



Universidad Internacional de La Rioja
Ciencias de la Salud

Trabajo Fin de Máster

Influencia de la técnica de carrera y del calzado minimalista sobre el suelo pélvico en corredoras nulíparas.

Presentado por: Marina Guallar Bouloc
Tipo de TFM: Proyecto de investigación
Director/a: Alejandro Galán-Mercant

Ciudad: Barcelona
Fecha: 22 de Julio de 2016

ÍNDICE:

1. Resumen.	2
2. Justificación.	4
3. Marco teórico:	5
a. Suelo pélvico.	5
b. Técnica de carrera y calzado minimalista.	7
c. Mecanobiología del tejido conectivo.	10
4. Hipótesis.	12
5. Objetivos.	12
6. Material y métodos:	13
a. Diseño del estudio.	13
b. Consideraciones legales y éticas.	13
c. Muestra.	14
d. Criterios de inclusión.	14
e. Criterios de exclusión.	14
f. Variables.	15
g. Procedimientos e instrumentación.	15
h. Temporalización.	18
i. Análisis de datos.	19
7. Resultados esperados y limitaciones.	21
8. Anexos:	22
a. Consentimiento informado.	22
b. Revocación.	23
c. Modelos de recogida de datos.	24
d. Registro de entrenamientos.	26
e. Parte de incidencias.	27
f. Escala de Oxford.	28
9. Bibliografía.	29

RESUMEN:

Actualmente existe un auge del *running* como práctica de actividad física. Este tipo de actividad genera estrés sobre varias estructuras mecánicas, y en el caso del género femenino, en especial sobre el suelo pélvico. El uso de técnicas de carrera concretas y el empleo de calzado minimalista se han demostrado eficaces para reducir parte de las lesiones por impacto que se producen con esta práctica deportiva. Estas afirmaciones inducen a pensar que el uso de estos elementos podrían ser útiles para evitar los mecanismos lesivos de correr sobre el suelo pélvico. Sin embargo tras realizar una revisión bibliográfica no se hallan evidencias directas sobre cómo afecta el uso de estas técnicas y del calzado minimalista sobre el suelo pélvico. La evidencia hallada permite teorizar que estos mismos efectos de disminución de carga producirían un descenso de las presiones intraabdominales y por lo tanto una menor prevalencia sobre disfunciones del suelo pélvico. Con la finalidad de corroborar estas afirmaciones se propone un diseño de estudio que contempla los efectos sobre la presión del suelo pélvico variando el tipo de calzado y la técnica de carrera utilizada.

Palabras clave: Carrera a pie, suelo pélvico, impacto, minimalismo, biomecánica, mecanotransducción.

ABSTRACT:

There is currently a running boom in the practice of physical activity. This sport causes stress on various mechanical structures, particularly on the pelvic floor in females. The uses of specific racing techniques and minimalist running shoes have proven effective in reducing injuries caused by impact that occurs with this sport. These statements might lead one to think that these elements could be useful in preventing running-related injuries on the pelvic floor. However, after conducting a bibliographical review, there is no concrete evidence of how the use of such techniques and minimalist footwear affect the pelvic floor. The evidence found allows us to theorize that by lowering the burden, there would be a drop in intra-abdominal pressure, hence a lower prevalence of pelvic floor dysfunction. In order to substantiate these claims, a study design is proposed that considers the effects on the pelvic floor pressure by varying the type of footwear and the running technique used.

Keywords: *Running, pelvic floor, impact, minimalism/barefoot, biomechanics, mechanotransduction.*

JUSTIFICACIÓN:

En estos últimos años ha habido un número creciente de personas que se han aficionado al *running*, llegan a diario, a nuestras consultas, un volumen importante de pacientes que practican de forma más o menos intensa este deporte, con lesiones, generalmente provocadas por una mala cuantificación del estrés mecánico.

Hay un gran número de estudios sobre biomecánica, técnica de carrera y calzado tradicional y las grandes marcas de calzado cada día invierten más recursos en encontrar un calzado tecnológico más eficaz para mejorar técnica, rendimiento y disminuir el riesgo de lesiones durante la práctica deportiva.

Con el calzado minimalista se ha demostrado que el impacto a nivel articular, sobretodo rodilla, cadera y lumbar, es mucho menor que con calzado tradicional, junto con una técnica de carrera adecuada, pero es necesario un aprendizaje y una transición adecuada.

La alta prevalencia de disfunciones de suelo pélvico en deportistas de género femenino que practican deportes de alto impacto genera la necesidad de estudios que valoren la capacidad de adaptación de la musculatura del suelo pélvico con una técnica adecuada de carrera y calzado minimalista.

MARCO TEÓRICO:

En los últimos años el número de corredores ha ido aumentando en gran medida. El *running* es una actividad deportiva que no requiere instalaciones, material u horarios, por lo tanto, es una actividad deportiva sumamente accesible.

El aumento, según varios medios de comunicación consultados, se ha hecho evidenciable en el incremento de dorsales en pruebas populares como por ejemplo la media maratón de Gijón que aumentó 200 dorsales en 2015, con respecto al año anterior, siendo un total de 2300 participantes (1). O como la Behobia-San Sebastián donde el número de *runners* aumentó en 3000 en 2015, llegando a los 34000 atletas (2). La maratón de Valencia Trinidad Alonso fijó en 16500 corredores el límite para su siguiente edición superando en 500 participantes más a la edición de 2014 (3) y la maratón de Barcelona en la edición del año pasado superó en un 4% las inscripciones de 2014 (4).

El *running* es considerado un deporte de impacto y en el caso de las mujeres es importante tener en cuenta que hacer actividad física de alto impacto puede generar disfunciones de la musculatura del suelo pélvico.

SUELO PÉLVICO:

Definición, funciones y disfunciones.

El sistema de musculatura del suelo pélvico (MSP) conforma el diafragma urogenital, que se encuentra dentro de la pelvis y forma el suelo de la cavidad abdominal. La MSP está formada por tres capas musculares que se expanden desde la sínfisis pública, siguen las paredes del ilion y llegan hasta el coxis (5). Los músculos están inervados por S2-S4 y cuentan con un espesor de aproximadamente 1 cm (6,7).

La MSP presenta un tono basal, por lo tanto actividad muscular constante, excepto antes y durante la micción. Además de este tono los músculos se pueden contraer de forma voluntaria. Si estos músculos pudieran contraerse de forma aislada, actuarían de forma diferente debido a la dirección individual de sus fibras. Sin embargo, la única

función voluntaria de la MSP es una contracción masiva descrita como un movimiento en ascenso hacia el interior y un cierre alrededor de la uretra, vagina y ano (8,9).

Por su localización en el interior de la pelvis, la MSP es el único grupo muscular en el cuerpo capaz de dar soporte estructural para los órganos pélvicos y las aperturas pélvicas (uretra, vagina y ano) (5). Por lo tanto el suelo pélvico tiene función urinaria y sexual, así como la continencia ano-rectal (10). La falta, el retraso o una co-contracción débil de la MSP puede llevar a problemas de incontinencia urinaria o fecal, prolapo de la pared anterior de la vagina (cistocele), pared vaginal posterior (rectocele), el ápex vaginal (enterocele) y útero (histerocele) o dolor y disfunción sexual (10).

La MSP contribuye a proteger el tejido conectivo de la excesiva sobrecarga por la constante activación como soporte de los órganos pélvicos y alivia la tensión de la fascia endopélvica y otras estructuras conectivas (11).

Mecanismos de lesión.

Cualquier fuerza de tracción en el cuerpo, así como el incremento de la presión intraabdominal (PIA), causada por la contracción de los músculos abdominales durante actividades deportivas y sin el apropiado soporte de los músculos del suelo pélvico, va a estirar gradualmente la fascia y los ligamentos, pudiendo superar las propiedades viscoelásticas del tejido conectivo, excediendo su capacidad elástica, causando deformaciones irreversibles, y como consecuencia, el prolapo de órganos pélvicos y otras disfunciones del suelo pélvico (11,12).

Según Almeida et al. (13) el incremento de la PIA que se genera al practicar actividades de alto impacto y fortalecimiento, sin tener una apropiada conciencia de la musculatura del suelo pélvico puede generar lesiones crónicas en el periné (músculos, ligamentos y fascias) y disminuir la fuerza de contracción de la MSP. Se producen por el sobreestiramiento del tejido conectivo provocando incompetencia en el soporte uretral y los sistemas esfinterianos, conduciendo a generar disfunciones del suelo pélvico tales como la incontinencia urinaria de esfuerzo.

Según los autores existe mayor probabilidad de darse prolapsos de órganos pélvicos en mujeres que practicaron actividades extenuantes durante la adolescencia (13).

Prevalencia en las disfunciones del suelo pélvico.

En relación a la prevalencia en las disfunciones del suelo pélvico las fuentes consultadas muestran datos muy dispares dado que se refieren a deportes de alto impacto englobando multitud de disciplinas deportivas diferentes.

Según Bø K (5) la prevalencia de incontinencia urinaria entre atletas jóvenes nulíparas varía entre el 0% (golf) y el 80% (saltadoras de trampolín). Siendo la prevalencia más alta en deportes que impliquen actividades de alto impacto como la gimnasia, atletismo y algunos juegos de pelota. Bø K propone reforzar la MSP para contrarrestar los aumentos de PIA.

Según Almeida et al. (13,14) la prevalencia de incontinencia urinaria (IU) en mujeres que se ejercitan de forma regular es del 7% al 38% dependiendo del tipo de ejercicio, en cambio la prevalencia de la misma disfunción en atletas varía ampliamente, estando directamente asociado no solo con el alto impacto, sino también con la intensidad de la actividad física y el tipo de ejercicio. Concluyen que las atletas tienen mayor probabilidad de sufrir IU, incontinencia de gases y disfunciones sexuales que mujeres no atletas.

Vitton et al. (12) consideran que los deportes de alto nivel que implican más de 8 horas de entrenamiento a la semana, representan un factor de riesgo para sufrir incontinencia ano-rectal en mujeres jóvenes y sanas.

Por otro lado, en mujeres practicantes de deportes de alto impacto, siendo asintomáticas, se ha observado que los músculos del suelo pélvico han sufrido daño, por la biomecánica del deporte practicado, viendo disminuido el espesor de la musculatura pubovisceral y disminuido la capacidad de cierre hatal del suelo pélvico. Además de tener disminuida la capacidad de generar contracciones voluntarias máximas de la MSP (15).

TÉCNICA DE CARRERA Y CALZADO MINIMALISTA:

Las grandes marcas deportivas buscan e investigan para dotar a su calzado de la tecnología más avanzada con mecanismos de absorción de impacto para evitar sobrecargar las articulaciones que conforman la extremidad inferior, añaden soportes

para mantener estables los pies y tobillos, etc. Con la literatura revisada veremos que con una técnica de carrera adecuada y, a veces, un calzado específico podemos disminuir el sufrimiento articular que llega a rodilla, cadera y lumbar.

Técnica de carrera.

Un parámetro importante en la eficacia de la carrera es el consumo de energía, generalmente cuantificado con el consumo de oxígeno (O_2).

La longitud y frecuencia de la zancada suelen ser parámetros escogidos de forma subconsciente en cada corredor, es un proceso automático (16). Según Hogberg P. (17) el consumo de oxígeno es mayor cuanto mayor es la longitud de zancada, determinó que la zancada escogida libremente suele ser la más económica, porque coincide con zancadas más cortas. Cada velocidad tiene una longitud de zancada óptima y por lo tanto asociado un consumo de O_2 . El autor comenta que los corredores bien entrenados corren con una combinación de longitud y frecuencia de zancada muy próxima a su condición óptima.

Hamill et al. (18) demuestra que existe relación entre la frecuencia de zancada y la atenuación de impacto, esta última disminuye a partir de un 10-20% más de la frecuencia de paso respecto a la frecuencia escogida libremente; incluso el consumo mínimo de O_2 y ritmo cardíaco aparecen con la frecuencia de zancada un 10% mayor. Según los autores el sistema musculoesquelético es capaz de atenuar el choque vía procesos activos como el ajuste de la rigidez articular y la manipulación de la cinemática para colocar los segmentos corporales en posiciones que más fácilmente atenúen el impacto. La pronación subtalar y el incremento de la flexión de la rodilla son dos de los mecanismos que el cuerpo usa para atenuar el impacto.

El cuerpo busca ser óptimo en cuanto a costes, como el consumo de oxígeno, por lo tanto la zancada, la frecuencia de paso y los mecanismos de atenuación de impacto se adecuarán al mínimo gasto (19).

Los estudios de Connick & Li (20) demuestran que maximizan la economía de carrera cerca de la longitud de zancada escogida libremente. Las zancadas más cortas a las de elección libre están asociadas a mayor activación muscular a nivel de la extremidad inferior y menor carga articular en cadera y rodilla. Las zancadas largas disminuyen la

economía de carrera y las zancadas cortas aumentan el trabajo muscular de la pierna. Los resultados del estudio sugieren que los corredores optimizan la economía de carrera con zancadas próximas a su longitud preferida (libre), pero algo más cortas, un promedio de 2.9% menos que la zancada natural. Por lo tanto las zancadas cortas podrían reducir mediante mayor activación muscular la carga sobre las articulaciones antes mencionadas.

Hunter & Smith (21) observan que el menor coste de carrera se encuentra en frecuencias de paso de 170 a 180 pasos por minuto.

Los cambios en la frecuencia de paso pueden afectar al almacenamiento de energía elástica durante el aterrizaje del pie sobre el suelo y su reutilización en subsecuente despegue. Los resultados de los estudios de Bonacci et al. (22) sugieren que se dan adaptaciones neuromusculares en respuesta al entrenamiento y que son una contribución importante a la economía de carrera. Por lo tanto, los corredores experimentados o entrenados tienen patrones más refinados de reclutamiento muscular.

En cambio, los corredores noveles corren con una frecuencia de paso alrededor de un 8% menor que la frecuencia óptima, mientras que, como se ha comentado anteriormente, los corredores experimentados escogen de forma libre una frecuencia muy próxima a la óptima y próximo al consumo mínimo de oxígeno (23).

Calzado.

Las intervenciones pasivas como pueden ser el calzado y las ortesis plantares pueden ser importantes moduladores del control neuromuscular y el rendimiento de carrera (22).

En los años 70 el calzado moderno de carrera fue inventado. Se desarrollaron y diseñaron nuevos materiales para las suelas de ese tipo de calzado, para aportar amortiguación engrosando el área del talón, por lo tanto variando la posición del pie, de una posición completamente plana a una posición con el pie declinado, pasando de neutro a una pequeña flexión plantar. Probablemente la combinación de la zona blanda y la altura del talón forzó a los corredores a cambiar su técnica de aterrizaje del pie (24,25), pasando del medio pie (el talón y la planta del pie aterrizan

simultáneamente) o el antepie (la planta del pie aterriza antes que el talón) a utilizar un patrón talonador (el talón aterriza primero).

Actualmente el 75 al 95% de los corredores recreativos, que llevan calzado de *running* usa un ataque de talón (26). Este tipo de calzado y de técnica disminuye la carga que llega al pie, consecuentemente, la musculatura de la pierna y la intrínseca del pie se debilita y se vuelven menos resistentes al aumento de cargas (27).

El calzado minimalista es aquel que proporciona una mínima interferencia con el movimiento natural del pie debido a su gran flexibilidad, mínima o nula diferencia entre la altura del talón y los dedos, ausencia de control de movimiento y sistemas de control de la estabilidad (28).

El uso de calzado minimalista en vez del calzado tradicional (maximalista) genera un cambio importante en el patrón de carga musculoesquelético. El cambio es tan notable que muchos corredores no pueden tolerarlo y acaban lesionándose (29). Basado en experimentos previos (30) se cree erróneamente que es suficiente solo con cambiar de calzado de tradicional a minimalista, y que la técnica de carrera cambiará automáticamente a una técnica correcta. La razón por la cual se genera un cambio de patrón de ataque de forma automática es porque el patrón talonador genera colisiones de alto impacto (24), para evitar ese choque los corredores de forma automática cambian a un patrón de mediopie o antepie. Aunque el cambio pueda darse de forma automática, es importante que al comprar calzado minimalista el corredor reciba una explicación y demostración sobre la correcta técnica de colocación del pie (31) y de la forma de realizar la transición para no lesionarse.

Como ya se ha comentado el calzado con talón ligeramente elevado altera la activación muscular de la extremidad inferior, pero también influye en la musculatura de la espalda. Las ortesis plantares incrementan la activación del tibial anterior y el peroneo largo, colocando el talón para aterrizar con un patrón talonador (32).

MECANOBIOLOGÍA DEL TEJIDO CONECTIVO:

Las estructuras del suelo pélvico son muy ricas en colágeno, están formadas por un 80% de tejido conjuntivo, en su mayoría colágeno de tipo I, III y IV (33).

En la bibliografía consultada la mayoría de estudios sobre la mechanobiología del tejido conectivo se basan en datos referentes al colágeno que forman los ligamentos. Considerando que los ligamentos cuentan con un porcentaje de colágeno tipo I del 70%, los resultados obtenidos en los citados estudios podrían ser extrapolables a las estructuras del suelo pélvico (34).

Actualmente existe evidencia empírica de que la carga mecánica tiene efectos beneficiosos en la reparación del tejido, estimula la proliferación celular y la producción de colágeno (35).

Se requieren alrededor de 52 semanas para semejar las propiedades del ligamento normal tras una lesión, por lo tanto el ligamento se ha sometido a una remodelación completa, pero este tiempo depende de diferentes factores como el género, la edad, el medio celular, la carga aplicada, las señales hormonales, etc. (36,37). Sin embargo, los factores mecánicos favorecen la calidad del tejido (38).

Con la práctica de ejercicio moderado se estimula la síntesis de colágeno, con el fin de reparar las fibras afectadas, lo que contribuye al refuerzo del ligamento (39).

Según Doroski et al. cuando el tejido ya no puede resistir la carga impuesta, alejándose del rango fisiológico, se produce una falla microscópica hasta occasionar falla macroscópica y por consiguiente, ruptura de las fibras del ligamento. Esto sucede frecuentemente en movimientos extremos como en deportes de alto contacto (40).

La carga mecánica induce muchos cambios: en el tejido celular, estimula la activación de señales de transducción, genera expresión de genes, incrementa la unión entre la célula y la matriz extracelular, la proliferación celular, la expresión de proteínas, la síntesis de genes en la matriz extracelular y produce cambios en el citoesqueleto (41,42). Por lo tanto, una carga mecánica adecuada puede generar cambios no lesivos en el tejido.

HIPÓTESIS:

Hipótesis principal:

Una técnica de carrera adecuada unida al uso de calzado minimalista hará disminuir el impacto que llega a nivel del suelo pélvico generando que la fuerza muscular de estas estructuras no se vea alterada.

Hipótesis secundaria:

La buena cuantificación del estrés mecánico puede mejorar la fuerza muscular de la musculatura del suelo pélvico.

OBJETIVO:

Con este proyecto se pretende evaluar mediante 4 grupos cuál es la influencia de la técnica de carrera y del calzado sobre la fuerza muscular del suelo pélvico en mujeres sanas nulíparas. Se busca objetivar si la variación del impacto sobre la pelvis y la musculatura del suelo pélvico pueden evitar alterar, e incluso mejorar sus características en cuanto a fuerza se refiere. Verificando con el paso del tiempo la calidad y fuerza de las estructuras en todos los grupos de estudio.

MATERIAL Y MÉTODOS:

Diseño del estudio:

En el estudio se tomarán como muestra a mujeres corredoras nulíparas, que serán divididas en 4 grupos, asignados de forma aleatoria:

- Calzado tradicional y técnica libre.
- Calzado tradicional y aprendizaje de técnica nueva.
- Calzado minimalista y técnica libre.
- Calzado minimalista y aprendizaje de técnica nueva.

Cada grupo constará del mismo número de corredoras.

Consideraciones legales y éticas:

El proyecto será presentado y deberá ser aprobado por el Comité Ético de Investigación Científica de La UNIR.

Los fisioterapeutas participantes actuarán bajo la normativa del Col·legi de Fisioterapeutes de Catalunya, respetando las competencias y los principios éticos y prácticos dictados en su Código Deontológico.

El estudio se realizará respetando los principios éticos de investigación médica en humanos establecidos por la Asociación Mundial de Helsinki del 5 de Mayo de 2015 (43).

Las corredoras que cumplan con los criterios de inclusión y que deseen participar en el estudio, deberán leer y llenar el consentimiento informado (Anexo 1), durante la primera cita informativa sobre el protocolo del estudio, que se realizará de forma individual.

En caso de querer abandonar el estudio una vez iniciado se podrá realizar de forma totalmente libre, rellenando un documento de renuncia (Anexo 2).

Muestra:

Mujeres corredoras con edad comprendida entre los 18 y 35 años. Nulíparas, sanas y sin problemas previos en la musculatura de su suelo pélvico. Deberán cumplir con los criterios de inclusión y exclusión de este estudio.

Criterios de inclusión:

- Aceptar y firmar el consentimiento informado.
- Mujeres corredoras de 18 a 35 años sanas.
- Nulíparas.
- Que usen calzado convencional para correr, amortiguado.
- Habituadas a correr una media de 3 días por semana, al menos durante una hora de tiempo por salida.
- Familiarizadas con el uso de la cinta de correr.

Criterios de exclusión:

- Intervenciones quirúrgicas a nivel de la pelvis menor o región urogenital previas al estudio.
- Incontinencia o prolapso de órganos pélvicos.
- Embarazo o embarazos previos.
- Atrofia vaginal severa.
- Dolor al correr en cualquier estructura corporal.
- Infección aguda vaginal o de orina.
- Dolor agudo a nivel de la extremidad inferior o lumbar.
- Alergia a alguno de los materiales usados.
- Enfermedad neurológica.
- Deterioro cognitivo.

Variables:

En este estudio se analizarán las siguientes variables:

- Variables antropométricas: la edad, peso, talla e índice de masa corporal (IMC).
- Tipo de calzado, según sea calzado tradicional o calzado minimalista.
- Técnica de carrera, según sea escogida libremente o técnica nueva con los parámetros estipulados de colocación del pie y cadencia.
- Número de entrenos por semana.
- Fuerza: medida mediante palpación a nivel vaginal con la escala modificada de Oxford.
- Fuerza: medida en Newtons mediante un dinamómetro.

Procedimientos e instrumentación empleados en la obtención de datos:

En primer lugar las variables antropométricas serán tomadas durante la primera sesión individual. Se llevará a cabo el registro de las variables antropométricas siguiendo las directrices pautadas por el Grupo Internacional de Cineantropometria (ISAK). El peso se medirá colocando al sujeto en posición bípeda, sin calzado y en ropa interior. Para la medición de la talla se tomará como referencia la distancia que va del vértex superior de la cabeza a la planta de los pies y se medirá con la corredora en bipedestación, en posición anatómica y manteniendo la región occipital, la espalda, los glúteos y los talones en contacto con el tallímetro mecánico. Al realizar la medida, se pedirá una inspiración máxima manteniendo la cabeza en el plano de Frankfort. El IMC se calculará dividiendo el peso (kg) entre la talla al cuadrado (cm^2).

En segundo lugar, diferenciaremos entre calzado tradicional y minimalista. El calzado minimalista es aquel que proporciona una mínima interferencia con el movimiento natural del pie debido a su gran flexibilidad, mínima o nula diferencia entre la altura del talón y los dedos, ausencia de control de movimiento y sistemas de control de la estabilidad (28), por lo tanto, como calzado tradicional tendremos bambas con

sistemas de amortiguación de grosor considerable, así como, sistemas de estabilización del pie, etc.

El cambio de calzado, para los dos grupos que harán el cambio a minimalista, se realizará de forma progresiva para asegurar que no se generen lesiones y que el cuerpo sea capaz de adaptarse adecuadamente (44,45). Irán introduciendo en cada entrenamiento un minuto de calzado nuevo, es decir que, por ejemplo en el entreno número 15, estarán realizando 15' de su sesión habitual con el nuevo calzado. Esto las obligará a llevar durante unas cuantas semanas una pequeña bolsa con el calzado para hacer el cambio durante las salidas. Si hubiese cualquier incidencia, y la progresión marcada no se puede llevar a cabo, pueden realizar menos minutos de introducción del calzado nuevo, pero siempre anotándolo en un parte de incidencias (Anexo 5).

En tercer lugar, la técnica nueva consistirá en marcar una cadencia de 180 pasos por minuto y un ataque de mediopie o antepie, a elección libre por la corredora. Se realizará una sesión previa teórico práctica para que puedan aprender a incorporar los cambios de forma progresiva para que no sean lesivos. Al igual que la introducción del calzado se cambiará 1' de técnica nueva por entreno realizado. Y de la misma manera que se ha especificado con el calzado cualquier variación en el *planning* marcado, se debe notificar en un parte de incidencias. Si las participantes de los grupos de técnica nueva necesitan hacer progresiones más lentas podrán hacerlo, pero dejando constancia de ello.

Cualquier cambio en el procedimiento estipulado deberá anotarse en el parte de incidencias.

En cuarto lugar se realizará un registro del número de entrenamientos por semana. Se facilitará a las corredoras un formulario donde puedan llevar el registro (Anexo 4). La recomendación será de 3 a 6 salidas por semana. Siempre siendo de una hora de duración.

La fuerza será valorada de forma cualitativa mediante la escala modificada de Oxford y de forma cuantitativa mediante el uso de un dinamómetro.

- Valoración mediante la escala modificada de Oxford (Anexo 6) (46).

La palpación vaginal, descrita por Kegel, es una técnica usada por la mayoría de fisioterapeutas para valorar la correcta contracción de la musculatura del suelo pélvico (8). Es el *gold standard* para este tipo de medición, pero es un método subjetivo (47).

Existen muchas descripciones de diferentes formas de palpación vaginal (48) pero según el estudio de Frawley et al. (49) demuestran que a pesar de ser una medida subjetiva los valores obtenidos tienen una buena fiabilidad (50). En el artículo hablan sobre diferentes posiciones para la medición, nosotros usaremos la posición ginecológica.

Las pacientes habrán sido, previamente, instruidas en la realización de la contracción del suelo pélvico.

Las mediciones serán realizadas por una especialista en rehabilitación del suelo pélvico con las participantes en posición ginecológica o de litotomía. El examen consistirá en una palpación bidigital cuantificando con la escala modificada de Oxford para valorar la capacidad de contracción máxima. Previamente habremos instruido a las participantes como realizar una contracción muscular concéntrica en una dirección cráneo-ventral. El investigador se asegurará que en la primera exploración física las participantes entendieron correctamente las instrucciones. La escala comprende valores entre 0 a 5 (47).

- Medición de la fuerza mediante dinamometría (47).

Para la medición se usará un prototipo de dinamómetro de recién fabricación, desarrollado por la Dra. Romero y el Dr. Peña, que comprende un espéculo en el que un sensor de desplazamiento inductivo (LVDTSM210.10.2.KTmodel, Schreiber) se une a un resorte de rigidez constante.

Antes de la evaluación se desinfectará y se recubrirá el espéculo con un condón femenino. Se realizará la medición justo después de haber valorado manualmente y haber obtenido los datos correspondientes.

Se realizarán dos mediciones de fuerza consecutivas con un reposo de 30 segundos. Se registran para cada medida dos valores: un valor inicial de la

fuerza pasiva tras abrir el espéculo durante 5 segundos y la contracción máxima voluntaria durante 10 segundos. La fuerza resultante se calculará: máxima menos la contracción pasiva o de base. La unidad de registro serán los Newtons (47).

Las valoraciones intracavitarias se realizarán fuera del período de menstruación.

Las mediciones de fuerza se realizarán pre y post entrenamiento. Durante los primeros 6 meses citaremos a las corredoras una vez al mes, porque los grupos que introducen técnica nueva y/o cambio de calzado estarán generando nuevas adaptaciones a nivel tisular y queremos valorar como es esa evolución. Desde los 6 meses hasta completar los 12 meses de estudio, las mediciones se realizarán cada 2 meses. Consideramos que para que se dé un recambio completo del colágeno se necesitan 52 semanas (35), por lo tanto optamos alargar el estudio a un año de duración.

Las mediciones quedarán registradas en los documentos de recogida de datos (Anexo 3).

Los entrenamientos de las corredoras serán, preferiblemente, en terrenos irregulares tipo cross, sin cuestas pronunciadas. Pediremos que no entrenen en terrenos montañosos con grandes desniveles, ya que la técnica de carrera se vería alterada por los obstáculos del terreno.

Temporalización:

Tiempo estimado	Tarea a realizar
-	Presentación del proyecto al comité de la universidad para su posterior aprobación.
2 meses	Recopilación de documentos y material necesarios para llevar a cabo el estudio. Contacto con los posibles colaboradores.
2 meses	Puesta en contacto con las corredoras e inicio de las sesiones informativas sobre el proyecto.

3 semanas	Llevar a cabo las primeras entrevistas con las corredoras interesadas en participar en el estudio. Recogida de los datos personales básicos para realizar un registro de participantes.
1 mes	Entrega y recepción del consentimiento informado. Realización de la primera visita individual. Toma de medidas antropométricas. Aprendizaje de la contracción del suelo pélvico.
1 semana	Adjudicación de los sujetos a cada uno de los grupos.
1 mes	Sesiones teórico prácticas para el aprendizaje de la técnica nueva, su implementación dentro de las sesiones de entrenamiento, y explicación de la transición al calzado minimalista, en función del grupo asignado.
12 meses	Mediciones. Recopilación de datos.
1 mes	Ánalisis de los resultados en el SPSS.
-	Redacción, publicación del estudio y sus resultados.

Análisis de datos:

El análisis de los datos se llevará a cabo con la ayuda de un estadístico utilizando el software SPSS® Statistics (versión 2.0) desarrollado por la compañía IBM® para Windows.

Los datos de cada corredora serán recogidos de cada una de las hojas de registro de datos utilizadas en el estudio. Con ellos se realizará previamente un análisis con el objetivo de valorar la normalidad y linealidad de las variables estudiadas. Para el análisis de la distribución y bondad de ajuste se utilizará la prueba no paramétrica de Mann-Whitney y posteriormente se realizará estadística descriptiva incluyendo medidas de tendencia central y medidas de dispersión de las variables. A continuación, se llevará a cabo el análisis de la relación bivariada lineal establecida entre variables mediante el coeficiente de correlación lineal con un intervalo de confianza del 95%. Finalmente, para acabar el procedimiento estadístico, se realizará el análisis de la varianza entre variables y intra-grupo, así como inter-grupo. El nivel de significación estadística se establecerá en $p<0.05$.

RESULTADOS ESPERADOS. LIMITACIONES.

El hecho de disminuir el impacto a nivel de la extremidad inferior desde la rodilla, hace pensar que las fuerzas que lleguen a nivel del suelo pélvico serán menores, y por lo tanto, esto permitirá que el tejido vaya adaptándose de forma progresiva sin ser lesivo. Cabría esperar que no hubiese disminución de la fuerza de contracción máxima de la musculatura del suelo pélvico.

Como principal limitación del proyecto está la dificultad en la obtención de la muestra y conseguir que las corredoras se muestren interesadas en participar en el estudio. En los grupos con cambio de calzado, en un inicio puede resultar difícil seguir con el *planning* adecuado en cuanto a la transición marcada.

Conseguir la participación voluntaria o de bajo coste por parte de los profesionales sanitarios necesarios para la ejecución y el análisis de datos de este proyecto podría suponer también un problema.

Por otro lado, conseguir que los sujetos participantes se desplacen para la realización de las mediciones al centro designado sin haber compensación económica sería otra de las grandes limitaciones del estudio.

ANEXOS:

ANEXO 1.

CONSENTIMIENTO INFORMADO:

Yo, _____, con DNI _____, he leído y comprendido la información que se me ha facilitado anteriormente siendo contestadas todas mis dudas de manera satisfactoria.

He sido informado y entiendo que los datos obtenidos al finalizar el estudio podrán ser publicados o difundidos con fines educativos y científicos. Así mismo también he sido informado y entiendo que mis datos personales pasarán a formar parte de un archivo de datos y no serán facilitados a ninguna persona externa al estudio, con el objetivo de mantener la confidencialidad y el anonimato de quienes participamos.

Se deja constancia de que recibiré una copia firmada y fechada de este documento.

Barcelona, ___, de _____, del año _____

(Firma del participante)

ANEXO 2.

CARTA DE REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO:

Título del estudio realizado:

Investigador principal y número de colegiado:

Sede donde se lleva a cabo el estudio:

Nombre y apellidos del participante:

DNI del participante:

A través de este documento deseo informar de mi decisión de retirarme de este estudio de investigación por las siguientes razones (este apartado es opcional y puede dejarse en blanco si así lo desea el participante):

1. _____

2. _____

3. _____

Si el participante lo desea podrá solicitar que le sea entregada toda la información que se haya recabado sobre él con motivo de su participación en el presente estudio.

Barcelona, ____, de _____, del año _____

(Firma del participante)

ANEXO 3.

CUESTIONARIO DE RECOGIDA DE DATOS:

Primera medición.

Nombre y apellidos:

Profesional evaluador (adjuntar número de colegiado):

Fecha y hora:

Antecedentes patológicos:

Medicación:

Registros antropométricos:

- Fecha de nacimiento/edad:
- Peso:
- Talla:
- IMC:

Valoración de la fuerza:

- Escala de Oxford:
- Dinamometría:

Grupo de estudio asignado:

Recogida de datos:

Nombre y apellidos:

Profesional evaluador (adjuntar número de colegiado):

Fecha y hora:

Incidencias:

Grupo de estudio:

Valoración de la fuerza:

	Fecha y hora	Oxford	Dinamometría (N)	Incidencias
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

ANEXO 4.**Tabla de recogida de datos sobre los entrenamientos:**

Semana	Nº entrenamientos	Semana	Nº entrenamientos
1		30	
2		31	
3		32	
4		33	
5		34	
6		35	
7		36	
8		37	
9		38	
10		39	
11		40	
12		41	
13		42	
14		43	
15		44	
16		45	
17		46	
18		47	
19		48	
20		49	
21		50	
22		51	
23		52	
24			
25			
26			
27			
28			
29			

ANEXO 5.

Parte de incidencias:

Nombre y apellidos:

Fecha y hora:

Incidencia:

ANEXO 6.

Escala modificada de Oxford (46).

DEGREE OF FORCE	MODIFIED OXFORD SCALE
0	Lack of muscle response
1	Flicker of non-sustained contraction
2	Presence of low intensity, but sustained, contraction
3	Moderate contraction, felt like an increase in intravaginal pressure, which compresses the fingers of the examiner with small cranial elevation of the vaginal wall
4	Satisfactory contraction, compressing the fingers of the examiner with elevation of the vaginal wall towards the pubic symphysis
5	Strong contraction, firm compression of the examiner's fingers with positive movement towards the pubic symphysis.

FIGURE 1 - Scale of pelvic floor muscle strength^{3,9}

BIBLIOGRAFÍA:

1. La Media Maratón Gijón 2015 incrementa las inscripciones para alcanzar los 2.300 corredores [Internet]. [cited 2016 Jul 9]. Available from: <http://www.vamosacorrer.com/noticias/atletismo-medio-maraton-gijon-la-prueba-incrementa-doscientas-plazas-para-llegar-a-2300-20150122.html>
2. 20Minutos. Una Behobia-San Sebastián de récord: crece hasta los 34.000 corredores en 2015 - 20minutos.es [Internet]. 20minutos.es - Últimas Noticias. [cited 2016 Jul 9]. Available from: <http://www.20minutos.es/deportes/noticia/behobia-san-sebastian-aumento-inscripciones-2015-atletismo-carreras-populares-2403911/>
3. El Maratón Valencia “Trinidad Alfonso” supera los 15.000 inscritos [Internet]. Mundo Deportivo. [cited 2016 Jul 9]. Available from: <http://www.mundodeportivo.com/atletismo/20151001/201965896753/el-maraton-valencia-trinidad-alfonso-supera-los-15-000-inscritos.html>
4. Esports | El Digital D Barcelona | Ajuntament de Barcelona [Internet]. [cited 2016 Jul 9]. Available from: <http://eldigital.barcelona.cat/seccio/esports>
5. Bø K. Urinary incontinence, pelvic floor dysfunction, exercise and sport. *Sports Med Auckl NZ*. 2004;34(7):451–64.
6. Bø K, Larsen S. Pelvic floor muscle exercise for the treatment of female stress urinary incontinence: Classification and characterization of responders. *Neurourol Urodyn*. 1992 Jan 1;11(5):497–507.
7. Mørkved S, Salvesen KA, Bø K, Eik-Nes S. Pelvic floor muscle strength and thickness in continent and incontinent nulliparous pregnant women. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct*. 2004 Dec;15(6):384–389; discussion 390.
8. Kegel AH. Progressive resistance exercise in the functional restoration of the perineal muscles. *Am J Obstet Gynecol*. 1948 Aug;56(2):238–48.
9. DeLancey JO. Anatomy and physiology of urinary continence. *Clin Obstet Gynecol*. 1990 Jun;33(2):298–307.

10. Bump RC, Norton PA. Epidemiology and natural history of pelvic floor dysfunction. *Obstet Gynecol Clin North Am.* 1998 Dec;25(4):723–46.
11. Ashton-Miller JA, DeLancey JOL. Functional anatomy of the female pelvic floor. *Ann N Y Acad Sci.* 2007 Apr;1101:266–96.
12. Vitton V, Baumstarck-Barrau K, Brardjanian S, Caballe I, Bouvier M, Grimaud J-C. Impact of high-level sport practice on anal incontinence in a healthy young female population. *J Womens Health* 2002. 2011 May;20(5):757–63.
13. Almeida MBA, Barra AA, Saltiel F, Silva-Filho AL, Fonseca AMRM, Figueiredo EM. Urinary incontinence and other pelvic floor dysfunctions in female athletes in Brazil: A cross-sectional study. *Scand J Med Sci Sports.* 2015 Sep 15;
14. Pauls RN, Fellner AN, Davila GW. Vaginal laxity: a poorly understood quality of life problem; a survey of physician members of the International Urogynecological Association (IUGA). *Int Urogynecology J.* 2012 Oct;23(10):1435–48.
15. Brandão S, Da Roza T, Mascarenhas T, Ramos I, Natal Jorge R. Do asymptomatic former high-impact sports practitioners maintain the ability to contract the pelvic floor muscles? *J Sports Med Phys Fitness.* 2015 Nov;55(11):1272–6.
16. Cavanagh PR, Williams KR. The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(1):30–5.
17. Hogberg P. How do stride length and stride frequency influence the energy-output during running? *Arbeitsphysiologie Int Z Für Angew Physiol.* 1952;14(6):437–41.
18. Hamill J, Derrick TR, Holt KG. Shock attenuation and stride frequency during running. *Hum Mov Sci.* 1995 Jun;14(1):45–60.
19. Holt KG, Hamill J, Andres RO. Predicting the minimal energy costs of human walking. *Med Sci Sports Exerc.* 1991 Apr;23(4):491–8.
20. Connick MJ, Li F-X. Changes in timing of muscle contractions and running economy with altered stride pattern during running. *Gait Posture.* 2014;39(1):634–7.
21. Hunter I, Smith GA. Preferred and optimal stride frequency, stiffness and economy: changes with fatigue during a 1-h high-intensity run. *Eur J Appl Physiol.* 2007 Aug;100(6):653–61.

22. Bonacci J, Chapman A, Blanch P, Vicenzino B. Neuromuscular adaptations to training, injury and passive interventions: implications for running economy. *Sports Med Auckl NZ*. 2009;39(11):903–21.
23. de Ruiter CJ, Verdijk PWL, Werker W, Zuidema MJ, de Haan A. Stride frequency in relation to oxygen consumption in experienced and novice runners. *Eur J Sport Sci*. 2014;14(3):251–8.
24. Lieberman DE, Venkadesan M, Werbel WA, Daoud AI, D'Andrea S, Davis IS, et al. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature*. 2010 Jan 28;463(7280):531–5.
25. Perl DP, Daoud AI, Lieberman DE. Effects of footwear and strike type on running economy. *Med Sci Sports Exerc*. 2012 Jul;44(7):1335–43.
26. de Almeida MO, Saragiotto BT, Yamato TP, Lopes AD. Is the rearfoot pattern the most frequently foot strike pattern among recreational shod distance runners? *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med*. 2015 Feb;16(1):29–33.
27. Lieberman DE. Strike type variation among Tarahumara Indians in minimal sandals versus conventional running shoes. *J Sport Health Sci*. 2014 Jun;3(2):86–94.
28. Esculier J-F, Dubois B, Dionne CE, Leblond J, Roy J-S. A consensus definition and rating scale for minimalist shoes. *J Foot Ankle Res*. 2015;8:42.
29. Hamill J, Russell EM, Gruber AH, Miller R. Impact characteristics in shod and barefoot running. *Footwear Sci*. 2011 Mar 1;3(1):33–40.
30. Braunstein B, Arampatzis A, Eysel P, Brüggemann G-P. Footwear affects the gearing at the ankle and knee joints during running. *J Biomech*. 2010 Aug 10;43(11):2120–5.
31. Dolenc A, Radi P, Strojnik V. An Explanation of the Influence on Deciding which Type of Foot Strike to Use when Running Barefoot or in Minimalistic Shoes. *Coll Antropol*. 2015 Jul;39 Suppl 1:147–51.
32. Murley GS, Landorf KB, Menz HB, Bird AR. Effect of foot posture, foot orthoses and footwear on lower limb muscle activity during walking and running: a systematic review. *Gait Posture*. 2009 Feb;29(2):172–87.

- | 33. TRABAJO | FIN | DE | GRADO | - |
|---|-----|----|-------|---|
| LorieCruz_TurenaMikaela_TFG_2013.pdf;jsessionid=13FD86109750A1CD8706BE883B7F248E [Internet]. [cited 2016 Jul 16]. Available from: http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/11530/LorieCruz_TurenaMikaela_TFG_2013.pdf;jsessionid=13FD86109750A1CD8706BE883B7F248E?sequence=2 | | | | |
| 34. Ligamentos articulares ¿Qué características y funciones tienen? [Internet]. [cited 2016 Jul 16]. Available from: https://www.fisioterapia-online.com/articulos/ligamentos-articulares-que-caracteristicas-y-funciones-tienen | | | | |
| 35. Mecanobiología de reparación del ligamento [Internet]. [cited 2016 Jul 16]. Available from: http://www.bvs.sld.cu/revistas/ibi/vol_29_1_10/ibi09110.htm | | | | |
| 36. Frank C, Shrive N, Hiraoka H, Nakamura N, Kaneda Y, Hart D. Optimisation of the biology of soft tissue repair. <i>J Sci Med Sport Sports Med Aust</i> . 1999 Oct;2(3):190–210. | | | | |
| 37. Salo P, Bray R, Seerattan R, Reno C, McDougall J, Hart DA. Neuropeptides regulate expression of matrix molecule, growth factor and inflammatory mediator mRNA in explants of normal and healing medial collateral ligament. <i>Regul Pept</i> . 2007 Jul 5;142(1–2):1–6. | | | | |
| 38. Wang JH-C, Thampatty BP, Lin J-S, Im H-J. Mechanoregulation of gene expression in fibroblasts. <i>Gene</i> . 2007 Apr 15;391(1–2):1–15. | | | | |
| 39. How a daily and moderate exercise improves ligament healing [Internet]. [cited 2016 Jul 16]. Available from: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1297956208000533 | | | | |
| 40. Doroski DM, Brink KS, Temenoff JS. Techniques for biological characterization of tissue-engineered tendon and ligament. <i>Biomaterials</i> . 2007 Jan;28(2):187–202. | | | | |
| 41. Doschak MR, Zernicke RF. Structure, function and adaptation of bone-tendon and bone-ligament complexes. <i>J Musculoskelet Neuronal Interact</i> . 2005 Mar;5(1):35–40. | | | | |
| 42. Wang JH-C. Mechanobiology of tendon. <i>J Biomech</i> . 2006;39(9):1563–82. | | | | |

43. WMA Declaration of Helsinki - Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects [Internet]. 2013 [cited 2016 Jul 19]. Available from: <http://www.wma.net/es/30publications/10policies/b3/>
44. Goble C, Wegler J, Forest CP. The potential hazards of barefoot running: proceed with caution. *JAAPA Off J Am Acad Physician Assist.* 2013 Mar;26(3):49–53.
45. Chen TL-W, Sze LKY, Davis IS, Cheung RTH. Effects of training in minimalist shoes on the intrinsic and extrinsic foot muscle volume. *Clin Biomech Bristol Avon.* 2016 Jul;36:8–13.
46. Newman DK, Laycock J. Clinical Evaluation of the Pelvic Floor Muscles. In: MD KB, Burgio KL, MD PAN, MD BS, CU KHMM MD, FRCOG, FRANZCOG, FRANZCOG(Hon) SLSF FRCOG, editors. *Pelvic Floor Re-education* [Internet]. Springer London; 2008 [cited 2016 Jul 17]. p. 91–104. Available from: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-84628-505-9_9
47. Romero-Cullerés G, Peña-Pitarch E, Jané-Feixas C, Arnau A, Montesinos J, Abenoza-Guardiola M. Intra-rater reliability and diagnostic accuracy of a new vaginal dynamometer to measure pelvic floor muscle strength in women with urinary incontinence. *Neurourol Urodyn.* 2015 Nov 1;n/a-n/a.
48. Evaluation of Female Pelvic-Floor Muscle Function and Strength | Physical Therapy Journal [Internet]. [cited 2016 Jul 17]. Available from: <http://ptjournal.apta.org/content/85/3/269.long>
49. Frawley HC, Galea MP, Phillips BA, Sherburn M, Bø K. Reliability of pelvic floor muscle strength assessment using different test positions and tools. *Neurourol Urodyn.* 2006;25(3):236–42.
50. Isherwood PJ, Rane A. Comparative assessment of pelvic floor strength using a perineometer and digital examination. *BJOG Int J Obstet Gynaecol.* 2000 Aug;107(8):1007–11.

