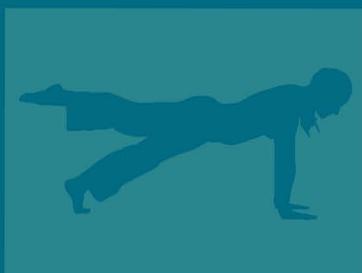


TESIS DOCTORAL

Efectos de los ejercicios de Pilates sobre el volumen muscular en la región lumbo-pélvica

Ana María López Gordillo

Las Palmas, Septiembre de 2012



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
Departamento de Educación Física

**D. RAFAEL REYES ROMERO, SECRETARIO DEL
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA DE
LA UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN
CANARIA,**

CERTIFICA,

Que la Comisión de Investigación del Departamento en su sesión de fecha 5 de junio de 2012, tomó el acuerdo de dar el consentimiento para su tramitación, a la tesis doctoral titulada "Efectos de los ejercicios de Pilates sobre el volumen muscular en la región lumbo-pélvica", presentada por la doctoranda D^a. Ana María López Gordillo y dirigida por la catedrática D^a. Cecilia Dorado García, el doctor D. Joaquín Sanchís-Moysi y el doctor D. José A. Serrano Sánchez.

Y para que así conste, y a efectos de lo previsto en el Art. 73.2 del Reglamento de Estudios de Doctorado de esta Universidad, firmo la presente en Las Palmas de Gran Canaria a dos de julio de dos mil doce.



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
Departamento de Educación Física

Programa de Doctorado.
“ Actividad Física, Salud y Rendimiento Deportivo”

Título de la Tesis

Efectos de los ejercicios de Pilates sobre el volumen muscular en la región lumbo-pélvica

Tesis Doctoral presentada por D^a. Ana María López Gordillo.
Dirigida por la Catedrática D^a. Cecilia Dorado García, el Dr. D. Joaquín Sanchís-Moysi y el Dr. D. José A. Serrano Sánchez.

La Doctoranda

Firma

La Directora

El Director

El Director

Firma

Firma

Firma

Las Palmas de Gran Canaria, julio de 2012

INDICE DE CONTENIDOS

I. Prólogo y agradecimientos.....	7
II. Proyectos de investigación.....	10
III. Fuentes de financiación.....	11
IV. Publicaciones.....	12
V. Resumen.....	13
VI. Summary.....	14
1. INTRODUCCIÓN.....	16
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	19
2.1 Antecedentes del Método Pilates.....	19
2.1.1 Origen del Método Pilates.....	19
2.1.2 Primeras influencias.....	21
2.1.3 Predecesores de J.H. Pilates.....	23
2.1.4 Autores coetáneos.....	24
2.1.5 Desde la actualidad hacia el futuro.....	26
2.2 Fundamentos y Principios Generales del Método Pilates.....	27
2.3 Revisión bibliográfica de los estudios de investigación relacionados con el método pilates.....	30
2.3.1 El Método Pilates en relación a la condición física.....	30
2.3.2 El Método Pilates en relación a la actividad muscular de los músculos abdominales y suelo pélvico.....	33
2.3.3 El Método Pilates en relación a la estabilidad postural y el equilibrio.....	36
2.3.4 El Método Pilates en relación al dolor lumbar.....	37
2.3.5 El Método Pilates en relación a la rehabilitación.....	41
2.4 El Método Pilates según la “Escuela Universal Pilates”.....	42
2.4.1 Principios Fundamentales según “Universal Pilates”.....	43
2.4.2 Ejercicios Básicos según la escuela “Universal Pilates”.....	43
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	56

4. METODOLOGÍA	58
4.1 Muestra.....	58
4.2 Análisis de la composición corporal.....	61
4.3 Imagen por Resonancia Magnética.....	61
4.4 Análisis Estadístico.....	63
5. RESULTADOS	65
5.1 Asimetrías musculares.....	65
5.2 Hipertrofia Muscular después del entrenamiento de Pilates	65
5.2.1 Oblicuos y Transverso Abdominal.....	65
5.2.2 Recto Abdominal.....	66
6. DISCUSIÓN	69
7. CONCLUSIONES	73
8. REFERENCIAS	75
9. ANEXO I. MANUSCRITO	83
10. ANEXO II. BECA	109

I. Prólogo y agradecimientos.

Este estudio se ha llevado a cabo con el objetivo de evaluar el impacto de un programa de entrenamiento físico a través del método Pilates en la mejora de la flexibilidad, el equilibrio y el volumen muscular abdominal en adultos saludables.

Durante el transcurso del curso 2008/09 en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, me interesé por el Curso de Doctorado que ofrecía dicha Universidad llamado " Actividad Física, Salud y Rendimiento Deportivo", y a la hora de elegir un tema de investigación, no dudé que el eje principal de mi estudio sería el Método Pilates.

Mi vinculación al Método Pilates como instructora en esta disciplina, me dio la orientación definitiva a la hora de plantear el problema de investigación para este trabajo final.

Durante la revisión bibliográfica hallé escasos artículos sobre la disciplina del Pilates y mucha de la bibliografía encontrada carecía de fundamentos científicos. Así encontré la excusa perfecta para investigar sobre el impacto de los ejercicios de Pilates.

De esta forma pretendo, humildemente, analizar la relación entre la práctica del Método Pilates con el desarrollo y evolución de la flexibilidad, el equilibrio y el volumen muscular, dando una base científica a las teorías y principios que rodean al Método Pilates.

Todo esto no hubiera sido posible sin la ayuda y la colaboración de tanta y tanta gente que estuvo siempre a mi lado en este camino. A todos ellos va dedicada esta tesis, ya que sin ellos, esto que estoy escribiendo ahora no hubiera sido posible.

Gracias a **Cecilia Dorado**, directora de este trabajo, por acoger con entusiasmo e ilusión este trabajo desde el principio; por su ayuda, tanto física, emocional como mental, porque gracias a eso yo he podido finalizar esta tesis. Gracias por estar ahí, en los buenos pero sobre todo, en los malos momentos. Muchas gracias por confiar en mí y darme las fuerzas necesarias para llevar a término este trabajo. También, gracias por hacerme mejor persona, me has enseñado muchos valores que yo no tenía, entre ellos la perseverancia, el optimismo y el trabajo en equipo. Gracias, gracias, mil gracias por todo.

A **Joaquín Sanchís**, gracias por dirigir esta tesis, por tus explicaciones y por tus correcciones. Gracias, porque sin ti las publicaciones nunca hubieran salido a la luz. Gracias por ayudarme.

A **José Antonio Serrano**, también tutor y director de esta tesis, por enseñarme a trabajar de manera metódica y ordenada, por su predisposición a reunirme en cualquier circunstancia y ayudarme a avanzar de manera constructiva en la elaboración de diversos aspectos de la tesis.

Gracias a **López Calbet**, porque aunque son pocas las palabras que he tenido con él, siempre han sido muy positivas y me han dado fuerzas para seguir adelante. Gracias por tus comentarios y tu apoyo incondicional.

Agradecer también, a todo el gran equipo del laboratorio de rendimiento humano, porque sin su apoyo, sin sus explicaciones y sin su interés tampoco hubiese salido adelante. Gracias a **David Morales** y **Jesús Ponce** por el tiempo que me dedicaron nada más llegar al laboratorio, por su comprensión y por su gran ayuda. Gracias a **Amelia Guadalupe**, por apoyarme en todo lo que he necesitado y por creer en mí y en lo que hago. Gracias a **Hugo Olmedillas**, porque tu gran trabajo dentro del laboratorio, tu humanidad, tu comprensión y tu buen hacer me motivaban a querer ser como tú. Gracias a **Lorena García**, por ser mi compañera y amiga confidente, y de sufrimientos y alegrías en todo este camino. Gracias a **Rafael Sánchez**, por tu gran disponibilidad siempre que lo he necesitado. Gracias a **José Navarro**, por tu gran colaboración y apoyo en la organización de mi trabajo dentro del laboratorio, por tus explicaciones y por tus observaciones cuando las he necesitado. Gracias a **Teresa Fuentes**, por tu gran sonrisa y tu buen humor dentro del laboratorio.

Gracias al resto de profesores miembros del grupo de investigación de Rendimiento Humano, y especialmente a **Rafael Arteaga**, por su tiempo, dedicación y disponibilidad en los momentos en los que realmente lo necesitaba.

Especial agradecimiento a todos mis **alumnas** (conejillos de indias) que con una sonrisa en la cara y una gran disponibilidad han querido colaborar conmigo en este importante evento de mi vida. A **Milma**, muchas gracias por tu apoyo incondicional, por tu amistad y por tus consejos, nunca lo olvidaré. A **Lina** y **Jean Mari**, por su apoyo, comprensión y amor para conmigo. A **Ada**, **Aixela**, **Birgitte**, **Elena**, **Esther**, **Irene** y **Eva**, por aguantar mis clases, porque sin todas ellas esto no hubiera sido posible. Gracias por ayudarme a sacar este trabajo adelante. Sin ustedes no hubiese habido estudio ni yo hubiese estado aquí presentando esta tesis. Mil gracias a todas.

Por supuesto, agradecer el apoyo a toda mi familia y amigos, especialmente a mi hermano **Tano**, por su apoyo psicológico, por su amor incondicional para conmigo y por sus consejos.

Por último, aunque no menos importante, muchísimas gracias a todas aquellas personas que no he nombrado aquí, que seguramente se me olvidan. A todos ellos, mil gracias.

II. Proyectos de investigación.

La presente Tesis Doctoral está basada principalmente en los datos obtenidos del Proyecto de Investigación competitivo de la convocatoria 2009 con una duración de un año:

- Título del proyecto: **Efectos de los ejercicios de Pilates sobre el volumen muscular en la región lumbo-pélvica.**
- Investigador principal: Cecilia Dorado García.
- Investigadores Colaboradores: José A. López Calbet, José A. Serrano Sánchez, Rafael Arteaga Ortiz, Juan José González Henríquez, Joaquín Sanchis Moysi, Ana López Gordillo, Jesús Ponce González, Ana Isabel Sanz Merino, Jorge Praxedes Herrera, David Morales Álamo.
- N° de referencia: 2009/04 RM
- Cantidad: 6000 euros

III. Fuentes de financiación.

La formación doctoral de Ana López Gordillo no ha contado con ninguna financiación externa. El proyecto de investigación EFECTOS DE LOS EJERCICIOS DE PILATES SOBRE EL VOLUMEN MUSCULAR EN LA REGIÓN LUMBO-PÉLVICA, permitió poder desarrollar la investigación comprando el material necesario para llevarlo a cabo.

IV. Publicaciones.

Los datos recogidos en la presente Tesis Doctoral sirvieron para obtener las siguientes comunicaciones y publicaciones:

Comunicación I: Efectos de un programa de ejercicios de Pilates durante seis meses de entrenamiento sobre la flexibilidad. López-Gordillo A, Morales-Álamo D, Ponce-González JG, Dorado García C. Departamento de Educación Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus Universitario de Tafira, Spain (2010).

· Estos resultados se presentaron en formato póster en el Congreso Internacional ECSS realizado en Antalya´2010.

Trabajo de suficiencia Investigadora: La relación entre el control postural, la flexibilidad y la fuerza de piernas. López-Gordillo A, Morales-Álamo D, Ponce-González JG, Dorado García C, Sanchis-Moysi J. Departamento de Educación Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus Universitario de Tafira (2011).

· Estos resultados se presentaron en la suficiencia investigadora de Ana López Gordillo en mayo de 2011, siendo aprobado con una nota final de sobresaliente.

Artículo I: Effects of Pilates on the abdominal muscles: a longitudinal MRI study. Dorado García, C., Calbet, JA. López Gordillo, AM., Alayón Hernández, S., Sanchís-Moysi, J., *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Publish Ahead of Print, DOI: 10.1249/MSS.0b013e31824fb6ae

· Este resultado es el primero de los trabajos sobre segmentación muscular que ya ha sido aceptado para su publicación.

Artículo II: Piriformis, Gluteus and Iliopsoas after 9 months of reformer Pilates training. López Gordillo A, Calbet, JA., Serrano Sanchez JA, Dorado García, C., Sanchís-Moysi, J., en fase de redacción.

V. Resumen.

Antecedentes. El objetivo general de este proyecto de investigación fue determinar el volumen de la musculatura de la región lumbo-pélvica mediante imágenes de resonancia magnética (MRI) en mujeres sanas no activas, antes y después de un programa de entrenamiento basado en los ejercicios del Método Pilates.

Método. Nueve mujeres sanas sedentarias sin experiencia previa en la práctica del método Pilates participaron en un programa de ejercicios estandarizado desarrollado por la Escuela Universal Pilates (Delano Pilates Center, Las Palmas) basado en ejercicios de suelo y máquinas, Studio (Mat y Reformer) durante 36 semanas, 2 veces por semana, 50 minutos por sesión. El volumen del oblicuo transverso (OT) y recto abdominal (RA) fue medido utilizando imágenes de resonancia magnética antes y después de la intervención.

Resultados. El lado dominante de OT aumentó su volumen muscular en un 10% ($P < 0.05$) mientras que el lado no dominante de OT mantuvo su volumen muscular al final del programa de entrenamiento (4%, $p = 0.42$). El volumen muscular total del RA aumentó un 25% después de Pilates ($P < 0.01$), debido a un aumento similar del volumen del RA dominante y no dominante (26 y 24%, respectivamente, $P < 0.01$). La asimetría de OT observada al comienzo del estudio (antes: el volumen 8% mayor en el no dominante que en el lado dominante, $P < 0.01$) se atenuó sensiblemente (después: 2%, $p = 0.43$). Ambos lados del RA tenían volúmenes similares antes (2%, $p = 0.51$) y después de la intervención (1%, $p = 0.81$).

Conclusiones. El Pilates Moderno compensa la normal asimetría lateral del OT observada en mujeres sanas sedentarias, induciendo una hipertrofia solo en el lado dominante. Además, El Método Pilates examinado provoca un gran aumento en el volumen muscular del RA (25%, ambas partes consideradas de forma conjunta), debido a un grado similar de hipertrofia en las partes dominantes y no dominantes.

En resumen, la práctica de Pilates provoca la hipertrofia de los músculos de la pared abdominal y elimina las asimetrías preexistentes. Son necesarios nuevos estudios para verificar si la práctica de Pilates puede tener aplicaciones clínicas para reforzar la pared abdominal después de una cirugía abdominal y otras condiciones debilitantes de la musculatura de la pared abdominal.

VI. Summary.

Purpose: To analyze the effects of Pilates on the volume of rectus abdominis (RA), and obliques and transversus abdominis considered conjointly (OT).

Methods: The volume of OT and RA was determined using magnetic resonance imaging in nine non-active healthy women, before and after 36-week of a standardized Pilates training program.

Results: Compared to pre-training, dominant OT had 10% greater volume ($P < 0.05$) whilst non-dominant OT had similar volumes at the end of the training program (4%, $P = 0.42$). Total volume of RA increased 25% after Pilates ($P < 0.01$) due to a similar increase of dominant and non-dominant RA volume (26 and 24%, respectively, $P < 0.01$). Pilates compensated the asymmetry of OT observed at the beginning of the study (Before: 8% greater volume in the non-dominant than in the dominant side, $P < 0.01$; After: 2%, $P = 0.43$). Both sides of RA had similar volumes before (2%, $P = 0.51$) and after Pilates (1%, $P = 0.81$).

Conclusions: Modern Pilates compensates the normal side-to-side asymmetry of OT observed in non-active healthy woman by means of the hypertrophy of only the dominant OT. In addition, Pilates elicits a large increase in the muscle volume of RA (25%, both sides considered together) due to a similar degree of hypertrophy of the dominant and non-dominant sides.

In summary, Pilates practice elicits hypertrophy of the muscles of the abdominal wall and eliminates pre-existing asymmetries. New studies are necessary to verify if Pilates may have clinical applications to reinforce the abdominal wall after abdominal surgery, delivery or other debilitating conditions of the musculature of the abdominal wall.

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN.

Pilates es un método de entrenamiento que persigue la consolidación simétrica de los músculos de la pared abdominal y la columna vertebral, teniendo como base las acciones musculares realizadas a bajas velocidades con un componente isométrico alto. Pilates se ha convertido en una tendencia popular de rápido crecimiento en los programas de rehabilitación y entrenamiento (Dunleavy 2010), aunque la evidencia científica sobre los efectos específicos del Pilates es escasa.

Los músculos abdominales son fundamentales para el rendimiento deportivo debido a su papel en la transferencia de movimiento entre las extremidades superiores e inferiores (Elliot 2006; Borghuis et al. 2011). Los músculos de la pared abdominal actúan como un sistema de protección de la estabilidad operativa de la columna vertebral evitando las lesiones (Tesh et al. 1987; Hodges et al. 2005; Cole et al. 2008). La debilidad de la pared abdominal (Hodges et al. 1996; Hides et al. 2001) y las asimetrías en los músculos abdominales se han asociado con el dolor de la espalda baja (Hides et al. 2008; Clark et al. 2009). Se ha demostrado que el entrenamiento de Pilates mejora la fuerza de los músculos abdominales (Emery et al. 2010) y hay alguna evidencia que apoya su eficacia en el tratamiento del dolor lumbar. Un posible mecanismo por el cual Pilates podría mejorar la fuerza muscular es mediante la hipertrofia de los músculos abdominales principales, pero esto no ha sido evaluado todavía.

El Método Pilates empezó a divulgarse a principios del siglo XX y ha sido cada vez más popular desde que Friedman y Eisen (Friedman y Eisen 1980) estructuraron por primera vez un curso de formación de maestros (Latey 2001; Latey 2002). Hoy en día hay muchas variantes del método Pilates, algunos orientados a la rehabilitación y otros al entrenamiento general (Dunleavy 2010). A pesar de ello, el objetivo común del Pilates moderno es el fortalecimiento de los músculos abdominales para estabilizar y apoyar a la espalda baja (Culligan et al. 2010). De hecho, los programas de entrenamiento de Pilates se han asociado a la mejora de la fuerza abdominal y la postura de la columna vertebral (Emery et al. 2010), el equilibrio estático (Siqueira Rodrigues et al. 2010), y la resistencia abdominal (Kloubec, 2005), lo cual reduce el riesgo de dolor en la espalda baja (Posadzki et al. 2011). Dada la estrecha relación entre el área de corte seccional entre el recto abdominal (RA) y la fuerza muscular (Estenne et al. 2000; Futter et al. 2003), la hipótesis a plantear no sólo sería si realmente el Pilates mejora la fuerza muscular abdominal sino también si debería provocar un cierto grado de hipertrofia muscular. Recientemente hemos observado asimetrías naturales en los músculos de la pared abdominal en sujetos sedentarios sanos y deportistas (Latey 2001; Idoate et al. 2011). Se ha observado una diferencia del 4% en el espesor del RA (evaluado con ultrasonidos) entre la porción media dominante y no dominante (Futter et al. 2003). Dada la naturaleza simétrica de los ejercicios de Pilates, otra hipótesis que planteamos es si

el Pilates puede atenuar o eliminar las asimetrías preexistentes en los músculos de la pared abdominal.

Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio fue determinar los efectos de un programa estándar de entrenamiento de Pilates de 36 semanas, en el volumen del RA, oblicuos y transversos del abdomen (OT) en mujeres sanas sedentarias utilizando imágenes de resonancia

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1 Antecedentes del Método Pilates.

2.1.1 Origen del Método Pilates.

La principal fuente de información sobre la vida y obra de Joseph Hubertus Pilates son los estudios de Latey (2001 y 2002) y Fernández Rodríguez et al. (2011), que citamos prematuramente para evitar su reiteración. J.H. Pilates nació en Mönchengladbach, una pequeña ciudad cerca de Düsseldorf, Alemania, en 1880. El interés por el ejercicio y la vida sana le vino de pequeño, ya que su padre era gimnasta y su madre naturópata. Sin embargo, fue un niño pequeño y enfermo que sufrió de asma, raquitismo y fiebre reumática, además, fue extremadamente delgado. Estas condiciones lo llevaron al interés por el estudio del cuerpo humano de manera integral. Para ello se interesó en la investigación de las técnicas de rehabilitación física de la época, acudiendo a las fuentes de sus inmediatos antecesores y de los estudiosos de la educación física de su época.

Pilates fue un integrador de conocimientos acerca del cuerpo, del dominio de las técnicas y de su control. Combinando y descartando elementos de oriente y occidente, aprendiendo de la experiencia y del conocimiento de la obra de otros autores, comenzó a elaborar un método para aumentar la vitalidad de su propio cuerpo y fortalecer su malogrado sistema inmunológico. Con el paso del tiempo fue desarrollando su cuerpo hasta tal punto que llegó a posar para realizar cartas de anatomía. En 1912 se trasladó a Inglaterra, pero hay dos versiones del motivo de su viaje a Inglaterra. La primera sostiene que ese año decidió trabajar allí como boxeador; la segunda defiende que antes de 1914 él trabajaba como gimnasta en un circo y su troupé viajó a desarrollar un espectáculo. Estando en el Reino Unido, estalló la 1ª Guerra Mundial y dada la rivalidad entre Inglaterra y Alemania, fue encerrado en Lancaster, en un campo de concentración, junto con otros alemanes y extranjeros enemigos de Inglaterra. Allí enseñó lucha y autodefensa. Habitualmente alardeaba de conseguir que sus discípulos fueran más fuertes, después de sus enseñanzas durante su estancia en el campo de refugiados.

Posteriormente, lo trasladaron a otro campo donde trabajó como enfermero. En éste lugar dio rienda suelta a su creatividad construyendo un equipo de aparatos de rehabilitación. Para ello, tomó muelles de camas y otros desechos y los adaptó para los pacientes que estaban encamados. Estas actuaciones, no pasaron desapercibidas llamando la atención de los oficiales británicos. La terrible epidemia mundial de gripe que en 1918 barrió parte del mundo occidental, mató a miles de personas y un número muy importante de ellas en Inglaterra. Corrió la leyenda de que ninguno de los practicantes de Pilates de los campos de concentración sucumbió ante

la gripe y eso que los campos de internamiento eran uno de los lugares más afectados por la enfermedad. Pasada la 1ª Guerra Mundial, Joseph volvió a Alemania y comenzó a entrenar a la policía militar de Hamburgo enseñando autodefensa y entrenamiento físico, así como a realizar trabajos profesionales de entrenador personal. En esta época trabajó con el famoso analista del movimiento Rudolf Von Laban (1879-1958). Tanto Pilates como Laban se intercambiaron ideas que enriquecieron sus métodos. También, la famosa bailarina y coreógrafa alemana Mery Wigman (1886-1973), que era una estudiante de Joseph, utilizaba ya los ejercicios de Pilates en los calentamientos de las clases de danza. Este fue el inicio de su internacionalización, aún en Europa, y con gente más vinculada a la danza y baile que a la educación física.

En 1925, con 45 años, le ofrecieron entrenar al nuevo ejército alemán, pero Pilates discrepaba de la dirección política de aquel momento en Alemania. Rechazó la oferta y decidió viajar a Estados Unidos para continuar con el entrenamiento de uno de sus clientes, el famoso boxeador Fleischer. En el viaje a América conoció a su futura esposa, Clara, profesora de jardín de infancia que sufría dolor artrítico. Joseph trabajó con ella en el barco para curarla. Una vez en Nueva York, creó el mítico Drago Studio y allí consolidó y afianzó su técnica, a la cual llamó controlología o lo que es lo mismo, la ciencia y arte del desarrollo coordinado de la mente, el cuerpo y el espíritu, a través de movimientos naturales, bajo el estricto control de la voluntad (Pilates 1934; 1945).

En el mismo edificio del Drago Studio existían varios estudios de baile y espacios de ensayo. Era esta proximidad la que hizo que su método formara parte del entrenamiento de los mejores bailarines de la ciudad y que también lo utilizaran como medio de rehabilitación para diferentes lesiones. El contacto con los bailarines acabó acercando a importantísimos coreógrafos como George Balanchine (1904-1983) y Marta Graham (1894-1991), así como a muchos discípulos de ellos. Además de coreógrafos y bailarines, por su estudio pasaron todo tipo de clientes, incluidos artistas. Los buenos resultados atrajeron también a deportistas de élite que acudían a su estudio para alcanzar un mayor control corporal y de esta forma mejorar la técnica en su disciplina deportiva. Lo que ahora están haciendo algunos deportistas de élite españoles o europeos, lo hacían, hace ya 70 años, algunos norteamericanos. Joseph sentía que su trabajo estaba 50 años por delante de su tiempo. Para él la definición de buena salud era el logro y el mantenimiento de un cuerpo uniformemente desarrollado y una mente completamente capaz de realizar, de forma fácil y satisfactoria, nuestras muchas tareas diarias. En enero de 1966 se produjo un incendio en su edificio. Entró en su estudio para salvar todo lo posible pero cayó en uno de los entarimados quemados y se quedó colgando agarrado a unas vigas hasta que los bomberos lo rescataron. Se asume que este incidente lo condujo directamente a su muerte en octubre de 1967, a la edad de 87 años. Su mujer Clara, considerada por muchos como la mejor profesora, continuó enseñando en el mismo estudio hasta su muerte 10 años después, en 1977. A partir de

ese momento Romana Kryzanowska (1923-...) asumió el control del negocio, dedicando su vida a enseñar el trabajo de Pilates como él mismo lo ideó.

2.1.2 Primeras influencias.

Pilates fue capaz de ir más allá de lo que lo hicieron muchos autores predecesores y coetáneos a él. La figura 1 relaciona los autores que tienen conexión histórica y metodológica con el Método Pilates.

La concepción del método Pilates, como tal, comienza a desarrollarse a principios de 1900, concretamente en la época en que está encarcelado en Inglaterra. Allí pone en práctica todos los conocimientos que fue adquiriendo durante sus lecturas, investigaciones y vivencias de diferentes disciplinas orientales (Siler 2002; Winsor 2002; Isakowitz 2009).

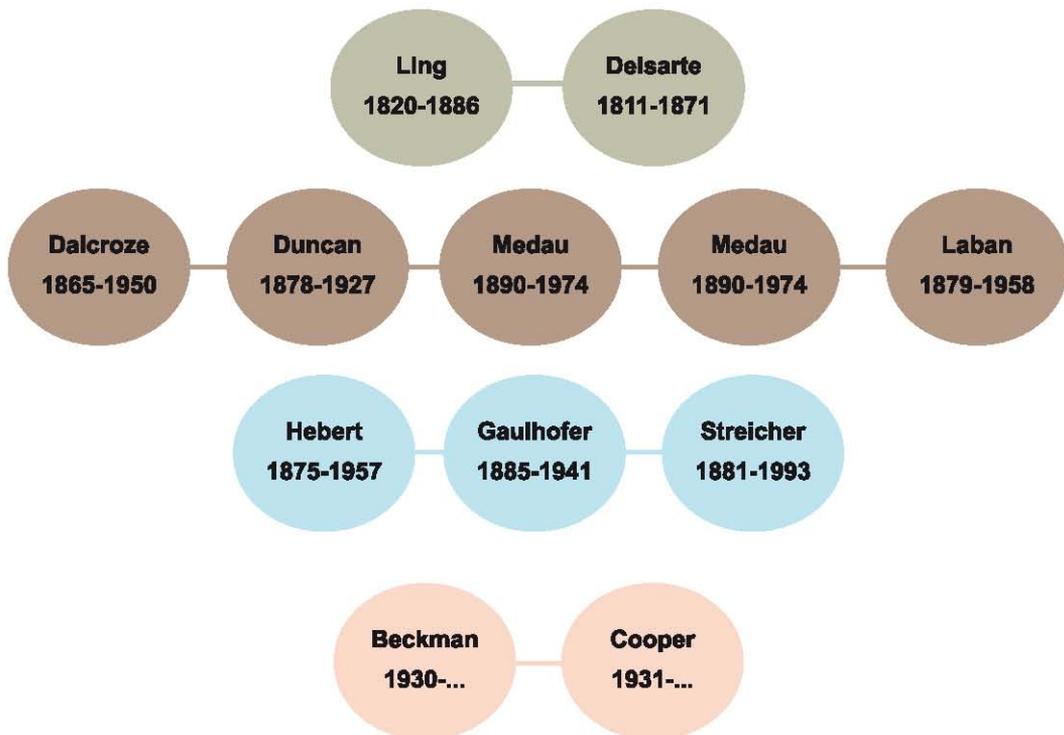


Figura 1: En Verde: Autores inmediatamente anteriores al nacimiento de Pilates. En marrón: autores coetáneos de Pilates, vinculados a la música, el teatro y la danza. En azul: autores coetáneos de Pilates más vinculados a la gimnasia o ejercicio físico. En rosa: autores coetáneos tardíos de Pilates vinculados a la actividad física.

J. H. Pilates fue pionero y adelantado en su tiempo (casi un siglo a las tendencias actuales), al ser de los primeros occidentales en estudiar diferentes disciplinas orientales como el Yoga o el Zen (de donde tomaría sus conceptos de posturas y control corporal). De estas disciplinas orientales recoge características como la interiorización de uno mismo; la adaptación a los ritmos naturales para conseguir equilibrio interior; el control de los gestos y concepción global de la persona que se presenta como una unidad cuerpo-mente-espíritu. De las disciplinas occidentales recoge la importancia de la fuerza, la resistencia y la intensidad del ejercicio. Le interesó el estudio de prácticas como la natación, el boxeo (en el cual alcanzó éxitos profesionales), la gimnasia, el buceo, el culturismo y la acrobacia.

Destacan entre sus lecturas los libros de anatomía y lo que se publicaba de los pensadores de su época. Pero, lo que más le apasionó fue todo lo relacionado con la cultura griega, como así lo refleja en su libro *Tu salud* (Pilates 1934, 37) donde recoge afirmaciones como: *Desde el punto de vista de la suprema salud física, la suprema felicidad mental y los supremos logros en el camino del progreso humano, probablemente los antiguos griegos sabían mejor que nadie el verdadero significado del Equilibrio Corporal [...] Comprendían plenamente que cuanto más se aproximara el físico a la perfección física, más cerca estaría la mente de la perfección mental [...] Sabían que el desarrollo simultáneo y paralelo de la capacidad de controlar voluntariamente el cuerpo y la mente era una ley primordial de la naturaleza y que el descuido de alguno de ellos o de ambos, daría lugar al absoluto incumplimiento de la primera y principal ley de la civilización: la conservación de la vida y el logro y mantenimiento de la propia capacidad corporal y mental [...]* Los griegos practicaban religiosamente lo que predicaban, como muestra el maravilloso estado de perfección física que alcanzaron, según se refleja en sus bellísimas estatuas.

Todas sus inquietudes y conocimientos condujeron a Pilates a diseñar un sistema completo de ejercicios, para realizar tanto en el suelo como en los aparatos que él mismo creó y que según diferentes autores (Siler 2002; Winsor 2002; Shipline 2005; Adamany y Loigerot 2006; Siler 2006; Isakowitz 2009) mejoraban la fuerza, la flexibilidad, el equilibrio, la coordinación y la resistencia cardiovascular. Pero principalmente, los ejercicios en los aparatos orientados al control postural, podían ser una herramienta importante para la prevención de lesiones o la mejora del rendimiento de cualquier deporte y también podían ser utilizados en rehabilitación (Gallagher et al. 1999; Siler 2002; Altan et al. 2009) (Figura 2).

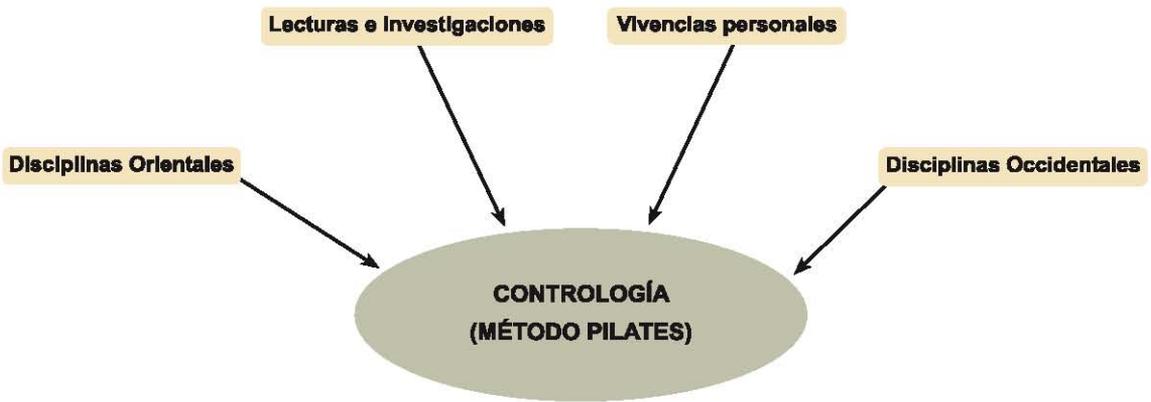


Figura 2: Fuentes de las que surge el Método Pilates.

2.1.3 Predecesores de J.H. Pilates.

Alemania, país de nacimiento de J.H. Pilates, fue uno de los países que mayor cantidad de autores aportó al nacimiento de la actividad y el ejercicio físico moderno. Filósofos, educadores, músicos, coreógrafos, etc., que configuraron un escenario donde el ejercicio, desde una u otra perspectiva, era la esencia de su trabajo. En su juventud, Pilates tuvo que considerar la gran cantidad de autores, corrientes y vivencias que había en la Alemania de su tiempo.

Inicialmente, Pilates prestó más atención a todos aquellos creadores que estaban más vinculados con el desarrollo de la educación física y el ejercicio que con los que pertenecían a corrientes derivadas del teatro, la música o la danza. El histórico legado de algunos de ellos es grande. Así, el pedagogo Johann Bernhard Basedow (1723-1790) fue pionero en cuanto a la integración de la educación física en el currículo general escolar. Adolph Spiess (1810-1858) fue el pedagogo que incorporó la gimnasia en las instituciones educativas de Alemania desarrollando su propia teoría y filosofía de la educación física, que enfatizaba la importancia del “desarrollo holístico” que a Pilates tanto le gustaba (físico, mental, emocional y social). Durante su etapa escolar, Pilates, como cualquier niño alemán recibió las nociones que Johann Christoph Friedrich Guts Muths (1754-1839) trasladó al sistema educativo.

Muths ha sido considerado como el fundador de la educación física moderna en Alemania y su metodología permaneció en los centros escolares durante décadas, defendió la educación física y la fomentó ante las instituciones educativas. Su atracción por la gimnasia tuvo que estar condicionada por el legado de Friedrich Ludwig Jahn (1778–1852), considerado como el

padre de la gimnasia Alemana, debido a la creación del movimiento Turner que originó la base de lo que hoy en día se conoce como gimnasia artística. De estas aportaciones surgió la gimnasia internacional.

Además de estos autores, otros más cercanos al nacimiento de Pilates y cuyos trabajos se centraron en aspectos muy concretos, en cuanto al ejercicio físico se refiere, pudieron influenciar en la vida y formación de Joseph Pilates. Por ejemplo, Hjalmar Ling (1820–1886) de la escuela Sueca. La base de los ejercicios de Ling seguía siendo totalmente mecánica y muy esquemática. Sin embargo, la finalidad del método de Ling no dista mucho de lo buscado por Pilates (aunque sí en los medios); el desarrollo armónico y regular del cuerpo, mediante ejercicios sistematizados y controlados, basados en aspectos anatómicos y fisiológicos, evitando lesiones y corrigiendo deformaciones. En cierta manera la similitud del método de Ling en las formas, con el Método Pilates, es muy grande ya que el método de Ling se caracteriza por ejercicios totalmente sistematizados que localizan el trabajo en puntos concretos, donde las posiciones iniciales, intermedias y finales quedan determinadas de antemano, al igual que en el Método Pilates.

Desde el ámbito de la música y la coreografía o la danza, otro autor cercano a su época fue Delsarte (1811-1871). Delsarte también se trasladó a Norteamérica y su método tuvo tanto éxito que en casi todas las ciudades de este país se creó un club Delsarte, publicándose un primer libro con su método en el año 1885. Éste compatriota suyo fue el alemán con más éxito en Norteamérica hasta la propia aparición de Pilates.

2.1.4 Autores coetáneos.

En cuanto a los autores coetáneos alemanes, hay varios que han podido influenciar y ser influenciados por Pilates. Centrándonos más en el primer aspecto, si bien se podría pensar que el ámbito de la música, coreografía o de la danza pudiese no interesarle mucho, o sencillamente estaba desvinculada de la del ejercicio físico o la gimnasia, hay que considerar muy seriamente que, precisamente el comienzo de la difusión de su método, incluso en Alemania y su posterior éxito y expansión en E.E.U.U. le viene de la mano de los bailarines profesionales. La mayoría de sus primeros clientes de renombre son bailarines y no se puede dudar de la enorme importancia que la preparación física tiene en ellos. Con toda probabilidad su vinculación acabó siendo mayor que con los autores procedentes de las corrientes pedagógicas o de la gimnasia.

Así pues, es más que probable que en estos primeros momentos de éxito, su método estuviese influenciado por los profesionales de la danza y sus métodos (Delsarte, Balanchine, Graham, etc.). El análisis de los elementos técnicos del ballet, de la danza moderna o clásica

refleja que requieren una extraordinaria fuerza muscular para poder ejecutarlos. Así, tuvo que establecer relaciones entre su método y lo que éste podría ofrecer a la mejora de la parte física del baile o lo que los grandes coreógrafos o bailarines querían mejorar de éste aspecto. Para ello debió conocer las inquietudes de personas como Isadora Duncan (1878–1927). Esta mujer se hizo un hueco entre los grandes por rechazar la metodología convencional, rígida y artificial. Creó un estilo que supuso una ruptura con la danza clásica. Utilizó el movimiento para una mejor expresión corporal de los actores y para la educación del gesto basándose en las ondas, los saltos y los giros. Sencillamente era lo que sentía por el movimiento, su lema era que el movimiento tenía que ser y hacerse natural.

El creador y pionero de la gimnasia rítmica y del trabajo expresivo del cuerpo, R. Bode (1881-1971) dio, una gran importancia a la formación rítmica y, al igual que Pilates, armónica, siempre bajo la inspiración de la música. H. Medau (1890–1974) implacable defensor del movimiento natural del cuerpo y del acompañamiento musical, definió su método de gimnasia como gimnasia orgánica. Incluiría danzas folklóricas, la utilización de aparatos que hasta entonces no eran habituales y sobre todo, con una total sintonía con Pilates, la enorme importancia de una correcta postura desde el control respiratorio. Otro autor coetáneo fue Rudolf Von Laban (1879-1958), coreógrafo, escenógrafo, filósofo y pedagogo que creó el método de análisis del movimiento denominado effort-study. Von Laban denominó coreutica al estudio de la organización espacial de los movimientos y eukinética, al estudio de los aspectos cualitativos del mismo. Generó una enorme influencia en áreas como la educación, la psicología, la fonología, el baile, etc. Sus trabajos han interesado a numerosas personalidades tanto en el mundo de la danza como a terapeutas, psicólogos, gimnastas y antropólogos. Laban conoció personalmente a Pilates y éste hecho le hizo modificar su ya renombrado método. Ambos compartían un enorme interés por el análisis del movimiento.

Entre los autores coetáneos extranjeros con el único que Pilates tuvo contacto fue con N. Buck (1880-1950). Buck buscaba los mismos fines que Pilates, pero por medios distintos. Creó la gimnasia básica o fundamental, para lo que se inspiró en la gimnasia Lingiana, aunque discrepando en su espíritu del dogma cerrado y de los ejercicios demasiado poco naturales en su ejecución. Su finalidad fue recuperar y mantener la flexibilidad, fuerza y destreza del hombre con el ejercicio físico.

El resto de coetáneos tenían inquietudes claramente diferentes a Pilates. Así, el francés Hebert ya creía, por aquel entonces, que la sociedad moderna nos había robado la vitalidad natural, física y mental. Observó que nuestros esfuerzos compensatorios en las actividades recreativas estaban, en muchos casos, realizados de forma no equilibrada y no efectiva para lograr un buen control del cuerpo (Pilates 1945; Gallagher 1999; Siler 2002). Pero la similitud de los

métodos era incompatible. A Pilates, poco interés le pudo despertar un método que se apoyaba más bien en la resistencia y en el ejercicio natural (en la naturaleza). Hebert, rechazaba de plano los movimientos estereotipados de la gimnástica (como la de Pilates) y los excesos del deporte.

En cuanto a otros coetáneos, como los fundadores de la Gimnasia Escolar o Natural Austriaca, Karl Gaulhofer (1885-1941) y Margarete Streicher (1891-1983), se puede decir que poca o nula influencia tuvieron que ejercer sobre Pilates, ya que el método de aquellos, surgió en oposición a todas las actividades excesivamente dirigidas, así como las que actuaban condicionando los movimientos del niño. Además, reconocieron estar muy influenciados por la corriente neosueca de Thulin (1876-1965), Falk (1872-1942), Bukh (1880-1950), y otros como M. Carlquist (1884-1968) y Lindhard (1870-1947). Sin embargo, la relación de éstos con Pilates parece también lejana ya que J. G. Thulin aportó a la gimnasia infantil, una terminología gimnástica. Falk trabajó la gimnasia escolar aportando posiciones iniciales aisladas, una mayor naturalidad de los movimientos, un nuevo concepto de disciplina basado en el orden (ordenación de los niños en clase) y un trabajo dinámico de los pies. Bjorksten (1870-1947) fundó la federación nórdica de gimnasia femenina y escribió Gimnasia Femenina. Sus aportaciones fueron a la gimnasia femenina, a la gimnasia para niños y de forma indirecta repercutió en la gimnasia masculina. Aportó a la gimnasia ritmo, soltura, oscilaciones, vivencia del movimiento y economía de las fuerzas.

Todos estos autores y las escuelas que crearon, o de las que provinieron junto con la contextualización histórica de la actividad física confeccionaron una idea de la situación que pudo vivir J.H. Pilates. Facilitaron que aquellas personas que estuvieran interesadas en el movimiento corporal o en la educación física, encontrasen un camino algo más fácil para obtener información y formarse gracias a los trabajos de los citados autores. Además de estas fuentes, Pilates estudió otras disciplinas deportivas y diferentes corrientes de la actividad física oriental. Todo este conocimiento le permitió desarrollar su sistema de ejercicios que se configuró después de su muerte como Método Pilates.

2.1.5 Desde la actualidad hacia el futuro.

Según García (2009), a pesar de la experiencia de Pilates en diferentes actividades y contextos, fueron finalmente los boxeadores, deportistas en general y sobre todo los bailarines los que aplicaron su método de manera más entusiasta.

Desde que en 1980 Friedman y Eisen publicaran el Método Pilates de acondicionamiento físico y mental (Friedman y Eisen 1980), y teniendo en cuenta los libros publicados por el propio Pilates (Your Health, 1934; Return to life through contology, 1945) se han sucedido

diferentes publicaciones. A su vez, el método ha estado sometido a diferentes interpretaciones, según evolucionaban los conocimientos de anatomía y fisiología (García 2009). Estos acontecimientos permitieron que el método no fuera exclusivo del mundo de la danza y se empleara al público general, tanto para la rehabilitación de lesiones como para la mejora de la condición física para la salud. Se incrementó así la demanda de profesionales capacitados para impartir dicho método y, ante ésta proliferación se creó en 2005, en E.E.U.U., la Pilates Method Alliance (PMA), asociación profesional internacional sin ánimo de lucro, encargada de establecer unos estándares de formación y certificación, para los instructores del Método Pilates (García 2009).

En la actualidad, el Método Pilates ha seguido ganando popularidad en parte gracias a la gran cantidad de estrellas de cine y deportistas de élite que lo practican. Recientemente, diversos estudios científicos están demostrando sus efectos beneficiosos contribuyendo en su consolidación en el ámbito de la salud (Dorado et al. 2012; Posadzki et al. 2011).

2.2 Fundamentos y Principios Generales del Método Pilates.

El Método Pilates es un sistema de acondicionamiento físico, basado en ejercicios de resistencia muscular (fuerza) y flexibilidad, con el objetivo principal de mejorar la postura y el equilibrio, además de sintonizar mente y cuerpo. Este sistema se desarrolla tanto en el suelo como con aparatos específicamente diseñados para los ejercicios.

Para Pilates, una persona sana era aquella que tenía una mente fuerte y que además la usaba para el control físico y total de su cuerpo (Pilates 1934; 1945). Pilates definía el equilibrio cuerpo-mente como el control consciente de todos los movimientos musculares del cuerpo (Pilates 1934, 20), que permitía al individuo obtener el máximo rendimiento con el mínimo gasto de energía física y mental. Según Isakowitz, *el cuerpo es la creación más perfecta de la mecánica, la ingeniería y la física* (2009, 41). Pilates reconocía y respetaba la complejidad del cuerpo humano y le dedicaba mucho tiempo de observación.

Dicho sistema de ejercicios lleva a la estructura del cuerpo humano constantemente a sus límites, con todos los movimientos imaginables, descubriendo de esta forma todo su potencial e intentando trabajar el control consciente de cada uno de los movimientos, para adquirir el equilibrio cuerpo-mente. Según Pilates, *“lo ideal es que los músculos obedezcan a la voluntad. Lo razonable es que la voluntad no esté dominada por los actos reflejos de nuestros músculos”* (Pilates 1945, 10).

Una de las características esenciales del sistema diseñado por Pilates consiste en el trabajo del sistema muscular a través de cadenas musculares en lugar de músculos aislados (García 2009), hecho que lo diferenciaba claramente de la gimnasia sueca. En cada movimiento, se realiza un trabajo combinado y simultáneo de fuerza y flexibilidad, de manera que se habitúa al cuerpo a realizar un esfuerzo controlado en un amplio rango de movilidad articular, sin someter al cuerpo a una excesiva tensión (García 2009). Para Isakowitz (2009, 40): El cuerpo humano es un instrumento complejo que podría ser comparable, por su composición y funcionamiento, a una cadena con muchos eslabones: la cadena cinética. Explorar la cadena cinética resulta fascinante porque sus posibilidades son infinitas. Cada cuerpo es diferente, a pesar de que todos ellos comparten patrones previsible de movimiento y desarrollo muscular. Según se va produciendo un movimiento, los músculos se activan con un orden determinado, al que se llama patrón. El movimiento se puede realizar a pesar de que ese patrón sea defectuoso, pero en ese caso, estará faltando la eficacia y existiría riesgo de lesión. Con el Método Pilates se trabaja la cadena cinética en su globalidad.

Según Siler (2006, 28), venimos al mundo con todo lo que necesitamos para que nuestra máquina corporal funcione a la perfección. Los músculos, gracias al sofisticado diseño que posee el cuerpo humano, trabajan de una manera eficaz a través de las cadenas musculares, pero si la estructura ósea está desalineada, todo se verá afectado, y el resultado será una acción muscular ineficaz, la aparición de fatiga, descompensaciones musculares, desgaste de unas articulaciones más que otras y por tanto, la aparición del dolor (Siler 2006; Isakowitz 2009). Por ello, una correcta alineación es el primer paso para obtener resultados positivos y alcanzar los objetivos deseados (Siler 2002; Winsor 2002; Austin 2004; Shiptside 2005; Adamany y Loigerot 2006; Siler 2006; Isakowitz 2009).

El sistema de ejercicios ideado por Pilates persigue llevar al límite al sistema musculoesquelético en todas sus posibilidades de movimiento, para alcanzar un control consciente de los músculos y avanzar en el equilibrio cuerpo-mente. La ejecución de los movimientos se hace desde una adecuada alineación ósea y trabajando a través de cadenas musculares y no músculos aislados. Además de estos elementos, asumidos como fundamentales, el Método Pilates incorpora una serie de principios que rigen sus ejercicios dando cohesión a las diferentes características que en ellos confluyen (orientales y occidentales). Aunque dichos principios varían según la escuela, los que se desarrollan a continuación son comunes a todas las escuelas de Pilates (Siler 2002; Winsor 2002; Austin 2004; Shiptside 2005; Adamany y Loigerot 2006; Siler 2006; Cárceles y Cos 2009; Isakowitz 2009):

- **Concentración.** La concentración es el elemento necesario para conseguir movimientos de calidad. La mente controla al cuerpo; por tanto, para realizar los movimientos como es

debido, es necesario una correcta concentración. De esta forma, se interiorizan los ejercicios y se aumenta la concepción total del cuerpo. Además, un alto grado de concentración permitirá visualizar el ejercicio y poder ejecutarlo con las mejores habilidades, de ahí que la efectividad del entrenamiento dependerá de la capacidad para concentrarse.

- **Centralización.** La fuente de energía o fuerza motriz procedente de los músculos abdominales, lumbares y glúteos son lo que se llama el centro, la casa del poder, el powerhouse. De este centro parten todos los ejercicios en Pilates, por lo tanto hay que aprender a iniciar los movimientos desde ahí. El fortalecimiento de este centro proporcionará una pelvis estable y equilibrada, que mantendrá alineado los miembros inferiores y superiores, lo cual permitirá movimientos más eficaces.

- **Control.** Todo ejercicio debe ser controlado, todo movimiento tiene importancia y se debe realizar de forma eficaz y controlada en todo momento. La percepción del movimiento es fundamental para prevenir lesiones. Sin control, se utilizarán siempre los mismos músculos, es decir, los más fuertes, mientras que los débiles seguirán siéndolo. Un adecuado control permitirá realizar el ejercicio con mayor dominio, trabajar con mayor conciencia y por lo tanto mejorar el rendimiento. Esta es una de las aportaciones más importantes del Método Pilates, ya que el control de los ejercicios es a través de contracciones isométricas y la trayectoria de los movimientos (movimientos muy lentos) favorecen las contracciones musculares excéntricas. Ambos tipos de contracciones han demostrado mayor hipertrofia muscular que las contracciones concéntricas.

- **Respiración.** Normalmente, se respira sin pensar demasiado en ello. Sin embargo, la respiración desarrolla la resistencia y la energía, además de favorecer la relajación. También se debe tener en cuenta que el ritmo natural de la respiración facilita la fluidez de los movimientos y marca el ritmo de los ejercicios.

- **Precisión.** Está basada en la concentración y en el control. Es necesario ejecutar cada movimiento con precisión, para que de esta forma prime la calidad sobre la cantidad. Los movimientos más pequeños y precisos producen los mayores resultados. Dicha precisión es fundamental para respetar la adecuada alineación.

- **Fluidez.** Los ejercicios se enlazan unos con otros de una manera continua y armoniosa, a través de movimientos ágiles y sutiles, que permiten ahorrar energía y por lo tanto resistir sesiones de trabajo más intensas y prolongadas en el tiempo.

2.3 Revisión bibliográfica de los estudios de investigación relacionados con el Método Pilates.

En la revisión de Tinoco y col. (2010), se indica que existen publicaciones de Pilates desde 1923, pero que sólo algunos han sido publicados en revistas científicas y la mayoría de ellos no son trabajos de investigación.

2.3.1 El Método Pilates en relación a la condición física.

En 2004 se publicó uno de los primeros estudios de intervención del Método Pilates (Segal et al. 2004) (Tabla1). El trabajo del equipo de Segal valoró los efectos del entrenamiento de Pilates en la flexibilidad y en la composición corporal en un grupo de 47 adultos que asistían a clases de Pilates un día a la semana durante seis meses. Al final del estudio se observó una mejora significativa en los niveles de flexibilidad y una percepción positiva de los beneficios del entrenamiento pero no era una diferencia significativa. Sin embargo los valores de composición corporal no se modificaron después de la intervención. Ese mismo año, Smith (2004) sugiere que el Método Pilates puede mejorar características físicas como la flexibilidad, propiocepción, equilibrio y coordinación en personas de edad avanzada. Y este autor propone que estos ejercicios pueden ser integrados en programas de rehabilitación y en entrenamientos para mejorar la resistencia muscular y el equilibrio en personas de la tercera edad.

Respecto a la valoración de los efectos del Método Pilates sobre la composición corporal (Tabla1), el grupo de Jago (2006) estudió a chicas que practicaban Pilates 5 días a la semana, una hora por sesión, durante un periodo de 4 semanas. Sus resultados mostraron una disminución del BMI y los autores concluyeron que los ejercicios de Pilates podrían ser recomendados como medida preventiva de la obesidad (Jago et al. 2006). En esta misma línea el trabajo del grupo de Cruz-Ferreira (2009) demostró una disminución de la grasa corporal en mujeres después de 3 meses de practicar ejercicios del Método Pilates (Cruz-Ferreira et al. 2009).

Una evaluación de los efectos del Método Pilates sobre la condición física (Tabla 1), fue defendida por Kloubec en su tesis en el año 2005 con el Título Los ejercicios de Pilates para la mejora de la resistencia muscular, flexibilidad, equilibrio y postura (Kloubec 2005). El estudio de Kloubec demostró que la práctica del Método Pilates en sujetos adultos durante 12 semanas, con una hora de Pilates dos veces a la semana es suficiente para estimular incrementos estadísticamente significativos de la resistencia muscular abdominal, flexibilidad de isquiotibiales y fortalecimiento en el tren superior. Sin embargo, no se mostraron mejoras significativas ni a nivel postural ni en el equilibrio, a pesar de que desde el punto de vista del bienestar psicológico se

observaron mejoras en los niveles totales de energía, con una mayor satisfacción laboral y en la apariencia física.

En la misma línea, Bernardo realizó un estudio con el objetivo de revisar y analizar artículos científicos que trataran sobre la efectividad del entrenamiento de Pilates en adultos sanos (Bernardo 2007). Tras una extensa búsqueda en la literatura, de entre 277 artículos y resúmenes encontrados, hizo una valoración de 3 artículos científicos destinados específicamente a adultos sanos (Segal et al. 2004; Herrington y Davies 2005; García 2009). Aunque los resultados fueron beneficiosos, el estudio sugirió ser cautelosos a la hora de afirmar la efectividad del Método Pilates en la mejora de la flexibilidad, estabilidad abdominal y lumbo-pélvica, y en la actividad muscular, fundamentalmente debido a la falta de consistencia metodológica de los estudios revisados. Por lo que proponen que, utilizando un verdadero diseño experimental y definiendo el Método Pilates utilizado, se podría reforzar y mejorar futuras investigaciones de Pilates en adultos sanos.

En 2009, García Pastor defendió su tesis con el título Efecto de la práctica del Método Pilates: beneficios en el estado de salud, aspectos físicos y comportamentales (García 2009). La tesis incluyó cinco estudios para determinar cambios físicos, comportamentales y percepción de salud tras un periodo de práctica del Método Pilates en adultos sanos. Los resultados de esta tesis sugieren que dicha práctica puede ayudar a producir cambios en los tres ámbitos mencionados (cambios físicos, comportamentales y salud percibida). Entre los cambios físicos se encuentran diferencias significativas en antropometría, fuerza, flexibilidad y estabilidad postural. También se observaron cambios comportamentales en el equilibrio emocional vinculados a la práctica de dicho método. Adicionalmente, se observó una mejora de la salud percibida, una disminución del dolor lumbar y un aumento de la actividad física vigorosa tras 20 semanas de práctica del Método Pilates. Estos resultados sugieren que la práctica del Método Pilates es una herramienta útil para la mejora de la calidad de vida.

En 2010, Santana defendió en Málaga su tesis titulada Efectos del Método Pilates sobre los componentes físicos de la salud (Santana et al. 2010) en adultos sanos. De todos los componentes sometidos a evaluación, la resistencia muscular y la frecuencia cardíaca fueron los que presentaron los principales cambios tras la aplicación del programa de intervención con el Método Pilates. Se obtuvo además resultados significativos en la fuerza muscular y en la dinamometría manual de la mano izquierda, pero no en la mano derecha ni en la podal, como tampoco mejoras en la flexibilidad ni en la composición corporal. El autor concluyó que Pilates no era un método completo para mejorar la condición física, aunque sí podría ser una herramienta más que se podría combinar con otros sistemas para el trabajo de la condición física.

Tabla 1: Resumen de los autores que han investigado sobre los beneficios de Pilates en personas sanas en cuanto a condición física y composición corporal.

LINEA INVESTIGADORA	CITA	RESULTADOS
BENEFICIOS EN ADULTOS SANOS Mejora de la condición física: flexibilidad, equilibrio, postura, fuerza y psicológica	Smith, K. y Smith, E. (2004)	Mejora de la flexibilidad, propiocepción, equilibrio y coordinación.
	Segal et al. (2004)	Cambios significativos en la flexibilidad.
	Kloubec, AJ. (2005)	Incrementos significativos en la resistencia muscular abdominal, flexibilidad de isquiotibiales y fortalecimiento en el tren superior.
	Bernardo, LM. (2007)	Mejora de la flexibilidad, estabilidad abdominal y lumbo-pélvica y de la actividad muscular.
	Sekendiz et al. (2007)	Cambios significativos en la fuerza de la flexión y extensión de la columna, en la fuerza resistencia de los abdominales y en la flexibilidad.
	Caldwell et al. (2008)	Cambios significativos en auto-eficacia y el humor.
	García, T. (2009)	Mejora de la fuerza resistencia de espalda. Incremento de la flexibilidad de la columna. Mayor estabilidad postural. Mejora del estado de salud emocional. Aumento de la actividad física vigorosa.
	Guedes et al. (2010)	Mejora en la capacidad funcional, el equilibrio estático en las mujeres de edad avanzada.
	Santana et al. (2010)	Cambios significativos en la fuerza resistencia muscular y frecuencia cardiaca
COMPOSICIÓN CORPORAL	Segal et al. (2004)	Sin cambios significativos en composición corporal ni en el estado de salud percibida.
	Jago et al. (2006)	Disminución del percentil de IMC.
	Cruz-Ferreira et al. (2009)	Sin cambios significativos en composición corporal.

2.3.2 El Método Pilates en relación a la actividad muscular de los músculos abdominales y suelo pélvico.

Otros estudios han evaluado las ganancias de fuerza en el cinturón abdominal, después de un programa de intervención con ejercicios del Método Pilates (Tabla 2). En esta línea, Herrington demostró que los ejercicios del Método Pilates son más efectivos que los típicos abdominales, provocando una mayor contracción del transverso abdominal en sujetos sanos (Herrington y Davies 2005). El grupo de Sekendiz (2007) valoró la fuerza abdominal y lumbar con dinamómetro, la fuerza-resistencia de los abdominales, la flexibilidad de la espalda con pruebas tradicionales y la composición corporal en mujeres sedentarias que practicaron el Método Pilates 3 días a la semana durante cinco semanas (Sekendiz et al. 2007). En este trabajo, el grupo de intervención con Pilates obtuvo mejores resultados que el grupo control en la fuerza de flexión y extensión de la columna, en la fuerza-resistencia de los abdominales y en la flexibilidad. Sin embargo, no se encontraron cambios significativos en el porcentaje de grasa corporal ni en el índice de masa corporal.

Endleman y col. (2008) han estudiado la actividad de los músculos transverso abdominal y oblicuos internos en adultos que practicaban Pilates, una vez por semana durante seis meses. El objetivo de la investigación fue evaluar: 1) si los sujetos que llevaban realizando Pilates por más de seis meses tendrían una mayor actividad del transverso abdominal y los oblicuos internos que el grupo control; 2) Si los sujetos que realizaban los ejercicios de Pilates siguiendo la técnica correcta de abdominal adentro y arriba tendrían una mayor actividad muscular del transverso abdominal y de los oblicuos internos, que los sujetos que realizaban los mismos ejercicios sin seguir dicha técnica del abdomen, y 3) si el uso de las máquinas de Pilates (Reformer Universal) suponía una mayor activación de dicha musculatura en comparación a realizar los ejercicios sobre el suelo. Los resultados mostraron que ambos músculos aumentaron su área de sección transversal cuando los ejercicios se realizaban siguiendo la técnica correcta de abdomen adentro y arriba respecto al grupo control. Asimismo, el trabajo con máquinas de Pilates como el Reformer Universal se asoció a una mayor activación del transverso abdominal en algunos ejercicios clásicos de Pilates, aunque no se vio ninguna diferencia en los resultados obtenidos para los oblicuos internos. En la misma línea, los estudios de Sofka han demostrado mejoras en la actividad muscular del transverso abdominal, recto abdominal y oblicuos después de practicar ejercicios del Método Pilates (Sofka 2009). Otros estudios han señalado mejoras en la fuerza de los músculos extensores lumbares después de 25 sesiones de Pilates aplicados a 25 sujetos sanos (García 2009).

En 2009, Jeon y su equipo realizaron estudios de gran interés sobre el efecto del trabajo de suelo del Método Pilates en la fuerza de los músculos del suelo pélvico en mujeres que habían

dado a luz recientemente (Jeon et al. 2009). Las participantes practicaron durante 7 semanas, 3 veces por semana, con una duración aproximada de 11-15 y 40-60 minutos por clase. Se comparó la presión máxima de contracción vaginal, la duración máxima de contracción vaginal y la depresión postparto (escala de depresión postparto) entre los dos grupos. Los resultados indicaron que la presión máxima de contracción vaginal, la duración máxima de contracción vaginal y los resultados en la escala de depresión postparto, mejoraron en el grupo de mujeres que realizaba Pilates-suelo después de 7 semanas, no encontrándose diferencias significativas en el grupo control. Posteriormente, el grupo de Culligan (2010) estudió los efectos del entrenamiento con el Método Pilates en la mejora de la fuerza del suelo pélvico, comparándolos con otros sujetos que sólo hacían la rehabilitación tradicional del suelo pélvico. Este estudio concluyó que ambos grupos mejoraban la fuerza de estos músculos sin haber diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos (Culligan et al. 2010).

Finalmente, Dorado y su equipo demostraron un aumento del volumen muscular del recto abdominal del 25% en mujeres que practicaron Pilates durante 9 meses, 2 veces por semana 50 minutos cada sesión. Además, este estudio observó un aumento del 8% del volumen muscular de los músculos oblicuos y transversos abdominales del lado dominante (más debilitado antes de empezar la intervención de Pilates) tras el programa de intervención. En este trabajo se demostró por primera vez el aumento del volumen muscular de la pared anterolateral del abdomen después de una intervención con el Método Pilates. Además esta investigación demostró que el ejercicio isométrico y de baja intensidad del Método Pilates produce hipertrofia muscular y compensa asimetrías bilaterales en mujeres que no hacen deporte habitualmente (Dorado et al. 2012).

Tabla 2: Resumen de los autores que han investigado sobre los beneficios de Pilates en la actividad muscular de los músculos abdominales y suelo pélvico.

LINEA INVESTIGADORA	CITA	RESULTADOS
EFECTOS DE LA ACTIVIDAD MUSCULAR DE LA PARED ANTEROLATERAL DEL ABDOMEN	Herrington y Davies (2005)	Mayor capacidad de contracción del transverso abdominal en sujetos sanos con el Método Pilates, siendo más efectivo que los abdominales tradicionales.
	Endleman y Duncan (2008)	Mayor capacidad de contracción del transverso abdominal y de los oblicuos internos durante la práctica del Método Pilates.
	Sofka, CM. (2009)	Mayor capacidad de contracción del transverso abdominal y los oblicuos durante la práctica de la Técnica Pilates.
	García, T. (2009)	Significativas ganancias en el fortalecimiento de la musculatura extensora de la zona lumbar.
	Dorado et al. (2012)	Mayor hipertrofia del recto abdominal, oblicuos y transverso abdominal, así como disminución de las asimetrías entre ambos lados del cuerpo con respecto a dichos músculos, después de un periodo de práctica del Método Pilates.
EFECTOS SOBRE EL SUELO PÉLVICO	Jeon et al. (2009)	Resultados positivos después de intervención con Pilates en los músculos del suelo pélvico y sobre la depresión posparto en mujeres que han dado a luz recientemente.
	Culligan et al. (2010)	Mejora de la fuerza de los músculos de suelo pélvico tanto en personas que realizan el Método Pilates como en personas que realizan la rehabilitación tradicional de dichos músculos.

2.3.3 El Método Pilates en relación a la estabilidad postural y el equilibrio.

Respecto a la valoración de los efectos del Método Pilates sobre la estabilidad postural y el equilibrio (Tabla 3), Kaesler y sus colaboradores realizaron un estudio piloto para valorar la estabilidad postural en personas mayores (Kaesler et al. 2007). La muestra fue de ocho participantes que practicaban Pilates dos días a la semana durante ocho semanas. Todos los participantes realizaron tres pruebas: 1) balanceo postural durante pruebas estáticas en superficie dura y blanda con ojos abiertos y cerrados, 2) pruebas dinámicas con el test del rango máximo de balanceo, 3) dos pruebas dinámicas: levantarse y caminar alrededor de un cono hasta sentarse de nuevo y otra de levantarse valorando el tiempo que tardan en hacer una repetición y el número de repeticiones que realizan en 30 segundos. Los resultados encontraron cambios significativos en el equilibrio estático sobre colchoneta con ojos cerrados, en desplazamiento mediolateral en el test de máximo balanceo combinado y anterior, y en el test de levantarse y caminar. En este mismo año, el grupo de Jhonson (2007) realizó un estudio experimental para valorar los cambios en el equilibrio dinámico empleando un test de alcance funcional, valorando el balanceo del cuerpo midiendo la distancia que pueden alcanzar con la mano sin mover los pies del suelo. Después de 10 sesiones en 5 semanas observaron cambios significativos en el equilibrio dinámico en el grupo del Método Pilates, mientras que en el grupo control no hubo cambios significativos.

Un año más tarde, Calwell (2008) llevó a cabo un estudio experimental con tres grupos de estudiantes universitarios: un grupo que entrenó con el Método Pilates, otro grupo con Tai Chi y un grupo control de recreación especial, con el objetivo de valorar cambios en auto-eficacia, calidad del sueño, estado de ánimo y niveles de fuerza y equilibrio. Los resultados obtenidos, tras una fase experimental de ejercicio 2-3 días a la semana durante 15 semanas, mostraron que el grupo Pilates obtuvo cambios significativos en auto-eficacia. En la calidad del sueño, hubo una tendencia hacia valores mejores en el grupo de Tai Chi y de Pilates. Además, el humor aumentó a lo largo del tiempo de forma significativa en el grupo del Método Pilates y en el de Tai Chi. Sin embargo, los niveles de fuerza y equilibrio no registraron cambios en ninguno de los tres grupos.

En 2009 se realizaron estudios de gran interés como el llevado a cabo por Kuo y sus colaboradores (2009) sobre el efecto que tienen los ejercicios de Pilates en la postura. En este estudio participaron de forma voluntaria 34 adultos sanos mayores de 60 años, que realizaron dos sesiones de Pilates semanales durante 10 semanas. Los participantes fueron evaluados antes de comenzar la actividad e inmediatamente después de finalizar las 10 semanas.

Los resultados indicaron que el ángulo de flexión dorsal de la columna vertebral se redujo considerablemente y que el ángulo de extensión lumbar cuando permanecían sentados se

incrementaba (Kuo et al. 2009). No se encontraron diferencias significativas en el periodo de seguimiento. Concluyeron que el diseño experimental con un programa de ejercicios de Pilates era compatible y efectivo en adultos sanos mayores, aunque era necesario un estudio longitudinal, de mayor duración temporal.

En el año 2010, Guedes y col. publicaron un trabajo titulado El Método Pilates en la autonomía personal, equilibrio estático y calidad de vida en mujeres mayores (Guedes et al. 2010). Los resultados de este estudio sugieren que el ejercicio de Pilates puede ser utilizado para promover la mejora de la capacidad funcional, ofreciendo una influencia positiva en el equilibrio estático y, en consecuencia, una mejor calidad de vida en las mujeres de edad avanzada.

Tabla 3: Resumen de los autores que han investigado sobre los beneficios de Pilates en la estabilidad postural.

LINEA INVESTIGADORA	CITA	RESULTADOS
ESTABILIDAD POSTURAL	Jhonson et al. (2007)	Mejoras del equilibrio en adultos sanos.
	Kaesler et al. (2007)	Mejoras del equilibrio en personas de la tercera edad.
	Caldwell et al. (2008)	Sin cambios significativos
	Kuo et al. (2009)	No se apreciaron mejoras en posturas en tercera edad.
	Guedes et al. (2010)	Mejoras en el equilibrio en mujeres de tercera edad.

2.3.4 El Método Pilates en relación al dolor lumbar.

Las lumbalgias y la repercusión de los ejercicios del Método Pilates (Tabla 4), han sido estudiadas en una tesis doctoral defendida por Anderson, en la Universidad de Miami (Anderson 2005). La fase experimental de este estudio tuvo seis semanas de duración y dos sesiones semanales. Los participantes fueron 21 pacientes con dolor de espalda crónico repartidos en dos grupos: uno que practicaba el Método Pilates y otro que fue sometido a un programa de masajes. Se midió la limitación en la actividad, la intensidad del dolor y variables físicas y psicosociales, tanto al inicio como al final de la intervención. En este estudio se encontró un aumento en la fuerza de extensión de la columna y el estado de salud en el grupo que practicó Pilates respecto

al grupo sometido al programa de masajes. En el resto de los parámetros los dos grupos mejoraron, excepto en aspectos psicosociales en el que el grupo Pilates mejoró más que el de masajes pero sin diferencias significativas.

Posteriormente, Rydeard y colaboradores (2006) realizaron un estudio de intervención en el que participaron 39 sujetos con dolor lumbar crónico: un grupo participó en un programa de intervención con ejercicios del Método Pilates y el otro grupo realizó el tratamiento habitual de consulta con el médico y otros especialistas. La fase experimental duró 4 semanas y el grupo de Pilates realizó 3 sesiones semanales con máquinas de Pilates y un trabajo de 15 minutos en casa seis días a la semana. El estudio demostró una reducción significativa tanto en el dolor como en la incapacidad producida por el mismo en el grupo que había practicado el Método Pilates (Rydeard et al. 2006). En esta misma línea, Donzelli (2006) llevó a cabo un estudio donde aplicaba dos técnicas diferentes para el tratamiento de rehabilitación del dolor en la zona lumbar: un grupo realizó ejercicios del Método Pilates y el otro realizó un tratamiento específico para el dolor de espalda, basado en la escuela de la espalda. Las evaluaciones fueron llevadas a cabo al inicio del estudio y luego en 1, 3 y 6 meses después del tratamiento. Se utilizó la escala de Oswestry (OLBPDQ) para valorar la discapacidad y la escala analógica visual (VAS) para evaluar el dolor. Los resultados para ambos tratamientos fueron positivos, con una reducción significativa en la intensidad del dolor y en la discapacidad en la muestra entera (Donzelli et al. 2006). Además, los resultados obtenidos con el Método Pilates fueron comparables a los alcanzados con el método de la escuela de la espalda, sugiriendo su uso como una alternativa dirigida al tratamiento del dolor en la zona lumbar.

En la misma línea, Lim y colegas (2008) aplicaron un programa de ejercicios del Método Pilates durante 1 año a un grupo de 59 pacientes con dolor lumbar crónico (Lim et al. 2008). Los resultados de este estudio demostraron una reducción del dolor, disminución de la discapacidad y mejora de la funcionalidad después del programa de intervención. En ese mismo año, La Touche y su equipo (2008) realizaron un estudio con el objetivo de revisar y analizar artículos científicos donde el Método Pilates era usado como tratamiento para el dolor crónico en la zona lumbar. La búsqueda se hizo en las bases de datos Medline, EMBASE, PEDro, CINAHL y SPORTDISCUS. El criterio usado para la inclusión fueron pruebas de control aleatorio (RCT) y pruebas de control clínico (CCT) en las que el tratamiento terapéutico estuviera basado en el Método Pilates. El análisis se llevó a cabo a través de dos exámenes independientes, usando escalas de calidad de las publicaciones científicas: el PEDro y Jacad Scales. Los resultados de todos los estudios analizados demostraron efectos positivos, como mejoras en la función general y disminución del dolor crónico cuando aplicaron el Método Pilates. Sin embargo, la revisión concluyó que es necesario que se lleven a cabo más estudios para determinar cuáles son los parámetros específicos a aplicar cuando se prescriben ejercicios basados en el Método Pilates con pacientes que sufren

dolor crónico en la zona lumbar.

Al año siguiente, Curnow y colaboradores (2009) compararon los efectos de tres entrenamientos diferentes del Método Pilates en dolor lumbar crónico y moderado, y la eficiencia para trasladar las cargas a través de la pelvis. El estudio contó con 39 participantes que fueron distribuidos en tres grupos y a los que se les enseñaron cuatro ejercicios básicos de Pilates: Grupo A que no realizaban ningún ejercicio adicional; Grupo B que realizaban un ejercicio de relajación de la columna antes de los ejercicios; y Grupo C que realizaron el ejercicio de relajación del grupo B más un ejercicio postural sentado con la cadera flexionada en contracción excéntrica al final de la sesión. La intervención duró 8 semanas, pero los ejercicios enseñados fueron ejecutados en casa durante 6 semanas. Los resultados obtenidos fueron que todos los grupos encontraron una reducción en la media del número de días, duración e intensidad del dolor lumbar cada semana (Curnow et al. 2009). Estos resultados eran estadísticamente significativos entre los grupos durante las semanas de ejercicio, pero no en la duración total del estudio. Los participantes de los grupos B (relajación de la columna antes de los ejercicios de Pilates) y C (idem B más un ejercicio de control postural al final de la sesión) experimentaron mayor reducción de los síntomas que el grupo A (control). No obstante, una vez que se dejó de hacer ejercicio, las mejoras en dolor lumbar disminuyeron. La publicación más reciente e importante respecto al dolor lumbar y el Método Pilates corresponde a Posadzki y su equipo (2011), con un estudio de revisión de artículos científicos que usaron el Método Pilates como tratamiento para el dolor crónico en la zona lumbar. Los artículos se encontraron utilizando el MEDLINE, EMBASE, AMED, CINAHL, PEDro, PsycINFO, Rehadat y Rehab Trials. La selección de los estudios se realizó siguiendo dos criterios: 1) por medio del título y el resumen; y 2) a través de los criterios de inclusión predefinidos: ensayos clínicos controlados aleatorios de pruebas de Pilates en pacientes de cualquier edad o sexo con dolor en la zona lumbar. Todos los estudios fueron heterogéneos en términos de población, de pacientes, grupos de control, criterios de inclusión y exclusión, y las medidas de resultado. Aunque hay alguna evidencia que apoya la eficacia del Pilates en el tratamiento del dolor de la espalda baja, no hay conclusiones definitivas que se pueden extraer, salvo que se necesitan más investigaciones con muestras más grandes y con una definición más clara del programa de intervención y medidas comparables de los resultados (Posadzki et al. 2011).

Tabla 4: Resumen de los autores que han investigado sobre los beneficios de Pilates en personas que padecen dolor lumbar.

LÍNEA INVESTIGADORA	CITA	RESULTADOS
LUMBALGIAS	Anderson, B. (2005)	Mejoras en adultos con dolor crónico.
	Donzelli et al. (2006)	Reducción del dolor lumbar de forma similar en el grupo de Pilates y en el grupo con tratamiento de rehabilitación lumbar. Mejor beneficio percibido, satisfacción y respuesta subjetiva en el grupo de Pilates
	Rydeard et al. (2006)	Reducción del dolor y la incapacidad producida por el mismo. Las mejoras se mantuvieron hasta 12 meses después de la intervención.
	Lim et al. (2008)	Efectos beneficiosos en la reducción del dolor, disminuyendo la discapacidad y mejorando la funcionalidad.
	La Touche et al. (2008)	Revisión bibliográfica: Efectos positivos, como mejoras en la función general y disminución del dolor lumbar.
	Curnow et al. (2009)	Disminución de dolor lumbar en frecuencia, intensidad y duración.. Las mejoras se perdían cuando dejaban de practicar los ejercicios.
	Anderson, B. (2010)	Aumento en la fuerza de extensión de la columna vertebral. Reducción en la limitación en la actividad y la intensidad del dolor.
	Posadzki et al. (2011)	Revisión bibliográfica: Evidencia que apoya la eficacia del Pilates en el tratamiento del dolor en la espalda baja.

2.3.5 El Método Pilates en relación a la rehabilitación.

Otros estudios han evaluado la repercusión del Método Pilates en el ámbito de la rehabilitación (Tabla 5). En este sentido, Levine (2007) aplicó el Método Pilates a sus pacientes antes y después de una artroplastia de rodilla y cadera. El resultado de este trabajo fue una disminución de 9,7 a 5,3 días de estancia en el hospital (Levine et al. 2007). El tratamiento pre-operatorio dependía de la dolencia de cada paciente y el tratamiento post operatorio tuvo una duración de dos semanas a tres meses (1ª etapa), de tres meses a seis meses (2ª etapa) y más de seis meses (3ª etapa), y los ejercicios fueron realizados teniendo en cuenta las recomendaciones dadas por el cirujano, y modificándose por la seguridad de cada paciente. Los objetivos de rehabilitación para cada etapa pretendían, por un lado lograr la estabilidad y fuerza del paciente; en una segunda etapa, aumentar la amplitud del movimiento, mayor flexibilidad y resistencia; para finalizar con una tercera etapa donde se persiguió que el paciente lograra equilibrarse y caminar con la máxima amplitud de movimiento. Los resultados de la investigación fueron satisfactorios demostrando que el Método Pilates puede ser una alternativa válida y segura para ser aplicada en el tratamiento de pre y post operatorio, ya que la recuperación es más rápida, reduciéndose la estancia hospitalaria de manera significativa.

Para finalizar esta revisión cabría señalar otros estudios que han evaluado la repercusión del Método Pilates en el ámbito de la recuperación de secuelas vinculadas a otras enfermedades (Tabla 5). En este sentido, estudios como el de Keays y colaboradores (2008) han examinado los efectos del Método Pilates en mujeres que padecían cáncer de mama, con pérdida de movilidad articular debido a la cirugía. Observaron que un programa de Pilates de cuatro semanas de duración, incrementaba el rango de movilidad del hombro (Keays et al. 2008). A su vez, propusieron seguir investigando no solo en los efectos de movilidad, sino la implicación que tiene este tipo de método sobre la función psicológica del sujeto. Igualmente, White y Mayston (2008) estudiaron los efectos del Método Pilates sobre la esclerosis múltiple. Para este estudio se reclutaron a doce pacientes, mayores de 18 años con un promedio de 49 años de edad, de los cuales diez siguieron el tratamiento con los ejercicios del Método Pilates, y solo ocho completaron los seguimientos de las mediciones. Las directrices fueron caminar más de 20 metros con y sin ayuda, ser capaz de permanecer independiente por más de 2 minutos y por último ser capaz de subir y bajarse del suelo con un mínimo de asistencia. Las sesiones tuvieron una duración de un mes y medio completando doce clases de una hora cada sesión. Los resultados de este estudio mostraron que las personas con esclerosis múltiple son capaces de realizar las clases de Pilates en grupo sin efectos perjudiciales (White y Mayton 2008). Además, hubo un alto nivel de adhesión y de participación al programa de Pilates, alentado por una mayor independencia.

Tabla 5: Resumen de los autores que han investigado sobre los beneficios de Pilates en rehabilitación y poblaciones especiales con algún tipo de enfermedad.

LINEA INVESTIGADORA	CITA	RESULTADOS
REHABILITACIÓN	Levine et al. (2007)	Disminución de los días de recuperación post- operatorios.
POBLACIONESE ESPECIALES CON ALGÚN TIPO DE ENFERMEDAD	White y Mayton (2008)	Personas con Esclerosis Múltiple son capaces de asistir a clases de Pilates. Alto nivel de adhesión al programa de Pilates
	Keays et al. (2008)	En mujeres operadas de cáncer de pecho. Incremento del rango de movilidad del hombro: Efecto positivo discreto en la mejora de la abducción y rotación externa del hombro.

2.4 El Método Pilates según la “Escuela Universal Pilates”.

La Escuela Universal Pilates es una escuela de formación de técnicos y profesionales del Método Pilates, miembro de la PMA que presenta un programa sistemático de enseñanza donde la precisión y la claridad son claves para la educación y comprensión del método. Se fundamenta en el principio de que mente y cuerpo están íntimamente relacionados y de su armonía deriva una vida sana, feliz y equilibrada. El programa de la Escuela Universal enfatiza especialmente el uso terapéutico y preventivo, guiando al alumno de forma sencilla para conseguir el máximo rendimiento posible de sus capacidades.

El Programa de ejercicios está basado en el trabajo original de Joseph Hubertus Pilates, abarcando todos los aparatos y el trabajo en Mat como un todo. El método enfatiza en el análisis corporal de cada persona para ajustar el diseño a un programa personalizado.

2.4.1 Principios Fundamentales según “Universal Pilates”:

- Respiración
- Estabilización
- Organización del cinturón escapular
- Alineación
- Articulación de columna
- Fluidez y control del movimiento

2.4.2 Ejercicios Básicos según la escuela “Universal Pilates”:

La “Escuela Universal Pilates” organiza la siguiente secuencia de ejercicios dentro de una clase de Pilates Moderno:

a) Esencias (Tabla 6): Combinación de movimientos básicos y sencillos que facilitan la comprensión de los objetivos y focos que se buscan durante la ejecución de los ejercicios. Cada movimiento esencial ayuda a aislar y a focalizar mejor durante el desarrollo de la sesión, haciendo que la persona tome conciencia corporal y establezca hacia la línea media durante la ejecución de los ejercicios (System Pilates Universal: MAT, 2008).

Tabla 6: Ejercicios iniciales de Pilates denominados "Esencias"

ESENCIAS	
RESPIRACION TRIDIMENSIONAL	
ELONGACION Y FLEXIBILIZACIÓN CERVICAL	
ORGANIZACIÓN ESCAPULAR	
BASCULACIONES PÉLVICAS	

DESPLAZAMIENTOS DE PIERNAS		
ARCOS DE FEMUR		
TWIST SUPINO		
BRIDGE (PUENTE)		
ELONGACIÓN LATERAL		

<p>ARROW (FLECHA)</p>	
<p>CAT (GATO)</p>	
<p>SIDE CAT</p>	
<p>C SHAPE (HALF ROLL DOWN)</p>	

<p><i>TWIST (GIRO)</i></p>	
----------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

b) *Mat 1*. Serie de ejercicios que se realizan sobre una colchoneta, siguiendo el orden consecutivo que se expone en la Tabla 7. El número 1 determina el nivel de los ejercicios, que en este caso es el inicial o básico que se incluyó en nuestra investigación.

Tabla 7: Ejercicios iniciales de Pilates en colchoneta denominados "Mat 1"

<i>MAT 1</i>	
<p><i>HUNDRED</i></p>	

<p>HALF ROLL DOWN</p>		
<p>ONE LEG CIRCLE</p>		
<p>ROLLING LIKE A BALL</p>		
<p>SINGLE LEG STRETCH</p>		
<p>DOUBLE LEG STRETCH</p>		

<p>SPINE STRETCH FORWARD</p>		
-------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

c) *Studio 1*. Serie de ejercicios que se realizan sobre una máquina llamada "Reformer Universal", siguiendo el orden expuesto en la Tabla 5. Este programa atiende al principio de fluidez. El número 1 determina el nivel de los ejercicios que en este caso es el inicial o básico. También se pueden usar otros aparatos durante la clase como son el "Cadillac" y la "High Chair", pero en este estudio no fueron utilizados. La parte final de la clase termina con una serie de ejercicios en la pared llamados "Wall" y que también forman parte del *Studio 1*.

Tabla 5: Ejercicios iniciales en reformer universal y pared llamados "Studio 1"

<p>STUDIO 1</p>		
<p>FOOTWORK (TOES, ARCHES,HEELS)</p>		
<p>FOOTWORK TENDON STRETCH</p>		

<p>ARM WORK: UP&DOWN</p>	
<p>ARM WORK: CIRCLES</p>	
<p>ARM WORK: TRICEPS</p>	
<p>HUNDRED</p>	
<p>LEG CIRCLES & FROG:FROG</p>	

<p>LEG CIRCLES & FROG: LOWER LIFT</p>		
<p>LEG CIRCLES & FROG: CIRCLES</p>		
<p>STOMACH MASSAGE SERIES: ROUND</p>		
<p>STOMACH MASSAGE SERIES: STRAIGHT</p>		

<p>STOMACH MASSAGE SERIES: STRETCH FORWARD</p>		
<p>SHORT BOX SERIES: ROUND</p>		
<p>SHORT BOX SERIES: STRAIGHT</p>		
<p>SHORT BOX SERIES: TWIST</p>		

<p>SHORT BOX SERIES: HALF TREE</p>	
<p>KNEE STRETCHES SERIES: ROUND</p>	
<p>KNEE STRETCHES SERIES: STRAIGHT</p>	
<p>ELEPHANT</p>	

<p><i>RUNNING</i></p>	
<p><i>PELVIC LIFT</i></p>	
<p>WALL</p>	
<p><i>ARM CIRCLES</i></p>	
<p><i>ROLL DOWN</i></p>	

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Las hipótesis que orientan el trabajo de investigación de esta tesis son:

1. La práctica del Método Pilates en al menos 2 días por semana inducirá un mayor desarrollo del músculo transverso abdominal, contribuyendo a una mayor capacidad para tensar la fascia toracolumbar.
2. La práctica del Método Pilates en al menos 2 días por semana mejorará el desarrollo muscular de otros músculos de la pared anterolateral del abdomen.
3. Los cambios morfológicos en la musculatura estabilizadora de la zona lumbopélvica podrán alcanzarse tras 9 meses de práctica regular.

Los objetivos planteados en la presente tesis son:

- Determinar los efectos de un programa estandarizado del Método Pilates en el volumen del recto abdominal (RA), oblicuos y transverso abdominal (OT) en mujeres sanas sedentarias.
- Determinar si existen asimetrías en la musculatura anterolateral del abdomen y evaluar los efectos de un programa estandarizado del Método Pilates sobre la asimetría preexistente.

METODOLOGÍA

4. METODOLOGÍA

4.1 Muestra.

En este estudio participaron 12 mujeres sanas, con una edad comprendida entre 26 y 41 años, y una edad media \pm desviación estándar (SD) de 35.7 ± 5.4 años (Tabla 9).

Todas las participantes incluidas en este estudio cumplieron una serie de requisitos, entre los que se destacan, ser sedentarios, no haber realizado ningún tipo de ejercicio físico en los cinco años anteriores al estudio y no haber practicado nunca Pilates. Otros requerimientos adicionales fueron: no estar embarazada, no padecer ninguna enfermedad crónica, ni enfermedades músculo-esqueléticas, ni fracturas de huesos. Todos fueron informados de los beneficios y riesgos del estudio, y firmaron su consentimiento antes de comenzar. Además, los participantes fueron informados de la posibilidad de ser excluidos del estudio si faltaban a más de una sesión de entrenamiento cada cuatro semanas. De este modo, entre la semana 12 y 16, tres sujetos fueron excluidos del estudio por esta razón. Esta investigación fue aprobada por el Comité de Bioética de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Tabla 9: Características Físicas del grupo de mujeres de Pilates, longitud total del recto abdominal y oblicuos-transverso considerados conjuntamente (OT), desde la sínfisis del pubis hasta el espacio intervertebral situado entre la L1 y L2 (media \pm SD)

	Antes	Después	
Edad (años)	35.7 \pm 5.4	36.4 \pm 5.4	P<0.001
Altura (cm)	164.1 \pm 5.6	164.3 \pm 5.5	P=0.19
Masa Corporal (Kg)	66.7 \pm 7.5	66.5 \pm 7.8	P=0.54
BMI (Kg/m²)	24.8 \pm 2.6	24.7 \pm 2.7	P=0.36
Grasa Corporal Total (%)	34.6 \pm 2.1	36.7 \pm 4.0	P=0.22
Recto Abdominal (RA): longitud (cm)	19.5 \pm 3.1	19.5 \pm 2.9	P=0.98
Oblicuos y Transverso (OT): longitud (cm)	17.1 \pm 4.3	17.1 \pm 4.3	P=0.50

Los sujetos participaron en un programa de entrenamiento estandarizado de Pilates Moderno de la Escuela Universal Pilates, durante un total de 36 semanas, dos veces a la semana, con una duración de 55 min por sesión (Tabla 10). Los ejercicios se realizaron en Mat y Reformer. Para todos los ejercicios realizados con el Reformer se pusieron 2 muelles rojos, excepto en el trabajo de footwork en el que se puso además un muelle verde. Todas las sesiones se realizaron en grupos de cuatro o menos personas, que siempre entrenaban juntas, a la misma hora del día y con el mismo instructor de Pilates. En el estudio, participaron dos instructores diferentes de Pilates (certificados por Pilates Method Alliance) que siguieron la misma estructura de protocolo durante las sesiones de ejercicio tal y como se indica en la tabla 10. Se midió la actividad física realizada aparte del entrenamiento de Pilates con el Minnesota Leisure Time Physical Activity Questionnaire (MLTPAQ) que ha sido validado en mujeres españolas (Elosua et al. 2000). Los resultados del gasto energético total semanal no mostró cambios significativos (68.6 ± 48.3 vs. 57.5 ± 35.7 METs/h por semana, $P=0.38$), antes y después del entrenamiento de Pilates, respectivamente.

Tabla 10: Protocolo de ejercicios del programa de Pilates durante las 36 semanas de entrenamiento.

Etapa 1 (semanas 1-12)			Etapa 2 (semanas 12-24)			Etapa 3 (semanas 24-36)		
Ejercicio	Reps	Tiempo (min)	Ejercicio	Reps	Tiempo (min)	Ejercicio	Reps	Tiempo (min)
ESENCIAS								
Respiración Tridimensional	3-4	10-15	Mismos ejercicios y repeticiones que en la etapa 1	10	Mismos ejercicios y repeticiones que en la etapa 1	5		
Elongación y flexibilización cervical	5-10							
Organización escapular								
Basculaciones pélvicas								
Deslizamiento de piernas								
Arcos de fémur								
<i>Twist</i> supino								
<i>Bridge</i> o puente								
Elongación lateral								
<i>Arrow</i> o flecha								
<i>Cat</i> o gato								
<i>Side Cat</i>								
<i>C-Shape</i>								
<i>Twist</i> o giro								
MAT 1								
<i>Hundred</i>	5-10	10-15	Mismos ejercicios y repeticiones que en la etapa 1	10-15	Mismos ejercicios y repeticiones que en la etapa 2	15		
<i>Half Roll Down</i>	3-5							
<i>Single leg stretch</i>	5-10							
<i>Double Straight Leg Stretch</i>								
<i>Spine stretch forward</i>	3-5							
			<i>One leg circle</i>	5				
			<i>Rolling like a ball</i>	5-10				
REFORMER 1								
<i>Footwork</i>	5-10	20-25	Mismos ejercicios y repeticiones que en la etapa 1	30-35	Mismos ejercicios y repeticiones que en la etapa 2	30-35		
<i>Armwork</i>	4-8							
<i>Hundred</i>	5-10							
<i>Leg circles & Frog</i>								
			<i>Stomach Massage Series</i>	5-10				
			<i>Short Box Series</i>	4-8				
			<i>Knee Stretches Series</i>	5-10				
			<i>Elephant</i>	3-6				
			<i>Running</i>	20				
			<i>Pelvic Lift</i>	5-10				
WALL								
<i>Arm circles</i>	5-10	5	Mismos ejercicios y repeticiones que en la etapa 1	5	Mismos ejercicios y repeticiones que en la etapa 1	5		
<i>Roll down</i>	2-3							

4.2 Análisis de la composición corporal.

El porcentaje total de grasa corporal se determinó mediante absorciometría fotónica dual de rayos X (DXA) (QDR-1500, Hologic Corp., Software versión 7.10, Waltham, MA). El equipo DXA se calibró según las especificaciones del fabricante, mediante fantoma de columna lumbar. Los sujetos fueron escaneados en posición supina en el modo de máxima resolución.

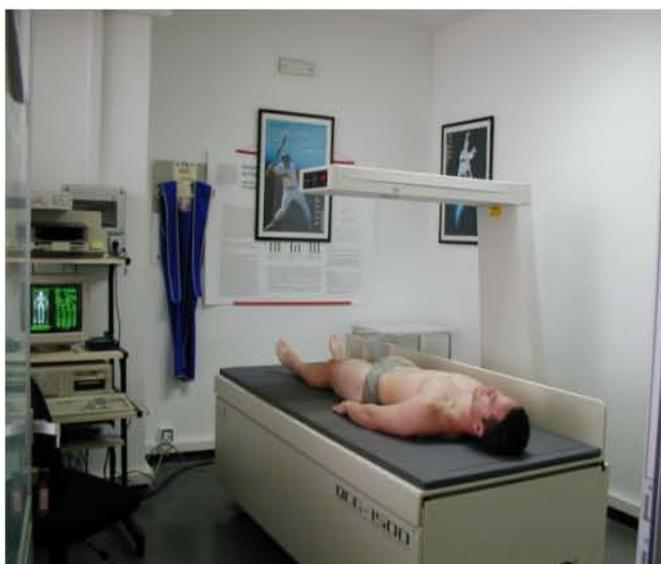


Figura 3: Fotografía de una exploración Whole Body (cuerpo entero) mediante absorciometría fotónica dual de rayos X. A partir de esta exploración se determinó el porcentaje total de grasa corporal.

4.3 Imagen por Resonancia Magnética.

Se usó la resonancia magnética (RMI) para determinar el área transversal del músculo (CSA) antes y después del entrenamiento, el volumen muscular del recto abdominal (RA) y de los oblicuos y transverso abdominal (OT) en el lado derecho e izquierdo. Todos los participantes eran diestros. En este trabajo, el lado dominante de OT y RA corresponde al mismo lado del brazo dominante.

Para estimar el volumen de dichos músculos, se usó la prueba de resonancia magnética de 1.5 T MRI (Philips Achieva 1.5 Tesla system, Philips Healthcare, Best, The Netherlands) que realizó cortes axiales contiguos de 8 mm del tronco, el abdomen y la pelvis, con una separación "interslice" del 25%. Se obtuvo también los localizadores sagital, coronal y transversal para determinar con precisión los sitios anatómicos para la adquisición de la imagen. Las imágenes transversales de RMI en reposo (en apnea después de la espiración) se obtuvieron de manera perpendicular a la pared abdominal anterior. Se utilizaron las imágenes axiales de gradiente en T1 con un tiempo de repetición de 132 ms y un tiempo de eco de 4,2 ms, flip-ángulo de 80° con 42 cm² de campo de visión y una matriz de 256x256 píxeles (en el plano espacial de resolución de 1,64 mmx1,64 mm). Se utilizó una bobina de fase matriz para envolver la zona explorada del sujeto. El tiempo de adquisición total fue de unos 20 segundos, que está dentro de la tolerancia de apnea de todos los sujetos.

Las imágenes obtenidas de resonancia magnética fueron transferidas a un ordenador para su reconstrucción digital y para determinar la CSA y el volumen muscular. El volumen del oblicuo y el transverso del abdomen (OT, analizados conjuntamente) y el recto abdominal (RA) se calculó a partir del disco intervertebral de la L1-L2 a S5. Todos los cálculos fueron realizados por el mismo investigador, que desconocía la dominancia del brazo, utilizando un software de análisis de imagen especialmente diseñado (4,3 Slice Omatic, Tomovision Inc., Montreal, Canadá), tal como se describe en el artículo de Lee (Lee et al. 2000). Se seleccionó un umbral para los tejidos adiposos y magros que se apoyan en los histogramas de imagen de nivel básico de pixel gris, para identificar el área de tejido, y los límites de tejidos fueron trazados manualmente (Lee et al. 2000).

Se midió el volumen total (V_{total}) de OT y RA en cada sujeto. Para determinar los límites de cada segmento de los discos intervertebrales se usó el segmento proximal de las vértebras. A continuación, el volumen de cada segmento se calculó utilizando los mismos procedimientos descritos para calcular el volumen total (V_{total}). El grado de asimetría se obtuvo mediante el cálculo de la relación entre el volumen del lado dominante y no dominante $(((\text{No dominante} - \text{volumen dominante}) \times 100) / \text{Volumen dominante})$. El grado de hipertrofia se obtuvo restando el volumen del músculo antes del entrenamiento respecto del volumen del músculo al final del programa de entrenamiento. Para determinar el coeficiente de variación del análisis del volumen del RA, se calcularon 2 veces 30-40 slices en todos los sujetos, con al menos 2 semanas de diferencia. El coeficiente de variación intraobservador del volumen muscular del RA fue de un 1,6%.

4.4 Análisis Estadístico.

Como estadísticos descriptivos se presentan los valores de la media y la desviación estándar, excepto para las figuras de barras, para las cuales se usaron los valores de la media y el error estándar de la media. Las comparaciones se realizaron con el Student t-Test ajustado para comparaciones múltiples, utilizando el método de Bonferroni-Holm. Las diferencias significativas fueron asumidas cuando $P < 0,05$.

RESULTADOS

5. RESULTADOS

Las características físicas y la longitud total de OT y RA se resumen en la tabla 9. No se observaron diferencias significativas en la altura, masa corporal y porcentaje de masa corporal total antes y después del entrenamiento de Pilates. La longitud total de OT y RA, fueron similares antes y después del programa de entrenamiento.

5.1 Asimetrías musculares.

Antes del entrenamiento de Pilates, el volumen total del lado no dominante de OT fue un 8% mayor en comparación con el lado dominante ($P < 0.01$). Después del entrenamiento de Pilates ambos lados tuvieron volúmenes similares (diferencia entre ambos lados: 2%, $P = 0.43$). El grado de asimetría en el RA fue similar antes y después del entrenamiento de Pilates (diferencia entre ambos lados: 2 y 1%, $P = 0.51$ y $P = 0.81$, respectivamente).

5.2 Hipertrofia Muscular después del entrenamiento de Pilates.

5.2.1 Oblicuos y Transverso Abdominal.

El volumen muscular del lado dominante de OT aumentó en un 8% después del entrenamiento de Pilates ($P < 0.05$) (Figura 4), mientras que el volumen muscular del lado no dominante de OT no fue significativamente mayor (+2%, $P = 0.58$). En consecuencia, la diferencia entre ambos lados respecto a la asimetría de OT mostró una tendencia a ser mayor antes que después del entrenamiento de Pilates (Figura 5).

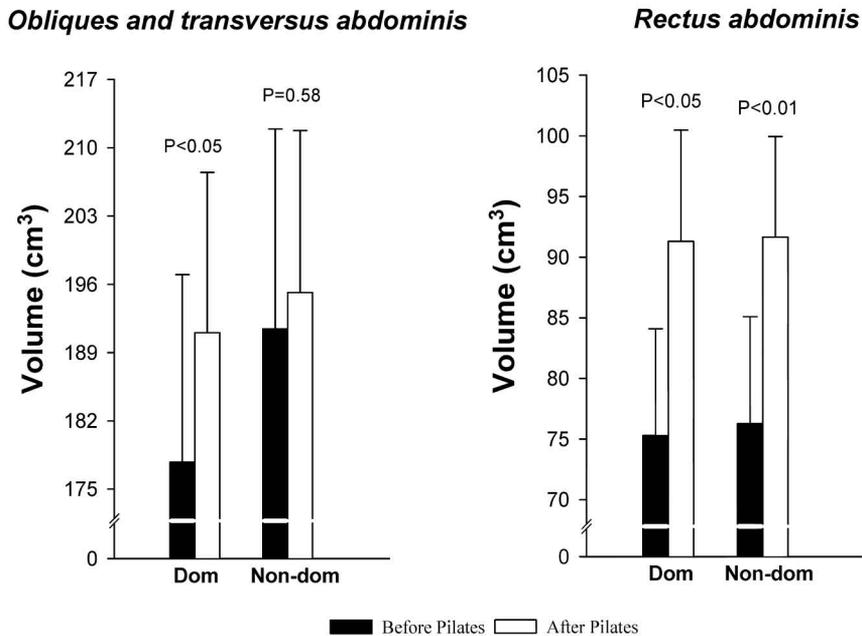


Figura 4: Diferencia de volúmenes entre el lado dominante y no dominante de los oblicuos y transversos abdominales considerados conjuntamente y del recto abdominal.

5.2.2 Recto Abdominal.

El volumen total del recto abdominal (ambos lados analizados conjuntamente) aumentó en un 21% después del entrenamiento de Pilates ($P < 0.05$). El volumen muscular del lado dominante y no dominante de RA aumentó un 21% ($P < 0.05$) y un 20% ($P < 0.01$), respectivamente, después del programa de ejercicios de Pilates (Figura 4).

Obliques and transversus abdominis

Rectus abdominis

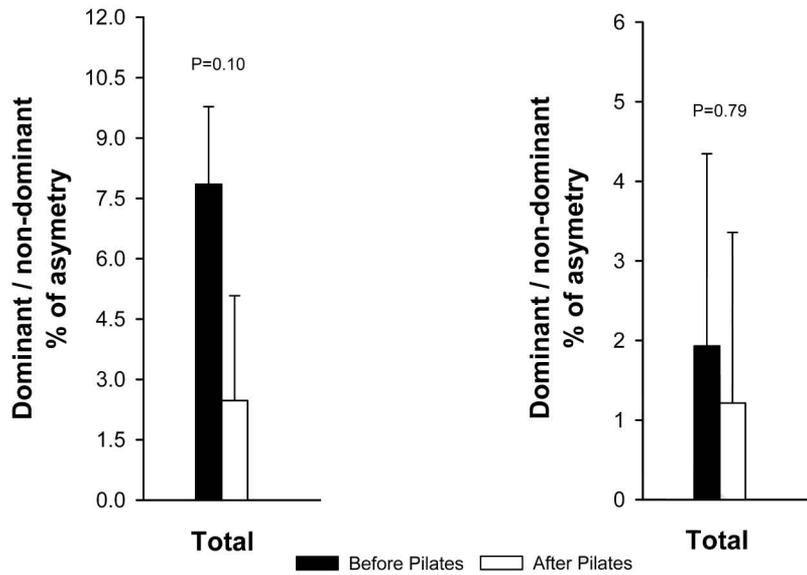


Figura 5: Porcentaje total de asimetría encontrada entre el lado dominante y no dominante de los oblicuos y transversos abdominales considerados conjuntamente y del recto abdominal, antes y después del entrenamiento de Pilates.

DISCUSIÓN

6. DISCUSIÓN

Este trabajo es el primer estudio que demuestra que el Pilates Moderno produce una marcada hipertrofia de los músculos de la pared abdominal, más acentuada en el recto abdominal (RA) que en los oblicuos y transverso abdominal (OT). Interesantemente, el Método Pilates corrigió las asimetrías preexistentes en los músculos abdominales en las mujeres sedentarias.

El Recto abdominal (RA) es considerado el principal responsable de la flexión del tronco (Norris 1993). Nuestro estudio demuestra por primera vez que la relación lateral en el volumen total y segmentario del RA en mujeres sanas sedentarias es similar al descrito en la bibliografía encontrada en hombres (Sanchis-Moysi et al. 2010). El efecto del ejercicio sobre el volumen del RA sólo ha sido estudiado en hombres atletas que han sido comparados con hombres sedentarios en un grupo control (Sanchis-Moysi et al. 2010; Idoate et al. 2011). Por lo tanto, es el primer estudio experimental que analiza los efectos del entrenamiento en el volumen total del principal músculo de la pared abdominal. El grado de hipertrofia del RA inducido por Pilates en nuestras mujeres sedentarias sanas (21%) es comparable con el aumento del 26% del volumen muscular del RA observado en el fútbol profesional masculino y los jugadores de tenis, en comparación con sus respectivos grupos de control sedentarios (Idoate et al. 2011).

La flexión del tronco es una acción repetida en el moderno Método Pilates, que se realiza de forma concéntrica y excéntrica, junto con contracciones isométricas para mantener el tronco estable mientras se mueven las extremidades. Además, son también comunes los movimientos lentos y muy lentos de flexión del tronco, tanto concéntricos como excéntricos (Primal Pictures 2008). Las contracciones isométricas y excéntricas pueden provocar una hipertrofia muscular importante (Hather et al. 1991; Defreitas et al. 2011). Esto último, combinado con el hecho de que las participantes eran sedentarias y nunca han practicado ningún tipo de actividad física regular, puede haber facilitado este notable aumento del volumen del RA después del entrenamiento de Pilates (Wernborn et al. 2007). Queda por determinar si la hipertrofia del músculo RA podría haber ocurrido antes en el tiempo (Defreitas et al. 2011), y con qué frecuencia se debe practicar Pilates para mantener este nivel de hipertrofia.

El presente estudio demuestra que el programa de entrenamiento de Pilates no aumenta el volumen total de OT (considerando ambos lados conjuntamente, 7%, NS). Este resultado sugiere que las cargas impuestas al OT durante los ejercicios de Pilates, no fueron un estímulo suficiente como para provocar una hipertrofia muscular significativa. Un objetivo importante del Método Pilates es mejorar el control neuromuscular de los músculos abdominales (Friedman y Eisen 1980). Para cumplir con este objetivo, se realizan movimientos en diagonal y en espiral del tronco, normalmente a una velocidad muy baja y, principalmente, por medio de contracciones

concéntricas (Latey 2002; Primal Pictures 2008). Además, el Pilates Moderno enfatiza en el fortalecimiento de los músculos oblicuos y transversos del abdomen por medio del "imprint" y el trabajo drawing-in (adentro y arriba) del abdomen, que son movimientos básicos en todos los ejercicios de Pilates (Rydeard et al. 2006; Loss et al. 2010; Critchley et al. 2011). A pesar de esto, los efectos del entrenamiento de Pilates sobre el OT fueron más acentuados en el lado dominante, el cual tenía un volumen menor antes de empezar el entrenamiento de Pilates.

Uno de los hallazgos más importantes de este estudio es que el programa de ejercicios de Pilates compensó la asimetría existente (8%) entre lado dominante y no dominante al inicio del entrenamiento. La alineación postural es uno de los objetivos principales del Pilates Moderno (Latey 2002). Durante los ejercicios de Pilates, la relativa simetría de los movimientos es normalmente evaluada por el instructor, que se coloca al lado del participante y ofrece información de la calidad del movimiento (Loss et al. 2010). En un interesante estudio, Loss y col. (Loss et al. 2010), analizaron la actividad de los oblicuos externos con electromiografía en mujeres adultas sanas (durante 6 meses de entrenamiento de Pilates), con movimientos simétricos de extensión y flexión de la cadera, con las rodillas extendidas y el uso de diversas sobrecargas mecánicas externas utilizando un aparato específico del Método Pilates llamado Cadillac. El estudio mostró que la actividad del músculo oblicuo externo derecho varió con las diferentes sobrecargas en la fase de extensión, mientras que el lado izquierdo mantiene una actividad similar (Loss et al. 2010). La activación asimétrica de OT podría explicar la mayor hipertrofia del lado dominante observado en el presente estudio.

Los estudios que han utilizado la electromiografía y la ecografía como elemento de evaluación de los ejercicios de Pilates han observado una activación en torno al 25% de la máxima contracción voluntaria (MVC) para los oblicuos internos y el transversos del abdomen (Endleman y Duncan 2008) y un 20-45% de máxima contracción voluntaria (MVC) para los oblicuos externos (Loss et al. 2010; Queiroz et al. 2010). Se ha sugerido que los niveles de activación por debajo del 40% de la MVC para los músculos abdominales, puede no ser suficiente para el fortalecimiento muscular en sujetos sanos (Souza 2001). Sin embargo, el Método Pilates ha demostrado ser eficaz en la mejora de la fuerza abdominal (Emery et al. 2010). Además, Critchley y col. (Critchley et al. 2011), utilizando la técnica de ultrasonido, recientemente mostraron que la activación del transversos del abdomen aumentó después de un programa de ejercicios de Pilates Mat sin supervisión sólo cuando se realizan ejercicios de Pilates, pero no en otras actividades diarias (en decúbito supino, en reposo, de pie y sentado) (Critchley et al. 2011).

Posiblemente, el menor volumen muscular de OT observado en el lado dominante en comparación con el lado no dominante en mujeres sanas podría explicarse en las diferencias de activación de ambos lados observadas en los estudios con electromiografía (EMG) durante

los movimientos simétricos (Kanehisa et al. 1994). Nuestro estudio indica que el Pilates es un estímulo suficiente y adecuado para restablecer la simetría en los músculos abdominales. Sin embargo, queda por determinar si se producirían efectos similares en atletas que participan en deportes asimétricos como el tenis (Sanchis-Moysi et al. 2010), el cricket (Hides et al. 2008), la liga australiana de fútbol (Hides et al. 2010), el fútbol (Idoate et al. 2011) o jugar al golf (Dorado et al. 2002). Existen muchos artículos que corroboran las funciones de los músculos abdominales como un sistema de estabilidad operativa para proteger la columna vertebral de una posible lesión (Tesh et al. 1987; Hodges et al. 2005; Hides et al. 2010). El dolor lumbar es uno de los problemas más comunes del aparato locomotor en la sociedad moderna (Egle et al. 2008). Hay alguna evidencia que apoya la eficacia del Pilates en el tratamiento del dolor lumbar (Posadzki et al. 2011). El conocimiento de las adaptaciones morfológicas inducida por diferentes tipos de métodos de entrenamiento es muy útil para diseñar programas de entrenamiento más específicos para la prevención de lesiones y el rendimiento deportivo (Hodges et al. 2005). Por otro lado, en los estudios realizados con animales (Hodges et al. 2003) y con humanos (Hides et al. 2008; Clark et al. 2009), se ha observado que este mecanismo de protección de la columna vertebral es eficaz cuando la acción es simétrica en los dos lados. Nuestro estudio demuestra que el Pilates Moderno compensa la natural asimetría bilateral de OT en mujeres sanas sedentarias, y por lo tanto, podría ser un método eficaz para prevenir las lesiones de la espalda baja.

CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES

En conclusión, este estudio revela la existencia de asimetrías en los volúmenes de los músculos de la pared abdominal en la mujer sana sedentaria. Además, este trabajo ha demostrado que el Pilates Moderno, realizado dos veces por semana durante 9 meses, provoca la hipertrofia muscular de los músculos de la pared abdominal, en particular del recto abdominal y elimina las asimetrías preexistentes. Por lo tanto, el Pilates Moderno puede ser recomendado como un método eficaz para reforzar los músculos de la pared abdominal y para compensar las asimetrías preexistentes en mujeres sanas sedentarias.

REFERENCIAS

8. REFERENCIAS

Adamany, K. and Loigerot, D. Pilates: una guía para la mejora del rendimiento Paidotribo, (2006) Barcelona

Altan, LK; Bongol, Ü and Gunay, B. Effect of Pilates Training on People With Fibromyalgia Syndrome: A Pilot Study. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, (2009)/ 90 (12): 1983-1988

Anderson, B. Muestra clínica aleatorizada comparando técnicas activas frente a técnicas pasivas en el tratamiento de dolor de espalda baja crónico y recurrente. University of Miami (2005)

Austin, D. Pilates para todos. Ediciones Tutor (2004)

Bernardo, LM. The effectiveness of Pilates training in healthy adults: An appraisal of the research literature. Journal of Bodywork and Movement Therapies, (2007) /275-282

Borghuis, AJ; Lemmink, KA and Hof, AL. Core Muscle Response Times and Postural Reactions in Soccer Players and Non-Players. Med Sci Sports Exerc (2011)/43(1): 108-114

Caldwell, K; Harrison, M; Adams, M; Triplett, T. Effects of Pilates and taiji quan training on self-efficacy, sleep quality, mood, and physical performance of college students. J Body Mov Ther in press (2008)

Clark, BC; Walkowski, S; Conatser, RR; Eland, DC; Howell, JN. Muscle functional magnetic resonance imaging and acute low back pain: a pilot study to characterize lumbar muscle activity asymmetries and examine the effects of osteopathic manipulative treatment. Osteopath Med Prim Care(2009)/37

Cole, MH and Grimshaw, PN. Electromyography of the trunk and abdominal muscles in golfers with and without low back pain. J Sci Med Sport (2008)/11(2): 174-181

Critchley, DJ; Pierson, Z and Battersby, G. Effect of pilates mat exercises and conventional exercise programmes on transversus abdominis and obliquus internus abdominis activity: pilot randomised trial. Man Ther, (2011)/16(2): 183-189

Cruz-Ferreira, AIC; Pereira, CL; Fernandes, JA. Effects Of Three Months Of Pilates-based Exercise In Women On Body Composition. Medicine & Science in Sports & Exercise, (2009)/41(5) Supplement 1: 16-17

Culligan, P; Priestley, J and Delvecchio, D. A randomized clinical trial comparing pelvic floor muscle training to a Pilates exercise program for improving pelvic muscle strength. The International Urogynecological Association (2010) /21: 401-408

Curnow, D; Cobbin, D; Wyndham, J and Boris Choy, ST. Altered motor control, posture and the Pilates method of exercise prescription. Journal of Bodywork and Movement Therapies, (2009) /13(1): 104-111

Defreitas, JM; Beck, TW; Stock, MS; Dillon, MA and Kasishke, PR. An examination of the time course of training-induced skeletal muscle hypertrophy. Eur J Appl Physiol, (2011)

Donzelli, S; Di Domenica, E; Cova, A; Galletti, R and Giunta, N. Two different techniques in the rehabilitation treatment of low back pain: a randomized controlled trial. Eura Medicophys, (2006) /42(3): 205-210

Dorado, C; Sanchis Moysi, J; Vicente, G; Serrano, JA,; Rodriguez, LG and Calbet, JA. Bone mass, bone mineral density and muscle mass in professional golfers. J Sports Sci , (2002)/20(8): 591-597

Dorado García, C; Calbet, J; López Gordillo, AM; Alayón Hernández, S and Sanchís-Moysi, J. Effects of Pilates on the abdominal muscles: a longitudinal MRI study. Medicine & Science in Sports & Exercise, Publish Ahead of Print, DOI: 101249/MSS0b013e31824fb6ae (2012)

Dunleavy, K. Pilates fitness continuum: post-rehabilitation and prevention Pilates fitness programs. Rehab Manag. (2010)/23(9):10: 2-5

Egle, UT and Nickel, R. Chronic low back pain as a somatoform pain disorder. Orthopade, (2008)/37(4): 280-284

Elosua, R; Garcia, M; Aguilar, A; Molina, L; Covas, MI and Marrugat, J. Validation of the Minnesota Leisure Time Physical Activity Questionnaire In Spanish Women. Medicine and science in sports and exercise, (2000)/ 32(8): 1431-1437

Elliott, B. Biomechanics and tennis. Br J Sports Med (2006)/40(5): 392-396

Emery, K; De Serres, SJ; McMillan, A and Cote, JN. The effects of a Pilates training program on arm-trunk posture and movement. Clin Biomech (Bristol, Avon) (2010)/25(2): 124-130

Endleman, I and Duncan, J. Transversus Abdominis and Obliquus Internus Activity During Pilates Exercises: Measurements with Ultrasound Scanning. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, (2008) /89: 2205-2212

Estenne, M; Pinet, C and De Troyer, A. Abdominal muscle strength in patients with tetraplegia. *American journal of respiratory and critical care medicine* (2000) /161(3 Pt1): 707-712

Fernández Rodríguez, E; Santana Pérez, F; Merino Marban, R. JOSEPH HUBERTUS PILATES; ANATOMÍA DE UN GIGANTE OLVIDADO. *Trances: Revista de transmisión del conocimiento educativo y la salud* (2011) /3(3): 353-378

Friedman, P and Eisen, G. *The Pilates Method of Mental and Physical Conditioning*. Conditioning Doubleday and Company, New York (1980)

Futter, CM; Weiler-Mithoff, E; Hagen, S; Van de Sijpe, K; Coorevits, PL; Litherland, JC; Webster, MH; Hamdi, M and Blondeel, PN. Do pre-operative abdominal exercises prevent post-operative donor site complications for women undergoing DIEP flap breast reconstruction? A two-centre, prospective randomised controlled trial. *British journal of plastic surgery* (2003) /56(7): 674-683

Gallagher SaK, R. *The Pilates method of body conditioning*. Brain Bridge Books, (1999) Philadelphia

García, T. Efecto de la práctica del Método pilates: beneficios en estado de Salud, aspectos físicos y comportamentales. Universidad Castilla La Mancha, (2009) Toledo

Guedes B; Ali, Samaira; Valim, N; Monteiro, E and Henrique, E. Pilates method in personal autonomy, static balance and quality of life of elderly females. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, (2010) /14: 195-202

Hather, BM; Tesch, PA; Buchanan, P and Dudley, GA. Influence of eccentric actions on skeletal muscle adaptations to resistance training. *Acta Physiol Scand*, (1991)/ 143(2): 177-185

Herrington, L; Davies, R. The influence of Pilates training on the ability to contract the transverses abdominis muscle in asymptomatic individuals. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, (2005) /9: 52-57

Hides, JA; Jull, GA; Richardson, CA. Long-term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)* (2001)/26(11): E243-248

Hides J, Stanton W, Freke M, Wilson S, McMahon S, Richardson C. MRI study of the size, symmetry and function of the trunk muscles among elite cricketers with and without low back pain. *Br J Sports Med* (2008)/42(10): 809-813

Hides, J; Fan, T; Stanton, W; Stanton, P; McMahon, K and Wilson, S. Psoas and quadratus lumborum muscle asymmetry among elite Australian Football League players. *J Sports Med*, (2010)/44(8): 563-567

Hodges, PW and Richardson, CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine (Phila Pa 1976)* (1996)/21(22): 2640-2650

Hodges, P; Kaigle, Holm A; Holm, S; et al. Intervertebral stiffness of the spine is increased by evoked contraction of transversus abdominis and the diaphragm: in vivo porcine studies. *Spine (Phila Pa 1976)*, (2003)/28(23): 2594-2601

Hodges, PW; Eriksson, AE; Shirley, D and Gandevia, SC. Intra-abdominal pressure increases stiffness of the lumbar spine. *J Biomech* (2005)/38(9): 1873-1880

Idoate, F; Calbet, J; Izquierdo, M; Sanchis-Moysi, J. Soccer attenuates the asymmetry of rectus abdominis muscle observed in non-athletes. *J PLoS ONE* (2011)

Isakowitz, R. Pilates: manual completo del método Pilates. Paidotribo, (2009) Barcelona

Jago, R; Jonker, ML; Missaghian, M; Baranowski, T. Effect of 4 weeks of Pilates on the body composition of young girls. *Prev Med* (2006) /42(3): 177-180

Jeon, Young-Nam; Shin, Sang-Keun; Kim, Jin-Kyoung; Kang, Joo-Seong; Kim, Ki-Bong; Park, Jung-Jun; Yang, Jum-Hong. Effects of Pilates Mat Work On Pelvic Floor Muscles And Postpartum Depression In Puerperium Women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, (2009)/41(5) Supplement 1: 531

Jhonson, EG; Larsen, A; Ozawa, H; Wilson, CA; Kennedy, KL. The effects of Pilates-based exercise on dynamic balance in healthy adults. *Journal of Bodywork and Movement Therapy*, (2007) /11 (3): 238-242

Kaesler, DS; Mellifont, RB; Swete ; Kelly, P and Taaffe, DR. A novel balance exercise program for postural stability in older adults a pilot study. *Journal of Bodywork and Movement Therapy*, (2007) /11 (1): 37-43

Kanehisa, H; Ikegawa, S and Fukunaga, T. Comparison of muscle cross-sectional area and strength between untrained women and men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, (1994)/68(2): 148-154

Keays, KS; Harris,SR; Lucyshyn, JM and MacIntyre, DL. Effects of Pilates exercises on shoulder range of motion, pain, mood, and upper-extremity function in women living with breast cancer : a pilot study. *Phys Ther* , (2008)/88(4): 494-510

Kloubec, A. Pilates Exercises for Improvement of Muscle Endurance, Flexibility, Balance and Posture. *J Strength Cond Res* (2005) /24(3): 661-667

Kuo, Yi-Liang; Tully, Elizabeth A; Galea, Mary P. Sagittal Spinal Posture After Pilates-Based Exercise in Healthy Older Adults. *Spine*, (2009) 34(10): 1046-1051

Latey, P. The Pilates method: history and philosophy. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* (2001)/ 5(4): 275-282

Latey, P. Updating the principles of the Pilates method-Part 2. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* (2002) /6(2): 94-101

Levine, B; Kaplanek, B; Scafura, D and Jaffe, WL. Rehabilitation after total hip and knee arthroplasty: a new regimen using Pilates training. *Bulletin of the NYU Hospital for Joint Diseases*, (2007) /65(2): 120-125

Loss , JF; Mel, MO; Rosa, CH; Santos, AB; La Torre, M; Silva, YO Electrical activity of external oblique and multifidus muscles during the hip flexion-extension exercise performed in the Cadillac with different adjustments of springs and individual positions. *Rev Bras Fisioter*, (2010)/14(6): 510-517

Norris, CM. Abdominal muscle training in sport. *Br J Sports Med*, (1993)/27(1): 19-27

Pilates, J. *Your Health*. Presentation Dynamics, NV (USA) (1934)

Pilates, J. *Return to life through controllogy*. Presentation dynamics, NV (USA) (1945)

La Touche, R; Escalante, K; Linares, MT. Treating non-specific chronic low back pain through the Pilates Method. *Journal of Bodywork and Movement Therapy*, (2008)/12: 364-370

Lim, ECW; Chen, YC; Lim, WHW and Quek, JMT. A Retrospective Evaluation of Isotonic Strengthening with Clinical Pilates Exercises on patients with chronic low back pain. *Physiotherapy Singapore*, (2008) / 11 (3): 5-12

Posadzki, P; Lizis, P and Hagner-Derengowska, M. Pilates for low back pain: A systematic review. *Complementary Therapies in Clinical Practice* (2011)/17(2): 85-89

Primal Pictures with Pilates World University. *Anatomy for Pilates*, London, UK (2008)

Quelroz, BC; Cagliari, MF; Amorim, CF and Sacco, IC. Muscle activation during four Pilates core stability exercises in quadruped position. *Arch Phys Med Rehabil*, (2010)/91(1): 86-92

Rydeard, R; Leger, A and Smith, D. Pilates-based therapeutic exercise: effect on subjects with nonspecific chronic low back pain and functional disability: a randomized controlled trial. *J Orthop Sports Phys Ther* , (2006) /36(7): 472-484

Sanchis-Moysi, J; Dorado Garcia, C; Alayon; S and Calbet, JA. Large asymmetric hypertrophy of rectus abdominis muscle in professional tennis players. *PloS one* 5(12): e15858 (2010)

Santana, FJ; Fernández, E and Merino, R. The effects of the pilates method on the strength, flexibility, agility and balance of professional mountain bike cyclist. *Journal of Sport and Health Research*, (2010)/2(1): 41-54

Segal, N; Hein, J and Basford, J. The Effects of Pilates Training on flexibility and Body Composition: An Observational Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* (2004) /85: 1977-1981

Sekendiz, B; Altun, O; Korkusuz, F and Akin, S. Effects of Pilates exercise on trunk strength, endurance and flexibility in sedentary adult females. *J Body Mov Ther*, (2007) /11: 318-326

Shipside, S. *Pilates total: fuerza y equilibrio para la vida diaria*. Ediciones Nowtilus, (2005) Madrid

Siler, B. *El método Pilates*. Oniro, (2002) Barcelona

Siler, B. *Pilates para el cuerpo y la mente*. Oniro, (2006) Barcelona

Siqueira Rodrigues, BG; Ali Cader, S; Bento Torres, NV; Oliveira, EM and Martin Dantas, EH. Pilates method in personal autonomy, static balance and quality of life of elderly females. . J Bodyw Mov Ther (2010) /14(2): 195-202

Smith, K and Smith, E. Integrating Pilates-based core strengthening into older adult fitness programs: Implications for practice. Topics in Geriatric Rehabilitation (2004) /21 (1): 57-67

System Pilates Universal. MAT: Programa de formación. España (2008)

Sofka, C. Transversus Abdominis and Obliquus Internus Activity During Pilates Exercises: Measurement With Ultrasound Scanning. Ultrasound Quarterly, (2009)/25(1): 26-27

Souza, GM; Baker, LL and Powers, CM. Electromyographic activity of selected trunk muscles during dynamic spine stabilization exercises. Arch Phys Med Rehabil, (2001)/82(11): 1551-1557

Tesh, KM; Dunn, JS; Evans, JH. The abdominal muscles and vertebral stability. Spine (Phila Pa 1976) (1987)/12(5): 501-508

Tinoco Fernández, M and Jimenez Martín, M. Bibliographic review of research studies relate to Pilates Method. Scientia (2010)/15(2): 105-124

Wernbom, M; Augustsson, J and Thomee, R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. . Sports Med, (2007)/37(3): 225-264

White, L and Mayton, M. The effect of Pilates classes on balance and well – being in people with multiple sclerosis: a pilot study. Rev Multiple Sclerosis trust, (2008)/12(3): 5-7

Winsor, M. Pilates: el centro de energía. Paidotribo, (2002) Barcelona

ANEXO I. MANUSCRITO

Medicine & Science IN Sports & Exercise

The Official Journal of the American College of Sports Medicine
www.acsm-msse.org

. . . Published ahead of Print

Marked Effects of Pilates on the Abdominal Muscles: A Longitudinal MRI Study

Cecilia Dorado¹, Jose A. L. Calbet¹, Ana Lopez-Gordillo¹,
Santiago Alayon², and Joaquin Sanchis-Moysi¹

¹Physical Education Department, Las Palmas de Gran Canaria University, Spain.

²Diagnostic Imaging Department, Hospital San Roque Maspalomas (Grupo San Roque), Spain

Accepted for Publication: 6 February 2012

Medicine & Science in Sports & Exercise® **Published ahead of Print** contains articles in unedited manuscript form that have been peer reviewed and accepted for publication. This manuscript will undergo copyediting, page composition, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please note that during the production process errors may be discovered that could affect the content.

Copyright © 2012 American College of Sports Medicine

Marked Effects of Pilates on the Abdominal Muscles: A Longitudinal MRI Study

Cecilia Dorado¹, Jose A.L. Calbet¹, Ana Lopez-Gordillo¹, Santiago Alayon², Joaquin Sanchis-Moysi¹

¹ Physical Education Department, Las Palmas de Gran Canaria University, Spain.

² Diagnostic Imaging Department, Hospital San Roque Maspalomas (Grupo San Roque), Spain

Correspondence to:

Cecilia Dorado

Departamento de Educación Física, Campus Universitario de Tafira,

35017 Las Palmas de Gran Canaria, Canary Island, Spain.

Tel: 0034 928 458 896; Fax: 0034 928 458 867; email: cdorado@def.ulpgc.es

Running title: Pilates elicits hypertrophy of the abdominals

This study was granted by Real Madrid – Universidad Europea de Madrid Research Chair (2009/04RM).

Neither of the authors has any professional relationships with companies or manufacturers who will benefit from the results of the present study. All authors declare that they have no other relationships, conditions or circumstances that present potential conflict of interest.

ABSTRACT

Purpose. To analyze the effects of Pilates on the volume of *rectus abdominis* (RA), *obliques* and *transversus abdominis*, with the last two considered conjointly (OT). **Methods.** The volume of OT and RA were determined using magnetic resonance imaging in nine non-active healthy women, before and after 36-week of a standardized Pilates training program (Modern Pilates).

Results. The volume of the dominant OT was increased by 8% ($P < 0.05$) with training whilst the non-dominant OT volume remained unchanged (+2%, $P = 0.58$). The total volume of RA increased by 21% after Pilates ($P < 0.05$) due to a similar increase of dominant and non-dominant RA volume (21 and 20%, respectively, $P < 0.05$). Prior to Pilates the volume of the OT was 8% greater in the non-dominant compared to the dominant side ($P < 0.01$). This asymmetry was compensated by Pilates training (2%, $P = 0.43$). No side-to-side asymmetries in RA muscle volumes were observed neither before (2%, $P = 0.51$) nor after (1%, $P = 0.81$) Pilates.

Conclusions. The present study reveals the existence of asymmetries in the muscles of the abdominal wall in non-active healthy woman. Pilates practice twice a week for 9 months elicits hypertrophy of the abdominal wall muscles, particularly of the RA and eliminates pre-existing asymmetries of the OT. Modern Pilates can be recommended as an effective method to reinforce the muscles of the abdominal wall and to compensate pre-existing asymmetric developments.

Key words: Pilates, abdominal wall, muscle hypertrophy, asymmetry, low back

INTRODUCTION

Paragraph Number 1 Pilates is a training method aiming at the symmetric strengthening of the muscles of the abdominal wall and spine, based on muscle actions performed at low speeds with a high isometric component. Pilates has become a fast-growing popular trend in rehabilitation and fitness programs (10), although scientific evidence on the specific effects of Pilates is scarce. Abdominal muscles are critical for sport performance due to their role in the transfer of moment between upper and lower extremities (3, 13). The muscles of the abdominal wall function as an operational stability system protecting the spine from injury (6, 24, 42). Weakened abdominal wall (22, 25) and abdominal muscle asymmetries have been associated with low back pain (5, 21). Pilates training has been demonstrated to enhance abdominal muscles strength (14) and there is some evidence supporting its effectiveness in the management of low back pain (35). A potential mechanism by which Pilates could improve muscle strength is by inducing hypertrophy of the main abdominal muscles, but this has not been assessed yet.

Paragraph Number 2 The Pilates method was developed in the early part of the 20th century. Since Freidman and Eisen (17) structured for the first time a teacher-training course, the Pilates method has become increasingly popular (29, 30). Nowadays, there are several variations of the Pilates method, some designed for use in rehabilitation and others for general fitness (10). A common aim of modern Pilates is the strengthening of the abdominal muscles to stabilize and support the lower back (8). In fact, Pilates training programs have been associated with improvements in abdominal strength and spine posture (14), static balance (40), and abdominal endurance (28), reducing the risk of low back pain (35). Given the close relationship between *rectus abdominis* (RA) muscle cross sectional area and strength (16, 18), we hypothesized that if Pilates really improves abdominal muscle strength it should also elicit some degree of muscle

hypertrophy. We have recently observed natural asymmetries in the abdominal wall muscles of healthy sedentaries and athletes (26, 39). In healthy women, a 4% greater RA thickness (assessed with ultrasounds) has been reported for the dominant compared to the non-dominant middle portion (18). Given the symmetric nature of Pilates exercises we also hypothesized that Pilates may serve to reduce or eliminate pre-existing asymmetries in the muscles of the abdominal wall.

Paragraph Number 3 Therefore, the main aim of this study was to determine the effects of a standardized 36-week Pilates training program on the volume of RA, *obliques* and *transversus abdominis* (OT) in non-active healthy women using magnetic resonance imaging.

METHODS

Paragraph Number 4 Subjects and study design. It was estimated that to show a significant increase of at least 6% in RA muscle volume a sample size of at least 10 women would be required ($\alpha=0.05$; Power=0.80) (26, 38, 39). Twelve healthy premenopausal women agreed to participate in the study. To be included, participants were required to be sedentary, i.e. not have practiced any kind of regular exercise during the precedent 5 years with no previous experience with Pilates. Additional requisites were not to be pregnant, and not to be affected by chronic diseases, muscle-skeletal conditions, low back pain, or bone fractures. None of the participants have had cesarean sections. Three women were nulliparous, two had one child, three two children, and one three children. Three women have had abdominal surgery before 10 years old (one appendectomy and two had surgery to correct umbilical hernias). The abdominal structure of these three women was similar to that observed in the rest of the group. All subjects were informed about the potential benefits and risks of the study and gave a written consent to participate. Participants were also informed about the possibility to be excluded from the study if they missed more than one training session every 4 weeks. Between the 12th and 16th weeks, 3 subjects were excluded from the study for this reason. Table 1 shows the main characteristics of the participants completing the study ($n=9$). This investigation was approved by the ethical committee of the University of Las Palmas de Gran Canaria.

Paragraph Number 5 Participants took part on a 36-week standardized Modern Studio Pilates training program, twice weekly, for 55 min each training session. All sessions were conducted in groups of four or less participants who always trained together, at the same time of the day with the same Pilates instructor. Two different Pilates instructors (certified by Pilates Method

Alliance) were involved in the training program, and they followed the same structured protocol (Table 2). The training program included standardized Studio Pilates exercises as described elsewhere (1) and showed in supplementary digital content 1 to 4. The exercises were executed on a mat and also using a Pilates machine called *reformer* (Balanced Body Reformer Equipment, Balanced Body®). Footwork exercises using the Reformer were performed with two red and one green springs. The other Reformer exercises were performed with two red springs.

Physical activity apart from Pilates was assessed using the Minnesota Leisure Time Physical Activity Questionnaire (MLTPAQ) (12). The total, moderate and vigorous energy expenditure was not significantly changed during the intervention (68.6 ± 48.3 and 57.5 ± 35.7 METs/h per week, $P=0.38$), before and after pilates training, respectively.

Paragraph Number 6 Magnetic resonance imaging was used to determine the muscle cross-sectional areas (CSA) and muscle volumes of the left and right RA, OT before and after training. All participants were right-handed. In this article the dominant side of the OT and RA corresponds to the same side of the dominant arm, and vice versa.

Paragraph Number 7 Body composition analysis. Total percentage of body fat was measured using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) (QDR-1500, Hologic Corp., Software version 7.10, Waltham, MA). DXA equipment was calibrated using a lumbar spine phantom and following the Hologic guidelines. Subjects were scanned in supine position and the scans were performed in high resolution as previously reported (34). The coefficient of variation for the assessment of whole body fat mass with repositioning was below 3.1% (4).

Paragraph Number 8 Magnetic resonance imaging. A 1.5 T MRI scanner (Philips Achieva 1.5 Tesla system, Philips Healthcare, Best, The Netherlands) was used to acquire 8-mm axial contiguous slices from trunk, abdomen and pelvis, with a 25 % interslice separation. Sagittal, coronal and transverse localizers of the body were obtained to determine precisely the anatomic sites for image acquisition. Transverse MRI images at rest (a breath-hold at expiration) oriented to be perpendicular to the anterior abdominal wall were obtained. Axial gradient-echo T1-weighted MR images were used with a repetition time of 132 ms and an echo time of 4.2 ms, flip-angle of 80° with a 42 cm²-field view and a matrix of 256 X 256 pixels (in-plane spatial resolution 1.64 mm X 1.64 mm). The body phase array coil was used for image acquisition. The total acquisition time was about 20 seconds which was within the breath-hold tolerance of all subjects.

Paragraph Number 9 The acquired MRI images were transferred to a computer for digital reconstruction to determine the CSA. The volume for OT and RA were calculated from L1-L2 intervertebral disc to S5. All calculations were carried out by the same investigator, who was blinded to arm dominance, using a specially designed image analysis software (SliceOmatic 4.3, Tomovision Inc., Montreal, Canada), as described elsewhere (31). A threshold was selected for adipose and lean tissues on the basis of the grey-level image pixel histograms to identify and manually trace the muscle boundaries (31).

Paragraph Number 10 The total volume (V_{total}) of OT and RA were assessed in each subject (2). The degree of asymmetry was assessed by the calculation of a ratio of the volume of the dominant and non-dominant side $(((non-dominant - dominant volume) \times 100)/dominant volume)$. Muscle length was calculated as the number of slices (S_i) from the proximal reference to the insertion point \times the slice thickness + $[(S_i-1) \times inter-slice space]$. The degree of

hypertrophy was calculated by subtracting the muscle volume before training from the muscle volume at the end of the training program, expressed as a percentage of the pre-training value. To determine the coefficient of variation of the assessment of RA muscle volume, 30 to 40 slices were assessed twice in all subjects, at least two weeks apart. The examiner was blinded regarding the previous results. The coefficient of variation of RA muscle volume was 1.6%.

Paragraph Number 11 Statistical analysis. Results are presented as means \pm standard deviation, except for the error bars in the figures, which represented the standard error of the mean. Pre and post-training comparisons were carried out using the paired Student's t-test adjusted for multiple comparisons using the Bonferroni-Holm method. Significant differences were assumed when $P < 0.05$.

RESULTS

Paragraph Number 12 Physical characteristics and total length of RA and OT are summarized in Table 1. No significant differences were observed in height, body mass, body mass index and percentage of total body fat before and after Pilates. Total length of RA and OT were similar before and after the training program.

Paragraph Number 13 Muscle asymmetries. Before training, the total volume of the non-dominant OT was 8% greater compared to the dominant side ($P < 0.01$). After Pilates both sides had similar volumes (side-to-side difference: 2%, $P = 0.43$). The magnitude of asymmetry of RA was similar before and after Pilates (side-to-side difference: 2 and 1%, $P = 0.51$ and $P = 0.81$, respectively).

Muscle hypertrophy after the Pilates training program.

Paragraph Number 14 *Oblique and transversus abdominis.* The dominant OT had 8% greater muscle volume after Pilates ($P<0.05$) (Figure 1), whilst the volume of the non-dominant OT was not significantly increased (+2%, $P=0.58$). Consequently, the degree of side-to-side OT asymmetry showed a trend to be greater before than after Pilates ($P=0.10$) (Figure 2).

Paragraph Number 15 *Rectus abdominis.* The total volume of RA (both sides analyzed conjointly) increased by 21% after Pilates ($P<0.05$). Dominant and non-dominant RA volume increased by 21 ($P<0.05$) and 20% ($P<0.01$), respectively, after Pilates (Figure 1).

DISCUSSION

Paragraph Number 16 This is the first study to clearly demonstrate that modern Studio Pilates elicits a marked hypertrophy of the muscles of the abdominal wall, more accentuated in the RA than in the OT. Interestingly, Pilates corrected pre-existing side-to-side asymmetries in the abdominal muscles of our sedentary women.

Paragraph Number 17 RA is considered the main agonist of trunk flexion (33). Our study shows for the first time that non-active healthy women possess symmetric RA muscles, as previously reported in non-active men (39). The effect of exercise on RA volume has been studied only in male athletes, which have been compared with sedentary controls (26, 39). Thus, this is the first longitudinal study assessing the effects of training on the total volume of the main flexor of the trunk. The degree of RA hypertrophy elicited by Pilates in our non-active healthy woman (21%) is comparable to the 26% greater RA volume observed in professional male soccer and tennis players compared to their respective sedentary controls (26). Trunk flexion is a repeated action in modern Pilates, which is performed concentrically and eccentrically, combined with some strong

isometric contractions to maintain the trunk flexed while moving the extremities. In addition, slow and very slow concentric and eccentric trunk flexion movements are also common in Pilates (1). Isometric and eccentric contractions may elicit substantial muscle hypertrophy (9, 19). The latter combined with the fact that our participants were non-active women, which had never been involved in any type of regular physical activity, may have facilitated this remarkable increase in RA volume (43). It remains to be determined whether RA muscle hypertrophy could have occurred earlier in time (9) and how often Pilates should be practiced to maintain this level of RA hypertrophy.

Paragraph Number 18 Pilates includes diagonal or spiral trunk movements which are normally performed at very low speed and mainly by means of concentric contractions (1, 30) and uses symmetric imprint and abdominal drawing-in movements (7, 32, 37). Despite the latter, the effects of Pilates training on the OT were more accentuated on the dominant side, which had lower volume at the start of the program than the contralateral side. Importantly, this asymmetric hypertrophy compensated the pre-existing side-to-side asymmetry of OT (8% greater volume in the non-dominant than in the dominant side). Individual optimal postural alignment (neutral posture) is an important goal of modern Pilates (30). During Pilates exercises, the relative symmetry of the movements is normally assessed by the instructor, who is placed beside the participant and gives feedback of the quality of movement (32). Studies using electromyography and ultrasound during different Pilates exercises have reported activation ratios around 25% of the maximal voluntary contraction (MVC) for *internal obliques* and *transversus abdominis* muscles (15), and 20-45% of MVC for *external obliques* (32, 36). It has been suggested that activation levels below 40% of MVC for abdominal muscles may not be enough for muscle strengthening in healthy subjects (41). Although the level of muscle activation was not

determined in the current investigation, our results are compatible with levels of activation high enough to elicit muscle hypertrophy.

Paragraph Number 19 Possibly the lower muscle volume of the dominant compared to the non-dominant OT observed in healthy women could explain side-to-side differences in EMG activation during symmetric movements (27). Loss et al (32) analyzed the activity of *external obliques* with electromyography in adult healthy women (6 months experience in Pilates training), during symmetric hip flexion-extension movements with the knees extended and using diverse external mechanical overloads with the Cadillac equipment. The study showed that the muscle activity of the right *external oblique* varied to account for the different overloads in the extension phase, whilst the left side maintained a similar activity (32). The asymmetric activation of OT could explain the greater hypertrophy of the dominant OT observed in the present study.

Paragraph Number 20 It is well documented that abdominal muscles function as an operational stability system to protect the spine from injury (20, 24, 42). Low back pain is one of the commonest musculoskeletal problems in modern society (11). There is some evidence supporting the effectiveness of Pilates in the management of low back pain (35). The knowledge of the morphological adaptations induced by different training methods is very helpful to design more specific training programs for injury prevention and sports performance. The symmetric hypertrophy of RA induced by Pilates could help to increase intra-abdominal pressure and therefore to prevent low back injuries (24). On the other hand, animal (23) and human studies (5, 21) have provided evidence that this mechanism of protection is effective when its action is symmetrical between sides.

Paragraph 21 Limitations. The number of subjects studied, although enough to show a significant effect on the RA volume, might have been too small to show more asymmetries in the

muscles of the abdominal wall. Thus a type II error cannot be ruled out for the change in the level of side-to-side asymmetry after Pilates. Since we used several exercises it is not possible to ascribe the effect to a specific exercise. Muscle force was not assessed; therefore we do not know how much force was developed during the training sessions, however the intensity used in Pilates exercise is small.

Paragraph Number 22 In conclusion, the present study reveals the existence of asymmetries in the muscles of the abdominal wall in non-active healthy woman. In addition, we have shown that modern Pilates twice a week for 9 months elicits hypertrophy of the abdominal wall muscles, particularly of the RA and eliminates pre-existing asymmetries of the OT. Therefore, modern Pilates can be recommended as an effective method to reinforce the muscles of the abdominal wall and to compensate pre-existing asymmetric developments.

ACKNOWLEDGMENTS: The authors wish to thank all participants who volunteered in these studies. We also would like to express our gratitude to Hospital San Roque Maspalomas (Gran Canaria) for allowing us to use their MRI facilities. This study was granted by Real Madrid – Universidad Europea de Madrid Research Chair (2009/04RM). All authors declare that they have no relationships, conditions or circumstances that present potential conflict of interest with the present study. The results of the present study do not constitute endorsement by ACSM.

REFERENCES

1. Anatomy for Pilates. London, UK: Primal Pictures with Pilates World University™; 2008.
2. Bancroft LW, Peterson JJ, Kransdorf MJ, Berquist TH, and O'Connor MI. Compartmental anatomy relevant to biopsy planning. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2007;11(1):16-27.
3. Borghuis AJ, Lemmink KA, and Hof AL. Core Muscle Response Times and Postural Reactions in Soccer Players and Non-Players. *Medicine and science in sports and exercise.* 2011;43(1):108-14.
4. Calbet JA, Moysi JS, Dorado C, and Rodriguez LP. Bone mineral content and density in professional tennis players. *Calcified tissue international.* 1998;62(6):491-6.
5. Clark BC, Walkowski S, Conatser RR, Eland DC, and Howell JN. Muscle functional magnetic resonance imaging and acute low back pain: a pilot study to characterize lumbar muscle activity asymmetries and examine the effects of osteopathic manipulative treatment. *Osteopath Med Prim Care.* 2009;3:7.
6. Cole MH, and Grimshaw PN. Electromyography of the trunk and abdominal muscles in golfers with and without low back pain. *J Sci Med Sport.* 2008;11(2):174-81.
7. Critchley DJ, Pierson Z, and Battersby G. Effect of pilates mat exercises and conventional exercise programmes on transversus abdominis and obliquus internus abdominis activity: pilot randomised trial. *Man Ther.* 2011;16(2):183-9.
8. Culligan PJ, Scherer J, Dyer K, Priestley JL, Guingon-White G, Delvecchio D, and Vangeli M. A randomized clinical trial comparing pelvic floor muscle training to a

- Pilates exercise program for improving pelvic muscle strength. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* 2010;21(4):401-8.
9. Defreitas JM, Beck TW, Stock MS, Dillon MA, and Kasishke PR, 2nd. An examination of the time course of training-induced skeletal muscle hypertrophy. *European journal of applied physiology.* 2011;111(11):2785-90.
 10. Dunleavy K. Pilates fitness continuum: post-rehabilitation and prevention Pilates fitness programs. *Rehab Manag.* 2010;23(9):10, 2-5.
 11. Egle UT, and Nickel R. [Chronic low back pain as a somatoform pain disorder]. *Orthopade.* 2008;37(4):280-4.
 12. Elosua R, Garcia M, Aguilar A, Molina L, Covas MI, and Marrugat J. Validation of the Minnesota Leisure Time Physical Activity Questionnaire In Spanish Women. Investigators of the MARATDON Group. *Medicine and science in sports and exercise.* 2000;32(8):1431-7.
 13. Elliott B. Biomechanics and tennis. *Br J Sports Med.* 2006;40(5):392-6.
 14. Emery K, De Serres SJ, McMillan A, and Cote JN. The effects of a Pilates training program on arm-trunk posture and movement. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2010;25(2):124-30.
 15. Endleman I, and Critchley DJ. Transversus abdominis and obliquus internus activity during pilates exercises: measurement with ultrasound scanning. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89(11):2205-12.
 16. Estenne M, Pinet C, and De Troyer A. Abdominal muscle strength in patients with tetraplegia. *American journal of respiratory and critical care medicine.* 2000;161(3 Pt 1):707-12.

17. Friedman P, and Eisen G. *The Pilates method: Physical and mental conditioning*. New York: Penguin Group Inc.; 1980.
18. Futter CM, Weiler-Mithoff E, Hagen S, Van de Sijpe K, Coorevits PL, Litherland JC, Webster MH, Hamdi M, and Blondeel PN. Do pre-operative abdominal exercises prevent post-operative donor site complications for women undergoing DIEP flap breast reconstruction? A two-centre, prospective randomised controlled trial. *British journal of plastic surgery*. 2003;56(7):674-83.
19. Hather BM, Tesch PA, Buchanan P, and Dudley GA. Influence of eccentric actions on skeletal muscle adaptations to resistance training. *Acta Physiol Scand*. 1991;143(2):177-85.
20. Hides J, Fan T, Stanton W, Stanton P, McMahon K, and Wilson S. Psoas and quadratus lumborum muscle asymmetry among elite Australian Football League players. *Br J Sports Med*. 44(8):563-7.
21. Hides J, Stanton W, Freke M, Wilson S, McMahon S, and Richardson C. MRI study of the size, symmetry and function of the trunk muscles among elite cricketers with and without low back pain. *Br J Sports Med*. 2008;42(10):809-13.
22. Hides JA, Jull GA, and Richardson CA. Long-term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(11):E243-8.
23. Hodges P, Kaigle Holm A, Holm S, Ekstrom L, Cresswell A, Hansson T, and Thorstensson A. Intervertebral stiffness of the spine is increased by evoked contraction of transversus abdominis and the diaphragm: in vivo porcine studies. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28(23):2594-601.

24. Hodges PW, Eriksson AE, Shirley D, and Gandevia SC. Intra-abdominal pressure increases stiffness of the lumbar spine. *J Biomech.* 2005;38(9):1873-80.
25. Hodges PW, and Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1996;21(22):2640-50.
26. Idoate F, Calbet J, Izquierdo M, and Sanchis-Moysi J. Soccer attenuates the asymmetry of rectus abdominis muscle observed in non-athletes. *PloS one.* 2011;(in press).
27. Kanehisa H, Ikegawa S, and Fukunaga T. Comparison of muscle cross-sectional area and strength between untrained women and men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1994;68(2):148-54.
28. Kloubec JA. Pilates for improvement of muscle endurance, flexibility, balance, and posture. *J Strength Cond Res.* 2010;24(3):661-7.
29. Lately P. The Pilates method: history and phylosophy. *Journal of Bodywork and Movement Therapies.* 2001;5(4):275-82.
30. Lately P. Updating the principles of the Pilates method. *Journal of Bodywork and Movement Therapies.* 2002;6(2):94-101.
31. Lee RC, Wang Z, Heo M, Ross R, Janssen I, and Heymsfield SB. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(3):796-803.
32. Loss JF, Melo MO, Rosa CH, Santos AB, La Torre M, and Silva YO. Electrical activity of external oblique and multifidus muscles during the hip flexion-extension exercise performed in the Cadillac with different adjustments of springs and individual positions. *Rev Bras Fisioter.* 2010;14(6):510-7.

33. Norris CM. Abdominal muscle training in sport. *Br J Sports Med*. 1993;27(1):19-27.
34. Perez-Gomez J, Rodriguez GV, Ara I, Olmedillas H, Chavarren J, Gonzalez-Henriquez JJ, Dorado C, and Calbet JA. Role of muscle mass on sprint performance: gender differences? *European journal of applied physiology*. 2008;102(6):685-94.
35. Posadzki P, Lizis P, and Hagner-Derengowska M. Pilates for low back pain: a systematic review. *Complement Ther Clin Pract*. 2011;17(2):85-9.
36. Queiroz BC, Cagliari MF, Amorim CF, and Sacco IC. Muscle activation during four Pilates core stability exercises in quadruped position. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010;91(1):86-92.
37. Rydeard R, Leger A, and Smith D. Pilates-based therapeutic exercise: effect on subjects with nonspecific chronic low back pain and functional disability: a randomized controlled trial. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006;36(7):472-84.
38. Sanchis-Moysi J, Idoate F, Izquierdo M, Calbet JA, and Dorado C. Iliopsoas and gluteal muscles are asymmetric in tennis players but not in soccer players. *PloS one*. 2011;6(7):e22858.
39. Sanchis-Moysi J IF, Dorado C, Alayon S, Calbet JAL Large asymmetric hypertrophy of rectus abdominis muscle in professional tennis players. *PloS one*. 2010;5(12):e15858. doi:10.1371/journal.pone.0015858. Available from: <http://www.plosone.org>.
40. Siqueira Rodrigues BG, Ali Cader S, Bento Torres NV, Oliveira EM, and Martin Dantas EH. Pilates method in personal autonomy, static balance and quality of life of elderly females. *J Bodyw Mov Ther*. 2010;14(2):195-202.

41. Souza GM, Baker LL, and Powers CM. Electromyographic activity of selected trunk muscles during dynamic spine stabilization exercises. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(11):1551-7.
42. Tesh KM, Dunn JS, and Evans JH. The abdominal muscles and vertebral stability. *Spine (Phila Pa 1976).* 1987;12(5):501-8.
43. Wernbom M, Augustsson J, and Thomee R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Med.* 2007;37(3):225-64.

FIGURE LEGENDS

Figure 1. Influence of Pilates training on the total volumes of the abdominal muscles of the dominant and non-dominant sides.

Figure 2. Side-to-side asymmetry in muscle volume, before and after Pilates training.

ACCEPTED

Figure 1

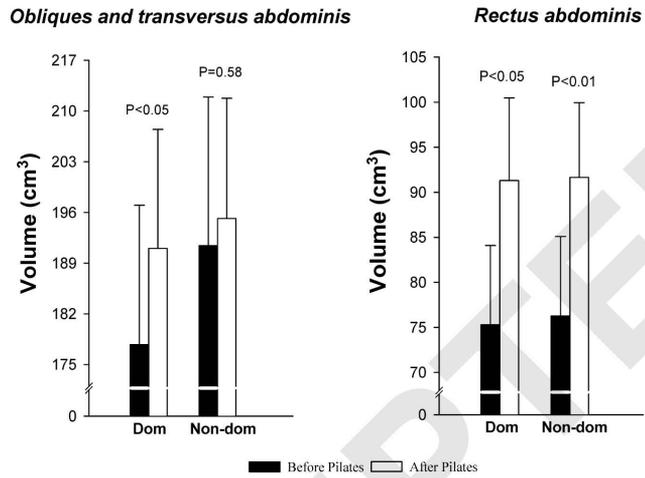


Figure 2

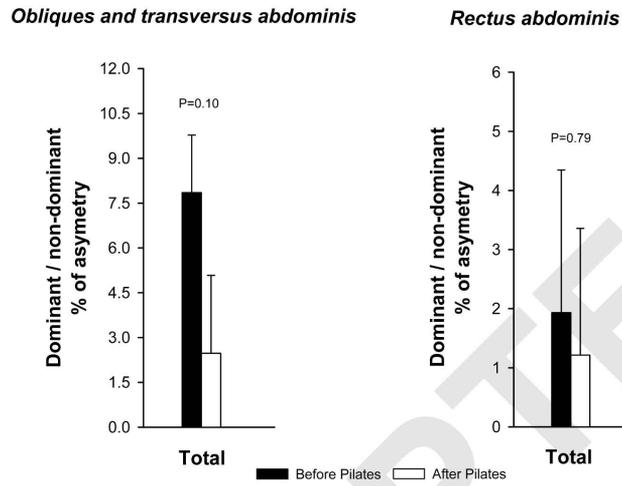


Table 1. Physical characteristics of non-active women, and total length of *rectus abdominis*, *obliques* and *transversus abdominis*, the last two considered conjointly, from pubic symphysis to the discal space between L1 and L2 (mean \pm SD), before and after Pilates training.

Variables	Before Pilates	After Pilates	
Age (years)	35.7 \pm 5.4	36.4 \pm 5.4	P<0.001
Height (cm)	164.1 \pm 5.6	164.3 \pm 5.5	P=0.19
Body mass (Kg)	66.7 \pm 7.5	66.5 \pm 7.8	P=0.54
BMI (Kg/m ²)	24.8 \pm 2.6	24.7 \pm 2.7	P=0.36
Total body fat (%)	34.6 \pm 2.1	36.7 \pm 4.0	P=0.22
<i>Rectus abdominis</i> length (cm)	19.5 \pm 3.1	19.5 \pm 2.9	P=0.98
<i>Obliques</i> and <i>transversus abdominis</i> length (cm)	17.1 \pm 4.3	17.1 \pm 4.3	P=0.50

Table 2. Protocol for Pilates program.

Stage 1 (weeks 1-12)			Stage 2 (weeks 12-24)			Stage 3 (weeks 24-36)		
Exercise	Reps	Time (min)	Exercise	Reps	Time (min)	Exercise	Reps	Time (min)
PRE-PILATES								
Pilates breathing	3-4	10-15	Same exercises and repetitions as in stage 1	10	Same exercises and repetitions as in stage 1	5		
Head flexion								
Scapula movement								
Pelvic Tilt								
Leg slide into knee fold								
Femur arcs								
Supine spine twist								
Bridge	5-10							
Side lying leg extension								
Arrow								
Cat								
Side Cat								
C-Shape								
Twist								
MAT 1								
Hundred ⁽¹⁾	5-10	10-15	Same exercises and repetitions as in stage 1	10-15	Same exercises and repetitions as in stage 2	15		
Half Roll Down	3-5							
Single leg stretch								
Double Straight Leg Stretch	5-10							
Spine stretch forward	3-5							
One leg circle	5							
Rolling like a ball	5-10							
REFORMER 1 ⁽²⁾								
Footwork	5-10	20-25	Same exercises and repetitions as in stage 1	30-35	Same exercises and repetitions as in stage 2	30-35		
Armwork	4-8							
Hundred	5-10							
Leg circles & Frog								
Stomach Massage Series	5-10							
Short Box Series	4-8							
Knee Stretches Series	5-10							
Elephant	3-6							
Running	20							
Pelvic Lift	5-10							
WALL								
Arm circles	5-10	5	Same exercises and repetitions as in stage 1	5	Same exercises and repetitions as in stage 1	5		
Roll down	2-3							

(1) In stage 1, the exercise *hundred* was performed with neck flexion (3 cm space between the chin and the chest), the dorsal spine in contact with the floor, and knees bent and feet in contact with the floor, In stage 2, *hundred* was performed as in stage 1, but with the hip and knees bent at 90°; In stage 3 *hundred* was performed as in stage 1, but with the hip bent at 90° and knees at 180° (extended).

(2) Reformer exercises were performed with 2-3 springs.

A full description of the exercises can be found in the supplementary digital content 1.

LIST OF SUPPLEMENTARY DIGITAL CONTENT

Supplementary digital content 1: Part 1_Pre-Pilates.wmv. Video that demonstrates the exercise performed.

Supplementary digital content 2: Part 2_Mat-Pilates.wmv. Video that demonstrates the exercise performed.

Supplementary digital content 3: Part 3_Reformer-Pilates.wmv Video that demonstrates the exercise performed.

Supplementary digital content 4: Part 4_Reformer and Wall-Pilates.wmv Video that demonstrates the exercise performed.

ANEXO II. BECA



Escuela de Estudios Universitarios
Real Madrid

La Cátedra Real Madrid de la
Universidad Europea de Madrid

OTORGA

II AYUDAS A LA INVESTIGACIÓN 2009

Proyecto:

*Efectos de los Ejercicios de Pilates sobre el Volumen Muscular
en la Región Lumbo-Pélvica*

Investigador principal:

Cecilia Dorado García

Equipo:

José Antonio López Calbet, José Antonio Serrano Sánchez
Rafael Arteaga Ortiz, Juan José González Henríquez
Joaquín Sanchis Moysi, Ana López Gordillo
Jesús Ponce González, Ana Isabel Sanz Merino
Jorge Praxedes Herrera, David Morales Álamo

Madrid, 1 de octubre de 2009


D. Agueda Benito
Rectora
Universidad Europea de Madrid


D. Mario Vargas Llosa
Director
Cátedra Real Madrid

