Revista de Educación Física, (Rev Edu Fís / J Physical Edu) 2022, 2(166)

Selected Papers from Impact

Análisis Electromiográfico de los Músculos Extensores Lumbares durante el Ejercicio Dinámico en un Dispositivo de Ejercicio Doméstico

Electromyographic Analysis of the Lumbar Extensor Muscles During Dynamic Exercise on a Home Exercise Device

John M. Mayer[1], Brian E. Udermann[2] y Joe L. Verna[1,3]

[1]*The Vert Mooney Research Foundation (DBA US Spine & Sport Foundation), San Diego, CA 92111, USA*
[2]*Department of Exercise and Sport Science, College of Science and Health, University of Wisconsin—LaCrosse, LaCrosse, WI 54601, USA*
[3]*Spine & Sport Physical Therapy Inc., San Diego, CA 92111, USA*

RESUMEN

El ejercicio de fuerza con dispositivos que ofrecen mecanismos para aislar la columna lumbar es efectivo para mejorar la fuerza muscular y los resultados clínicos. Sin embargo, los dispositivos previamente evaluados con estos mecanismos no son propicios para los programas de ejercicio en el hogar. El propósito de este estudio fue evaluar la actividad electromiográfica (EMG) de superficie de los músculos extensores lumbares durante el ejercicio dinámico en un dispositivo de ejercicio de extensión de espalda en el hogar. Diez adultos (5 F, 5 M) realizaron ejercicios dinámicos de extensión lumbar en un dispositivo doméstico con tres cargas: 1.00 × peso corporal (BW), 1.25 × BW y 1.50 × BW. Se analizó la actividad EMG de superficie de la región paraespinal L3/4. Se evaluó el efecto de la carga de ejercicio, la fase de movimiento y la posición en el rango de movimiento sobre la actividad EMG del extensor lumbar (normalizada al % de contracción isométrica voluntaria máxima). La actividad EMG del extensor lumbar aumentó significativamente de 1.00 BW a 1.50 BW de carga ($p = 0.0006$), fases excéntricas a concéntricas ($p < 0.0001$) y posiciones de flexión a extensión ($p < 0.0001$). El ejercicio con un dispositivo de ejercicio de extensión de la espalda en el hogar activa progresivamente los músculos extensores lumbares. Este dispositivo se puede usar para programas de ejercicios de fuerza en el hogar en adultos que viven en la comunidad sin contraindicaciones.

Palabras Clave: lumbalgia, electromiografía, entrenamiento físico, programa de ejercicios domiciliarios, atención virtual

ABSTRACT

Resistance exercise with devices offering mechanisms to isolate the lumbar spine is effective to improve muscle strength and clinical outcomes. However, previously assessed devices with these mechanisms are not conducive for home exercise

programs. The purpose of this study was to assess the surface electromyographic (EMG) activity of the lumbar extensor muscles during dynamic exercise on a home back extension exercise device. Ten adults (5 F, 5 M) performed dynamic lumbar extension exercise on a home device at three loads: 1.00 × body weight (BW), 1.25 × BW and 1.50 × BW. Surface EMG activity from the L3/4 paraspinal region was collected. The effect of exercise load, phase of movement, and position in the range of motion on lumbar extensor EMG activity (normalized to % maximum voluntary isometric contraction) was assessed. Lumbar extensor EMG activity significantly increased from 1.00 BW to 1.50 BW loads ($p = 0.0006$), eccentric to concentric phases ($p < 0.0001$), and flexion to extension positions ($p < 0.0001$). Exercise using a home back extension exercise device progressively activates the lumbar extensor muscles. This device can be used for home-based resistance exercise programs in community-dwelling adults without contraindications.

Keywords: low back pain, electromyography, exercise training, home exercise program, virtual care

INTRODUCCIÓN

El dolor lumbar es común, costoso, incapacitante y tiene un gran impacto en la calidad de vida de los adultos en todo el mundo [1,2]. Hay cientos de opciones de tratamiento disponibles para el dolor lumbar, muchas de las cuales sólo tienen resultados modestos [2]. El ejercicio físico generalmente se recomienda como una estrategia efectiva de prevención y tratamiento para el dolor lumbar [2]. Entre las opciones para el ejercicio terapéutico, el ejercicio de fuerza progresivo que usa máquinas de extensión de la espalda que aíslan la columna lumbar tiene una cantidad de evidencia relativamente grande para respaldar la seguridad y la capacidad de mejorar la función física y reducir la discapacidad [3].

La premisa detrás del uso de estas máquinas es que aislar la columna lumbar a través de varios mecanismos de restricción obliga a los músculos extensores lumbares (por ejemplo, multífido, erector de la columna) a ser los principales productores del torque durante la extensión compuesta del tronco, lo que limita la entrada de los músculos de glúteos e isquiotibiales que son muy potentes [4,5]. Se ha demostrado que esta estrategia activa eficazmente los extensores lumbares y otros músculos extensores del tronco [6,7]. Se ha demostrado que el entrenamiento con ejercicios de fuerza progresiva en estos dispositivos produce grandes ganancias de fuerza en adultos sanos [4,5], y alivia los síntomas y restaura la capacidad funcional en personas con dolor lumbar crónico [3,8,9,10]. Las máquinas de extensión de espalda existentes que estabilizan la pelvis en la posición sentada y que permiten una carga gradual de los extensores lumbares están diseñadas para un uso clínico, lo que requiere interacciones cara a cara con un terapeuta o entrenador. El dinamómetro de extensión lumbar computarizado (MedX, Altamonte Springs, FL, EE. UU.) es un ejemplo de tal máquina. A pesar de sus beneficios, es relativamente costoso, no es portátil, tiene un gran tamaño [3] y no está diseñado para uso doméstico. Por lo tanto, se necesita el desarrollo de dispositivos de ejercicio de extensión de espalda portátiles, rentables y eficaces para fomentar programas de ejercicio en el hogar.

La demanda de implementación de soluciones virtuales para ofrecer programas de ejercicios para el tratamiento del dolor lumbar está aumentando, y la pandemia de COVID-19 ha impulsado la exploración de tales soluciones. Una revisión sistemática reciente encontró que la telesalud es segura y eficaz para el tratamiento del dolor lumbar no agudo [11]. Un estudio observacional reciente encontró que la atención virtual centrada en el ejercicio para controlar el dolor lumbar resultó en mejoras similares en la función y la reducción del dolor en comparación con los programas en una clínica [12]. Además, otro estudio observacional reciente encontró beneficios de la fisioterapia virtual en términos de satisfacción del paciente y mejora del acceso a la atención [13]. Sin embargo, la evidencia en general sobre la atención virtual es mínima y no existe un estándar para la salida de ejercicios en el hogar, particularmente para los programas que se enfocan en el entrenamiento de ejercicios de fuerza progresiva. Por lo tanto, la implementación de programas de ejercicios de fuerza progresiva administrados virtualmente se ha visto limitada para controlar el dolor lumbar.

Se desarrolló un dispositivo de ejercicio de extensión de espalda más pequeño, portátil y menos costoso (MedX Home Back Device, Converge Medical Technology LLC, Austin, TX, EE. UU.) como una alternativa para proporcionar ejercicios de fuerza progresiva aislados para los extensores lumbares. El dispositivo está diseñado para uso doméstico y no es difícil de implementar, administrar y completar sesiones de ejercicio. Utiliza el peso corporal y cargas externas (placas de metal: prototipo evaluado; bandas de resistencia o sistema hidráulico: versión actual) para aplicar cargas resistivas durante el ejercicio de extensión de la espalda en posición sentada. También incorpora mecanismos similares para aislar la columna lumbar como el dinamómetro computarizado de extensión lumbar (Figura 1 y Figura 2). Sin embargo, no se ha explorado la capacidad del dispositivo de ejercicios de extensión de la espalda para activar eficazmente los músculos extensores lumbares y proporcionar cargas progresivas. Por lo tanto, el propósito de este estudio fue evaluar la actividad electromiográfica (EMG) de superficie de los músculos extensores lumbares durante el ejercicio dinámico de rango completo de movimiento en un dispositivo de ejercicio de extensión de espalda hogareño con tres cargas de ejercicio.

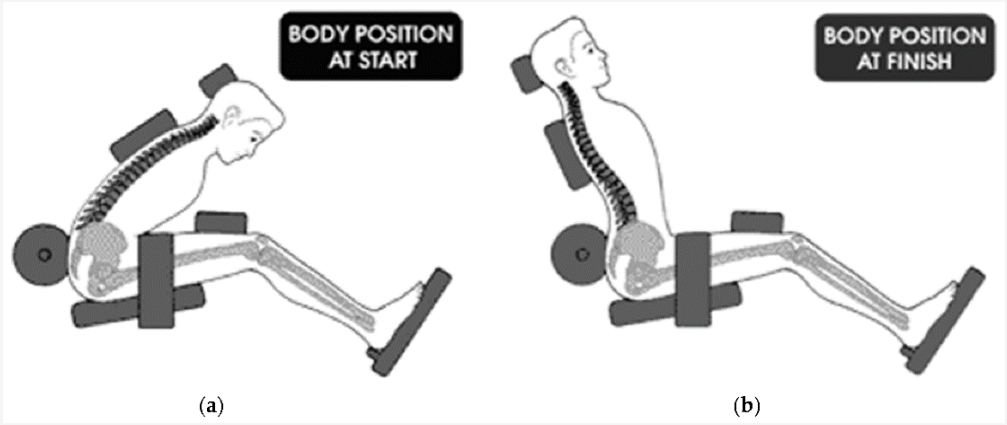

Figura 1. *Ilustración de los mecanismos de restricción pélvica y los patrones de movimiento en el dispositivo de ejercicios de extensión de la espalda de hogar. (a) Posición inicial (flexión lumbar). (b) Posición final (extensión lumbar).*

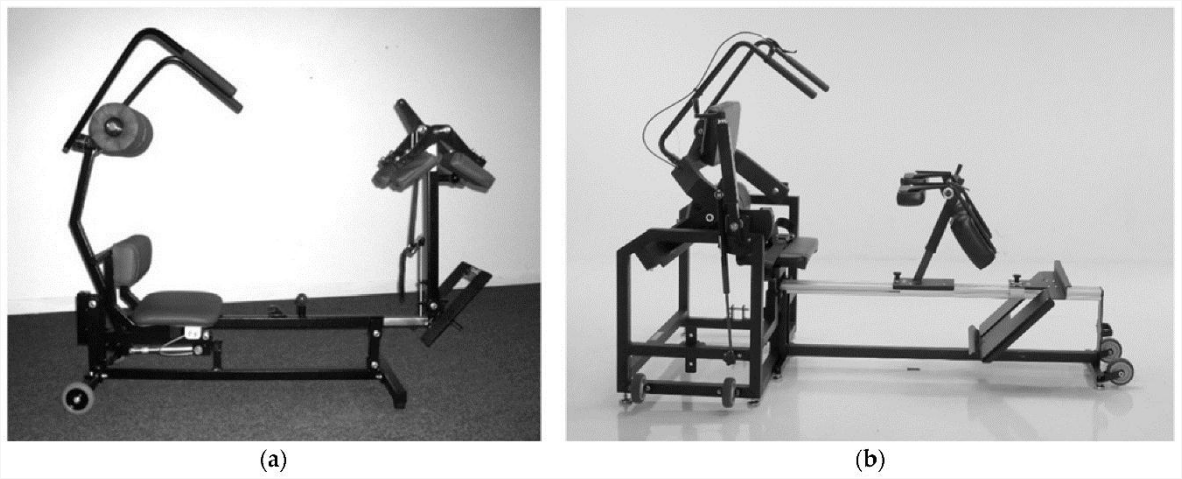

Figura 2. *Dispositivo de ejercicio de extensión de la espalda de hogar (MedX Home Back Device, Converge Medical Technology LLC., Austin, TX, EE. UU.). (a) Prototipo evaluado en el estudio. (b) Versión actual.*

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Se realizó un estudio observacional con medidas repetidas en un centro clínico. Los participantes se presentaron en el centro en una ocasión durante la cual se recopilaron varias veces medidas de rendimiento físico y datos de EMG de superficie.

Participantes

Se reclutó una muestra de conveniencia de los participantes de boca en boca y se colocaron volantes para incluir un número igual de hombres y mujeres. El protocolo del estudio fue revisado y aprobado por Biomed IRB (San Diego, CA, EE. UU.) y cada participante proporcionó su consentimiento informado por escrito. Los criterios de inclusión para la participación fueron [7]: 18–45 años de edad; buena salud general; capacidad de dar su consentimiento informado por escrito. Los criterios de exclusión fueron: historia de dolor lumbar clínico significativo; antecedentes de patología, deformidad o cirugía de la columna lumbar; trastornos de la rodilla o la cadera que contraindiquen el uso de los mecanismos de restricción pélvica del dispositivo de prueba de esfuerzo; contraindicaciones cardiovasculares u otras

contraindicaciones ortopédicas para el ejercicio de fuerza; una respuesta "sí" para cualquier elemento del cuestionario de preparación para la actividad física en la selección [14]; antecedentes de hipertensión arterial; mediciones de presión arterial y frecuencia cardíaca en reposo fuera del rango normal en la selección; participación actual en un programa de ejercicios de fuerza para la musculatura de la espalda; mujeres embarazadas.

Cálculo del tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra se estimó usando G*Power 3.1 [15], basado en trabajos previos que evaluaron la actividad EMG de la superficie del músculo extensor lumbar durante el ejercicio [7,16,17] y los siguientes parámetros: aumento del 25% en el valor medio del ejercicio a 1.00 × peso corporal (BW) a 1.50 × BW con una desviación estándar de aproximadamente el 50% del valor medio (tamaño del efecto = 0.50), medidas repetidas, potencia = 0.80, alfa = 0.05. Con base en estos parámetros, un tamaño de muestra de n = 10 fue adecuado.

PROCEDIMIENTOS

Selección de los participantes

Los candidatos que respondieron a los esfuerzos de reclutamiento contactaron al investigador por teléfono. Para confirmar la elegibilidad, se utilizó un cuestionario de selección telefónico estandarizado. Los candidatos que eran elegibles de acuerdo con la selección telefónica fueron remitidos al sitio de estudio para completar los procedimientos de selección adicionales. Después de dar su consentimiento informado, los candidatos completaron un cuestionario de historial de salud y el cuestionario de preparación para la actividad física [14]. A continuación, se registraron la presión arterial y la frecuencia cardíaca en reposo de los candidatos elegibles. Finalmente, a las mujeres se les administró una prueba de embarazo en orina. En ese momento, los candidatos elegibles fueron invitados a participar en el estudio.

Evaluación de la fuerza isométrica de la extensión lumbar

Inmediatamente después de los procedimientos de selección, se registraron la altura y el peso corporal de los participantes elegibles. A continuación, se evaluó la fuerza isométrica de la extensión lumbar, que se utilizó para normalizar los datos de EMG como porcentaje de la contracción isométrica voluntaria máxima (%MVIC). Para la prueba de fuerza, el participante se sentó en posición erguida en un dinamómetro computarizado de extensión lumbar (MedX Corp.) con sus mecanismos de restricción pélvica activados (es decir, en la posición de prueba sentado, el participante estaba erguido con las caderas flexionadas a aproximadamente 70-80 grados y en una ligera rotación interna, y las rodillas flexionadas a aproximadamente 20 grados. El participante realizó dos ensayos de las pruebas de fuerza en el dispositivo: prueba submáxima y prueba máxima. Después de establecer la posición de prueba, el participante realizó ejercicio dinámico ligero y pruebas de fuerza isométrica submáxima en el plano sagital para familiarizarse con los procedimientos de la prueba isométrica y el ejercicio dinámico. Para las pruebas de fuerza isométrica submáxima, el participante empujaba contra la almohadilla torácica del dispositivo mientras realizaba un esfuerzo moderado. La prueba submáxima se realizó una vez en tres posiciones: 72, 36 y 0 grados de flexión lumbar, lo que representa el rango completo de movimiento en el plano sagital permitido por el dispositivo de prueba. Después de un descanso de 15 minutos, el participante realizó las pruebas reales para determinar el torque máximo de extensión lumbar isométrica voluntaria en las mismas tres posiciones que se usaron para la prueba submáxima. En cada posición, el participante aumentaba gradualmente la fuerza contra la almohadilla torácica (utilizando los músculos extensores del tronco) y empujaba con la mayor fuerza posible durante aproximadamente un segundo. Un monitor proporcionó retroalimentación visual del desempeño y un investigador proporcionó estímulo verbal para que el participante generara la fuerza máxima. La fuerza isométrica (torque) fue registrada electrónicamente por el dispositivo en libras-pie (ft-lb) y convertida a Newton-metros (N-m). Este protocolo de prueba de fuerza isométrica ha sido validado y descrito en detalle [7,18].

Evaluación del ejercicio de extensión lumbar dinámica

Después de la prueba de fuerza y un descanso de 15 minutos, los participantes completaron 1 serie de ejercicio dinámico de rango completo de movimiento en la versión prototipo del dispositivo de ejercicio de extensión de espalda en el hogar (Figura 2A) con 3 cargas de ejercicio (3 series en total, 1 serie en cada una de las 3 cargas de ejercicio), con un descanso de 3 minutos entre cada serie. El orden del ejercicio en las 3 cargas se equilibró entre los participantes.

Las cargas de ejercicio para las 3 series fueron 1.00 veces el peso corporal (BW), 1.25 BW y 1.50 BW. Las cargas mayores que el peso corporal se acomodaron mediante placas de metal que se unieron al dispositivo.
Cada serie consistió en tres repeticiones utilizando un protocolo de ejercicio de movimiento lento (es decir, 10 seg

concéntricos, 10 seg excéntricos). Para cada serie de ejercicios dinámicos, el participante se colocó en flexión completa sobre el dispositivo y completó la fase concéntrica extendiendo la parte baja de la espalda contra la almohadilla torácica hasta alcanzar la extensión total sin dolor. Al llegar a la extensión completa, el participante completaba la fase excéntrica regresando lentamente a la posición inicial. Se completaron tres repeticiones para cada serie. Para estandarizar el tempo del movimiento, se utilizó un metrónomo y se fijó en 60 *beeps* por minuto. La información sobre eventos adversos (por ej., dolor muscular) se recopiló a través de informes subjetivos verbales de los participantes durante y después de las pruebas de fuerza de extensión lumbar y los ejercicios dinámicos en la visita al estudio clínico, y durante los cuatro días posteriores hasta que se resolvieron los síntomas.

Instrumentación y procesamiento de la EMG

Se recogieron señales EMG de superficie de la región paraespinal lumbar derecha e izquierda en el nivel L3-4 durante la prueba de fuerza isométrica y cada serie de ejercicios dinámicos utilizando técnicas adaptadas de trabajos previos [7,16]. Primero, se palpó la piel para establecer puntos de referencia para las regiones de interés y se lavó con una toallita con alcohol. Se colocaron sobre la superficie de la piel dos electrodos redondos (1.5 cm) autoadhesivos, desechables de plata/cloruro de plata, pregelificados, de superficie a presión. La ubicación de la colocación de los electrodos fue 1 cm por encima y por debajo del espacio intermedio de L3-4 sobre la porción central del vientre del músculo paraespinal bilateralmente, que estaba aproximadamente a 2-3 cm de la línea media de la columna en el plano sagital. Se utilizaron electrodos activos de acuerdo con las recomendaciones del fabricante (Noraxon USA Inc., Scottsdale, AZ, EE. UU.) [19,20] y la distancia entre electrodos fue de 2 cm.

Las señales electromiográficas se recogieron con una frecuencia de muestreo de 1000 Hz. Las características del amplificador diferencial fueron las siguientes según las recomendaciones del fabricante [19,20]: filtro de paso de banda: corte de paso alto: 10 Hz, corte de paso bajo: 500 Hz; rechazo de modo común: mínimo 85 dB a 1000 Hz; impedancia de entrada: >10 megaohmios. Antes del procesamiento, los datos de EMG sin procesar se inspeccionaron visualmente para detectar ruido (por ejemplo, artefactos mecánicos o de movimiento, señales eléctricas de otras fuentes, como electrocardiogramas y líneas eléctricas). Los datos de EMG sin procesar se rectificaron, suavizaron (a través de la técnica de raíz cuadrática media (RMS) con un intervalo de 50 ms), filtraron (técnica de filtrado de 5 medianas) y normalizaron (según los valores de MVIC obtenidos de la prueba de fuerza). Se utilizó el software Myoresearch v.2.1 (Noraxon USA Inc.) para el procesamiento y análisis de datos EMG. Se demostró que la confiabilidad de los datos de EMG recopilados de manera similar es aceptable [7].

Medidas de resultado

La medida de resultado primaria fue la actividad EMG de la superficie del músculo extensor lumbar expresada como el valor normalizado en %MVIC. Los datos obtenidos de la segunda repetición del ejercicio se utilizaron para el análisis. La segunda repetición del ejercicio se seleccionó arbitrariamente para minimizar posibles efectos en la actividad muscular debido a la aceleración en la fase concéntrica para iniciar la serie de ejercicios (es decir, la primera repetición en su punto de inicio) y la desaceleración en la fase excéntrica para finalizar la serie de ejercicios (es decir, la tercera repetición en su punto final). Por lo tanto, la segunda repetición era la repetición más probable que se realizaría en forma suave y controlada deseada sin efectos extraños. Los datos se normalizaron usando un método publicado previamente [7], utilizando la siguiente ecuación:

%MVIC = (EMG sin procesar (mV/seg) ejercicio dinámico/EMG sin procesar (mV/seg) contracción isométrica máxima) × 100 %

Análisis de los datos

Se calcularon los datos descriptivos (medias de grupo y desviaciones estándar) para la EMG normalizada (en %MVIC) por carga de ejercicio (1.00 BW, 1.25 BW, 1.50 BW), fase de movimiento (concéntrica, excéntrica), posición en el rango dinámico de movimiento (flexión, mitad, extensión). La posición en el rango dinámico de movimiento se clasificó como aproximadamente 49 a 72 grados para la flexión, 25 a 48 grados para la mitad y 0 a 24 grados para la extensión, lo que equivalía aproximadamente a intervalos de 3.33 seg dentro de cada fase de movimiento (concéntrico, excéntrico). Se evaluó la actividad EMG de superficie del músculo extensor lumbar para determinar el efecto de la carga del ejercicio (1.00 BW, 1.25 BW, 1.50 BW), la fase de movimiento (concéntrica, excéntrica), la posición en el rango de movimiento (flexión, media, extensión) mediante análisis de varianza (ANOVA) con medidas repetidas. Se realizaron comparaciones *post hoc* por pares utilizando el procedimiento de Tukey, según fuera necesario. La significación estadística se fijó en alfa = 0.05. Se utilizó el paquete estadístico Stata 7.0 (Stata Corp., College Station, TX, EE. UU.) para todos los análisis.

Resultados

Las características de los participantes y el torque isométrico máximo de la extensión lumbar se muestran en la Tabla 1.

Los valores de torque máximo estuvieron generalmente dentro de los límites normales utilizando los datos normativos establecidos por el fabricante [21]. No se informaron eventos adversos graves después de la prueba de ejercicio isométrico en el dinamómetro lumbar y el ejercicio dinámico en el dispositivo de ejercicio de extensión de espalda hogareño. El 30% (3/10) de los participantes informaron dolor muscular de aparición tardía (DOMS) en la región lumbar que alcanzó su punto máximo 24-36 horas después del ejercicio, desapareció dentro de las 96 horas y no afectó la función física. Todos los participantes completaron tres repeticiones de ejercicio dinámico con las tres cargas asignadas y no hubo indicios de que las cargas estuvieran cerca del esfuerzo máximo. El 80 % (8/10) de los participantes mostró un aumento progresivo en la actividad EMG de la superficie del músculo extensor lumbar a medida que la carga de ejercicio aumentaba de 1.00 BW a 1.50 BW.

Tabla 1. *Características demográficas de los participantes y valores de torque de extensión lumbar.*

Table 1. Participant demographic characteristics and lumbar extension torque values.

Variable	Total (n = 10)		Female (n = 5)		Male (n = 5)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Age (year)	33.0	8.4	29.0	9.5	37.0	5.5
Body Height (cm)	174.0	6.9	170.7	8.1	177.3	3.3
Body Weight (kg)	76.2	18.4	62.3	9.8	90.2	13.4
Peak IM torque (N-m)	392.0	190.5	254.2	95.3	529.9	157.8

Key: Peak IM torque (N-m) = Peak lumbar extension isometric torque in Newton-meters (N-m) assessed on a dynamometer.

La actividad EMG de superficie normalizada del músculo extensor lumbar por carga de ejercicio, fase de movimiento y posición en el rango de movimiento se muestra en la Tabla 2 y la Figura 3. Hubo un efecto significativo de la carga de ejercicio en la actividad EMG de superficie del músculo extensor lumbar [$F(2,9) = 7.77$, $p = 0.0006$]. El análisis *post-hoc* reveló que la actividad EMG con una carga de ejercicio de 1.50 BW fue significativamente mayor que 1.00 BW ($p < 0.05$). Hubo un efecto significativo de la fase de movimiento sobre la actividad EMG de superficie del músculo extensor lumbar [$F(1,9) = 31.33$, $p < 0.0001$], lo que indica que la actividad EMG fue mayor para la fase concéntrica en comparación con la fase excéntrica. Hubo un efecto significativo de la posición en el rango de movimiento sobre la actividad EMG de superficie del músculo extensor lumbar [$F(2,9) = 30.55$, $p < 0.0001$]. El análisis *post hoc* reveló que la actividad EMG en la posición de extensión fue significativamente mayor que en la posición de la mitad y la posición de flexión ($p < 0.05$), y que la actividad EMG fue mayor en la posición media que en la posición de flexión ($p < 0.05$).

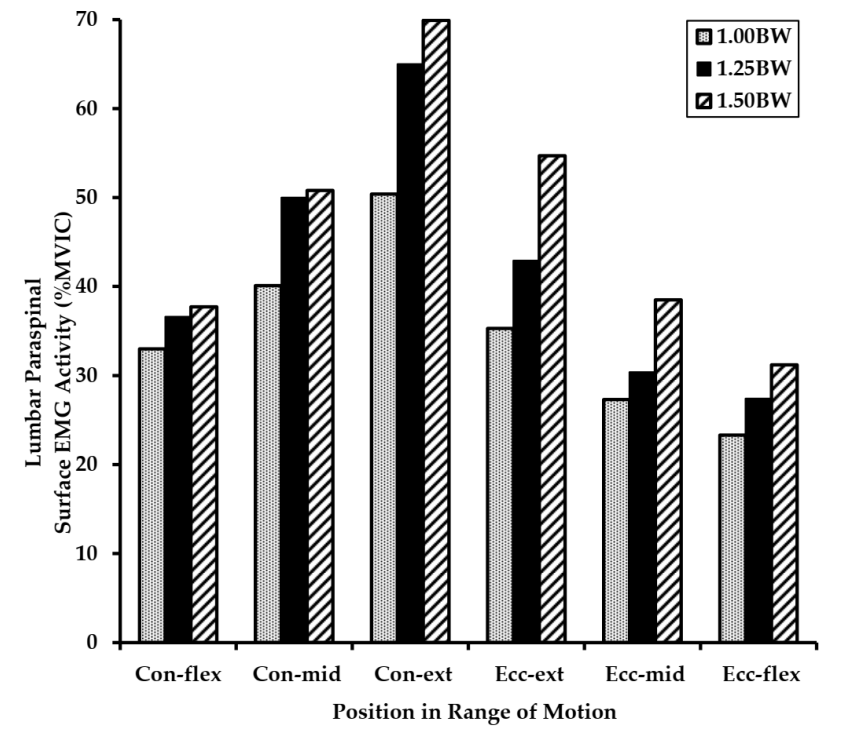

Figura 3. *Gráfico de la actividad EMG normalizada de la superficie del músculo extensor lumbar (en % MVIC) durante el ejercicio dinámico en un dispositivo de ejercicio de extensión de espalda hogareño representado por la carga del ejercicio, la fase de movimiento y la posición en el rango de movimiento. Leyenda: valores medios en el % de contracción isométrica voluntaria máxima (MVIC), BW = peso corporal, Con = fase concéntrica, Ecc = fase excéntrica, flex = posición de flexión en el rango de movimiento, mid = posición media, ext = posición de extensión.*

Tabla 2*. Actividad EMG normalizada de superficie del músculo extensor lumbar (en % MVIC) durante el ejercicio dinámico en un dispositivo de ejercicio de extensión de espalda hogareño representado por la carga del ejercicio, la fase de movimiento y la posición en el rango de movimiento.*

	Exercise Load					
	1.00 BW		1.25 BW		1.50 BW	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Full Repetition	34.9	16.0	42.1	11.8	47.1	9.8
Concentric Phase:						
Full Concentric Phase	41.2	17.9	50.5	16.2	52.8	10.3
Flexion Position	33.0	16.1	36.6	16.6	37.7	11.3
Mid Position	40.1	19.9	50.0	16.3	50.8	8.7
Extension Position	50.4	21.9	65.0	20.7	69.9	16.0
Eccentric Phase:						
Full Eccentric Phase	28.7	16.0	33.6	12.7	41.4	13.8
Flexion Position	23.3	14.9	27.4	12.7	31.2	13.0
Mid Position	27.3	16.8	30.4	13.4	38.5	12.3
Extension Position	35.3	18.5	42.9	14.4	54.7	27.8

Key: Values are in % Maximum Voluntary Isometric Contraction (MVIC), BW = Body Weight, SD = Standard Deviation.

Discusión

Los hallazgos de este estudio indican que el ejercicio de extensión lumbar de rango completo de movimiento en un dispositivo de ejercicio de extensión de espalda hogareño activa efectivamente los músculos extensores lumbares de

manera progresiva. Con el respaldo de los hallazgos de ausencia de eventos adversos, el estudio sugiere que un dispositivo de ejercicio en el hogar es bien tolerado y seguro para el entrenamiento de ejercicios de los extensores lumbares en adultos sin contraindicaciones para el ejercicio de fuerza. Si bien algunos participantes experimentaron DOMS, es una respuesta típica después de un ejercicio de extensión lumbar desconocido, ya sea pruebas de ejercicio isométrico o entrenamiento de ejercicio dinámico [3]. Sin embargo, es importante educar a los clientes y pacientes sobre las expectativas con respecto a la probabilidad de dolor y rigidez muscular.

El rango observado de valores medios para los niveles normalizados de activación EMG de superficie del extensor lumbar sugiere que el dispositivo de ejercicio de extensión de espalda en el hogar puede proporcionar una resistencia progresiva gradual para los extensores lumbares. Además, el valor medio del nivel de activación más bajo observado probablemente sea lo suficientemente bajo para los pacientes durante las primeras fases de los programas de ejercicio terapéutico. Dado que las cargas de ejercicio para este estudio se seleccionaron arbitrariamente, los niveles de activación EMG del extensor lumbar observados no representan necesariamente los niveles máximos alcanzables durante el ejercicio en el dispositivo. Dada la naturaleza progresiva de los niveles de activación observados, es posible que se puedan alcanzar niveles de activación más altos con cargas externas adicionales. Se desconoce si estos niveles de activación proporcionan el estímulo de sobrecarga necesario para ganar fuerza en la extensión lumbar.

Una explicación de la falta de resistencia progresiva para los extensores lumbares a pesar de las mayores cargas de ejercicio en el 20% de los participantes es que la activación de los músculos extensores lumbares durante la extensión compuesta del tronco es variable [22,23]. Otros músculos extensores del tronco, como los glúteos y los isquiotibiales, pueden ser reclutados en diferentes niveles durante la extensión compuesta del tronco con diferentes cargas, lo cual es consistente con investigaciones previas sobre otros dispositivos de ejercicio [22,23]. Se desconocen las estrategias biomecánicas específicas para que las personas generen fuerza en el dispositivo de ejercicio de extensión de la espalda hogareño.

Como se esperaba, los niveles de activación del músculo extensor lumbar durante el ejercicio en el dispositivo de ejercicio de extensión de la espalda hogareño fueron más altos durante la fase concéntrica que en la fase excéntrica. Una posible explicación para la amplia variación de los niveles de activación entre las posiciones en el rango de movimiento (es decir, casi un 100% mayor en la posición extendida) es que se realizó ejercicio isotónico (frente al ejercicio de resistencia variable). Si bien se desconoce si existen variaciones similares en la activación de los músculos extensores lumbares durante el ejercicio en el dinamómetro lumbar computarizado y otros movimientos de extensión del tronco, este hallazgo es consistente con los fenómenos de flexión-relajación de la musculatura lumbar posterior [24]. Por lo tanto, se recomiendan movimientos lentos y controlados que se focalicen tanto en las fases concéntricas como excéntricas en todo el rango de movimiento sin dolor (particularmente la extensión) mientras se aumenta gradualmente la resistencia con el tiempo para la seguridad y la activación óptima de los músculos extensores lumbares [3]. Esta recomendación generalmente es consistente con las pautas del Colegio Americano de Medicina Deportiva para el entrenamiento con ejercicios de fuerza de los principales grupos musculares [25].

Muchas de las características de diseño para aislar la columna lumbar del dispositivo prototipo de ejercicio de extensión de espalda hogareño que se probó en este estudio son similares a las del dinamómetro lumbar computarizado, como un estribo, sujeción del fémur y almohadilla de sujeción pélvica (Figura 1 y Figura 2). Sin embargo, el dispositivo prototipo no incorpora un cinturón de fijación. Sin la restricción de un cinturón de fijación, los participantes pudieron 'caminar' (extender) sus caderas durante la fase de extensión terminal del ejercicio, lo que puede haber permitido que los músculos isquiotibiales y glúteos provocaran la producción de fuerza a expensas de los extensores lumbares [4,7] .

En base a los hallazgos de este estudio y otras pruebas de prototipos, se desarrolló una nueva versión del dispositivo (Figura 2B) y actualmente está disponible (Figura 2B). La versión actual tiene características de diseño generales similares y aborda las deficiencias del prototipo. Por ejemplo, la versión actual utiliza mecanismos hidráulicos para aplicar cargas externas y tiene un cinturón de fijación para mejorar la estabilización pélvica. Estos cambios podrían ayudar a acomodar una gama más amplia de cargas de ejercicio (tanto más bajas como más altas) y mejorar el aislamiento de la columna lumbar. No hay razón para esperar que las mejoras en la nueva versión afecten negativamente la capacidad de aplicar resistencia progresiva en comparación con el prototipo probado.

Limitaciones

Este estudio tiene algunas limitaciones que afectan su generalización. Por ejemplo, el tamaño de la muestra fue pequeño y estaba formado por personas sin antecedentes de dolor lumbar clínico. Las cargas de ejercicio se seleccionaron arbitrariamente y no son representativas de la gama completa de cargas posibles con el dispositivo. Se justifica una investigación futura para evaluar las condiciones de carga en diferentes rangos, como aquellos por debajo del peso corporal, en individuos sanos y aquellos con dolor lumbar. Además, el estudio no evaluó los programas de entrenamiento físico a largo plazo. Además, la investigación futura sería útil en individuos sanos y pacientes con dolor lumbar para

comparar la efectividad del dispositivo de ejercicio de extensión de espalda hogareño con otros dispositivos de ejercicio, como la silla romana de ángulo variable [26], sobre la capacidad de activar los músculos extensores de la columna lumbar, optimizar las ganancias de fuerza y mejorar los resultados clínicos.

Aplicaciones pragmáticas

El dispositivo de ejercicios de extensión de la espalda hogareño pudo administrarse de forma segura con cargas progresivas para los músculos extensores lumbares. Por lo tanto, los entrenadores y los médicos pueden incorporar el dispositivo para ofrecer programas de entrenamiento de ejercicios de extensores lumbares en adultos que viven en la comunidad sin contraindicaciones para el ejercicio de fuerza. La seguridad de los ejercicios de fortalecimiento de los extensores lumbares ha sido documentada y puede mejorarse comenzando el programa con una carga baja y aplicando gradualmente una resistencia progresiva en las sesiones posteriores [3]. La implementación de este dispositivo para uso doméstico fuera de los entornos clínicos no excluye la supervisión adecuada, que es necesaria para controlar la seguridad, fomentar el movimiento adecuado y mejorar la adherencia. Investigaciones recientes sugirieron que se necesita educación para mejorar la aceptación de la fisioterapia via telesalud por parte de los pacientes con dolor lumbar crónico [27], y la supervisión continua brinda la oportunidad de hacerlo. Si bien son posibles numerosos enfoques para la supervisión, la supervisión de un programa de ejercicios en el hogar que utiliza este dispositivo podría lograrse a través de una orientación inicial en el hogar seguida de sesiones virtuales periódicas organizadas por un profesional calificado. Las guías de tratamiento médico de las Directrices oficiales sobre discapacidad (ODG) generalmente recomiendan equipos de ejercicio de extensión lumbar (por ej., máquina de extensión lumbar MedX) para el tratamiento del dolor lumbar crónico [28]. Las ODG indican que esta modalidad puede ser una opción para el tratamiento de primera línea cuando se implementa dentro de un programa de fisioterapia supervisada, tanto presencial en una clínica como virtualmente a través de telesalud [26]. La implementación del dispositivo de ejercicio de extensión de espalda en el hogar parece ser apropiada para este propósito. Se recomiendan ejercicios de fortalecimiento lumbar y otros ejercicios para el tratamiento del dolor lumbar crónico [3,29]. Sin embargo, la subclasificación de individuos específicos para el tratamiento del dolor lumbar para recibir ejercicios de fortalecimiento lumbar u otros ejercicios (por ej., control motor) no ha sido validada a través de la investigación y está más allá del alcance de este estudio. Por lo tanto, el papel de los ejercicios de fuerza lumbar dentro de un programa de ejercicios depende de las preferencias del alumno/paciente, los objetivos funcionales y las experiencias del entrenador/médico [2,3]. Si el objetivo es fortalecer los músculos extensores lumbares, entonces se deben implementar ejercicios que apliquen cargas progresivas a los músculos extensores lumbares, como los ejercicios de extensión de espalda hogareño evaluados en este estudio.

Conclusiones

Los hallazgos de este estudio indican que el ejercicio dinámico en un dispositivo de ejercicio de extensión de espalda en el hogar es seguro y proporciona un mecanismo para activar progresivamente los músculos extensores lumbares. Este dispositivo se puede utilizar para programas de entrenamiento de ejercicios de fuerza/resistencia progresiva para adultos que viven en la comunidad sin contraindicaciones para el ejercicio de resistencia.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por una subvención de MedX Corp. (Altamonte Springs, FL, EE. UU.). Converge Medical Technology LLC (Austin, TX, EE. UU.) proporcionó fondos para respaldar los procedimientos posteriores al estudio relacionados con el material discutido en este manuscrito. El número de protocolo (SSF00306).

Conflictos de interés

J.M.M. y J. L. V. son funcionarios y directores de la *US Spine & Sport Foundation*, que recibió fondos de MedX Corp. para apoyar esta investigación. J.M.M. fue compensado financieramente por Converge Medical Technology LLC para apoyar los procedimientos posteriores al estudio relacionados con el material discutido en este manuscrito. B.E.U. no tiene conflictos de intereses relacionados con el material discutido en este manuscrito. Los financiadores tuvieron un papel en la decisión de publicar los resultados. Los financiadores no tuvieron ningún papel en el diseño del estudio, en la recopilación, análisis o interpretación de datos, o en la redacción del manuscrito.

REFERENCIAS

1. Hartvigsen J., Hancock M.J., Kongsted A., Louw Q., Ferreira M.L., Genevay S., Hoy D., Karppinen J., Pransky G., Sieper J., et al. (2018). Underwood, M. *What low back pain is and why we need to pay attention. Lancet. 2018; 391:2356–2367.* doi:

10.1016/S0140-6736(18).30480-X.
2. Foster N.E., Anema J.R., Cherkin D., Chou R., Cohen S.P., Gross D.P., Ferreira P.H., Fritz J.M., Koes B.W., Peul W., et al. (2018). Prevention and treatment of low back pain: Evidence, challenges, and promising directions. *Lancet. 2018; 391:2368–2383.* doi: 10.1016/S0140-6736(18).30489-6.
3. Mayer J.M., Mooney V., Dagenais S. (2007). Evidence-informed management of chronic low back pain with lumbar extensor strengthening exercises. *Spine J. 2008; 8:96–113.* doi: 10.1016/j.spinee.2007.09.008.
4. Graves J.E., Webb D.C., Pollock M.L., Leggett S.H., Carpenter D.M., Foster D.N., Cirulli J. (1994). Pelvic stabilization during resistance training: Its effect on the development of lumbar extension strength. *Arch. Phys. Med. Rehabil. 1994; 75:210–215.* doi: 10.1016/0003-9993(94).90398-0.
5. Pollock M.L., Leggett S.H., Graves J.E., Jones A., Fulton M., Cirulli J. (1989). Effect of resistance training on lumbar extension strength. *Am. J. Sports Med. 1989; 17: 624–629.* doi: 10.1177/036354658901700506.
6. Udermann B.E., Graves J.E., Donelson R., Iriso J., Boucher J. (1999). Effect of pelvic restraint on hamstring, gluteal, and lumbar muscle emg activation. *Arch. Phys. Med. Rehabil. 1999; 80:1176–1179.* doi: 10.1016/S0003-9993(99).90280-0.
7. San Juan J.G., Yaggie J.A., Levy S.S., Mooney V., Udermann B.E., Mayer J.M. (2005). Effects of pelvic stabilization on lumbar muscle activity during dynamic exercise. *J. Strength Cond. Res. 2005; 19: 903–907.* doi: 10.1519/R-15684.1.
8. Leggett S., Mooney V., Matheson L., Nelson B., Dreisinger T., Van Zytveld J., Vie L. (1999). Restorative exercise for clinical low back pain: A prospective two-center study with 1-year follow-up. *Spine. 1999; 24:889–898.* doi: 10.1097/00007632-199905010-00010.
9. Mooney V., Gulick J., Perlman M., Levy D., Pozos R., Leggett S., Resnick D. (1997). Relationships between myoelectric activity, strength, and MRI of the lumbar extensor muscles in back pain patients and normal subjects. *J. Spinal Disord. 1997; 10:348–356.* doi: 10.1097/00002517-199708000-00011.
10. Risch S., Norvell N., Pollock M., Risch E., Langer H., Fulton M., Graves J.E., Leggett S. (1993). Lumbar strengthening in chronic low back pain patients: Physiological and psychosocial benefits. *Spine. 1993; 18:232–238.* doi: 10.1097/00007632-199302000-00010.
11. Corso M., Cancelliere C., Mior S., Salmi L.R., Cedraschi C., Nordin M., Taylor-Vaisey A., Côté P. (2022). Are non-pharmacological interventions delivered through synchronous telehealth as effective and safe as in-person interventions for the management of patients with non-acute musculoskeletal conditions? A systematic rapid review. *Arch. Phys. Med. Rehabil. 2022;103:145–154.e11.* doi: 10.1016/j.apmr.2021.09.007.
12. Raiszadeh K., Tapicer J., Taitano L., Wu J., Shahidi B. (2021). In-clinic versus web-based multidisciplinary exercise-based rehabilitation for treatment of low back pain: Prospective clinical trial in an integrated practice unit model. *J. Med. Internet Res. 2021;23:e22548.* doi: 10.2196/22548.
13. Grundstein M.J., Fisher C., Titmuss M., Cioppa-Mosca J. (2022). The role of virtual physical therapy in a post-pandemic world: Pearls, pitfalls, challenges, and adaptations. *Phys. Ther. 2021;101:pzab145.* doi: 10.1093/ptj/pzab145.
14. Shephard R.J. (1988). PAR-Q, Canadian home fitness test, and exercise screening alternatives. *Sports Med. 1988; 5:1985–1995.* doi: 10.2165/00007256-198805030-00005.
15. Faul F., Erdfelder E., Lang A.G., Buchner A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav. Res. Methods. 2007;39:175–191.* doi: 10.3758/BF03193146.
16. Mayer J.M., Graves J.E., Robertson V.L., Pierra E.A., Verna J.L., Ploutz-Snyder L.L. (1999). Electromyographic activity of the lumbar extensor muscles: Effect of angle and hand position during Roman chair exercise. *Arch. Phys. Med. Rehabil. 1999; 80:751–755.* doi: 10.1016/S0003-9993(99).90222-8.
17. Mayer J.M., Verna J.L., Manini T., Mooney V., Graves J.E. (2002). Electromyographic activity of the trunk extensor muscles: Effect of varying hip position and lumbar posture during Roman chair exercise. *Arch. Phys. Med. Rehabil. 2002; 83:1543–1546.* doi: 10.1053/apmr.2002.35103.
18. Graves J.E., Pollock M.L., Carpenter D.M., Leggett S.H., Jones A., MacMillan M., Fulton M. (1990). Quantitative assessment of full range-of-motion isometric lumbar extension strength. *Spine. 1990; 15:289–294.* doi: 10.1097/00007632-199004000-00008.
19. Konrad P. (2005). The ABC of EMG. *A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography. Noraxon USA Inc.; Scottsdale, AZ, USA: 2005. pp. 1–60.*
20. Noraxon USA Inc. (2010). MyoSystem 1400. *Operation & Technical Manual. Noraxon USA, Inc.; Scottsdale, AZ, USA: 2010. pp. 1–29.*
21. MedX Corp. (2004). Lumbar Extension Machine Instructional Manual. *MedX Corp.; Altamonte Springs, FL, USA: 2004. 1–67.*
22. Clark B.C., Manini T.M., Ploutz-Snyder L.L. (2003). Derecruitment of the lumbar musculature with fatiguing trunk extension exercise. *Spine. 2003; 28:282–287.* doi: 10.1097/01.BRS.0000042227.06526.A2.
23. Mayer J.M., Graves J.E., Clark B.C., Formikell M., Ploutz-Snyder L.L. (2005). The use of magnetic resonance imaging to evaluate lumbar muscle activity during trunk extension exercise at varying intensities. *Spine. 2005; 30:2556–2563.* doi: 10.1097/01.brs.0000186321.24370.4b.
24. Shirado O., Ito T., Kaneda K., Strax T.E. (1995). Flexion-relaxation phenomenon in the back muscles. *a comparative study between healthy subjects and patients with chronic low back pain. Am. J. Phys. Med. Rehabil. 1995;74:139–144.*
25. American College of Sports Medicine (2021). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. *11th ed. Wolters Kluwer Health; Philadelphia, PA, USA: 2021.*
26. Verna J.L., Mayer J.M., Mooney V., Pierra E.A., Robertson V.L., Graves J.E. (2002). Back extension endurance and strength: The effect of variable-angle roman chair exercise training. *Spine. 2002; 27:1772–1777.* doi: 10.1097/00007632-200208150-00016.
27. Fritz J.M., Lane E., Minick K.I., Bardsley T., Brennan G., Hunter S.J., McGee T., Rassu F.S., Wegener S.T., Skolasky R.L. (2021). Perceptions of telehealth physical therapy among patients with chronic low back pain. *Telemed. Rep. 2021;2:258–263.* doi: 10.1089/tmr.2021.0028.
28. Official Disability Guidelines -ODG- (2021). Medical Treatment Guidelines: Lumbar Extension Exercise Equipment for Low Back

Conditions; and MedX Lumbar Extension Machine for Low Back Conditions. *MCG Health; Austin, TX, USA: 2021. [(accessed on 23 December 2021).]. Available online: https://www.mcg.com/odg/*

29. George S.Z., Fritz J.M., Silfies S.P., Schneider M.J., Beneciuk J.M., Lentz T.A., Gilliam J.R., Hendren S., Norman K.S. (2021). Interventions for the management of acute and chronic low back pain: Revision 2021. *J. Orthop. Sports. Phys. Ther. 2021; 51:CPG1–CPG60*. doi: 10.2519/jospt.2021.0304.

Cita Original

Mayer, J. M., Udermann, B. E., & Verna, J. L. (2022). Electromyographic Analysis of the Lumbar Extensor Muscles during Dynamic Exercise on a Home Exercise Device. Journal of functional morphology and kinesiology, 7(1)., 26. https://doi.org/10.3390/jfmk7010026