927	<0.0001
SSC			
PP	51	0.734	<0.0001
P_{50}	51	0.659	<0.0001
P_{100}	51	0.738	<0.0001
P_{150}	51	0.687	<0.0001
P_{200}	51	0.648	<0.0001

Tabla 1. *Índice de correlación intraclase de todas las variables de potencia.*

Análisis Estadísticos

Se calculó la estadística descriptiva para todas las variables. Se utilizó el test de correlación momento producto de Pearson para determinar la fortaleza de las correlaciones entre la fuerza en RM y todas las variables de potencia con todas las cargas y para los movimientos CO y SSC. Los sujetos también fueron divididos en dos grupos según su nivel de fuerza en 1RM. Los sujetos con valores de 1RM mayor a 187 kg (n=13) fueron colocados en el grupo de alta RM y los sujetos con valores de 1RM menores a 187 kg (n=17) fueron colocados en el grupo de baja RM. Este valor de corte fue seleccionado debido a que no resultó en valores coincidentes entre los dos grupos. Se utilizó la prueba t para medidas independientes para comparar las medias de todas las variables de potencia entre los grupos alta RM y baja RM con todas las cargas y en los movimientos CO y SSC. El nivel alfa fue preestablecido ($p<0.05$) para todos los análisis estadísticos. Asumiendo una potencia deseada del 80% y una desviación estándar de 100 W para la PP (en base a un trabajo previo de nuestro laboratorio), se calculó que se requerirían 22 participantes para detectar una diferencia significativa de 100 W. Nuestra muestra podría detectar una diferencia de aproximadamente 115 W. Los índices de correlación intraclase para todas las variables de potencia se muestran en la Tabla 1.

Variable	Alta-RM (n=13)	Baja-RM (n=17)
	Media±DE	Media±DE
Edad (años)	19.8±1.0	19.5±0.9
Talla (cm)	176.9±4.7	176.3±4.9
Peso (kg)	80.2±5.8	76.1±5.5
1RM (kg)	202.7±9.9	178.3±9.8

Tabla 2. *Estadística descriptiva de los sujetos de los grupos alta RM y baja RM.*

RESULTADOS

La estadística descriptiva (media±DE) de las variables antropométricas y del valor de 1RM para los grupos alta RM y baja RM se muestra en la Tabla 2. La estadística descriptiva del TPP se muestra en la Tabla 3. Las matrices de correlación de todas las variables de interés se muestran en las Tablas 4-6. Se observaron correlaciones moderadas entre la fuerza en 1RM y el PP (r=0.436-0.718), tanto para los movimientos CO como SSC excepto para el 80% en CO y para el 70-80% en SSC (Tabla 4). Ninguna de las relaciones 1RM-P_{50} y 1RM-P_{100} (Tabla 5) fue significativa excepto para el 40% en SSC (r=0.369, r=0.544). Se observaron correlaciones moderadas entre la fuerza en 1RM y la P_{150} (r=0.432-0.672) al 30% y 40% de 1RM, tanto en CO como en SSC (Tabla 6). Se observaron correlaciones moderadas entre la fuerza en 1RM y P_{200}

(r=0.483-0.639) al 30 y 40% en CO y al 50 y 60% en SSC (Tabla 6).

Carga	CO	SSC
	Media ± DE	Media ± DE
30%	217.0±15.9	140.5±36.2
40%	245.2±15.9	158.3±33.6
50%	272.3±18.2	188.6±34.2
60%	310.5±19.3	215.5±46.0
70%	367.4±26.2	302.2±36.8
80%	467.2±62.5	339.7±70.4

Tabla 3. *Estadística descriptiva del TPP (ms) para los movimientos CO y SSC con todas las cargas.*

Los resultados de las pruebas t para medidas independientes se muestran en forma gráfica (Figuras 2-8). Tanto en el movimiento CO como en el SSC, los sujetos del grupo con alta RM tuvieron PP significativamente mayores con todas las cargas (Figuras 2-3). Tanto en el movimiento CO (Figura 5) como en el SSC (Figura 7) no se hallaron diferencias significativas entre los grupos alta RM y baja RM respecto de la P_{50}. Los sujetos del grupo alta RM tuvieron una P_{100} significativamente mayor con el 30% y el 50% en el movimiento CO (Figura 5) y con el 40% en el movimiento SSC (Figura 7). Los sujetos del grupo alta RM tuvieron una P_{150} significativamente mayor con el 30-50% en el movimiento CO (Figura 6) y con el 40% en el movimiento SSC (Figura 8). Los sujetos del grupo alta RM tuvieron una P_{200} significativamente mayor con el 30-50% en el movimiento CO (Figura 6) y con el 50 y 60% en el movimiento SSC (Figura 9).

Carga	CO	SSC
30%	0.436*	0.525**
40%	0.589***	0.718***
50%	0.548**	0.516**
60%	0.531**	0.646***
70%	0.543**	0.228
80%	0.022	0.351

Tabla 4. *Correlaciones (r) entre la fuerza en 1RM y el PP por carga para los movimientos CO y SSC. * Significativo al nivel 0.05, ** significativo al nivel 0.01, *** significativo al nivel 0.001.*

DISCUSION

El Efecto de la Fuerza sobre el Pico de Potencia (PP)

Movimientos Solo Concéntricos

Se ha establecido que la fuerza desempeña un importante rol en la capacidad para expresar potencia durante movimientos CO y SSC cuando la muestra es heterogénea. El propósito del presente estudio fue investigar el rol de la fuerza en un grupo homogéneo de atletas similarmente entrenados en la fuerza. Los resultados de este estudio sugieren que la fuerza desempeña un rol significativo en este tipo de grupo, aunque las correlaciones no son tan fuertes. La producción de potencia depende de múltiples factores. La variabilidad en la producción de potencia no puede ser completamente explicada solo a través de diferencias en la fuerza, especialmente en un grupo de atletas similarmente entrenados. Además de la inherente falta de variabilidad debido a la homogeneidad de la muestra, las débiles correlaciones pueden ser atribuidas al nivel de entrenamiento de los sujetos. Se ha observado que los jugadores de rugby de menor nivel muestran mayores correlaciones entre la fuerza y la potencia que los jugadores profesionales (18). Además, los jugadores

profesionales de rugby muestran correlaciones significativas entre la potencia y la velocidad mientras que los jugadores de menor nivel no lo hacen. El autor sugirió que a medida que se incrementa el nivel de entrenamiento, los atletas pueden incrementar su dependencia en la velocidad (en oposición a la fuerza) cuando intentan expresar la máxima potencia.

Otra razón para las débiles correlaciones observadas puede ser que la 1RM como medida de la fuerza no tenga la suficiente precisión para la estadística de correlación. Los investigadores encontraron un gran número de rendimientos idénticos respecto de la variable 1RM. La falta de variabilidad en esta variable dependiente podría disminuir la fortaleza de las correlaciones. En dichos casos, un método más efectivo para analizar los datos podría ser separar a los sujetos en grupos de alta RM y baja RM y realizar pruebas t. Los resultados de las pruebas t (Figura 2) claramente indican las ventajas de ser más fuerte. Otro método para la valoración de la fuerza es medir el pico de fuerza isométrica con una placa de fuerza (19). Aunque la 1RM como evaluación en general tiene validez externa, la utilización de una placa de fuerza puede ser más apropiada para realizar análisis de correlación. Por último, se ha sugerido que ciertas medidas tienen mayor o menor probabilidad de correlacionar con una variable independiente del patrón de movimiento (20). Esto es, las correlaciones más débiles pueden deberse al tipo de test que se ha utilizado.

El efecto de la carga sobre la relación fuerza-potencia observado en el presente estudio es consistente con los trabajos previos, pero está en desacuerdo con lo observado por Schmidtbleicher (10). En el caso del movimiento CO, la fuerza no desempeñó un rol importante en la producción de potencia a medida que se incrementó la carga del modo que hipotetizara Schmidtbleicher. De hecho, la única carga que no demostró una relación significativa con la 1RM fue la más pesada. Una potencial explicación para esto es que Schmidtbleicher se estuviera refiriendo a las cargas absolutas en oposición las cargas relativas utilizadas en el presente estudio. Aunque un mayor nivel de fuerza es deseable cuando se debe superar la inercia de una carga absoluta, la ventaja de una mayor fuerza puede ser anulada hasta cierto punto cuando se comparan sujetos utilizando cargas relativas. Esto es, los sujetos más fuertes tienen que superar una mayor fuerza inercial en base a la proporción de su 1RM. En contraste, en base al mismo argumento, la fuerza podría desempeñar un mayor rol en la producción de potencia cuando se comparan sujetos utilizando cargas absolutas.

Carga	1RM-P_{50}		1RM-P_{100}	
	CO	SSC	CO	SSC
30%	-0.346	-0.156	0.344	0.287
40%	-0.318	0.369*	0.401*	0.544*
50%	-0.225	-0.193	0.416*	-0.139
60%	-0.357	0.234	0.020	0.259
70%	-0.058	-0.196	0.038	-0.303
80%	-0.183	-0.077	-0.112	-0.025

Tabla 5. *Correlaciones (r) 1RM-P_{50} y 1RM-P_{100} por carga para los movimientos CO y SSC. * Significativo al nivel 0.05, ** significativo al nivel 0.01, *** significativo al nivel 0.001.*

Carga	1RM-P_{150}		1RM-P_{200}	
	CO	SSC	CO	SSC
30%	0.493**	0.509**	0.493**	0.281
40%	0.432*	0.672***	0.483**	0.275
50%	0.290	0.128	0.159	0.495**
60%	0.063	-0.286	-0.065	0.639***
70%	-0.002	-0.325	-0.191	-0.192
80%	-0.061	0.038	-0.267	0.087

Tabla 6. *Correlaciones (r) 1RM-P_{150} and 1RM-P_{200} por carga y para los movimientos CO y SSC. * Significativo al nivel 0.05, ** significativo al nivel 0.01, *** significativo al nivel 0.001.*

Para confirmar este argumento, se realizó un análisis suplementario en ochos de los sujetos que participaron en el

presente estudio. Tres de los sujetos tenían una RM de 160 kg y cinco de los sujetos tenían una RM de 205 kg. La examinación de sus cargas relativas reveló que tres de las cargas estaban a aproximadamente 5 kg una de la otra. Más específicamente, cada uno de los ocho sujetos levantó cargas absolutas de 64, 81, 98 y 125 kg. En el caso de los movimientos CO (Figura 4) el grupo con alta RM mostró una mayor producción de potencia que el grupo de baja RM a medida que la carga absoluta era más grande. Además, el grupo con baja RM mostró una mayor reducción en la producción de potencia con las cargas de entre 98 y 125 kg. En algún punto, la potencia pudo comenzar a reducirse debido a que las cargas absolutas se volvieron tan grandes que no fue posible para los sujetos de ambos grupos generar una velocidad apreciable, sin embargo este punto puede producirse antes en los sujetos con menor RM. Este concepto puede ser particularmente importante cuando se desarrollan metodologías de entrenamiento para el remo en donde los atletas compiten unos contra otros en términos absolutos.

Movimientos que Utilizan el Ciclo de Estiramiento Acortamiento

Al igual que con los movimientos CO, las correlaciones fuerza-potencia fueron moderadas pero significativas y las correlaciones se debilitaron a medida que se incrementaron las cargas (Tabla 4). Además, los resultados de las pruebas t también demostraron claramente, la ventaja de los sujetos más fuertes con todas las cargas (Figura 3). Se ha hipotetizado previamente que existe poca relación entre la fuerza y la producción de potencia en movimientos SSC (10). Las correlaciones entre la fuerza en 1RM y el PP y las comparaciones entre los grupos de alta y baja RM sugieren lo contrario y concuerdan con lo observado en trabajos previos (11, 12). Cronin et al (11) realizaron tres especulaciones respecto de sus observaciones acerca del efecto de la fuerza durante movimientos SSC. Primero, un mayor nivel de fuerza es asociado con una mayor área de sección cruzada y esto puede asociarse con un mayor número de puentes cruzados en paralelo. Esto podría permitir un estado activo potencialmente mayor de los músculos luego del estiramiento excéntrico. Segundo, el entrenamiento de la fuerza resulta en una mejorada arquitectura tendinosa así como también en un mayor contenido de colágeno en los músculos. Esto podría resultar en una mayor fuerza de tensión en los tejidos conectivos y en una mejorada capacidad para la acumulación de energía elástica, incrementando de esta manera la capacidad de realizar movimientos SSC.

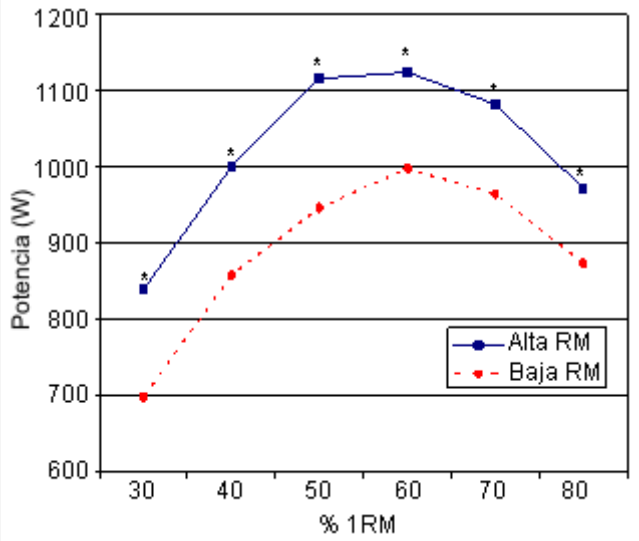

Figura 2. *PP para los sujetos de los grupos con alta y baja RM para todas las cargas durante el movimiento de prensa de piernas CO. * Indica diferencia significativa (p<0.05) entre los grupos.*

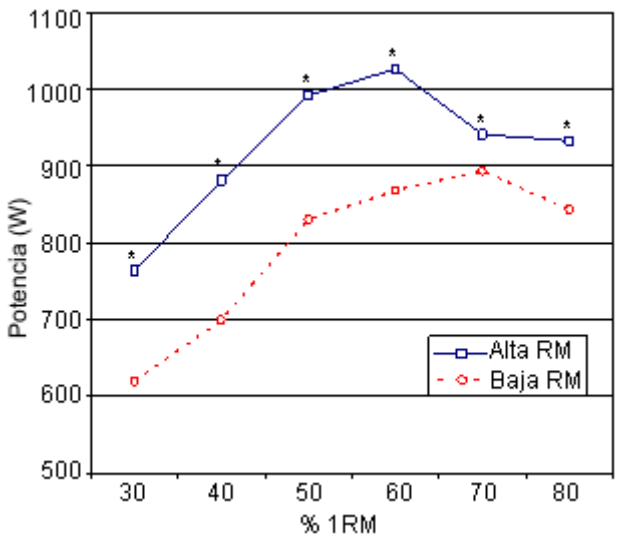

Figura 3. *PP para los sujetos de los grupos con alta y baja RM para todas las cargas durante el movimiento de prensa de piernas SSC. * Indica diferencia significativa (p<0.05) entre los grupos.*

Tercero, el entrenamiento de la fuerza puede mejorar la rigidez (*stiffness*) muscular. Un músculo más rígido resistirá la deformación durante las acciones SSC resultando en una mayor acumulación de energía elástica en los componentes elásticos en serie y en una mayor eficiencia mecánica. En base a estos resultados, al parecer, en la presente muestra de sujetos la fuerza desempeñó un rol significativo en el PP tanto durante el movimiento de prensa de piernas CO como SSC. Esto fue demostrado tanto para cargas relativas como para cargas absolutas. El concepto de "métodos mixtos" ha sido previamente discutido (21) y en base a los resultados del presente estudio, parece que esta estrategia sería apropiada para las mujeres que practican remo. Se debería señalar también que el entrenamiento llevado a cabo exclusivamente con técnicas CO ha sido asociado a un mayor riego de disfunción y lesión (22) así como también con un menor efecto de entrenamiento en comparación con la utilización de entrenamientos concéntricos y excéntricos (23).

Efecto de la Fuerza sobre la $P_{50\text{-}200}$

Movimientos Solo Concéntricos

El rol de la fuerza en la producción de potencia durante los primeros 200 ms de movimientos CO es menos claro. Las correlaciones entre la fuerza en 1RM y la $P_{50\text{-}200}$ fueron generalmente débiles y no significativas con algunas excepciones; sin embargo las comparaciones entre los grupos de alta y baja RM fueron más interpretables (Figuras 5, 6). Cronin et al (11) reportaron un obvio efecto de la fuerza durante el ejercicio de press de banca SSC en todas las cargas pero observaron poco efecto durante los primeros 200 ms en la realización del press de banca CO. Aunque no hubo un efecto durante los primeros 50 ms, los datos recolectados entre los 100-200 ms en el presente estudio sugieren lo opuesto.

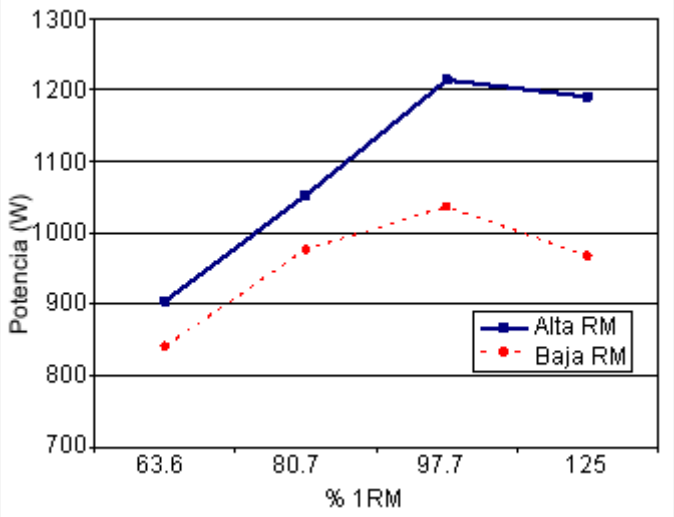

Figura 4. *PP para los sujetos de los grupos con alta y baja RM (n=8) para cuatro cargas absolutas durante el movimiento de prensa de piernas CO.*

Además de las diferencias en las muestras (sexo y nivel de entrenamiento) la explicación más obvia para esta discrepancia está relacionada con el modo de ejercicio (prensa de piernas vs press de banca). Es posible que no haya tiempo suficiente como para que se manifieste cualquier diferencia significativa durante el ejercicio de prensa de piernas en comparación con el press de banca. El tiempo para alcanzar el pico de potencia (TPP), el cual puede ser considerado como la fase de aceleración del movimiento, puede ofrecer alguna perspectiva respecto de este argumento. Teóricamente, la mayor diferencia observada entre los sujetos de los grupos de alta y baja RM respecto de la producción de potencia debería encontrarse en el TPP. Esto queda demostrado cuando la diferencia entre los sujetos de los grupos de alta y baja RM es analizada con cargas incrementales. La mayor diferencia observada entre los sujetos de los grupos de alta y baja RM para la P_{200} ocurrió al 30% de 1RM debido a que la producción de potencia a los 200 ms coincidió esencialmente con el TPP (217 ms, Tabla 3). Con el incremento de la carga, la diferencia entre los 200 ms y el TPP se incrementó resultando en una disminución del efecto de la fuerza. Durante el ejercicio de prensa de piernas CO, el TPP con cargas del 40, 60 y 80% de RM fue de 245, 311 y 468 ms respectivamente (Tabla 3). En contraste, el TPP con cargas del 40, 60 y 80% de 1RM en el ejercicio de press de banca realizado por hombres desentrenados fue de 443, 580 y 751 ms, respectivamente (11). El TPP ocurrió mucho más cerca de los 200 ms en el ejercicio de prensa de piernas que en el de press de banca. Si se hubiese medido un período inicial relativamente más corto durante el ejercicio de press de banca se podría haber esperado la falta de cualquier efecto observable de la fuerza. Quizás si Cronin et al. hubieran recolectado datos durante un período mayor a 200 ms, hubieran observado una mayor separación entre los sujetos de los grupos de alta y baja RM.

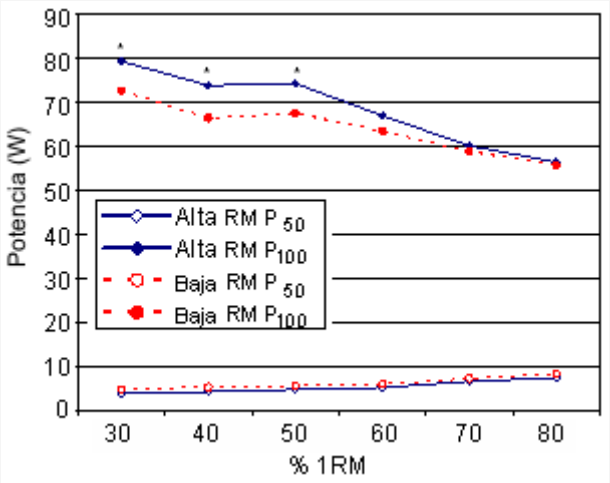

Figura 5. *P_{50} y P_{100} para los sujetos de los grupos con alta y baja RM para todas las cargas durante el movimiento de prensa de*

*piernas CO. * Indica diferencia significativa (p<0.05) entre los grupos.*

Movimientos que Utilizan el Ciclo de Estiramiento Acortamiento

Con respecto a los movimientos SSC, Cronin et al., reportaron que los sujetos más fuertes mostraron una mayor producción de potencia que los sujetos menos fuertes durante los primeros 200 ms del ejercicio de press de banca CO. Con excepción del P_{100} y la P_{150} con el 40% de 1RM y de la P_{200} con el 50 y 60% de 1RM, la fuerza no desempeñó un rol significativo en la producción de potencia durante los primeros 200 ms de la fase concéntrica en los movimientos SSC (Figuras 7-9). Nuevamente, además de las diferencias en el sexo y en el nivel de entrenamiento, el TPP y el modo de ejercicio pueden explicar, al menos parcialmente, estas discrepancias.

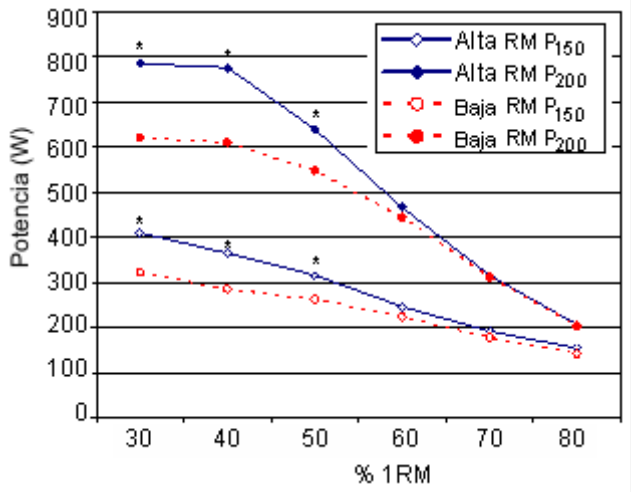

Figura 6. *P_{150} y P_{200} para los sujetos de los grupos con alta y baja RM para todas las cargas durante el movimiento de prensa de piernas CO. * Indica diferencia significativa (p<0.05) entre los grupos.*

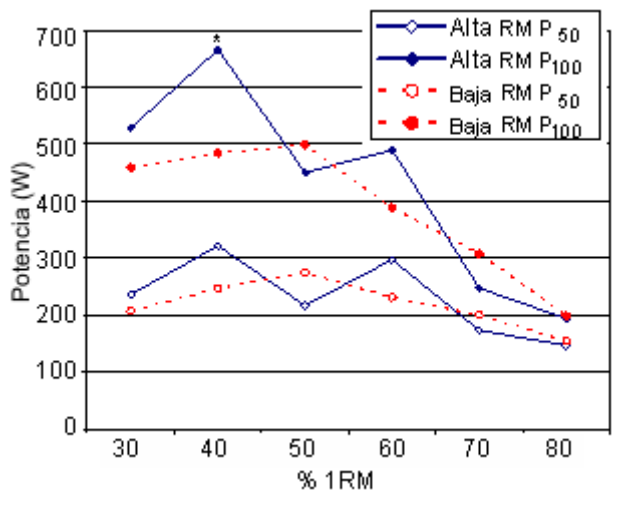

Figura 7. *P_{50} y P_{100} para los sujetos de los grupos con alta y baja RM para todas las cargas durante el movimiento de prensa de piernas SSC.*

Debido a las altas velocidades de movimiento durante el SSC, el TPP ocurrió frecuentemente dentro de los 200 ms (Tabla

5). Esto es, los datos de la P_{50-200} estuvieron cercanos al PP. Se observó un efecto obvio de la fuerza sobre el PP durante los movimientos SSC, por lo cual se esperaría que este efecto también pudiera ser observado durante los primeros 200 ms si de hecho el PP ocurrió próximo al TPP. El TPP para el movimiento SSC con el 40% de 1RM fue de 158.3 ms y la única comparación significativa para la P_{150} se observó con el 40% de 1RM. El TPP para el movimiento SSC al 50 y 60% de 1RM fue de 188.6 y 215.5 ms respectivamente y para la P_{200} se observaron diferencias significativas entre los grupos de baja y alta RM solo con el 50 y 60% de 1RM. La última diferencia significativa fue observada para la P_{100} al 40% de 1RM, sin embargo, el TPP pudo explicar esta diferencia.

Se deberían considerar a los mecanismos del SSC como los mecanismos potenciales de la disminución del efecto de la fuerza observado durante los primeros 200 ms de los movimientos SSC. Se ha reportado que el incremento observado en la producción inicial de potencia durante los movimientos SSC está relacionado con la actividad de los husos musculares y la reutilización de la energía acumulada en los componentes elásticos en serie de los músculos (24, 25). Además, la dependencia en los husos musculares y en los componentes elásticos en serie incrementa a medida que disminuye la duración de la fase concéntrica. Esto sugiere que durante las acciones SSC, a medida que la duración de la fase concéntrica se incrementa, la producción inicial de potencia depende más de la fuerza y menos del mecanismo del SSC. En este estudio, el TPP con el 40, 60 y 80% de 1RM durante el ejercicio de prensa de piernas SSC fue de 158, 215 y 339 ms, respectivamente (Tabla 7). Durante el ejercicio de press de banca SSC, Cronin reportó valores de 362, 566 y 702 ms para estas mismas cargas. Debido a que la velocidad absoluta durante la prensa de piernas SSC es mayor, es posible que haya habido muy poco tiempo de acoplamiento, lo cual pudo ser responsable, al menos en parte, de la falta de efecto de la fuerza y de la potencialmente mayor dependencia en el mecanismo del SSC (menos dependencia en la fuerza). También debería señalarse que los sujetos eran remeros. Como tales, los sujetos utilizan predominantemente movimientos de las piernas en forma CO, lo cual es similar a las condiciones CO utilizadas durante la evaluación. Esto específicamente pudo haber tenido un efecto sobre las correlaciones. Sin embargo, si este fuera el caso, se podría esperar observar menos dependencia en el mecanismo SSC y más dependencia en la fuerza para la producción inicial de fuerza.

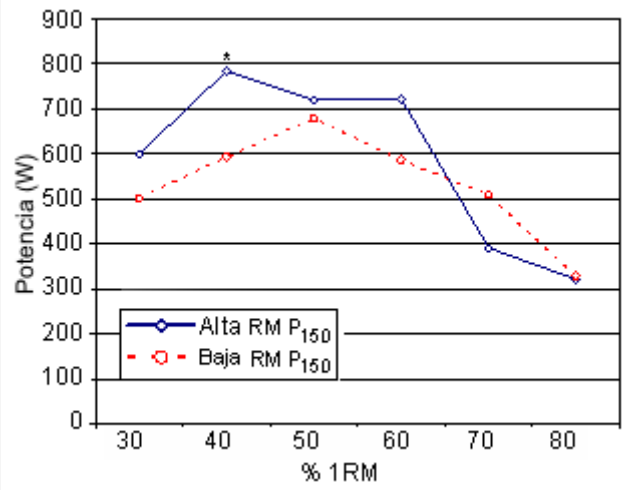

Figura 8. *P_{150} para los sujetos de los grupos con alta y baja RM para todas las cargas durante el movimiento de prensa de piernas SSC. * Indica diferencia significativa (p<0.05) entre los grupos.*

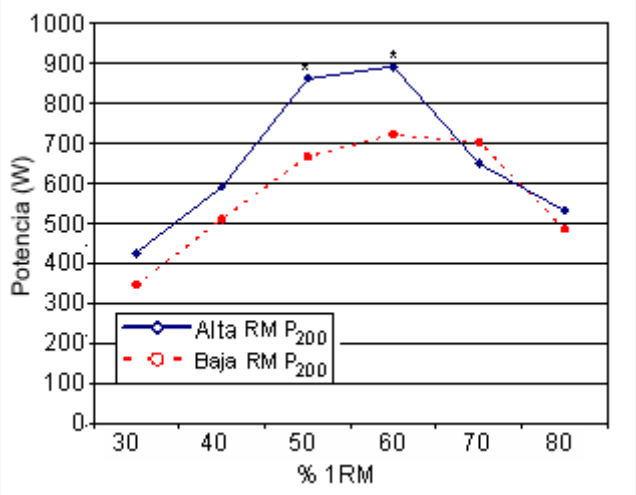

Figura 9. *P_{200} para los sujetos de los grupos con alta y baja RM para todas las cargas durante el movimiento de prensa de piernas SSC. * Indica diferencia significativa (p<0.05) entre los grupos.*

Los resultados es este estudio sugieren que la fuerza desempeña un rol significativo en la $P_{100-200}$ cuando se observa el período de tiempo cercano al TPP. Para movimientos CO esto ocurrió con las cargas más livianas (30-50% de 1RM, Figuras 5 y 6). Para los movimientos SSC esto ocurrió con las cargas más moderadas (40-60% de 1RM, Figuras 7-9). Por lo tanto, se podría argumentar que la P_{50-200} no proporciona más información que el PP por si solo, al menos en este caso.

Conclusiones

En resumen, este estudio sugiere que el incremento en la fuerza durante el ejercicio de prensa de piernas puede incrementar la capacidad de las mujeres que practican remo para generar PP durante movimientos no balísticos en condiciones CO y SSC de prensa de piernas. El TPP fue responsable de cualquier efecto observado durante los movimientos CO y SSC para la $P_{100-200}$. Aunque la producción de potencia es una función de múltiples variables, el rol de la fuerza debe continuar siendo considerado cuando se desarrollan metodologías de entrenamiento para mujeres practicantes de remo.

Dirección para el Envío de Correspondencia

Lund RJ, PhD, School of HPELS, University of Northern Iowa, Cedar Falls, IA, 50614-0241. Phone: (319) 273-3615; Fax: (319)273-5958; correo electrónico: robin.lund@uni.edu.

REFERENCIAS

1. Baechle, TR, Earle, RW, Wathen, D (2000). Resistance training. In: Baechle TR, Earle RW, editors. Essentials of Strength Training and Conditioning. *Champaign, IL: Human Kinetics, 395-425*
2. Baker, D (2001). A series of studies on the training of high-intensity muscle power in rugby league football players. *J Str Cond Res 15(2):2000:198209*
3. Bosco, C, Komi, PV, Ito, A (1981). Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiol Scand; 111:135-40*
4. Bosco, C (1996). The effect of prestretch on skeletal muscle behavior. *J Appl Biomech; 13:426-9*
5. Colliander, EB, Tesch, PA (1990). Effects of eccentric and concentric muscle actions in resistance training. *Acta Physiol Scand; 140:3139*
6. Cronin, JB, McNair, PJ, Marshall, RN (2000). The role of maximal strength and load on initial power production. *Med Sci Sport Exer; 32(10):1763 9*
7. Davis, HP, Dolny, DG (2000). A new bilateral closed chain assessment technique: methods and error analysis. *Med Sci Sport Exer; 32:182-189*
8. Elliot, BC, Wilson, G, Kerr, G (1989). A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press. *Med Sci Sport Exer; 21(4):450 62*

9. Heller, J, Peric, T, Dlouha, T, Kohlikova, R, Melichna, E, Novakova, H (1998). Physiological profiles of male and female taekwon-do (ITF) black belts. *J Sport Sci 1998;16:243249*
10. Jensen, RL, Freedson, PS,Hammill, J (1996). The prediction of power and efficiency during near-maximal rowing. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 73, 98104*
11. Kraemer, WJ, Newton, RU (2000). Training for muscular power. *Phys Med Rehab Clin N Am;11(2):34168*
12. Mackova, E, Havlickova, L, Placheta, Z, Blahova, D, Semiginovsky, B (1986). Skeletal muscle characteristics of sprint cyclists and nonathletes. *Int J Sport Med;7:29597*
13. Moss, BM, Refsnes, PE, Abildgaard, A, Nicolavsen, K, Jensen, J (1997). Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol; 75(3):193-9*
14. Newton, RU, Kraemer, WJ, Hakkinen, K (1999). Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players. *Med Sci Sport Exer;31(2):32330*
15. Newton, RU, Kraemer, WJ (1996). Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Str Cond; 16:20-31*
16. Ploutz-Snyder, LL, Tesch, PA, Dudley, GA (1998). Increased vulnerability to eccentric exercise-induced dysfunction and muscle injury after concentric training. *Arch Phys Med Rehab; 79:5861*
17. Rosch, D, Hodgson, R, Peterson, T, Graf-Bauman, T, Junge, A, Chomiak, J et al (2000). Assessment and evaluation of football performance. *Am J Sport Med;28:2939*
18. Rundell, KW, Bacharach, DW (1995). Physiological characteristics and performance of top U.S. biathletes. *Med Sci Sport Exer;27(9):1302-10*
19. Schmidtbleicher, D (1992). Training for power events. *In: Komi PV, editor. Strength and Power in Sports. London: Blackwell Scientific Publications, 381-93*
20. Smith, DJ, Roberts, D, Watson, B (1992). Physical, physiological and performance differences between Canadian national team and universiade volleyball players. *J Sport Sci; 10(2):131-8*
21. Smith, HK, Thomas, HG (1991). Physiological characteristics of elite female basketball players. *Can J Sport Sci; 16(4):289-95*
22. Tumilty, D (1993). Physiological characteristics of elite soccer players. *Sport Med; 16:80-96*
23. Zajac, FE, Gordon, MS (1993). Determining muscles force and action in multiarticular movement. *Exer Sport Sci Rev; 21:187-225*

Cita Original

Lund RJ, Dolny DG, Browder KD. Strength-power relationships during two lower extremity movements in female Division I rowers. JEPonline; 9 (3): 41-52; 2006