

Article

# Dispositivo de Ejercicio Innovador Para los Músculos Abdominales del Tronco: Un Primer Estudio de Validación

Satoshi Kato, Hideki Murakami, Anri Inaki, Takafumi Mochizuki, Satoru Demura, Junsuke Nakase, Katsuhito Yoshioka, Noriaki Yokogawa, Takashi Igarashi y Naoki Takahashi

## RESUMEN

### Fundamento

El ejercicio es uno de los pocos tratamientos que proveen las mejoras significativas en el dolor de espalda baja crónico (CLBP, *chronic low back pain*). Nosotros desarrollamos un dispositivo de ejercicio innovador para los músculos abdominales del tronco. Este dispositivo puede usarse en una posición sentada o en posición de pie y contiene un sistema incorporado para medir la fuerza de la musculatura abdominal del tronco. Nosotros examinamos si los sujetos pueden usar el dispositivo adecuadamente para realizar los ejercicios y medir su fuerza de la musculatura abdominal del tronco.

### Métodos

Nosotros recogimos los datos de la altura corporal, peso corporal, índice de masa corporal, y cintura de 30 voluntarios varones sanos, y medimos su potencia del agarre y de fuerza muscular de los músculos extensores de tronco usando un dinamómetro. Los voluntarios realizaron un test de ejercicio abdominal como indicador de la fuerza muscular de los flexores del tronco, y medimos su fuerza muscular abdominal usando el dispositivo. Luego evaluamos las correlaciones entre la fuerza de la musculatura abdominal del tronco y los parámetros antropométricos así como la fuerza de otros músculos. En los tests subsecuentes, 5 de los 30 sujetos participaron en dos series de tomografías de emisión de positrón (PET, *positron emission tomography*) consistentes en exámenes después de un período de reposo (estudio del control) y durante el ejercicio (estudio del ejercicio). Para el estudio del ejercicio, los sujetos realizaron 2 series de ejercicios durante 20 minutos usando el dispositivo antes y después de una inyección de 18F-fluorodeoxiglucosa (FDG). Fueron obtenidas imágenes de la tomografía computada PET 60 minutos después de la inyección de FDG en cada estudio. Nosotros comparamos el metabolismo del músculo esquelético de los participantes en ambos estudios usando un valor de consumo estandarizado.

### Resultados

La fuerza muscular medida por el dispositivo y la frecuencia de los 'sit-ups' en 30 segundos se correlacionaron. La acumulación de FDG dentro del diafragma y los músculos del recto abdominal fueron significativamente superiores en el estudio del ejercicio.

### Conclusión

Nuestro dispositivo de ejercicio innovador facilita una contracción coordinada de los músculos abdominales del tronco en el lado anterior y raíz del 'core', y permite a los sujetos medir la fuerza de estos músculos.

## ABSTRACT

---

**Background** Exercise is one of the few treatments that provide significant improvements in chronic low back pain (CLBP). We developed an innovative exercise device for abdominal trunk muscles. This device can be used in a sitting or standing position and contains a built-in system to measure abdominal trunk muscle strength. We examined whether subjects can adequately use the device to perform the exercises and measure their abdominal trunk muscle strength. **Methods** We collected data on the body height, body weight, body mass index, and girth of 30 healthy male volunteers, and measured their grip power and trunk extensor muscle strength using a dynamometer. The volunteers performed a sit-up test as an indicator of trunk flexor muscle strength, and we measured their abdominal muscle strength using the device. We then evaluated the correlations between abdominal trunk muscle strength and anthropometric parameters as well as the strength of other muscles. In subsequent tests, 5 of the 30 subjects participated in two positron emission tomography (PET) series consisting of examinations after a resting period (control study) and during exercise (exercise study). For the exercise study, the subjects performed 2 sets of exercises for 20 minutes using the device before and after an injection of 18F-fluorodeoxyglucose (FDG). PET-computed tomography images were obtained 60 minutes after FDG injection in each study. We compared the skeletal muscle metabolism of the participants in both studies using the standardized uptake value. **Results** The muscle strength measured by the device and the 30-second sit-up frequency were correlated. FDG accumulation within the diaphragm and abdominal rectus muscles was significantly higher in the exercise study. **Conclusion** Our innovative exercise device facilitates a coordinated contraction of the abdominal trunk muscles at the anterior aspect and the roof of the CORE, and enables subjects to measure the strength of these muscles.

## INTRODUCCIÓN

---

El dolor de espalda baja (LBP, *low back pain*) es un problema clínico común y tiene implicaciones socio-económicas adversas significativas [1]. Aproximadamente el 80% de las personas experimentan un LBP en algún momento en su vida [2, 3]. El LBP no específico no es definido como un LBP atribuible a una patología específica reconocible, conocida como una infección, tumor, fractura, deformidad estructural, desorden inflamatorio, o síndrome neurológico [4, 5]. Este es el tipo más común de LBP [4, 5]. Tiene un curso recurrente en la mayoría de los pacientes [6]. La selección entre un número grande de terapias disponibles para el LBP, podría ser un poco abrumador para muchos especialistas, pacientes, instituciones de salud, e instituciones financieras [7-10].

El ejercicio es uno de los pocos tratamientos que proveen una mejora significativa en el LBP crónico (CLBP), y es frecuentemente recomendado [5, 9-14]. El ejercicio toma un tiempo más largo para relevar el dolor que una medicación o inyección. En suma, el éxito individual es notoriamente inconstante y puede depender de la adhesión del paciente al régimen de ejercicio prescrito. La adhesión al ejercicio en los pacientes con un CLBP puede ser particularmente pertinente, sobre todo para el anciano. Los individuos ancianos con CLBP significativo experimentan a menudo pérdida de la flexibilidad y/o deformidad en la columna, o debilidad de los músculos en el tronco y/o las extremidades [15, 16]. Por lo tanto, ellos pueden ser incapaces de continuar ejercitándose, conllevando potencialmente a un dolor mayor. Estos problemas tienen un efecto negativo en la adhesión del paciente al ejercicio para el CLBP [17], reduciendo el efecto de más ejercicio. Para pacientes con CLBP, la motivación puede reforzarse sobre todo si el ejercicio resulta en una reducción sustancial del dolor y en una mejora de la función. Otros factores importantes que pueden afectar la adhesión y la motivación incluyen la capacidad para realizar el ejercicio fácilmente y en forma continua, y reconocer el efecto más pronto con metas de corta duración alcanzables [17].

Nosotros desarrollamos un dispositivo de ejercicio innovador para los músculos abdominales del tronco (Fig. 1: el dispositivo de ejercicio de los músculos del tronco para la investigación, fabricado por Nippon Sigma Cía., S.A., Shinjuku, Tokio, Japón). Este dispositivo les permite a los pacientes que realicen ejercicios de fortalecimiento para los músculos abdominales del tronco en una posición sentada o de pie sin requerir movimiento de la espalda inferior dolorosa. Por lo tanto, el ejercicio prescrito es más fácilmente accesible a pacientes que padecen la pérdida de flexibilidad, deformidad en la columna, o dolor severo. El dispositivo también contiene un sistema incorporado para medir la fuerza del músculo abdominal del tronco dando una ventaja para reforzar la adhesión al ejercicio incomparable a opciones de tratamiento existentes. Este estudio apuntó a examinar si la fuerza del músculo abdominal del tronco puede medirse fácilmente y si los sujetos sanos pueden realizar adecuadamente ejercicios de fortalecimiento muscular usando el dispositivo.



**Figura 1.** Dispositivo innovador de ejercicio para la musculatura abdominal. (izquierda) foto del dispositivo. (derecha) ilustración de un sujeto con el dispositivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

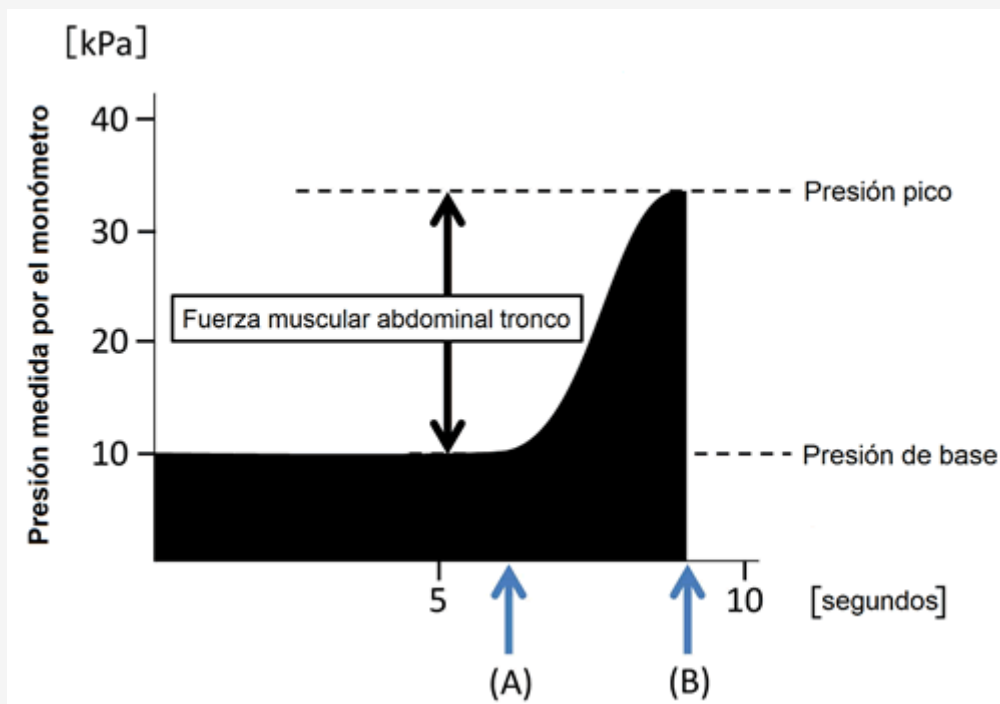
### Establecimiento ético

Este estudio fue aceptado por el comité de ética del Hospital Universitario Kanazawa y el Kanazawa Advanced Medical Center, y el consentimiento informado por escrito fue obtenido de cada sujeto.

### Descripción del dispositivo

#### 1. Medición de la fuerza de la musculatura abdominal del tronco.

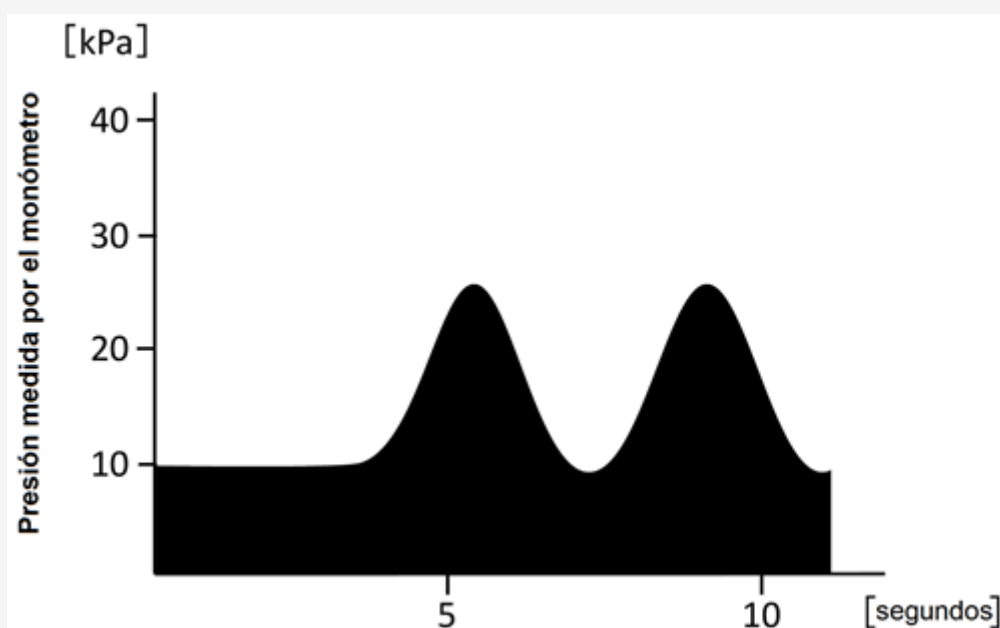
El dispositivo tiene un diseño similar al de un esfigmomanómetro, con una manga inflable y un manómetro mecánico para medir la presión. Para la medición, la manga se pone alrededor del abdomen del sujeto, y entonces la presión se aplica gradualmente a la pared abdominal. Una bomba eléctricamente operada se usa para inflar la manga hasta que encuentre la resistencia adecuada de los músculos abdominales. El valor de la presión indicado en el manómetro antes de la medición es definida como la presión básica (Fig. 2A). La magnitud de la presión básica es puesta en base a la preferencia del sujeto. En la presión básica, el sujeto ejerce la fuerza máxima posible durante varios segundos acortando los músculos abdominales. La presión en la manga es elevada como resultado y alcanza un pico (la presión máxima). Después que la presión alcanza un pico, automáticamente disminuye cuando el aire en la manga es liberado. El manómetro mecánico calcula e indica un valor de la presión que sustrae la presión básica de la presión máxima como un valor de la fuerza muscular (Fig. 2B). El valor de fuerza muscular es definido como la de la fuerza del músculo abdominal del tronco en este estudio.



**Figura 2.** Un curso de tiempo del valor de la presión indicado por el manómetro mecánico del dispositivo durante la medición de la fuerza de la musculatura abdominal del tronco. (A) indica el punto de tiempo cuando los músculos abdominales del sujeto empiezan a contraerse contra la presión. (B) muestra la reducción en la presión en la manga después de alcanzar la presión máxima.

## 2. Modo de entrenamiento para la fuerza del músculo abdominal del tronco.

Después de que la manga se pone alrededor del abdomen, una cantidad adecuada de presión es aplicada a través de dicha manga. Bajo la presión de la manga, un sujeto contrae los músculos de la pared abdominal intermitentemente o continuamente (Fig. 3). Este ejercicio es similar a los ejercicios tónicos y funciona como un ejercicio de estabilización [18]. Sin embargo, el ejercicio es realizado bajo la presión de la manga. Esta condición permite a los sujetos fácilmente y potentemente contraen los músculos abdominales.



**Figura 3.** Un curso de tiempo del valor de la presión indicado por el manómetro mecánico en el dispositivo en el modo de

Bajo la presión de la manga, un sujeto contrae los músculos de la pared abdominal. Esta fuerza se ejerce intermitentemente a un ritmo y fuerza cómoda, tanto tiempo como el sujeto prefiera.

### **Estudio 1: Evaluación de la medición de la fuerza muscular usando el dispositivo.**

Treinta hombres sanos con una edad promedio de 31 años (rango, 24-42 años) sin LBP, se ofrecieron para este estudio. Nosotros obtuvimos las mediciones antropométricas incluyendo la altura corporal, peso corporal, índice de masa corporal, y cintura. Nosotros medimos la potencia del agarre (grip) de los participantes y la fuerza muscular de los extensores del tronco (músculos de la espalda) usando un dinamómetro y realizamos un test de ejercicio abdominal para medir la frecuencia de 'sit-ups' en 30 segundos como un indicador de la fuerza muscular de los flexores del tronco [19]. En suma, nosotros medimos la fuerza de la musculatura abdominal del tronco usando nuestro dispositivo. Nosotros evaluamos las correlaciones entre la fuerza de la musculatura abdominal del tronco y las mediciones antropométricas, así como la fuerza de otros músculos.

### **Estudio 2: Evaluación del entrenamiento de la fuerza muscular usando el dispositivo.**

Cinco de los 30 hombres fueron sometido a la tomografía de emisión de positrón (PET) examinando con la <sup>18</sup>F-fluorodeoxiglucosa (FDG) para observar la actividad del músculo durante los ejercicios de fuerza muscular usando el dispositivo. Ellos participaron en dos series de PET consistentes en una examinación después de un período de reposo (el estudio de control) y durante el ejercicio (el estudio del ejercicio) para evaluar la actividad del músculo inducida por el ejercicio. La actividad muscular durante el ejercicio ha sido examinada en estudios previos usando los escaneos PET [20-23]. La FDG tomada por las células musculares no se metaboliza y permanece en las células como FDG-6-fosfato después de la fosforilación. De esta forma, la acumulación de la FDG en el músculo puede usarse como un indicador del consumo de glucosa por el músculo así como el nivel de actividad del músculo. El metabolismo de la glucosa medido por las muestras de FDG-PET muestra una correlación alta con la intensidad de la actividad del músculo, y su confiabilidad como indicador para medir la cantidad de actividad del músculo, ha sido confirmada [24, 25,].

Ninguno de los sujetos estaba tomando ninguna medicación, y todos eran sanos según su historia médica y las exámenes físicos. Todos los sujetos se abstuvieron de comer y beber durante al menos 6 horas antes de la examinación así como de la actividad física vigorosa durante al menos 1 día antes del experimento. Para el estudio de control, los participantes eran sometido al escaneo de la tomografía PET-computada\* (PET\*-CT) después del reposo. Después que 37 MBq de FDG fuera inyectada intravenosamente en posición sentado, los sujetos permanecieron sentados hasta que la examinación empezara. Para el estudio del ejercicio, los participantes realizaron ejercicios de fuerza muscular usando el dispositivo durante 20 minutos, seguidos por una inyección de FDG. Inmediatamente después de la inyección, cada sujeto se ejercitó de nuevo durante 20 minutos, y luego se quedaban sentados hasta que la examinación comenzara. En las exámenes PET, se pusieron a los participantes en una posición anatómica supina sobre una cama en el escáner que facilitó el desplazamiento longitudinal del sistema de PET\*-CT (Discovery PET/CT 690; GE Healthcare, Milwaukee, WI, EE.UU.). Se obtuvieron las imágenes de PET\*-CT 60 minutos después de la inyección de FDG en cada estudio. El nivel de glucosa en plasma de cada sujeto fue confirmado de estar normal antes de la inyección de FDG.

El escaneo se realizó con un campo axial de visión de 60 cm y una resolución transaxial de 4.9 mm (ancho completo al medio-máximo [FWHM] en el campo del centro de visión sin esparcir el medio). Antes del escaneo de emisión, un examen de CT inmejorada se realizó para la corrección de atenuación y orientación del músculo. El examen de emisión se realizó en un modo tridimensional 50 minutos después de la administración de FDG a 3 minutos por estadío de la cama. El tiempo total de la emisión fue de 39 a 42 minutos. Se reconstruyeron las imágenes con la maximización de expectativa de subconjunto tridimensional, con dos iteraciones y 16 subconjuntos. Después de la reconstrucción, un post-filtro de Gauss de 6.4-mm FWHM fue aplicado.

### **Análisis de PET**

Las regiones de interés (ROI) se segmentaron manualmente en 14 músculos esqueléticos localizados en cuatro áreas transaxiales del cuerpo: (1) el tronco superior, entre la décima y la duodécima vértebra torácica hasta el diafragma; (2) el tronco inferior, alrededor de la cuarta vértebra lumbar hasta el recto abdominal, el oblicuo externo abdominal, el oblicuo interno abdominal, el transverso abdominal, el multífido, y los músculos del psoas mayor; (3) la pelvis, a nivel del borde superior del acetábulo hasta el glúteo máximo así como al glúteo medio, piriforme, obturador interno, y músculos elevadores del ano; (4) el muslo, al centro del borde inferior del trocánter menor femoral, el cóndilo femoral hasta los músculos cuádriceps femoral, y bíceps femoral. Se usaron imágenes de CT planas para identificar cada músculo, y el

consumo de FDG se evaluó comparando estas imágenes de CT con las imágenes de PET\*-CT después de que un médico de medicina nuclear identificó y midió el área de todos los músculos esqueléticos.

Un especialista experimentado en medicina nuclear (A.I.) definió el ROI transaxial usando las imágenes de CT planas. El valor del consumo estandarizado (SUV) fue calculado solapando los ROI definidos e imágenes de fusión. Se evitaron los grandes vasos cuando las áreas del músculo fueron delineadas. El SUV fue calculado para examinar el consumo de FDG del tejido muscular cuantitativamente por el volumen unidad según la ecuación:  $SUV = (ROI \text{ cuenta promedio [cuenta por segundo \{cps\}/pixel]} \times \text{factor de calibración [cps/Bq]}) / (\text{dosis inyectada [Bq]}/\text{peso corporal [g]})$ . El ROI fue definido para los lados derecho e izquierdo de los músculos esqueléticos mencionados. El SUV promedio fue calculado usando la siguiente ecuación:  $\text{el SUV promedio} = ([SUV \text{ promedio izquierdo} \times \text{área del músculo}] + [SUV \text{ promedio derecho} \times \text{área del músculo derecho}]) / (\text{área del músculo izquierdo} + \text{área del músculo derecha})$ . Nosotros evaluamos las diferencias en el SUV entre el estudio de control y estudio del ejercicio.

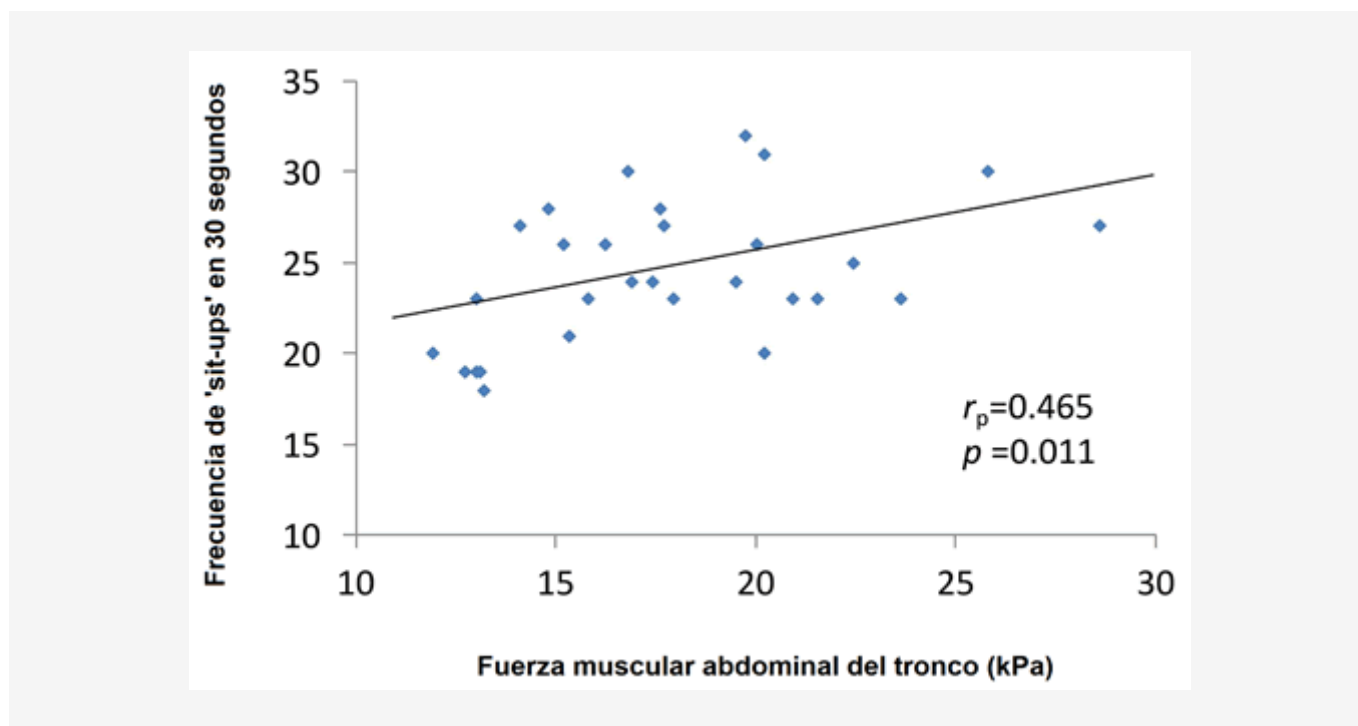
### Análisis estadística

Todos los datos se presentan como promedios y desviaciones estándar. Para el estudio 1, el análisis del coeficiente de correlación de Pearson fue usado para evaluar las correlaciones entre la fuerza muscular medida usando el dispositivo y los parámetros antropométricos así como la fuerza de otros músculos. El tamaño del efecto se evaluó con el valor r de Cohen [26], con  $r = 0.10$  (tamaño de la muestra, 779) siendo un efecto pequeño,  $r = 0.30$  (tamaño de la muestra, 82) siendo un efecto promedio, y  $r = 0.5$  (tamaño de la muestra, 26) siendo un efecto grande. Para el estudio 2, el test de Wilcoxon fue usado para evaluar las diferencias en el SUV para todo los ROIs entre el estudio de control y el estudio del ejercicio. Todos los niveles de significancia fueron fijados e 0.05. El software de SPSS versión 19.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois) se usó para todos los análisis estadísticos.

## RESULTADOS

### Estudio 1

De los 30 hombres, el valor promedio de la fuerza muscular abdominal del tronco que fue medido usando el dispositivo fue de  $17.8 \pm 4.1$  kPa (rango, 11.9-28.6 kPa). La Fig. 4 muestra la correlación entre los valores de la fuerza muscular medida y la frecuencia de 'sit-ups' de 30 segundos como indicador de la fuerza muscular flexora del tronco. Hubo una correlación positiva moderada entre estos dos parámetros ( $r_p = 0.47$ ,  $p < 0.05$ ). No se observaron correlaciones significativas entre los valores de la fuerza muscular y las mediciones antropométricas, o la fuerza de otros músculos (Tabla 1).



**Figura 4.** Correlación entre los valores de la fuerza muscular medida usando el dispositivo y la frecuencia de 'sit-ups' de 30 segundos.

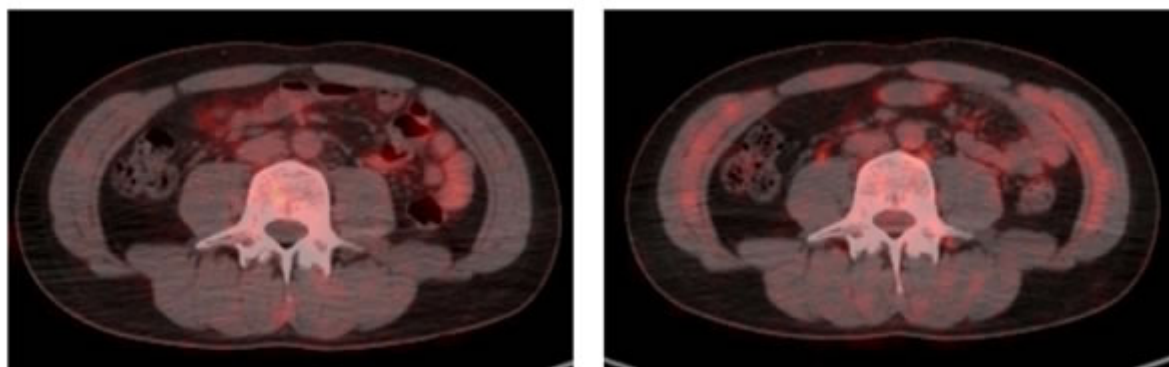
**Tabla 1.** Correlación entre la fuerza del músculo abdominal del tronco medida usando el dispositivo y otros parámetros (n = 30).

	Media $\pm$ SD	Correlaciones con fuerza muscular abdominal	
		R <sub>p</sub> Valor	P Valor
<b>Fuerza muscular abdominal medida por el dispositivo (kPa)</b>	17.8 $\pm$ 4.1	-	-
<b>Edad (años)</b>	30.8 $\pm$ 3.9	-0.18	0.34
<b>Altura (cm)</b>	173.6 $\pm$ 4.8	0.19	0.32
<b>Peso (kg)</b>	68.1 $\pm$ 7.1	-0.06	0.75
<b>Índice de masa corporal (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	22.6 $\pm$ 2.2	-0.19	0.31
<b>Perímetro abdominal (cm)</b>	84.4 $\pm$ 6.3	-0.26	0.16
<b>Potencia de aprensión (kg)</b>	46.6 $\pm$ 5.3	0.19	0.33
<b>Fuerza muscular de la espalda (kg)</b>	111.1 $\pm$ 17.1	0.20	0.30
<b>Frecuencia de 'sit-ups' en 30 segundos</b>	24.5 $\pm$ 3.8	0.47	<0.05

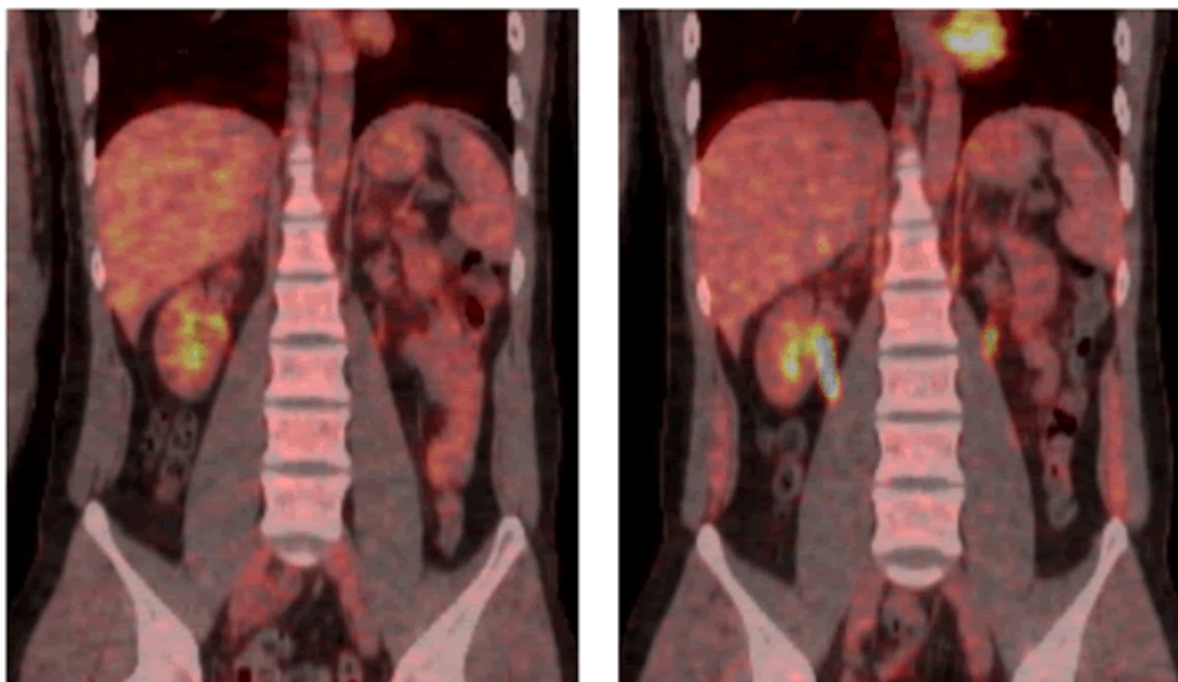
SD, desvío estándar

## Estudio 2

Las Figs. 5 y 6 ilustran imágenes típicas PET de cuerpo entero a partir de los estudios de control y del ejercicio. La Tabla 2 muestra los SUV de los músculos participantes en ambos estudios. La acumulación de FDG dentro del diafragma y de los músculos del recto abdominal en el estudio del ejercicio fue significativamente superior que aquellos en el estudio de control. Ninguna diferencia significativa se encontró en los SUV promedio entre los estudios de control y del ejercicio para otros músculos.



**Figura 5.** Las imágenes axiales representativas de la emisión del positrón de la tomografía-computada del tronco. (Izquierda) estudio de control (Derecho) estudio del ejercicio.



**Figura 6.** Imágenes coronales representativas de tomografía de emisión positron del tronco. (Izquierda) estudio de control (Derecho) estudio del ejercicio.

**Tabla 2.** Valor promedio del consumo estandarizó en el estudio de control y estudio del ejercicio (n = 5).

Área corporal	Músculos	SUVs promedio		Valor P
		Estudio de Control	Estudio de Ejercicio	
Tronco superior	Diafragma	0.82±0.08	1.22±0.45	<0.05
Tronco inferior	Recto abdominal	0.51±0.13	0.74±0.22	<0.05
	Abdominal oblicuo externo	0.43±0.08	0.48±0.07	0.14
	Abdominal oblicuo interno	0.56±0.08	0.74±0.29	0.23
	Transverso abdominal	0.58±0.12	0.68±0.20	0.35
	Multifido	0.80±0.12	0.73±0.04	0.35
Pelvis	Psoas mayor	0.79±0.06	0.80±0.17	0.69
	Glúteo mayor	0.56±0.05	0.56±0.09	0.50
	Glúteo medio	0.67±0.05	0.66±0.11	0.50
	Piriforme	0.78±0.13	0.84±0.12	0.35
	Obturador interno	0.85±0.07	0.87±0.21	0.89
Muslo	Elevador del ano	0.77±0.13	0.90±0.18	0.35
	Cuádriceps femoral	0.55±0.03	0.56±0.10	0.50
	Biceps femoral	0.54±0.05	0.53±0.08	0.89

SUV, valor de consumo estandarizado

## DISCUSIÓN

Este estudio apuntó a examinar si se podía medir la fuerza del músculo abdominal del tronco usando un nuevo dispositivo y si los participantes podían realizar adecuadamente ejercicios de fuerza muscular usando el dispositivo. Los resultados del presente estudio demostraron que ejercicio usando el dispositivo activando los músculos del diafragma y del recto abdominal. Sin embargo, ninguna diferencia significativa se observó en la mayoría de los parámetros evaluados.

Se han demostrado muchas formas de ejercicio que son eficaces para mejorar el dolor y la función en un grupo de pacientes con CLBP [9, 10, 27-29]. Sin embargo, no hay ninguna prueba concluyente de que una forma de ejercicio sea



superior a otras [11, 27-29]. Para cada ejercicio, la adhesión del participante es la clave más importante en la reducción exitosa del CLBP. La adhesión mostró una asociación significativa con la reducción en el dolor e invalidez después de la terapia [30]. Los ejercicios son muchas veces ofrecidos al individuo y se realizan en la casa. Sin embargo, la evidencia indica que la adhesión inadecuada a los ejercicios en el hogar puede atenuar la eficacia del tratamiento [13, 31, 32,]. La adhesión al ejercicio del músculo abdominal del tronco puede ser mejorado usando nuestro dispositivo por las siguientes razones (1) cada paciente puede realizar los ejercicios prescritos fácilmente y continuamente porque el ejercicio que se usa con el dispositivo no impone tensión en la espalda inferior; y (2) el efecto del ejercicio puede reconocerse antes que con otras alternativas, permitiéndoles a los pacientes rastrear la mejora de la fuerza muscular. Las metas de corta duración obtenibles habilitan una experiencia más agradable e inspiran más confianza, lo que puede motivar a los pacientes a continuar el entrenamiento [17], similar a cómo la medición del peso corporal y la presión sanguínea puede motivar la adhesión respectivamente a una dieta y a una medicación.

Recientemente, ha habido un enfoque sobre los ejercicios que apuntan a mantener la estabilidad en la columna lumbar [33]. Este tipo de método del ejercicio ha sido definido como el ejercicio de control motor. El 'core' puede describirse como una caja muscular con los abdominales en el frente, los paraespinales en la parte posterior, el diafragma como el techo, y los músculos del suelo pelviano como la base [33]. La contracción del diafragma aumenta la presión intra-abdominal, sumándose así a la estabilidad espinal [34]. Los fisioterapeutas en Queensland resaltaron la importancia de la musculatura profunda del *core*, como el transversal abdominal y el multifido, para la estabilidad del *core* [33]. Por otro lado, McGill y otros investigadores recalcaron los músculos 'iniciadores del movimiento' más grandes, como los abdominales oblicuos y el cuadrado lumbar, dando estabilidad espinal [35]. Parece ser que la estabilización espinal óptima normalmente requiere una acción coordinada o contracción de todos los músculos profundos y superficiales del core [36]. La contracción muscular bajo la presión de la manga del dispositivo es similar a la de un ejercicio tónico abdominal propuesto por McGill y cols. [18]. La contracción coordinada de esos músculos aumenta la presión intra-abdominal y la estabilidad espinal.

La fuerza muscular medida usando el dispositivo se correlacionó con la fuerza de los flexores del tronco que incluyen el recto abdominal y el oblicuo abdominal localizados en el lado anterolateral del abdomen. Estos músculos son algunos de los músculos activados por el ejercicio mientras se usa el dispositivo. La investigación sobre ejercicios de estabilidad de core se ha complicado por una falta de acuerdo general en cómo medir la fuerza del core. Si se pueden medir la inestabilidad del core y la debilidad del core, pueden determinarse los resultados y puede ponerse un énfasis apropiado en el fortalecimiento del core en ciertos individuos. Este dispositivo puede ser una opción viable para medir la fuerza muscular del core, y tiene el potencial para reforzar y mejorar la adhesión al ejercicio.

Las limitaciones del presente estudio incluyen su pequeño tamaño de la muestra y los voluntarios relativamente jóvenes sin CLBP. Como el objetivo del estudio actual era confirmar que los sujetos pudieran usar el dispositivo fácilmente, nosotros no reclutamos a pacientes con CLBP porque el LBP habría reducido significativamente su fuerza del músculo de la espalda medida usando un dinamómetro así como la frecuencia de los 'sit-ups' en 30 segundos. Por lo tanto, los resultados de este estudio no pueden ser completamente adaptados a las condiciones de pacientes con CLBP, sobre todo aquellos que son ancianos. Estudios más extensos con cohortes más grandes, una gama amplia de edades, y con mujeres, son necesarios para demostrar la eficacia del dispositivo. También se necesitan estudios futuros que involucren a pacientes con CLBP para validar la eficacia del dispositivo en el tratamiento del CLBP.

Una limitación del estudio PET era que el armado del ROI y el consumo de FDG en cada músculo esquelético ocurrió en un corte transversal arbitrario; así, nosotros no fuimos capaces de estudiar el metabolismo de la glucosa en conjunto para cada músculo esquelético. Otra limitación era que el método de PET usando FDG muestra sólo el consumo de glucosa del músculo. Otros sustratos como el lactato, los ácidos grasos libres, y el glucógeno muscular son metabolizados en las células musculares activas pero no pueden visualizarse usando este método. No obstante, los estudios han determinado que la oxidación del glucógeno aumenta con la intensidad del ejercicio, y el consumo de glucosa aumenta con la utilización del glucógeno cuando la intensidad del ejercicio aumenta [37]. En el estudio 2, se realizaron sólo dos series de ejercicios que duraban 20 minutos cada uno. La magnitud de los ejercicios no podría ser suficiente para la evaluación de las actividades musculares usando una PET-CT\*. Una evaluación más extensa debería examinar si los otros músculos pelvianos, incluyendo el oblicuo externo e interno abdominal, los músculos del suelo pélvico, y el transversal abdominal, puede activarse después del ejercicio continuo durante varias semanas.

Nosotros no encontramos ninguna limitación al dispositivo en este estudio. No encontramos ninguna dificultad o problemas con la medición de la fuerza muscular y el entrenamiento. Se necesitan más estudios con ancianos y pacientes con CLBP para identificar las desventajas que pueden afectar la utilidad del dispositivo.

Sin embargo, a pesar de las limitaciones, este estudio demostró claramente que el dispositivo de ejercicio facilita una contracción coordinada de los músculos abdominales del tronco en el lado anterior y en la parte superior del core, y que el dispositivo permite a los sujetos medir la fuerza de estos músculos.

## CONCLUSIÓN

---

Los resultados del presente estudio indican que al usar nuestro dispositivo de ejercicio innovador, los sujetos pueden medir la fuerza de sus músculos abdominales del tronco y pueden realizar ejercicios activando el diafragma y los músculos del recto abdominal para estabilizar la columna lumbar. Se necesitan estudios más extensos para validar el efecto del fortalecimiento muscular del ejercicio usando el dispositivo así como la eficacia del dispositivo para el tratamiento del CLBP.

## REFERENCIAS

---

1. terminar (2011). 2008.

### **Cita Original**

Kato S, Murakami H, Inaki A, Mochizuki T, Demura S, Nakase J, et al. (2017) Innovative exercise device for the abdominal trunk muscles: An early validation study. PLoS ONE 12 (2): e0172934. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172934>  
Editor: Antoine Nordez, Universite de Nantes, FRANCE Recibido: Octubre, 16, 2016; Aceptado: Febrero 13, 2017; Publicado: Febrero 24, 2017 Copyright: © 2017 Kato et al.

### **Versión Digital**