



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA

Análisis funcional cualitativo de la musculatura estabilizadora lumbo-pélvica en adultos jóvenes sanos y con dolor lumbar.

Qualitative functional analysis of the lumbo-pelvic stabilizing musculature in healthy young adults and with low back pain.

Análise funcional cualitativa da musculatura estabilizadora lumbo-pélvica en adultos novos sans e con dor lumbar.



Facultad de Fisioterapia

Alumno: Raúl Diéguez Martínez

DNI: 76.735.774 T

Tutor: D. Francisco José Senín Camargo

Convocatoria: Junio 2020

ÍNDICE

1. Resumen.	1
1. Abstract.	2
1. Resumen.	3
2. Introducción.	4
2.1. Tipo de trabajo.	4
2.2. Motivación personal.	4
3. Contextualización.	5
3.1. Antecedentes.	5
3.2. Justificación del trabajo.	10
4. Hipótesis y objetivos.	12
4.1. Hipótesis.	12
4.1.1. Hipótesis nula (H_0).	12
4.1.2. Hipótesis alternativa (H_1).	12
4.2. Pregunta de investigación.	12
4.3. Objetivos: generales y específicos.	13
4.3.1. Objetivos generales.	13
4.3.2. Objetivos específicos.	13
5. Metodología.	14
5.1. Estrategia de búsqueda bibliográfica.	14
5.2. Ámbito de estudio.	14
5.3. Periodo de estudio.	15
5.4. Tipo de estudio.	15
5.5. Criterios de selección.	15
5.5.1. Criterios de inclusión.	15
5.5.2. Criterios de exclusión.	16
5.6. Justificación del tamaño muestral.	17

5.7.	Selección de la muestra.....	18
5.8.	Descripción de las variables a estudiar.....	19
5.9.	Mediciones y exploración.....	21
5.9.1.	Análisis funcional cualitativo de la musculatura anterolateral del abdomen.....	22
5.9.2.	Análisis funcional cualitativo de la musculatura multífida.....	29
5.10.	Análisis estadístico de los datos.....	33
5.11.	Limitaciones del estudio.....	34
6.	Cronograma y plan de trabajo.....	36
7.	Aspectos ético-legales.....	38
8.	Aplicación del estudio.....	40
9.	Plan de difusión de los resultados.....	41
9.1.	Congresos.....	41
9.2.	Revistas.....	41
10.	Memoria económica.....	43
10.1.	Infraestructura.....	43
10.2.	Recursos materiales.....	43
10.3.	Recursos humanos.....	43
10.4.	Distribución del presupuesto.....	44
10.5.	Posibles fuentes de financiación.....	45
11.	Bibliografía.....	46
12.	Anexos.....	52
	Anexo I. Cartel Informativo.....	52
	Anexo II. Autorización al CEIC de Galicia.....	53
	Anexo III. Hoja de información al participante adulto/a.....	54
	Anexo IV. Consentimiento informado.....	58
	Anexo V. Hoja de evaluación.....	59
	Anexo VI. Ficha exploratoria ecográfica.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla I. Tamaño muestral.</i>	17
<i>Tabla II. Variables Independientes.</i>	19
<i>Tabla III. Variables Dependientes.</i>	20
<i>Tabla IV. Cronograma.</i>	36
<i>Tabla V. Revistas científicas.</i>	42
<i>Tabla VI. Recursos materiales.</i>	43
<i>Tabla VII. Distribución del presupuesto.</i>	44

ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1. Colocación del participante.</i>	22
<i>Imagen 2. Colocación de la sonda (33).</i>	22
<i>Imagen 3. Musculatura anterolateral del abdomen.</i>	23
<i>Imagen 4. Ejemplo 1 impacto de la respiración.</i>	24
<i>Imagen 5. Ejemplo 2 impacto de la respiración.</i>	24
<i>Imagen 6. Contracción analítica TrA.</i>	25
<i>Imagen 7. Control motor durante la contracción de suelo pélvico.</i>	26
<i>Imagen 8. Test elevación pierna recta.</i>	27
<i>Imagen 9. Ejemplo 1 sollicitación espinal.</i>	28
<i>Imagen 10. Ejemplo 2 sollicitación espinal.</i>	28
<i>Imagen 11. Ejemplo 3 sollicitación espinal.</i>	28
<i>Imagen 12. Posición del participante.</i>	29
<i>Imagen 13. Nivel de medición.</i>	30
<i>Imagen 14. Disposición de la sonda.</i>	30
<i>Imagen 15. Imagen referencia musculatura multífida. MLG multífidus lumbar global.</i> ..	31
<i>Imagen 16. Contracción analítica multífidus lumbar.</i>	32
<i>Imagen 17. Imagen dual reposo-contracción multífidus. MLS: multífidus lumbar superficial</i>	33

ÍNDICE DE ABREVIATURAS/ACRÓNIMOS

TrA	Transverso abdominal
OI	Oblicuo interno
ML	Multífidos lumbar
OE	Oblicuo externo
UDC	Universidade da Coruña
PICO	Paciente, Intervención, Comparación, Resultado (Outcome)
IMC	Índice de masa corporal
EVA	Escala Visual Analógica
Kg	Kilogramos
m	Metro
cm	Centímetros
MLG	Multífidos lumbar global
MLS	Multífidos lumbar superficial
MLP	Multífidos lumbar profundo
CEIC	Comité Ético de Investigación Clínica
CIOMS	Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas
OMS	Organización Mundial de la Salud
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencias y la Cultura
JCR	Journal Citation Reports
COFIGA	Colegio Oficial de Fisioterapeutas de Galicia

1. Resumen.

Introducción: El dolor lumbar es la condición músculo-esquelética más común en todo el mundo, dando lugar a grandes cargas tanto a nivel individual, como a nivel sanitario y económico. Estudios realizados en personas con dolor lumbar han reportado la presencia de déficits en el control motor, así como cambios estructurales y morfológicos en la musculatura posterior del tronco y la musculatura abdominal. Sin embargo, sigue existiendo controversia en cuanto a estos resultados y la implicación que pueden tener estos cambios en la funcionalidad de la musculatura estabilizadora lumbo-pélvica. Los mecanismos neuromusculares subyacentes a este proceso todavía no se conocen bien, pero una mejora en la activación de la musculatura anterolateral del abdomen y multifida lumbar podrían reportar efectos positivos tanto en la prevención del dolor lumbar, como en la obtención de mejores resultados clínicos en estos pacientes.

Objetivos: Comparar la funcionalidad de la musculatura estabilizadora lumbo-pélvica en un grupo de adultos jóvenes sanos respecto a un grupo con dolor lumbar, utilizando la ecografía como método de obtención de los resultados.

Material y métodos: Se plantea el desarrollo y posterior comparación de dos estudios catalogados como estudios descriptivos transversales de prevalencia, conformados por un grupo de adultos jóvenes sanos y por un grupo con dolor lumbar. Para ello se observará mediante exploración ecográfica la musculatura anterolateral del abdomen y multifida lumbar durante la realización de 6 pruebas funcionales: impacto de la respiración en la musculatura anterolateral, contracción analítica de transversos abdominales, sinergia de suelo pélvico con transversos, respuesta de la musculatura anterolateral del abdomen ante una sollicitación espinal, contracción analítica del multifidus lumbar (ML) y su respuesta ante una sollicitación espinal.

Palabras clave: Dolor lumbar, multifidus lumbar, transversos abdominales, musculatura oblicua, ecografía, contracción muscular.

1. Abstract.

Introduction: Low back pain is the muscle-skeletal more common in the world, inducing big loads both individually, and economically and healthily. Applied studies in people with low back pain have reported the presence of motor control deficits, as well as structural and morphological changes in the posterior trunk musculature and abdominal musculature. However, controversy continues regarding these results and the implication these changes may have in the functionality of the lumbo-pelvic stabilizing muscles. The neuromuscular mechanisms underlying this process are still quite unknown, but the anterolateral abdominal and lumbar multifidus musculature activation improvement could report positive effects both in the low back pain prevention, and in obtaining better clinical results in these patients.

Objectives: Compare the functionality of the lumbo-pelvic stabilizing musculature in a group of healthy young adults compared to a group with low back pain, using ultrasonography as method of obtaining results.

Material and methods: here are proposed the development and later comparison of two studies catalogued as cross-sectional prevalence descriptive studies, formed by a group of healthy young adults and by a group with low back pain. For it is observed through ultrasound examination the anterolateral abdominal and lumbar multifidus musculature during the realization of 6 functional tests: breathing impact in the anterolateral musculature, analytic contraction of abdominal transverse, pelvic floor with transverse synergy, anterolateral musculature response upon spinal solicitation, analytic contraction of lumbar multifidus and its response upon spinal solicitation.

Keywords: Low back pain, lumbar multifidus, abdominal transverse, oblique musculature, ultrasound, muscle contraction.

1. Resumo.

Introdución: A dor lumbar é a condición músculo-esquelética máis común en todo o mundo, dando lugar a grandes cargas tanto a nivel individual, como a nivel sanitario e económico. Estudos feitos en persoas con dor lumbar reportaron da presenza de déficits no control motor, así como cambios estruturais e morfolóxicos na musculatura posterior do tronco e na musculatura do abdome. Sen embargo, segue existindo controversia en canto a estes resultados e á implicación que poden ter nos cambios na funcionalidade da musculatura estabilizadora lumbo-pélvica. Os mecanismos neuromusculares subxacentes a este proceso aínda non se coñecen ben, pero unha mellora na activación dos músculos anterolaterais do abdome e do multífidus lumbar pode reportar efectos positivos tanto na prevención da dor lumbar, como na obtención de mellores resultados clínicos nestes pacientes.

Obxectivo: Comparar a funcionalidade da musculatura estabilizadora lumbo-pélvica nun grupo de adultos novos sans respecto a un grupo con dor lumbar, utilizando a ecografía como método para a obtención dos resultados.

Material e método: Proponse o desenvolvemento e posterior comparación de dous estudos catalogados como estudos descritivos transversais de prevalencia, conformados por un grupo de mozos sans e un grupo con dor lumbar. Para isto observárase mediante ecografía os músculos anterolaterais do abdome e o multífidus lumbar durante a realización de 6 probas funcionais: impacto da respiración nos músculos anterolaterais do abdome, contracción analítica do transversos do abdome, sinerxia do chan pélvico co transversos, resposta dos músculos anterolaterais do abdome ante unha solicitude espinal, contracción analítica do multífidus lumbar e a súa resposta ante unha solicitude espinal.

Palabras clave: Dor lumbar, multífidus lumbar, transversos do abdome, musculatura oblicua, ecografía, contracción muscular.

2. Introducción.

2.1. Tipo de trabajo.

La modalidad seleccionada para la elaboración de este trabajo es un proyecto de investigación, refiriéndose a él como un proceso sistemático, organizado y objetivo, en el cual se aplica el método científico con el fin de encontrar una respuesta a un problema principal planteado, a partir de definir el objetivo del estudio y seguir un diseño preestablecido, cuyo análisis e interpretación darán lugar a unas conclusiones que podrán ser compartidas con el resto de los profesionales de la salud (1).

El tipo de trabajo que se plantea dentro de este proyecto de investigación es un estudio descriptivo transversal de prevalencia, cuyo objetivo principal es comparar la funcionalidad de la musculatura lumbo-pélvica en un grupo de adultos jóvenes sanos respecto a un grupo con dolor lumbar, utilizando la ecografía como método de obtención de los resultados.

2.2. Motivación personal.

La profundización en el ámbito de la investigación ha sido uno de los principales alicientes para la elección del presente trabajo. Por este motivo, he considerado que mediante el planteamiento y desarrollo de un estudio piloto podría profundizar e instruirme en este ámbito, adquiriendo competencias básicas, que me permitan sacar un mayor rendimiento a mi práctica clínica diaria.

Por otro lado, el dolor lumbar es uno de los temas que más interés me ha suscitado a lo largo de mi formación. Cuenta con elevadas tasas de prevalencia, suponiendo altas cargas socioeconómicas y, por lo tanto, enmarcándose como uno de los principales problemas abordados desde la fisioterapia. Teniendo en cuenta esto, profundizar en el conocimiento de la funcionalidad de la musculatura estabilizadora lumbo-pélvica en este grupo de población en comparación con un grupo de población sana, resulta interesante y me permite adquirir nuevas herramientas de evaluación que puedan mejorar mi intervención clínica en el abordaje de esta patología.

No obstante, debido a la situación excepcional provocada por COVID-19, se ha suspendido toda actividad presencial en el ámbito educacional. Por este motivo, la propuesta inicial planteada como un estudio piloto ha tenido que ser modificada, de forma que nos centraremos en el planteamiento del estudio desarrollando un proyecto de investigación.

3. Contextualización.

3.1. Antecedentes.

Uno de los principales problemas mundiales de salud pública es el dolor lumbar, situándose como el problema musculoesquelético más común a nivel global. Conlleva importantes cargas, tanto a nivel personal, siendo la principal causa de limitación de la actividad y ausentismo laboral, como a nivel comunitario, suponiendo altos costes médicos y, por lo tanto, repercutiendo a nivel económico (2–4).

El dolor lumbar se define como aquel dolor localizado entre el margen inferior costal y el límite inferior de los pliegues glúteos, con una duración de al menos un día y con/sin dolor referido a una o ambas extremidades inferiores (5).

La forma más común de presentación es el dolor lumbar inespecífico, abarcando alrededor del 90% de los casos. Este término se utiliza cuando la causa patoanatómica del dolor no puede ser determinada (6).

Por otra parte, el dolor lumbar específico englobaría todas aquellas causas asociadas directamente con el dolor que sufre la persona, ya sea debido a problemas surgidos más allá de la columna lumbar (ej. filtración de aneurisma aórtico), a problemas afines a la columna lumbar (ej. fracturas, espondiloartropatía, etc.), dolor radicular, radiculopatías o estenosis espinal. Estos casos son menos frecuentes pero su gravedad requiere de una correcta identificación y tratamiento específico (6).

Otra forma típica de clasificar el dolor lumbar es conforme a la duración de los síntomas del episodio presente, de esta forma se establecen tres categorías: el dolor lumbar agudo, subagudo o crónico. El primero es aquel que dura menos de 4 semanas; el segundo aquel que dura entre 4 y 12 semanas; y por último, el dolor lumbar crónico aquel que dura más de 12 semanas (7). Sin embargo, algunos investigadores tachan esta clasificación como simplista, ya que implicaría que el dolor lumbar se presenta como episodios agudos no relacionados o como dolor crónico continuo; no obstante, hace años que se reconoció que el dolor lumbar a menudo se presenta como una afección episódica y las personas que han experimentado dolor lumbar también pueden tener episodios futuros (8).

Según el Global Burden of Disease Study 2017, el dolor lumbar se sitúa como la principal causa mundial de años vividos con discapacidad (3). En 2017, se estima que el número de personas con dolor lumbar a nivel mundial alcanzó una cifra de 577 millones de personas. La prevalencia media es más alta en países con ingresos más altos que en países con medios y bajos ingresos (5).

En cuanto a franjas de edades, el dolor lumbar es inusual durante la primera década de la vida. Sin embargo, aumenta de forma brusca con el paso de los años, con prevalencias altas en todos los grupos de edad a partir de los 18 años. El pico máximo de prevalencia se sitúa entre los 80-89 años. Por sexos, la prevalencia es mayor en la población femenina (8,01%) frente al sexo masculino (6,94%)(5). No obstante, si observamos la tendencia de edad para los años vividos con discapacidad, encontramos diferencias respecto a la prevalencia. En este caso, el punto máximo se sitúa en personas de mediana edad (35-49 años), afectando a una gran parte de la población activa laboral, lo que supone elevados costes económicos a nivel laboral, sanitario y gubernamental (5).

Relacionando esto último con el curso natural del dolor, en torno a un 84% de la población general, reporta al menos un episodio de dolor lumbar a lo largo de su vida, el cual suele resolverse en un periodo de 2 a 4 semanas (9). Sin embargo, este problema se entiende cada vez más como una condición a largo plazo con un curso variable, en lugar de sucesos episódicos no relacionados. Las estimaciones proporcionadas por la literatura científica nos muestran una recurrencia del dolor lumbar a un año del 33% (10). Estos episodios de dolor recurrente y dolor crónico son los que generan una mayor carga al sistema y un mayor coste a nivel individual, de forma que estas personas ven muy limitada su actividad física y laboral, favoreciendo la atrofia muscular y cambios estructurales a largo plazo (11).

En cuanto a los factores de riesgo predisponentes para sufrir un episodio de dolor lumbar, la literatura científica muestra varias características individuales y ambientales que pueden incrementar la probabilidad de su aparición. Dentro de estos factores se incluyen: condiciones individuales (como la edad o el sexo); pobre salud general asociada a comorbilidades (ej. obesidad); estrés físico sobre la columna (ej. tareas manuales pesadas); y factores psicológicos (ej. estrés) (12). Además, haber sufrido un episodio previo de dolor lumbar se considera un factor pronóstico para la aparición de un nuevo episodio de dolor lumbar. A mayores, una alta intensidad inicial de dolor, la angustia psicológica, la aparición de múltiples puntos de dolor en el cuerpo, así como

los mecanismos de procesamiento central del dolor, desempeñan un papel importante en el desarrollo de dolor persistente e incapacitante (13).

Se precisan nuevos enfoques de salud para abordar esta condición, junto con la colaboración de acciones políticas fuertes y coordinadas a nivel internacional para reducir sustancialmente la discapacidad, mejorar la efectividad y prosperar en cuanto a la eficiencia de atención a las personas con dolor lumbar en todo el mundo (4).

Las guías de práctica clínica más recientes recomiendan un enfoque biopsicosocial para guiar el manejo del dolor lumbar. Dentro de este marco, se entiende que la discapacidad es inseparable del contexto social y económico de las personas y, a mayores, está entrelazado con las creencias personales y culturales sobre el dolor de espalda (14).

Por ello, el tratamiento de primera línea incluye el asesoramiento y educación del paciente sobre la naturaleza de su dolor, descartando que su enfermedad sea grave e informando sobre la posible evolución de los síntomas. Además, se pone mayor énfasis en la autogestión del paciente, alentando a que evite el reposo en cama, a mantenerse activo y continuar con las actividades habituales, incluyendo el trabajo. Las terapias físicas y psicológicas también adquieren mayor importancia, dejando a un lado el tratamiento farmacológico y quirúrgico, solo siendo considerados ante una respuesta inadecuada a los programas de primera línea (14,15).

En cuanto al dolor lumbar agudo y subagudo, el Colegio Americano de Fisioterapeutas recomienda la aplicación de calor superficial sobre la región lumbar, mostrando una mejora de los niveles de dolor y discapacidad a corto plazo. En esta misma línea, otra terapia recomendada es la masoterapia, aportando efectos positivos en la mejora del dolor. Estas intervenciones combinadas con el ejercicio terapéutico parecen mostrar mejores resultados en la disminución del dolor y la mejora de la función (7).

Para los casos de dolor lumbar que adquieren un carácter crónico (>12 semanas de duración), el tratamiento de fisioterapia se enfoca en la pauta de programas de actividad física gradual dirigidos a la mejora en la función y la prevención del empeoramiento de la discapacidad (14). De esta forma, el ejercicio terapéutico se sitúa como la primera línea de tratamiento para los casos de dolor lumbar crónico, siendo avalado por varias guías de práctica clínica (7,16,17). Sin embargo, no existe una evidencia clara en cuanto al tipo óptimo de ejercicio, dosis o duración de estos

programas de rehabilitación. Por lo tanto, es esencial que la preinscripción de ejercicios tenga en cuenta las necesidades, preferencias y capacidades individuales de la persona, para una óptima recuperación (14,17). En contraposición, la evidencia no es clara en cuanto al uso de terapias pasivas, como las manipulaciones espinales, masoterapia o acupuntura; mientras unas guías de práctica clínica directamente no las recomiendan, otras guías las consideran opcionales y otras las sugieren en caso de que los pacientes no respondan al tratamiento de primera línea (14).

Dentro de esta pauta de intervenciones, los ejercicios de control motor son usados comúnmente en pacientes con dolor lumbar. Se define control motor como la forma en que el sistema nervioso controla la postura y el movimiento para realizar una tarea motora dada e incluye la consideración de todos los procesos motores, sensoriales e integradores asociados (18).

En este contexto, nos referimos a ejercicios de control motor como aquellos cuyo objetivo es cambiar la forma en la que un individuo controla su cuerpo (en cuanto a la postura/alineación, movimiento y activación muscular) para modificar la carga a la que ve sometida su columna vertebral y las estructuras adyacentes (18,19).

En relación con el dolor lumbar, el control motor comúnmente se ha estudiado a nivel de patrones de actividad muscular y movimientos del tronco. Observando las diferencias en la activación muscular, se ha considerado que la gran mayoría de personas con dolor lumbar presentan algún cambio en el control motor (18,19).

Aunque no es directamente indicativo de déficits de control motor, la capacidad del músculo para ejecutar los comandos del sistema motor determinará la eficacia final de dicho control motor y existe evidencia de cambios estructurales/morfológicos en la musculatura lumbo-pélvica en personas con dolor lumbar (18).

Esta musculatura es la encargada de mantener la estabilidad espinal. Comúnmente se divide en dos grupos de acuerdo con las funciones y atributos de los grupos musculares que la conforman (19).

Un primer grupo denominado músculos estabilizadores locales, compuesto por los músculos centrales profundos, que incluyen principalmente al TrA, el multifidus lumbar, Ol y cuadrado lumbar. El ML y el TrA se activan de manera coordinada proporcionando estabilidad segmentaria y un control motor preciso, siendo los principales responsables de la estabilidad de la columna vertebral (19).

El segundo grupo de músculos, conocidos como músculos estabilizadores globales, incluyen al recto abdominal, los músculos oblicuos externo (OE) y OI, los erectores de la columna, el cuadrado lumbar y los grupos musculares de la cadera. Todos ellos proporcionan un control motor espinal adicional, siendo los responsables secundarios de mantener la estabilidad de la columna (19).

Por lo tanto, si estos músculos centrales funcionan con normalidad, pueden mantener de forma adecuada la estabilidad segmentaria de la columna, protegerla y reducir el estrés que afecta a las vértebras lumbares y los discos intervertebrales (19).

Sin embargo, en individuos con dolor lumbar crónico, la respuesta protectora es insuficiente debido a una respuesta anticipatoria retrasada de la musculatura lumbo-pélvica, dando lugar a un control neuromuscular alterado, una disminución de la función y favoreciendo a la inestabilidad de los segmentos distales de la columna vertebral (20). Además, el TrA y el ML son los dos músculos lumbo-pélvicos que mayor atención han recibido en el ámbito de la investigación, existiendo evidencia que vincula el dolor lumbar con la disfunción del TrA y el ML. La falta de capacidad cognitiva para contraer LM y TrA a menudo se considera clínicamente como un marcador de control motor deficiente utilizado para identificar a las personas que podrían beneficiarse de las intervenciones que mejoran el reclutamiento de estos músculos clave (21). Otros cambios de los que se han informado en estos pacientes son modificaciones en el control postural, alteraciones en el equilibrio, déficits de resistencia y disminución de la coordinación de los músculos estabilizadores del tronco (20).

Así mismo, se ha identificado una disminución del tamaño muscular y alteraciones en la consistencia muscular del músculo multífidus en personas con antecedentes de dolor lumbar, relacionándose con mayores porcentajes de dolor y peores índices de discapacidad funcional (20).

Por otra parte, estudios de imagen en poblaciones atléticas y no atléticas con dolor lumbar, han reportado cambios degenerativos de los músculos del tronco y déficits funcionales que incluyen atrofia muscular del multífidus (área transversal disminuida), asimetría del multífidus (atrofia ipsilateral al lado doloroso), aumento de la infiltración de grasas, así como una mayor o menor actividad muscular (22).

También se han reportado resultados que nos indican que pacientes con dolor lumbar tienen los músculos OI, OE , TrA y ML significativamente más pequeños en comparación con sujetos sanos (23).

Este reconocimiento de la contribución de los músculos lumbopélvicos en la estabilidad de la columna y la contribución de estos en el dolor lumbar, ha llevado al uso generalizado de la ecografía en la rehabilitación y la investigación para evaluar su actividad (21). Varios estudios respaldan el uso de la ecografía como una herramienta confiable, inocua e indolora para la evaluación de esta musculatura (24–27).

3.2. Justificación del trabajo.

El dolor lumbar se sitúa como uno de los problemas de salud más comunes en todo el mundo, posicionándose como la condición musculoesquelética más prevalente hoy en día y la principal causa mundial de años vividos con discapacidad. Además, cuenta con rangos de prevalencia elevada en los grupos de mediana edad (35-49 años), perjudicando a un alto porcentaje de la población activa laboral. En consecuencia, supone grandes gastos a nivel económico, sanitario, gubernamental y afectando de manera considerable en la vida de estos individuos.

En condiciones normales, los músculos abdominales, como es el caso del recto abdominal en la línea media, y lateralmente el oblicuo externo, oblicuo interno y transversal abdominal, trabajan de manera coordinada con el diafragma, el multífido y los músculos del suelo pélvico para estabilizar el tronco (28).

Sin embargo, en el caso de individuos con dolor lumbar se han encontrado déficits funcionales en estos músculos, reportando una actividad reducida de la musculatura estabilizadora de la columna, lo que podría provocar un aumento del dolor y una disminución de la función y el rendimiento neuromuscular (24). Además, la debilidad de estos músculos centrales conlleva a la inestabilidad de la columna vertebral, relacionándose con un aumento de las cargas a las que se ve sometida, favoreciendo de esta forma la aparición de episodios de dolor recurrente y la cronificación del dolor lumbar (20).

Por todo ello y sumado a la implicación que la musculatura lumbo-pélvica pueda tener en la aparición de este tipo de dolor, se plantea la realización de dos estudios descriptivos transversales de prevalencia. En ellos se propone la realización de un

análisis funcional de la musculatura lumbo-pélvica en un grupo de población adulta joven sana y, por otro lado, en un grupo adulto joven con dolor lumbar; utilizando la ecografía como método para observar el comportamiento de la musculatura estabilizadora del tronco durante la realización de diferentes pruebas funcionales. En base a este análisis, se obtendrán datos descriptivos que permitan observar cómo se encuentra la funcionalidad de la musculatura lumbo-pélvica en cada una de esas poblaciones y se podrá identificar si existen diferencias sustanciales entre ambas, en las pruebas funcionales realizadas.

Esto permitiría estudiar posteriormente una posible correlación causa-efecto entre las posibles alteraciones funcionales detectadas y el desarrollo de sintomatología de dolor lumbar.

De esta forma podrían establecerse unos biomarcadores ecográficos que permitirían, a través de una rápida exploración ecográfica indolora e inocua, establecer si una persona presenta alguna alteración funcional asociada al dolor lumbar y, por tanto, establecer un programa de prevención que evite el desarrollo de sintomatología y los elevados costes que conlleva.

4. Hipótesis y objetivos.

4.1. Hipótesis.

4.1.1. Hipótesis nula (H_0)

No se observan diferencias significativas en la funcionalidad de la musculatura estabilizadora lumbo-pélvica, entre adultos jóvenes sanos y con dolor lumbar.

4.1.2. Hipótesis alternativa (H_1)

Se observan diferencias significativas en la funcionalidad de la musculatura estabilizadora lumbo-pélvica, entre adultos jóvenes sanos y con dolor lumbar.

4.2. Pregunta de investigación.

Al objeto de formular de un modo adecuado la pregunta de investigación, se recurre al sistema PICO. Esta estrategia asegura que la construcción del interrogante contenga todos los elementos necesarios para establecer las características del estudio, enfocar el propósito de la investigación, definir de forma correcta la evidencia necesaria para resolver la pregunta clínica, e incluso mejorar la búsqueda de información en bases de datos como Medline. Los componentes básicos de este acrónimo PICO son los siguientes (29):

- Situación, paciente o grupo de pacientes con una misma condición clínica (**P**atient): adultos jóvenes.
- Intervención (**I**ntervention): aplicación de diferentes pruebas funcionales en la musculatura estabilizadora lumbo-pélvica.
- Comparación (**C**omparison): grupo sano versus grupo dolor lumbar.
- Resultado (**O**utcome): observar el estado funcional de dicha musculatura a través de ecografía.

¿Existen diferencias significativas en la funcionalidad de la musculatura estabilizadora lumbo-pélvica en un grupo de adultos jóvenes sanos en comparación con un grupo con dolor lumbar observado a través de ecografía?

4.3. Objetivos: generales y específicos.

4.3.1. Objetivos generales.

- Comparar la funcionalidad de la musculatura estabilizadora lumbo-pélvica en un grupo de adultos jóvenes sanos respecto a un grupo con dolor lumbar, utilizando la ecografía como método de obtención de los resultados.

4.3.2. Objetivos específicos.

- Precisar la funcionalidad de la musculatura anterolateral del abdomen ante el impacto de la respiración, en un grupo de adultos jóvenes sanos y en un grupo con dolor lumbar.
- Describir la funcionalidad del músculo transverso abdominal a través de una contracción analítica, en un grupo de adultos jóvenes sanos y en un grupo con dolor lumbar.
- Detectar posibles alteraciones del control motor a través de la sinergia del suelo pélvico con transverso abdominal en un grupo de adultos jóvenes sanos y en un grupo con dolor lumbar.
- Analizar la funcionalidad de la musculatura anterolateral del abdomen a través de una sollicitación espinal, en un grupo de adultos jóvenes sanos y en un grupo con dolor lumbar.
- Determinar la funcionalidad del músculo multifídus a través de una contracción analítica, en un grupo de adultos jóvenes sanos y en un grupo con dolor lumbar.
- Observar la funcionalidad de la musculatura multifida durante una sollicitación espinal, en un grupo de adultos jóvenes sanos y en un grupo con dolor lumbar.

5. Metodología.

5.1. Estrategia de búsqueda bibliográfica.

La búsqueda bibliográfica se realizó en las principales bases de datos relacionadas con el ámbito sanitario, con el objetivo de obtener la última evidencia científica sobre el tema de estudio descrito en apartados anteriores. Dicha búsqueda se efectuó durante los meses de febrero y de marzo de 2020.

Las bases de datos empleadas han sido las siguientes:

- Cocragne Library Plus.
- PEDro.
- Pubmed/ Medline.
- Web ofScience.

Las palabras clave utilizadas en la búsqueda fueron las siguientes: dolor lumbar, multifidus lumbar, transverso abdominal, musculatura oblicua, ecografía, contracción muscular. Se utilizaron términos Mesh y los operadores booleanos AND, OR y NOT.

La búsqueda se limita a través de la aplicación de una serie de filtros como son incluir solo aquellos artículos publicados en castellano, inglés y portugués, en los últimos cinco años y desarrollados en seres humanos.

La selección de documentos se completó a partir de las referencias aportadas en los diferentes artículos previamente analizados, permitiendo encontrar aquellos autores y documentos más influyentes en relación al tema de estudio.

5.2. Ámbito de estudio.

El estudio se llevará a cabo en las instalaciones de la Facultad de Fisioterapia de la Universidade da Coruña (UDC), en concreto en el laboratorio de Investigación y en el laboratorio de Kinesiterapia, ubicados ambos en la planta baja del edificio universitario de Oza.

Los individuos que conformarán la muestra del presente estudio serán estudiantes pertenecientes a la UDC, de ambos sexos, que cumplan con los criterios de selección preestablecidos y que acepten de forma voluntaria y altruista su participación en el estudio.

5.3. Periodo de estudio.

El proyecto se desarrollará entre los meses de febrero de 2020 y septiembre de 2021.

5.4. Tipo de estudio.

Este proyecto de investigación, con el objetivo de resolver el interrogante de investigación propuesto, plantea el desarrollo y posterior comparación de dos estudios catalogados como estudios descriptivos transversales de prevalencia.

Descriptivos, ya que no se pretende demostrar una relación causa-efecto, sino que se limita a una finalidad meramente descriptiva; transversales, ya que los datos de cada sujeto representan esencialmente un punto en el tiempo, por lo que no puede determinarse la existencia de una secuencia temporal entre las variables, dado que estas son medidas simultáneamente y de prevalencia, ya que tratan de estimar la prevalencia de una determinada característica en la población estudiada a partir de una muestra representativa de la misma.

5.5. Criterios de selección.

En base a los criterios de selección propuestos en el año 2018 por Rahmami R. y cols. y Shurthelrin y cols., se establecen los siguientes criterios de selección para este estudio (30,31):

5.5.1. Criterios de inclusión.

Para **ambos grupos**:

- Estudiantes de la UDC, con edades comprendidas entre los 18 y 23 años.
- Todos aquellos participantes que, tras haber sido informados de forma escrita sobre los propósitos y procedimientos del estudio, hayan aceptado de forma voluntaria la participación en el mismo y firmado el consentimiento informado.

Para el **grupo de sujetos sanos**:

- No reportar episodios de dolor lumbar durante los últimos 3 meses.
- No haber sufrido más de 2 episodios de dolor lumbar durante los últimos tres años.
- No haber padecido más de 4 episodios de dolor lumbar en toda su vida.

Para el **grupo de sujetos con dolor lumbar:**

- Haber reportado algún episodio de dolor lumbar en los últimos 3 meses.

5.5.2. Criterios de exclusión.

Para **ambos grupos:**

- Cirugías previas en la región vertebral, así como fracturas o traumatismos recientes en la columna vertebral.
- Antecedentes de espondilolistesis, escoliosis u otros defectos estructurales en la columna vertebral.
- Antecedentes de enfermedades neurológicas, reumatológicas o sistémicas.
- Neoplasias malignas.
- Sujetos que presenten un índice de masa corporal (IMC) superior o igual a 30 kg/m².
- Deportistas de alto nivel o rendimiento.
- Deportistas profesionales o individuos que entrenen al menos 5 días a la semana una práctica deportiva.
- Mujeres embarazadas o post parto inferior a seis meses.
- Aquellos sujetos en los que no se pueda diferenciar, a partir de la imagen ecográfica, entre las fibras superficiales y profundas del músculo multífido.
- Medicación que pueda afectar a la funcionalidad o morfología de la musculatura explorada.
- Afecciones cutáneas en la zona a explorar.
- Cualquier tipo de sensibilidad al gel de ultrasonido.

Para el **grupo de dolor lumbar:**

- Haber recibido tratamiento de fisioterapia en relación con el episodio de dolor lumbar.
- Presentar una puntuación de 8 o más en la escala EVA.

5.6. Justificación del tamaño muestral.

Tras consultar con 2 expertos estadísticos, que cuentan con una dilatada trayectoria y experiencia en investigaciones relacionadas con las ciencias de la salud; a continuación, se detalla el tamaño de la muestra para cada uno de los grupos que se pretenden estudiar.

Para dicho cálculo se emplea la calculadora Granmo, proporcionada por el Instituto Hospital del Mar de Investigaciones Médicas (IMIM), en la opción de proporciones: estimación poblacional (32).

Una muestra aleatoria de 85 individuos es suficiente para estimar, con una confianza del 95% y una precisión de +/- 10 unidades porcentuales, un porcentaje poblacional que previsiblemente será de alrededor del 70%. El porcentaje de reposiciones necesaria se ha previsto que será del 5%.

En la Tabla I se muestra el cálculo del tamaño muestral modificando la precisión de la estimación.

Se ha seleccionado una precisión de +/- 10 unidades porcentuales porque un N de 85 sujetos por grupo se corresponde con el número máximo de individuos que se podría asumir en los plazos marcados para la ejecución del proyecto. Por tanto, un total de 85 individuos, con edades comprendidas entre los 18 y 25 años, serán seleccionados en cada uno de los grupos para participar voluntariamente en este estudio.

Tabla I. Tamaño muestral.

NIVEL DE CONFIANZA	PROPORCIÓN ESTIMADA	REPOSICIONES	PRECISIÓN	N (en cada grupo)
95%	70%	5%	10	85
95%	70%	5%	9	105
95%	70%	5%	8	133
95%	70%	5%	5	340

5.7. Selección de la muestra.

Los participantes para el estudio se seleccionarán entre los estudiantes matriculados en la UDC.

El proceso de reclutamiento de estos sujetos que conformarán la muestra del estudio comenzará con una primera fase de divulgación del proyecto a todo el estudiantado de la UDC.

El modo de difusión del proyecto será a partir de charlas informativas presenciales en los diferentes centros de la UDC, y no presenciales a través de las plataformas institucionales. Otros medios empleados serán la colocación de carteles informativos (Anexo I) en los tablones de los Campus de Oza, Elviña y Esteiro; envío de correos electrónicos informativos mediante listas de distribución utilizando la plataforma virtual de la UDC; y difusión a través de redes sociales (Facebook, Instagram y Twitter).

A todos aquellos individuos que de forma voluntaria decidan participar en el estudio, se les enviará un correo electrónico con datos más específicos en cuanto al lugar, la fecha y hora de la evaluación. A modo de recordatorio, se les llamará telefónicamente un día antes de la fecha acordada para confirmar la cita.

Los participantes en el estudio serán distribuidos en dos grupos en función de sus características: un grupo de población sana y un grupo con dolor lumbar. Ambos grupos serán sometidos a un análisis funcional cualitativo de la musculatura anterolateral del abdomen y de la musculatura posterior multífida.

En el supuesto caso de que la muestra presentada sea excesiva y no se puedan asumir todas las exploraciones, el proceso de reclutamiento se realizará mediante un muestreo probabilístico aleatorio simple. Esto implica que todos los individuos tienen una probabilidad idéntica de ser seleccionados para la muestra. Además, se llevará a cabo una estratificación por sexo. Para llevar a cabo la estratificación y aleatoriedad de los grupos se hará uso del software estadístico EPIDAT, versión 4.2.

5.8. Descripción de las variables a estudiar.

A continuación, en la Tabla II y en la Tabla III se presenta una síntesis de las variables a estudiar, describiendo el material y métodos utilizados para su análisis, así como el valor de medida de cada una de ellas.

Tabla II. Variables Independientes.

Variables Independientes		
VARIABLES	VALOR	MATERIAL Y MÉTODOS
Datos sociodemográficos	Edad (años)	Entrevista
	Sexo (hombre/mujer)	
Variables antropométricas	Peso (kg)	Báscula
	Talla (m)	Tallímetro
	IMC (kg/m ²)	Calculadora
Variable grupo	Grupo sano	Entrevista
	Grupo dolor lumbar	
Variable lado dominante	Derecho	Entrevista
	Izquierdo	
	Cruzado	
Variable actividad física	Inexistente: 0 días/semana	Entrevista
	Mantenimiento: 1-2 días/semana	
	Entrenamiento: 3-4 días/semana	

Tabla III. Variables Dependientes.

Variables Dependientes		
VARIABLES	VALOR	MATERIAL Y MÉTODOS
Impacto de la respiración	Respuesta normal	Ecógrafo (VINNO E35)
	Sin respuesta	Sonda lineal (6-13Mhz)
	Respuesta alterada	
Contracción analítica TrA	Sí	Ecógrafo (VINNO E35)
	No	Sonda lineal (6-13Mhz)
	Compensaciones	
Sinergia con suelo pélvico	Presente	Ecógrafo (VINNO E35)
	Ausente	Sonda lineal (6-13Mhz)
	Compensada	
Comportamiento musculatura anterolateral ante sollicitación espinal	Normal	Ecógrafo (VINNO E35)
	Insuficiente	Sonda lineal (6-13Mhz)
	Inexistente	
Contracción analítica Multifidus	Sí	Ecógrafo (VINNO E35)
	No	Sonda lineal (6-13Mhz)
	Alterada	
Comportamiento musculatura multifida ante sollicitación espinal	Normal	Ecógrafo (VINNO E35)
	Insuficiente	Sonda lineal (6-13Mhz)
	Inexistente	

5.9. Mediciones y exploración.

El desarrollo de cada sesión se dividirá en dos partes: una primera parte, destinada a la recepción de la muestra, información a los participantes, entrevista y mediciones antropométricas; y una segunda parte, donde se llevará a cabo la exploración y análisis funcional de la musculatura antero-lateral del abdomen y musculatura multífida lumbar. Cada una de ellas será realizada por un fisioterapeuta diferente.

Conforme al desarrollo de la primera parte de la sesión, se entregará una “hoja informativa al participante adulto/a” (Anexo III), donde se describe la finalidad del estudio y en qué va a consistir la participación del sujeto en el mismo. Se concede un breve lapso de tiempo para resolver posibles dudas que puedan surgir a los participantes. Acto seguido y siempre que estén totalmente de acuerdo, cada estudiante firmará de forma libre y voluntaria el “Modelo de consentimiento informado” (Anexo IV).

A continuación, se procederá a comprobar que todas las personas reclutadas cumplen los criterios de selección de acuerdo con el grupo al que pertenezcan. Además, el fisioterapeuta encargado de esta primera parte completará la “hoja de evaluación” (Anexo V) donde se recogen todas las variables independientes de cada uno de los individuos.

Dentro de estas variables se incluyen las mediciones antropométricas, por lo que los sujetos se situarán descalzos y en ropa interior, a ser posible, en el centro de la plataforma de medición para su evaluación. Los talones estarán a la misma altura, el peso repartido de manera uniforme en ambos miembros inferiores, los brazos colgando de manera natural a lo largo del cuerpo y la cabeza erguida. De esta forma, el fisioterapeuta procederá al pesaje y medición de cada uno de los individuos. Con los resultados obtenidos calculará el IMC de cada sujeto.

Una vez comprobados los criterios de selección y registradas todas las variables independientes se procederá a la realización del análisis funcional cualitativo de la musculatura anterolateral del abdomen y de la musculatura multífida. El examen funcional constará de una batería de pruebas combinadas con la exploración ecográfica de la musculatura lumbo-pélvica. Utilizaremos un ecógrafo (VINNO E35) para recoger mediante imágenes la contracción de la musculatura analizada en cada prueba, empleando una sonda lineal (6-13Mhz).

El examen funcional se dividirá en dos partes, de forma que la primera estará destinada al análisis de la pared anterolateral del abdomen y la segunda a la exploración funcional de la musculatura multífida. Esta parte exploratoria será realizada por un fisioterapeuta especialista en ecografía músculo-esquelética, el cual, recogerá todos los datos obtenidos a través de las pruebas funcionales mediante exploración ecográfica en una "Ficha de exploración ecográfica" (Anexo VI). Con el objetivo de una menor probabilidad de sesgo de información, en la evaluación de la respuesta a la exploración, se utilizarán números de codificación para cada participante, de forma que el fisioterapeuta encargado de la exploración no conozca el grupo al que pertenecen (simple ciego).

5.9.1. Análisis funcional cualitativo de la musculatura anterolateral del abdomen.

Para la exploración de la musculatura anterolateral del abdomen, cada participante se colocará en decúbito supino con el abdomen descubierto sobre la camilla (Imagen 1), con una cuña bajo sus rodillas y una almohada bajo la cabeza.

La sonda se dispondrá de forma transversal en el punto de unión de la línea vertical que pasa por el pezón y la línea horizontal que pasa por el ombligo (Imagen 2). En esta ubicación se observará la musculatura oblicua y el TrA, así como la línea semilunar, que se identifica como una fascia ecogénica gruesa que envuelve desde la profundidad a esta musculatura, y se desplaza hacia medial por debajo del músculo recto abdominal (Imagen 3).



Imagen 1. Colocación del participante.

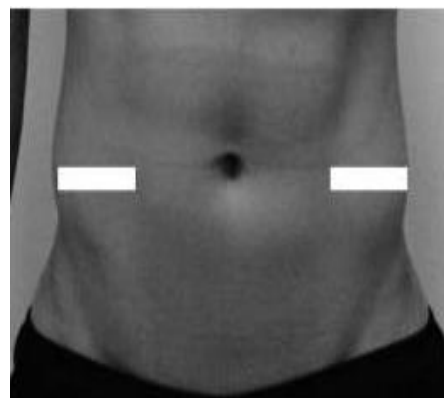


Imagen 2. Colocación de la sonda (33).



Imagen 3. Musculatura anterolateral del abdomen.

A continuación, se detallan las 4 pruebas que conformarán el análisis funcional cualitativo de la pared anterolateral del abdomen. En todas ellas se tomarán 3 imágenes ecográficas duales en cada lado, registrando el estado de la musculatura en reposo (en tiempo espiratorio) y durante la prueba. A su vez, todas ellas compartirán la misma posición inicial del sujeto y la colocación de la sonda descrita con anterioridad.

a) Impacto de la respiración sobre el TrA y OI.

Con el sujeto en decúbito supino, solicitamos una inspiración profunda seguida de una espiración lenta y prolongada. A mayores, le pediremos que realice una ligera señal con la mano al final del tiempo espiratorio para poder congelar la imagen en el momento exacto (34).

Los posibles valores obtenidos en la prueba serán:

- Respuesta normal: al final de la espiración prolongada existe un aumento proporcional del grosor del TrA y OI, de forma que si el TrA dobla su grosor el OI debería doblar el suyo. El OE no interviene. En la Imagen 4 observamos una respuesta normal al impacto de la respiración. En la Imagen 5, observamos de nuevo una respuesta normal al impacto de la respiración pero esta vez con una contracción más potente en la que se sigue manteniendo la proporcionalidad en el aumento de los grosores del TrA y OI.

- Sin respuesta: no se produce ningún tipo de contracción muscular por parte del TrA y OI.
- Respuesta alterada: no se visualiza contracción en alguno de los 2 músculos, o bien existe un aumento desproporcionado del grosor del TrA con respecto al del OI o a la inversa. Otra alteración presente puede ser la intervención del OE durante la espiración.

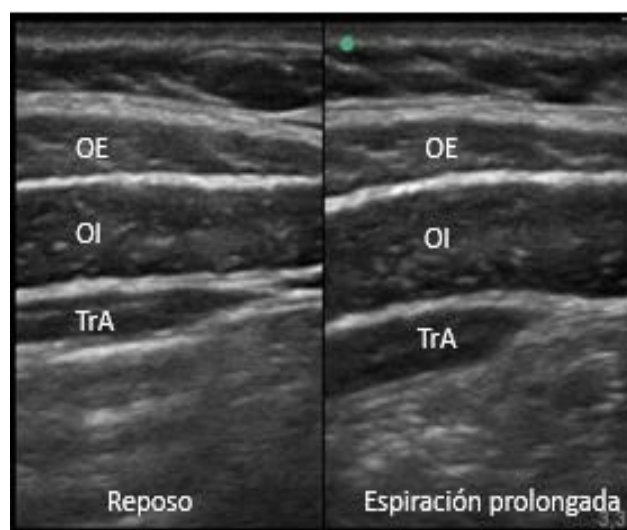


Imagen 4. Ejemplo 1 impacto de la respiración.

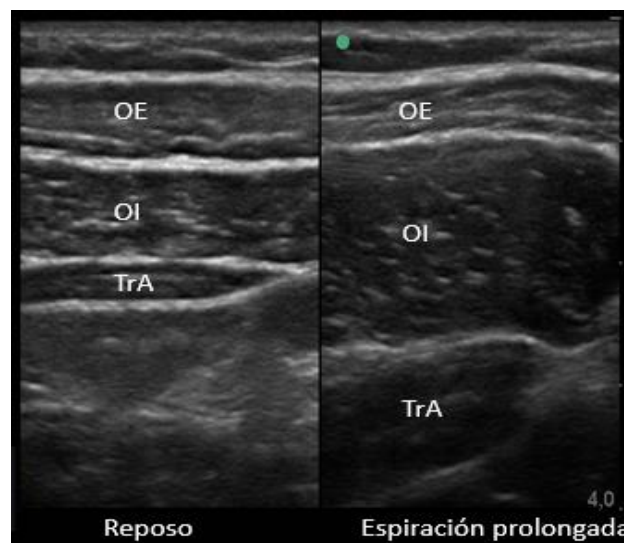


Imagen 5. Ejemplo 2 Impacto de la respiración.

b) Contracción analítica del TrA.

En este caso guiaremos la contracción mediante una orden verbal típica para esta musculatura. La instrucción a seguir será "inhala, exhala y, cuando esté cerca de la máxima exhalación, acerque el ombligo a la columna vertebral" (31,35). Para facilitar la acción al sujeto, se le explica que la contracción consiste en aproximar el ombligo hacia la camilla y ligeramente hacia la cabeza, en forma de coma; o bien tratar de meter la barriga hacia adentro como si estuviera tratando de cerrar un botón de un pantalón que le queda muy apretado.

Los posibles valores obtenidos en la prueba serán:

- Sí existe contracción analítica: en condiciones normales, se debería observar una contracción analítica del TrA incrementando por tanto su grosor, de forma que la musculatura oblicua permanezca en reposo sin alteraciones (Imagen 6).
- No existe contracción analítica: no se observa una contracción analítica del TrA.
- Existen compensaciones: se observa la participación de la musculatura oblicua, ya sea el OE, el OI o ambos a la vez, durante la contracción analítica del TrA.



Imagen 6. Contracción analítica TrA.

c) Sinergia con suelo pélvico.

Los sujetos serán instruidos de forma similar a la prueba anterior. La instrucción a seguir esta vez será “imagina retener la orina y eleva lentamente tu musculatura pélvica para poder contraerla” (36,37). Para facilitar la comprensión por parte del participante, se le explicará previamente, a su vez, que imagine que está orinando y quiere cortar el pipí. En el caso de los varones añadiremos que imagine que quiere traccionar de los testículos hacia arriba.

Los posibles valores obtenidos durante la prueba son:

- Presente: en condiciones normales, si el participante no presenta una alteración del control motor, debería existir una sinergia entre la contracción del suelo pélvico y TrA, donde se observe una contracción del transverso, exclusivamente, en la imagen ecográfica (Imagen 7).
- Ausente: no existe una sinergia entre la contracción del suelo pélvico y TrA.
- Compensada: existe una sinergia entre la contracción del suelo pélvico y TrA, pero de forma no exclusiva, viéndose involucrada otra musculatura como puede ser el OE y/o el OI.

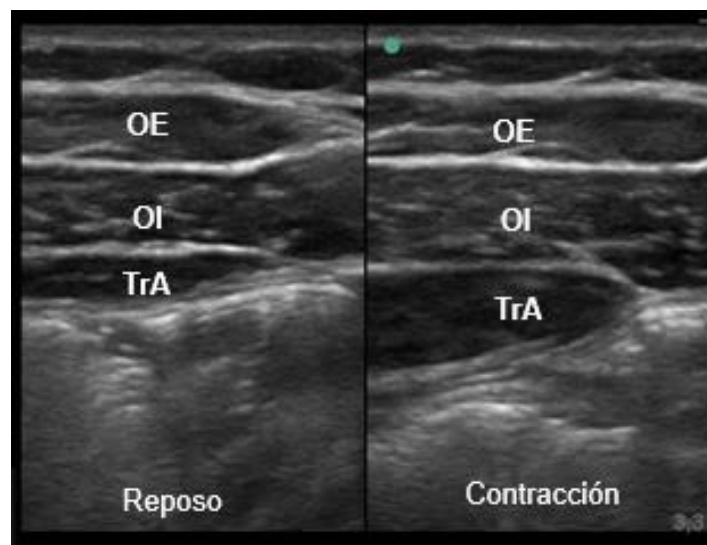


Imagen 7. Control motor durante la contracción de suelo pélvico.

d) Comportamiento de la musculatura anterolateral ante una sollicitación espinal.

En esta prueba vamos a modificar la posición de los miembros inferiores de forma que eliminaremos la cuña situada debajo de las rodillas. El participante será instruido a levantar la pierna extendida, ipsilateral a la imagen ecográfica (Imagen 8), una cuarta con respecto a la camilla (21).

Los posibles valores obtenidos durante la prueba son:

- Normal: contracción rápida e inmediata de TrA y OI simultáneamente al momento de la sollicitación espinal. Ambos aumentan de volumen de manera proporcional. En la Imagen 9, Imagen 10 e Imagen 11 podemos observar tres imágenes ecográficas con una respuesta normal a la sollicitación espinal.
- Insuficiente: TrA y OI tardan en contraerse o bien experimentan una contracción muy leve. Otra posibilidad es que solo se contraiga el TrA y no el OI, o al revés.
- Inexistente: no experimenta ningún tipo de contracción.



Imagen 8. Test elevación pierna recta.

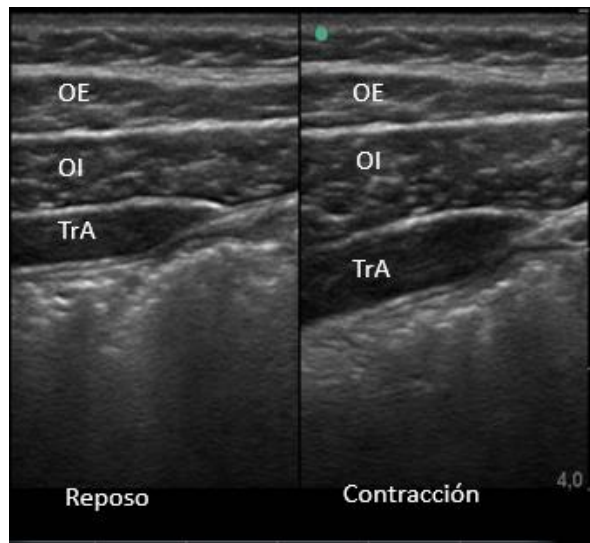


Imagen 9. Ejemplo 1 sollicitación espinal.

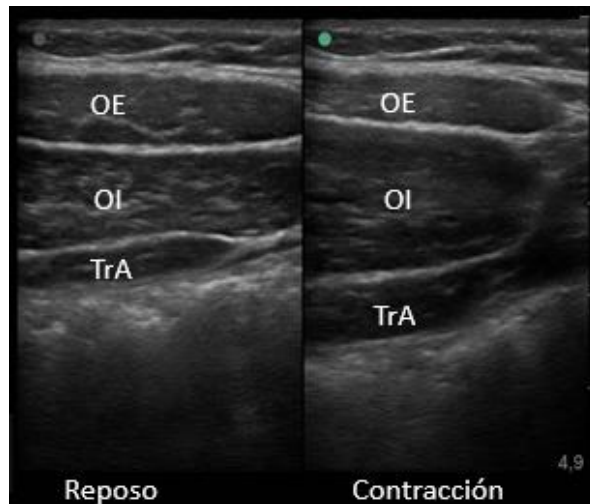


Imagen 10. Ejemplo 2 sollicitación espinal.

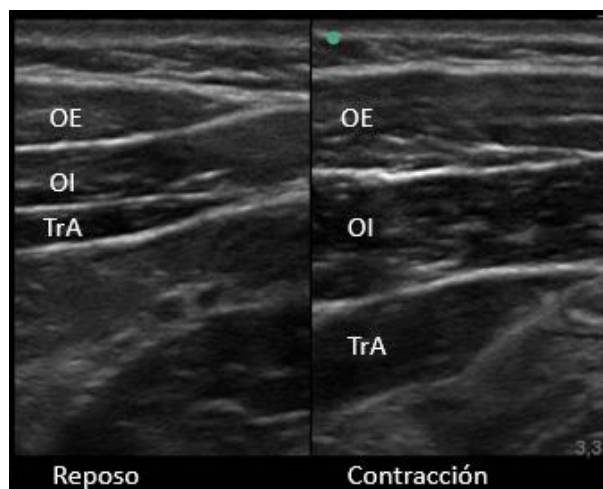


Imagen 11. Ejemplo 3 sollicitación espinal.

5.9.2. Análisis funcional cualitativo de la musculatura múltífida.

Para el análisis de la musculatura posterior múltífida los sujetos se colocarán en decúbito prono, con el rostro situado dentro del orificio facial, la cabeza en la línea media, los brazos en horizontal relajados y descolgados de la camilla. Se coloca una almohada bajo el abdomen para reducir la lordosis lumbar, de forma que los músculos descansen lo más horizontalmente posible a lo largo de la columna vertebral (Imagen 12).



Imagen 12. Posición del participante.

A continuación, llevaremos a cabo la identificación del proceso espinal L4 por medio de la palpación manual, ubicando su posición en la piel del sujeto a través de un marcador indeleble, cuya marca se borrará fácilmente con la utilización de toallitas o un algodón con alcohol. El fisioterapeuta situará sus manos a nivel de los bordes superiores de las crestas ilíacas, proyectando sus pulgares en el plano de la palma de la mano hacia la columna lumbar, de modo que apuntarán hacia el proceso espinal de L4 o bien espacio L4-L5.

Esta marca sobre la piel (Imagen 13) se usará solo como una guía, ya que posteriormente por medio de las imágenes ecográficas se confirmará la proyección de la espinal de L4, tomando como punto de referencia el sacro y ascendiendo en progresión craneal hacia la marca efectuada, asegurándonos de esta forma que se tomarán las imágenes en el nivel vertebral adecuado.

Por lo tanto, una vez corroborado que las marcas efectuadas sobre la piel se corresponden con L4, se coloca la sonda longitudinalmente a este nivel (Imagen 14), haciendo coincidir el punto medio de la sonda con la marca realizada sobre la piel del

sujeto. Seguidamente, se desplaza la sonda lateralmente a cada lado, situándose sobre el músculo multifidus lumbar (derecho e izquierdo), tomando como referencia la lámina vertebral para identificar el límite del músculo (Imagen 15). De esta forma, se observará en la imagen ecográfica el músculo multifidus lumbar y se podrán ejecutar las diferentes pruebas propuestas.



Imagen 13. Nivel de medición.



Imagen 14. Disposición de la sonda.

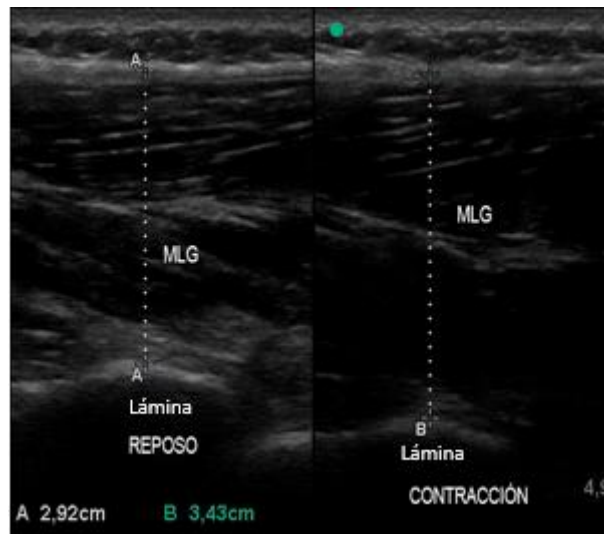


Imagen 15. Imagen referencia musculatura multifida. MLG multifidus lumbar global

A continuación, se detallan las 2 pruebas que conformarán el análisis funcional cualitativo de la musculatura multifida. En todas ellas se tomarán 3 imágenes ecográficas duales de forma bilateral, registrando el estado de la musculatura en reposo y durante la prueba. A su vez, todas ellas compartirán la misma posición inicial del sujeto y la colocación de la sonda descrita con anterioridad.

a. Contracción analítica del músculo multifidus

Para la exploración del multifidus, se instruirá a los participantes a la realización de una contracción isométrica máxima voluntaria de la musculatura multifida sin mover la pelvis ni la columna vertebral. Además, deberán mantener la contracción durante unos 3-5 segundos para poder registrar la imagen ecográfica. Se tomará una imagen dual, comparando el estado de reposo con la contracción multifida. Para guiar la contracción, el comando verbal a seguir será “respire normalmente y sin mover la pelvis, piense en inclinar la pelvis hacia delante pero sin hacerlo realmente” (38,39). Por si le resulta más sencillo al participante se le explicará previamente, a su vez, que imagine como si quisiese llevar el sacro hacia la nuca sin moverse.

Los posibles valores obtenidos en la prueba son:

- Sí hay contracción: en condiciones normales deberíamos observar una contracción rápida e inmediata de la musculatura multifida, aumentando su grosor de forma global. Además, el participante debe ser capaz de mantener la contracción el tiempo estipulado en la prueba (Imagen 16).

- No hay contracción: no se observa una contracción de la musculatura multífida.
- Alterada: la contracción de la musculatura multífida se acompaña de movimiento a nivel de la columna vertebral o de la pelvis. También podemos encontrarnos participantes que logran realizar una contracción de su musculatura multífida pero que no son capaces de mantenerla el tiempo exigido en la prueba, por lo que se considera como una alteración.

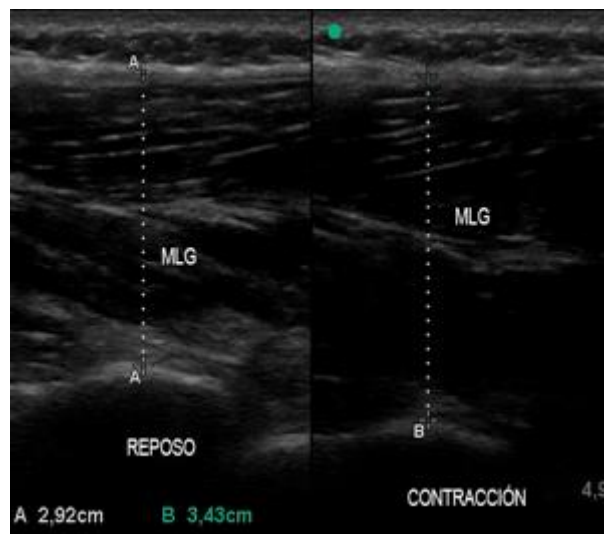


Imagen 16. Contracción analítica multifidus lumbar.

b. Comportamiento de la musculatura multífida mediante una sollicitación espinal.

Los participantes se colocarían con los brazos en antepulsión de 180 grados. En este caso, se instruye a los mismos a despegar unos 5 cm. de la camilla el brazo contralateral a la toma de imágenes, para inducir la contracción de la musculatura multífida (40,41). Se realizan 3 intentos para cada lado.

Los posibles valores obtenidos en la prueba son:

- Normal: en condiciones normales, al elevar el brazo contralateral la musculatura multífida debe contraerse rápidamente y aumentar su grosor (Imagen 17).
- Inexistente: al elevar el brazo contralateral la musculatura multífida no se contrae; por lo tanto, no aumenta su grosor.

- Insuficiente: al elevar el brazo contralateral la musculatura multifida se produce una muy leve contracción, su duración es escasa o tarda demasiado en aparecer.

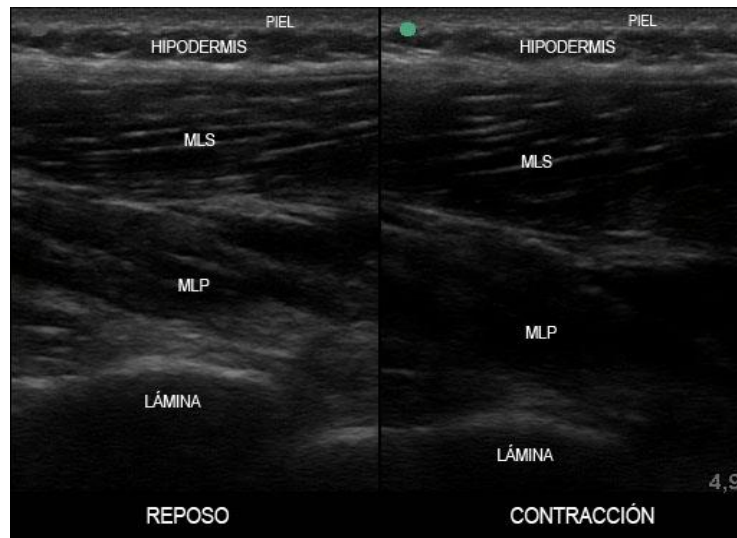


Imagen 17. Imagen dual reposo-contracción multifidus. MLS: multifidus lumbar superficial

MLP: multifidus lumbar profundo

5.10. Análisis estadístico de los datos.

Siguiendo las directrices de los 2 expertos estadísticos anteriormente mencionados, a continuación, se resume el tipo de análisis que se llevaría a cabo una vez se hayan recogido todos los datos del estudio.

Para el análisis estadístico de los datos se emplean 2 software específicos, el SPSS 26.0 y/o el R Commander 4.0.1.

En primer lugar, se realiza una caracterización de la muestra, diferenciando grupo de adultos jóvenes sanos y grupo con dolor lumbar, a través de los estadísticos descriptivos de las variables cuantitativas (media, mediana, moda, desviación estándar, mínimo, máximo) y de las variables cualitativas (tablas de frecuencias y %).

A continuación, se aplicarían estos estadísticos descriptivos a las variables dependientes que se pretenden estudiar.

Se elaboran representaciones gráficas de las variables cualitativas con diagramas de barras, sectores y líneas; así como también de las variables cuantitativas mediante histograma, diagrama de cajas y bigotes, y diagrama de tallo y hojas.

Por último, se realizarán tablas de odds ratio (odds ratio, intervalo de confianza y magnitud del efecto) así como test de comparación de proporciones y/o test chi cuadrado para estudiar la relación de cada una de las muestras con las variables dependientes y observar también las diferencias que puedan evidenciarse entre el grupo de adultos jóvenes sanos y con dolor lumbar.

5.11. Limitaciones del estudio.

En los siguientes puntos se muestran los posibles sesgos que pueden surgir en la realización del estudio:

- Sesgo de selección. Deriva de la obtención de sujetos para el estudio. Con el objetivo de reducirlo, todos los estudiantes de la UDC serán invitados a la participación del estudio, realizando charlas informativas para explicar el propósito de la investigación en todos los campus de la UDC, así como la colocación de carteles de difusión en cada uno de los tablones de dichos campus. Así mismo, en el caso de que la muestra presentada sea excesiva y no se puedan asumir todas las exploraciones, el proceso de reclutamiento se realizará mediante un muestreo probabilístico aleatorio simple. Esto implica que todos los individuos tienen una probabilidad idéntica de ser seleccionados para la muestra.
- Sesgo de información. Hace referencia a la forma en que son obtenidos los datos durante el estudio. Para minimizarlo, las mediciones serán realizadas por un fisioterapeuta especialista en ecografía músculo-esquelética a través de un equipo ecográfico de alta gama.

Además, como se ha descrito en la metodología, con el objetivo de disminuir el sesgo de medición, el evaluador encargado de la parte exploratoria será cegado, por lo que no sabrá en ningún momento a qué grupo pertenece el individuo a explorar. Así mismo, durante la ejecución de la exploración se obtienen tres imágenes duales en reposo y contracción en ambos lados sin mover la sonda, con la intención de reducir este sesgo de medición.

A pesar de las medidas adoptadas, una limitación presente en el estudio sería poder comprobar la fiabilidad inter-examinador. Al tratarse de una exploración ecográfica mediante pruebas de imagen, donde se observa una prueba funcional, puede existir cierta subjetividad en la interpretación de la misma. Lo ideal en este caso sería contar con un segundo fisioterapeuta especialista en ecografía músculo-esquelética que realizase las mediciones, de forma que el mismo participante sea evaluado por dos personas diferentes para observar si los resultados obtenidos coinciden o no y, así, comprobar la fiabilidad inter-examinador.

- Sesgo de confusión. Derivado de la existencia de otras variables no consideradas en el estudio que podrían alterar los resultados del trabajo. Una de las medidas adoptadas para minimizar este sesgo ha sido excluir a deportistas de élite, cuyas características distan de los atributos comunes de la población general, por lo que no reflejan un ejemplo de normalidad. Además, también se han incluido características personales de los participantes y otras variables reflejadas en la metodología con el fin de minimizar este sesgo.

Del estudio se obtendrán datos descriptivos que permitan describir cómo se encuentra la funcionalidad de la musculatura lumbo-pélvica, por un lado, de la población sana, y por otro lado, del grupo con dolor lumbar, de manera que se podrá identificar si existen diferencias sustanciales en las pruebas funcionales realizadas, comparando ambas poblaciones. Sin embargo, estos resultados no permitirán sacar datos concluyentes que permitan determinar si estas alteraciones en las pruebas funcionales constituyen o no un factor de riesgo para padecer dolor lumbar, ni tampoco establecer biomarcadores ecográficos a nivel predictivo. Por lo tanto, se requeriría de futuras investigaciones, centradas en el seguimiento posterior de las personas sanas que presenten algún tipo de alteración en las pruebas funcionales para observar si acaban desarrollando o no dolor lumbar. De este modo, podría considerarse este aspecto como una limitación del estudio.

6. Cronograma y plan de trabajo.

A continuación, se detalla en la Tabla IV la distribución de las tareas y su dedicación temporal prevista para la elaboración y ejecución del proyecto.

Tabla IV. Cronograma.



Durante los meses de febrero y marzo de 2020, se ha llevado a cabo una búsqueda bibliográfica en las principales bases de datos relacionadas con el ámbito de la salud, con el objetivo de obtener la evidencia científica más actualizada sobre la temática de estudio. Una vez obtenida la información necesaria se ha procedido a realizar el diseño de la propuesta de investigación, concluyendo en junio de 2020. A continuación, se procedería a remitir la documentación requerida al Comité de Ética de la Investigación (CEI) de A Coruña-Ferrol, para la validación de la realización del estudio.

Teniendo en cuenta que agosto es el mes de periodo vacacional en la UDC, y que hasta finales del mes de septiembre los estudiantes no comienzan el curso académico, el reclutamiento de los estudiantes se realizará en octubre y noviembre.

A partir de diciembre comenzarán las mediciones y exploración que se extenderán hasta marzo de 2021. Se estima analizar en torno a 10 individuos a la semana, en jornadas diarias de 3 horas con dos mediciones por día.

Por último, los siguientes 6 meses estarán destinados al análisis de los datos, elaboración de los resultados, conclusiones y al plan de difusión de los resultados derivados del trabajo en diferentes revistas y congresos.

7. Aspectos ético-legales.

Prioritariamente, debido a la participación en el estudio de seres humanos y que en ocasiones estos se ven expuestos a algún tipo de riesgo para su salud suscitado por un tipo de intervención o procedimiento, precisaremos de la valoración ética, metodológica y legal de la investigación, por lo que, para su validación, solicitaremos autorización al Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC) de Galicia (Anexo 1), como se indica en la Ley 14/2007, del 3 de julio, de investigación biomédica (42).

Así mismo, previamente a la realización de la evaluación, se solicitarán los permisos pertinentes a la directiva del centro y de la institución donde se va a desarrollar, en este caso, la Facultad de Fisioterapia de A Coruña, ubicada en el Campus de Oza y perteneciente a la UDC.

Por otra parte, destacamos que los procedimientos que se lleven a cabo en este proyecto respetarán las pautas y principios éticos recogidos en múltiples documentos:

- Declaración de Helsinki de 1964, con revisiones y actualizaciones posteriores (la última en Fortaleza en 2013) (43).
- Pautas Éticas internacionales para la investigación relacionada con la salud con seres humanos (Ginebra 2016), preparadas por el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (OMS) (44).
- Declaración universal sobre bioética y derechos humanos de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencias y la Cultura (UNESCO) (Paris 2005) (45).

Cada participante en el estudio recibirá una hoja informativa, donde se proporciona información veraz y comprensible sobre la exploración a realizar, los objetivos de ésta y su compromiso con el proyecto, detallando que son libres de abandonar en cualquier momento y sin ningún tipo de penalización. En el caso de estar conforme, se solicitará la firma de un “**Modelo de consentimiento informado**” en base a las pautas recogidas en la Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica (46), por lo que la persona acepta colaborar de forma libre, voluntaria y

consciente en el proyecto. No obstante, puede revocar libremente por escrito su consentimiento en cualquier momento.

Por último, de acuerdo con lo dispuesto en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales (47); y el artículo 7 de la Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica (46); se respetará la confidencialidad de los datos personales y de salud de los participantes en el proyecto. A cada una de las personas se les asignará un número de codificación diferente, eliminando posibles vínculos que permitan la identificación de los sujetos.

8. Aplicación del estudio.

Este estudio pretende comparar la funcionalidad de la musculatura estabilizadora lumbo-pélvica entre un grupo de adultos jóvenes sanos y un grupo con dolor lumbar. Para ello, se llevará a cabo un análisis funcional cualitativo de la musculatura anterolateral del abdomen y de la musculatura multifida lumbar, utilizando la ecografía como método para observar el comportamiento de la musculatura estabilizadora del tronco durante la realización de diferentes pruebas funcionales.

Con ello, obtendremos una “fotografía real” del estado funcional de la musculatura lumbo-pélvica en la población sana y, por otro lado, en la población con dolor lumbar. En base a esto, se obtendrán datos descriptivos que permitirán determinar la prevalencia de alteraciones funcionales en los dos grupos de estudio e identificar si existen diferencias sustanciales o no en las pruebas funcionales realizadas, comparando ambas poblaciones.

Futuras investigaciones podrían centrarse en aquellas pruebas que muestren diferencias sustanciales entre ambos grupos. Esto permitiría estudiar una posible correlación causa-efecto entre las posibles alteraciones funcionales detectadas y el desarrollo de sintomatología de dolor lumbar.

De esta forma, podrían establecerse unos biomarcadores ecográficos, lo que favorecería a una mejora en la calidad y efectividad asistencial de los fisioterapeutas, ya que, mediante una evaluación simple a través de ecografía, podrían objetivar la funcionalidad de esta musculatura y observar si presenta alguna alteración funcional asociada al dolor lumbar. Por una parte, esto permitiría establecer un protocolo de prevención que evite el desarrollo de sintomatología relacionada con el dolor lumbar y, por consiguiente, se ayudaría a reducir de manera importante la gran carga que supone, tanto a nivel sanitario y económico, como a nivel personal para cada individuo.

9. Plan de difusión de los resultados.

Tras la ejecución práctica del proyecto de investigación propuesto en este trabajo, y la correspondiente obtención y análisis de los resultados, se procederá a la difusión de las principales conclusiones a la comunidad científica y profesional.

9.1. Congresos.

A continuación, se muestran diferentes congresos nacionales e internacionales que se desarrollan anualmente, relacionados con las Ciencias de la Salud y el campo de la Fisioterapia, y que podrían resultar un buen medio para la exposición y difusión de los resultados obtenidos a través de ponencias, comunicaciones orales y/o comunicaciones en formato póster.

- Congreso de la Confederación Mundial de Fisioterapia 2023 (Tokio, Japón).
- Congreso Nacional de Fisioterapia de la Asociación Española de Fisioterapia (España).
- Congreso Internacional de Fisioterapia y Dolor (España).
- IV Congreso Internacional de Fisioterapia Invasiva (Oporto, Portugal).
- II Congreso Internacional de Fisioterapia Invasiva y Musculoesquelética (Madrid).

9.2. Revistas.

A mayores, tras la confección de un artículo científico correlacionado con el estudio desarrollado, se buscará su publicación en alguna revista dentro del ámbito de la Fisioterapia y las Ciencias de la Salud. En la Tabla V se muestran posibles revistas científicas con su factor de impacto (FI) actual, según datos del Journal Citation Reports (JCR)

Tabla V. Revistas científicas.

Revistas científicas	Nombre abreviado	FI(JCR)
Spine Journal	Spine J	3,196
Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy	J Orthop Sport Phys	3,058
Physical Therapy	Phys Ther	3,043
Spine	Spine	2,903
Physiotherapy	Physiotherapy	2,534
European Spine Journal	Eur Spine J	2,513
European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine	Eur J Phys Rehab Med	2,101

10. Memoria económica.

En los siguientes subapartados se detallan los recursos necesarios para poner en marcha el proyecto de investigación propuesto.

10.1. Infraestructura.

Se utilizarán las instalaciones de la Facultad de Fisioterapia de la UDC. Específicamente, el laboratorio de Investigación ubicado en la planta baja del edificio universitario de Oza.

10.2. Recursos materiales.

En la Tabla VI, se especifican los materiales necesarios para la ejecución de la investigación.

10.3. Recursos humanos.

En cuanto a las necesidades de personal, para completar la propuesta de investigación precisaremos de dos fisioterapeutas, uno de los cuales especialista en ecografía músculo-esquelética, un matemático especialista en bioestadística y un traductor.

Tabla VI. Recursos materiales.

Recursos materiales	
Material fungible	Material inventariable
Material de oficina (papel, bolígrafos y folios.)	Camilla hidráulica
Material sanitario (papel camilla, rollo papel, gel hidroalcohólico)	Ecógrafo M-turbo (VINNO E35) + Sonda lineal (6-13Mhz)
Lápiz dermatográfico	Ordenador portátil
Gel ultrasonido	Impresora multifunción
Cartuchos tinta para impresora	Báscula digital con estadiómetro
	Almohada
	Cuña
	Material de archivo (carpetas y archivadores)

10.4. Distribución del presupuesto.

A continuación, en la Tabla VII se muestra una estimación del coste real del estudio, de cara a solicitar financiación para su realización.

En el caso de que la financiación obtenida no cubriera todos los gastos del estudio, la previsión es contar con la colaboración y recursos aportados por la Facultad de Fisioterapia de la UDC.

Tabla VII. Distribución del presupuesto.

Concepto	Coste
1. Infraestructura	
Laboratorio de Investigación/ Facultad Fisioterapia UDC	4.000,00
Laboratorio Kinesiterapia/ Facultad Fisioterapia UDC	4.000,00
2. Recursos Materiales.	
• Material fungible.	225,00
• Material inventariable.	
Camilla hidráulica.	1.195,00
Ecógrafo M-turbo (VINNO E35) + Sonda lineal (6-13Mhz).	30.000,00
Ordenador portátil (Mac Book Air).	1.199,00
Impresora multifunción (HP Láser 150nw).	150,00
Báscula digital con estadiómetro.	289,95
Almohada.	5,00
Cuña.	25,00
Material de archivo (carpetas, archivadores, etc.).	10,00
3. Recursos humanos.	
2 Fisioterapeutas	12.000,00
1 Matemático especialista en bioestadística.	300,00
1 Traductor.	300,00
4. Otros gastos	
Dietas, desplazamientos, alojamiento.	850,00
Impresión carteles y pósters.	300,00
Inscripción congresos.	1.000,00
Gasto de publicación.	1.500,00
Imprevistos.	1.000,00
TOTAL	58.348,95

10.5. Posibles fuentes de financiación.

Conforme a sufragar los gastos derivados del proyecto de investigación, se solicitará ayuda a diversas instituciones, entidades o fundaciones, que ofrezcan financiación a futuros investigadores dentro del ámbito de las Ciencias de la Salud.

Dentro del ámbito público, se solicitarán las ayudas disponibles a nivel nacional ofertadas por el Ministerio de economía y competitividad y por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. A nivel autonómico, solicitaremos las ayudas disponibles en el Plan gallego de investigación, innovación y crecimiento, ofertadas por la Xunta de Galicia, así como las ofertadas por el Colegio Oficial de Fisioterapeutas de Galicia (COFIGA).

Dentro del ámbito privado, se buscará financiación para nuestra investigación en entidades o fundaciones como Banco Santander, Fundación Barrié, Obra social “La Caixa” y Fundación Amancio Ortega.

11. Bibliografía.

1. Argimón Pallás, Josep María; Jiménez Villa, José. Métodos de investigación clínica y epidemiológica. 4ª edición. Elsevier España, S.L.U; 2014.
2. Hoy D, Bain C, Williams G, March L, Brooks P, Blyth F, et al. A systematic review of the global prevalence of low back pain. *Arthritis Rheum.* junio de 2012;64(6):2028-37.
3. GBD 2015 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet Lond Engl.* 08 de 2016;388(10053):1545-602.
4. Buchbinder R, van Tulder M, Öberg B, Costa LM, Woolf A, Schoene M, et al. Low back pain: a call for action. *Lancet Lond Engl.* 09 de 2018;391(10137):2384-8.
5. Wu A, March L, Zheng X, Huang J, Wang X, Zhao J, et al. Global low back pain prevalence and years lived with disability from 1990 to 2017: estimates from the Global Burden of Disease Study 2017. *Ann Transl Med.* marzo de 2020;8(6):299.
6. Maher C, Underwood M, Buchbinder R. Non-specific low back pain. *Lancet Lond Engl.* 18 de 2017;389(10070):736-47.
7. Qaseem A, Wilt TJ, McLean RM, Forcica MA, Clinical Guidelines Committee of the American College of Physicians. Noninvasive Treatments for Acute, Subacute, and Chronic Low Back Pain: A Clinical Practice Guideline From the American College of Physicians. *Ann Intern Med.* 4 de abril de 2017;166(7):514-30.
8. Kongsted A, Kent P, Axen I, Downie AS, Dunn KM. What have we learned from ten years of trajectory research in low back pain? *BMC MusculoskeletDisord.* 21 de 2016;17:220.
9. Hanney WJ, Masaracchio M, Liu X, Kolber MJ. The Influence of Physical Therapy Guideline Adherence on Healthcare Utilization and Costs among Patients with Low Back Pain: A Systematic Review of the Literature. *PloS One.* 2016;11(6):e0156799.

10. da Silva T, Mills K, Brown BT, Herbert RD, Maher CG, Hancock MJ. Risk of Recurrence of Low Back Pain: A Systematic Review. *J Orthop Sports Phys Ther.* mayo de 2017;47(5):305-13.
11. Lee J-S, Kang S-J. The effects of strength exercise and walking on lumbar function, pain level, and body composition in chronic back pain patients. *J ExercRehabil.* 31 de octubre de 2016;12(5):463-70.
12. Parreira P, Maher CG, Steffens D, Hancock MJ, Ferreira ML. Risk factors for low back pain and sciatica: an umbrella review. *Spine J Off J North Am Spine Soc.* 2018;18(9):1715-21.
13. Hartvigsen J, Hancock MJ, Kongsted A, Louw Q, Ferreira ML, Genevay S, et al. What low back pain is and why we need to pay attention. *Lancet Lond Engl.* 09 de 2018;391(10137):2356-67.
14. Foster NE, Anema JR, Cherkin D, Chou R, Cohen SP, Gross DP, et al. Prevention and treatment of low back pain: evidence, challenges, and promising directions. *Lancet Lond Engl.* 09 de 2018;391(10137):2368-83.
15. O'Connell NE, Cook CE, Wand BM, Ward SP. Clinical guidelines for low back pain: A critical review of consensus and inconsistencies across three major guidelines. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2016;30(6):968-80.
16. Wong JJ, Côté P, Sutton DA, Randhawa K, Yu H, Varatharajan S, et al. Clinical practice guidelines for the noninvasive management of low back pain: A systematic review by the Ontario Protocol for Traffic Injury Management (OPTIMa) Collaboration. *Eur J Pain Lond Engl.* 2017;21(2):201-16.
17. Airaksinen O, Brox JI, Cedraschi C, Hildebrandt J, Klaber-Moffett J, Kovacs F, et al. Chapter 4. European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* marzo de 2006;15 Suppl 2:S192-300.
18. van Dieën JH, Reeves NP, Kawchuk G, van Dillen LR, Hodges PW. Motor Control Changes in Low Back Pain: Divergence in Presentations and Mechanisms. *J Orthop Sports Phys Ther.* junio de 2019;49(6):370-9.

19. Chang W-D, Lin H-Y, Lai P-T. Core strength training for patients with chronic low back pain. *J Phys Ther Sci*. marzo de 2015;27(3):619-22.
20. Emami F, Yoosefinejad AK, Razeghi M. Correlations between core muscle geometry, pain intensity, functional disability and postural balance in patients with nonspecific mechanical low back pain. *Med Eng Phys*. 2018;60:39-46.
21. Winnard A, Debuse D, Wilkinson M, Samson L, Weber T, Caplan N. Movement amplitude on the Functional Re-adaptive Exercise Device: deep spinal muscle activity and movement control. *Eur J Appl Physiol*. agosto de 2017;117(8):1597-606.
22. Fortin M, Rizk A, Frenette S, Boily M, Rivaz H. Ultrasonography of multifidus muscle morphology and function in ice hockey players with and without low back pain. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med*. mayo de 2019;37:77-85.
23. Nakai Y, Kawada M, Miyazaki T, Kiyama R. Trunk muscle activity during trunk stabilizing exercise with isometric hip rotation using electromyography and ultrasound. *J ElectromyogrKinesiol Off J Int Soc ElectrophysiolKinesiol*. diciembre de 2019;49:102357.
24. Gibbon KC, Debuse D, Hibbs A, Caplan N. Reliability and Precision of Sonography of the Lumbar Multifidus and Transversus Abdominis During Dynamic Activities. *J Ultrasound Med Off J Am Inst Ultrasound Med*. marzo de 2017;36(3):571-81.
25. Cuellar WA, Blizzard L, Callisaya ML, Hides JA, Jones G, Ding C, et al. Test-retest reliability of measurements of abdominal and multifidus muscles using ultrasound imaging in adults aged 50-79 years. *Musculoskelet Sci Pract*. 2017;28:79-84.
26. Wilson A, Hides JA, Blizzard L, Callisaya M, Cooper A, Srikanth VK, et al. Measuring ultrasound images of abdominal and lumbar multifidus muscles in older adults: A reliability study. *Man Ther*. junio de 2016;23:114-9.
27. Mangum LC, Sutherlin MA, Saliba SA, Hart JM. Reliability of Ultrasound Imaging Measures of Transverse Abdominis and Lumbar Multifidus in Various Positions. *PM R*. abril de 2016;8(4):340-7.

28. Gala-Alarcón P, Calvo-Lobo C, Serrano-Imedio A, Garrido-Marín A, Martín-Casas P, Plaza-Manzano G. Ultrasound Evaluation of the Abdominal Wall and Lumbar Multifidus Muscles in Participants Who Practice Pilates: A 1-year Follow-up Case Series. *J ManipulativePhysiolTher.* 2018;41(5):434-44.
29. Cuello García CA, Pérez Gaxiola, Giordano. *Medicina basada en la evidencia.* 2ªEdición. Editorial médicapanamericana; 2019. 318 p.
30. Rahmani N, Mohseni-Bandpei MA, Salavati M, Vameghi R, Abdollahi I. Comparative Study of Abdominal Muscle Thickness on Ultrasonography in Healthy Adolescents and Patients With Low Back Pain. *J Ultrasound Med Off J Am Inst Ultrasound Med.* abril de 2018;37(4):905-12.
31. Sutherlin MA, Gage M, Mangum LC, Hertel J, Russell S, Saliba SA, et al. Changes in Muscle Thickness Across Positions on Ultrasound Imaging in Participants With or Without a History of Low Back Pain. *J Athl Train.* junio de 2018;53(6):553-9.
32. Calculadora [Internet]. [citado 9 de junio de 2020]. Disponible en: <https://www.imim.cat/ofertadeserveis/software-public/granmo/>
33. Wachi M, Suga T, Higuchi T, Misaki J, Tsuchikane R, Tanaka D, et al. Applicability of ultrasonography for evaluating trunk muscles size in athletes: a study focused on baseball batters. *J Phys Ther Sci.* septiembre de 2017;29(9):1534-8.
34. Tuinman PR, Jonkman AH, Dres M, Shi Z-H, Goligher EC, Goffi A, et al. Respiratory muscle ultrasonography: methodology, basic and advanced principles and clinical applications in ICU and ED patients-a narrative review. *Intensive Care Med.* abril de 2020;46(4):594-605.
35. Selkow NM, Eck MR, Rivas S. TRANSVERSUS ABDOMINIS ACTIVATION AND TIMING IMPROVES FOLLOWING CORE STABILITY TRAINING: A RANDOMIZED TRIAL. *Int J Sports Phys Ther.* diciembre de 2017;12(7):1048-56.
36. Gluppe SB, Engh ME, Bo K. Immediate Effect of Abdominal and Pelvic Floor Muscle Exercises on Interrecti Distance in Women With Diastasis Recti Abdominis Who Were Parous. *Phys Ther.* 17 de abril de 2020;

37. Jung D, Kim K, Lee S. Comparison of Muscle Activities Using a Pressure Biofeedback Unit during Abdominal Muscle Training Performed by Normal Adults in the Standing and Supine Positions. *J Phys Ther Sci.* febrero de 2014;26(2):191-3.
38. Wang-Price S, Zafereo J, Brizzolara K, Sokolowski L, Turner D. Effects of different verbal instructions on change of lumbar multifidus muscle thickness in asymptomatic adults and in patients with low back pain. *J Man ManipTher.* febrero de 2017;25(1):22-9.
39. Comerford M, Mottram S. Kinetic control: the management of uncontrolled movement. Edinburgh: Elsevier Churchill Livingstone; 2012.
40. Nandlall N, Rivaz H, Rizk A, Frenette S, Boily M, Fortin M. The effect of low back pain and lower limb injury on lumbar multifidus muscle morphology and function in university soccer players. *BMC MusculoskeletDisord* [Internet]. 12 de febrero de 2020 [citado 8 de mayo de 2020];21. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7017535/>
41. Skeie EJ, Borge JA, Leboeuf-Yde C, Bolton J, Wedderkopp N. Reliability of diagnostic ultrasound in measuring the multifidus muscle. *Chiropr Man Ther* [Internet]. 15 de abril de 2015 [citado 8 de mayo de 2020];23. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4397671/>
42. Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación biomédica. «BOE» núm. 159, de 4 de julio de 2007, páginas 28826 a 28848 (23 págs.): Jefatura del Estado; 2007. [Internet]. [citado 9 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-12945>.
43. WMA - TheWorld Medical Association-Declaración de Helsinki de la AMM – Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos [Internet]. [citado 9 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.wma.net/es/polices-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>
44. World Health Organization, Council for International Organizations of Medical Sciences. International ethical guidelines for health-related research involving humans. Geneva: CIOMS; 2017.

45. Declaración universal sobre Bioética y Derechos Humanos: UNESCO [Internet]. [citado 9 de mayo de 2020]. Disponible en: http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=31058&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html
46. Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica. «BOE» núm. 274, de 15/11/2002.: Jefatura de Estado; 2002.
47. Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. «BOE» núm. 294, de 6 de diciembre de 2018, páginas 119788 a 119857 (70 págs.): Jefatura de Estado; 2018. [Internet]. [citado 9 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/lo/2018/12/05/3>.

12. Anexos.

Anexo I. Cartel Informativo.

¿Te gustaría participar en nuestro estudio?



¿Qué perfil buscamos?

- Estudiantes de la UDC:
 - Entre 18 y 23 años.
 - Con y sin presencia de dolor lumbar.



¿De que trata el estudio?

- Realizaremos una comparación de mediciones morfológicas de la musculatura anterolateral del abdomen.
- Realizaremos un análisis funcional cualitativo de la musculatura anterolateral del abdomen y de la musculatura multifida lumbar.
- La medición de los resultados será a través de ecografía.



¿Cómo participar?

Contactar a través de:

- Correo electrónico: alejo.simon@udc.es
raul.dmartinez@udc.es
- Teléfono móvil: 767788123/767788124
- El estudio se llevará a cabo en la **Facultad de Fisioterapia de A Coruña, Campus de Oza.**

Anexo II. Autorización al CEIC de Galicia

CARTA DE PRESENTACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN AL COMITÉ AUTONÓMICO DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN DE GALICIA

D./D^a:

Con teléfono:

y correo electrónico:

SOLICITA la evaluación de:

- Estudio **nuevo** de investigación.
- Respuesta a las aclaraciones** solicitadas por el Comité.
- Modificación o Ampliación** a otros centros de un estudio ya aprobado por el Comité.

DEL ESTUDIO:

Título:

Promotor:

- (MARCAR si el promotor es sin ánimo comercial y confirma que cumple los requisitos para la excepción de tasas de la Comunidad Autónoma de Galicia (más información en la web de comités).

Tipo de estudio:

- Ensayo clínico con medicamentos.**
- Investigación clínica con productos sanitarios.**
- EPA-SP.**
- Otros estudios no incluidos en las categorías anteriores.**

Investigadores y centros en Galicia:

Y adjunto envié la documentación en base a los requisitos que figuran en la web de la Red Gallega de CEIs, y me comprometo a tener disponibles para los participantes los documentos de consentimiento aprobados en gallego y castellano.

Fecha:

Firma.:

**Red de Comités de Ética de la Investigación
Xerencia Servizo Galego de Saúde**

Anexo III. Hoja de información al participante adulto/a.

HOJA DE INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE ADULTO/A

TÍTULO DEL ESTUDIO: Análisis funcional cualitativo de la musculatura estabilizadora lumbo-pélvica en adultos jóvenes sanos y con dolor lumbar.

INVESTIGADOR: Raúl Diéguez Martínez

CENTRO: Facultad de Fisioterapia de la Universidade da Coruña.

Este documento tiene por objetivo ofrecerle información sobre el **estudio de investigación** en el que se le invita a participar. Este estudio ha sido aprobado por el Comité de Ética de Investigación Clínica de Galicia.

Si decide participar en el mismo debe recibir información personalizada por parte del investigador, **leer antes este documento** y hacer todas las preguntas que precise para comprender los detalles del mismo. Si así lo desea puede llevar el documento, consultarlo con otras personas, y tomar el tiempo necesario para decidir su participación o no.

La participación en este estudio es completamente **voluntaria**. Usted puede decidir no participar o, si acepta hacerlo, cambiar de parecer retirando el consentimiento en cualquier momento sin obligación de dar explicaciones. Le aseguramos que esta decisión no afectará a la relación con los profesionales sanitarios que le atienden ni a la asistencia sanitaria a la que usted tiene derecho.

¿Cuál es la finalidad de este estudio?

Este estudio pretende comparar la funcionalidad de la musculatura estabilizadora lumbo-pélvica en un grupo de adultos jóvenes sanos respecto a un grupo con dolor lumbar, utilizando la ecografía como método de obtención de los resultados.

¿Por qué me ofrecen participar a mí?

Usted está invitado a participar por uno de los siguientes motivos: padece dolor lumbar o forma parte del grupo de población sana y no padece este problema objeto de estudio.

¿En qué consiste mi participación?

En primer lugar, si decide participar en el estudio, se tomarán una serie de datos personales, relacionados principalmente con la presencia de ciertas enfermedades, así

como sus mediciones antropométricas para verificar que Ud. cumple con los criterios de selección para formar parte en el estudio.

A continuación, se procedería a la realización del análisis funcional cualitativo de la musculatura anterolateral del abdomen. Este apartado contaría con la realización de 4 pruebas diferentes, en los que se utilizará como método de obtención de los resultados la ecografía.

Una vez finalizada esta parte, proseguiremos con la realización del análisis funcional cualitativo de la musculatura multífida. Dos pruebas diferentes conformarán este apartado y de nuevo se utilizará como método de obtención de los resultados la ecografía.

Su participación tendrá una duración total estimada de 90 minutos. Existe la posibilidad de que los resultados obtenidos durante las pruebas le sean reportados, si Ud. lo desea.

¿Qué molestias o inconvenientes puede tener?

Podemos afirmar que su participación en el estudio no supone ningún riesgo para su salud. Posiblemente, una de las dudas que le pueda surgir es conocer si la ecografía puede tener efectos negativos sobre su cuerpo, pero este método es totalmente inocuo, ya que el paso del ultrasonido por el cuerpo con las intensidades utilizadas en diagnóstico carece de efectos adversos conocidos. Es más, el método empleado incluso permite repetir la ecografía las veces que se consideren necesarias para obtener la información precisa del sistema músculo-esquelético.

Si bien, durante el procedimiento de intervención, Ud. tendrá que mantener una determinada posición que se prolongará de forma variable hasta la obtención de la información imprescindible, pudiendo acarrear pequeñas molestias en ciertos casos. En el supuesto de que manifieste alguna sensación de incomodidad, interrumpiremos la evaluación de forma inmediata, sin que suponga ningún tipo de inconveniente.

¿Obtendrá algún beneficio por participar?

No se espera que Ud. obtenga beneficio directo por participar en el estudio. La investigación pretende descubrir aspectos poco claros sobre la funcionalidad de la musculatura lumbo-pélvica durante la realización de diferentes pruebas. Esta información podrá ser útil en un futuro para otras personas.

¿Recibirá la información que se obtenga del estudio?

Si Ud. lo desea, se le facilitará un resumen de los resultados del estudio.

¿Se publicarán los resultados de este estudio?

Los resultados de este estudio serán remitidos a publicaciones científicas y/o comunicaciones en congresos para su difusión, pero no se transmitirá ningún dato que pueda llevar a la identificación de los participantes.

Información referente a sus datos:

La obtención, tratamiento, conservación, comunicación y cesión de sus datos se realizará conforme a lo dispuesto en el Reglamento General de Protección de Datos (Reglamento UE 2016-679 del Parlamento europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016), la normativa española sobre protección de datos de carácter personal vigente, la Ley 14/2007 de investigación biomédica y el RD 1716/2011.

La institución en la que se desenvuelve esta investigación es la responsable del tratamiento de sus datos, pudiendo contactar con el delegado/a de protección de datos a través de los siguientes medios:

Dirección electrónica:/ Tfno.:

Los datos necesarios para llevar a cabo este estudio serán recogidos y conservados de modo:

- **Seudonimizados (Codificados)**, tratamiento de datos personales de manera que estos no pueden atribuirse a un interesado/a sin que se utilice información adicional. En este estudio solo el equipo investigador conocerá el código que permitirá saber su identidad.

La normativa que rige el tratamiento de datos de personas le otorga derecho a acceder a sus datos, oponerse, corregirlos, cancelarlos, limitar su tratamiento, restringir o solicitar la supresión de sus datos. También puede solicitar una copia de los mismos o que esta sea remitida a un tercero (derecho de portabilidad).

Para ejercer estos derechos puede usted dirigirse al delegado/a de Protección de Datos del centro a través de los medios de contacto antes indicados o al investigador principal de este estudio en la dirección de correo electrónico: raul.dmartinez@udc.es y/o Tfno.: 767788124

Así mismo, usted tiene derecho a interponer una reclamación ante la Agencia Española de Protección de Datos, cuando considere que alguno de sus derechos no ha sido respetado.

Si el equipo investigador y las autoridades sanitarias, que tienen deber de guardar la confidencialidad, tendrán acceso a todos los datos recogidos en el estudio. Podrán transmitir a terceros información que no pueda ser identificada. En el caso de que alguna información sea transmitida a otros países, se realizará con un nivel de protección de datos equivalentes, como mínimo, al exigido por la normativa española y europea.

Al finalizar el estudio, o al plazo legal establecido, los datos recogidos serán eliminados o guardados anónimos para su uso en futuras investigaciones segundo lo que Ud. haya escogido en la firma del consentimiento. (No será de aplicación si ya han sido recogidos anonimizados).

¿Existen intereses económicos en este estudio?

El investigador no recibirá retribución específica por la dedicación al estudio.

¿Cómo contactar con el equipo investigador de este estudio?

Ud. puede contactar con Raúl Diéguez Martínez en el teléfono 767788124 y/o endereço electrónico: raul.dmartinez@udc.es.

Muchas gracias por su colaboración.

Anexo IV. Consentimiento informado.

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO PARA A PARTICIPACIÓN EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO: Análisis funcional cualitativo de la musculatura estabilizadora lumbo-pélvica en adultos jóvenes sanos y con dolor lumbar.

D/ Dña., _____

con DNI _____

Confirmando que:

- *He leído la hoja de información al participante del estudio arriba mencionado y considero que he recibido suficiente información sobre éste.*
- *He podido conversar con el investigador principal y resolver todas mis dudas en relación con mi participación y los procedimientos del estudio.*
- *Comprendo que mi participación es voluntaria y que puedo retirarme del estudio cuando quiera, sin tener que dar explicaciones.*
- *Accedo a que mis datos sean utilizados en las condiciones detalladas en la hoja de información al participante.*
- *Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.*

Al finalizar el estudio, mis DATOS acepto que sean:

- Eliminados.
- Conservados anonimizados para usos futuros en otras investigaciones.

En A Coruña, a _____ de _____ de 202____

El/la participante,

El investigador,

Asdo.:

Asdo.:

Anexo V. Hoja de evaluación.

HOJA DE EVALUACIÓN

Fecha y hora: _____

Nombre y apellidos: _____

Edad: _____ Sexo: Masculino Femenino

N.º de teléfono: _____ Correo electrónico: _____

N.º de codificación: _____

1. ¿Padece dolor lumbar actualmente?

Si No

2. ¿En caso de haber respondido “Si” en la pregunta anterior, en una escala numérica donde 0 es ningún dolor y 10 el máximo dolor experimentado, que puntuación le correspondería a su dolor actual?

Puntuación: _____

3. ¿En el caso de haber respondido “No” en la pregunta número 1, ha padecido usted dolor lumbar en los últimos 3 meses?

Si No

4. En el caso de haber respondido “Si” en la pregunta número 1 o número 3, ¿ha acudido a fisioterapia para tratar su problema?

Si No

5. En el caso de haber respondido “Si” en la pregunta número 4, ¿el tratamiento ha involucrado la reeducación de la musculatura estabilizadora lumbo-pélvica?

Si No

6. ¿Realiza una práctica deportiva 5 o más veces por semana?

Si No

7. En el caso de haber respondido “No” a la pregunta número 6, ¿con que frecuencia practica actividad física a la semana?

Ningún día/semana, durante al menos 30 minutos continuos de actividad.

Entre 1-2 días/semana, durante al menos 30 minutos continuos de actividad.

3 o 4 días/semana, durante al menos 30 minutos continuos de actividad.

8. ¿Le han practicado alguna vez una cirugía en la columna vertebral o región lumbo-pélvica?

Si No

9. ¿Sufrió recientemente algún traumatismo o fractura sobre estas estructuras?

Si No

10. ¿Presenta antecedentes de enfermedades neurológicas, reumatológicas o sistémicas así como procesos tumorales malignos?

Si No

11. En el caso de pertenecer al sexo femenino, ¿se encuentra usted en estado de gestación o ha dado a luz en los últimos 6 meses?

12. ¿Toma alguna medicación actualmente?

Si No Medicación: _____

13. Alergias: _____

Variables Antropométricas

Peso (kg):

Talla (m):

IMC (kg/m²):

Variable grupo

Grupo población sana

Grupo dolor lumbar

Lado dominante extremidad superior

Lado dominante extremidad inferior

Derecho

Derecho

Izquierdo

Izquierdo

Cruzado

Cruzado

Variable actividad física

Inexistente

Mantenimiento

Entrenamiento

Anexo VI. Ficha exploratoria ecográfica.

FICHA EXPLORATORIA ECOGRÁFICA

N.º de codificación participante:

Fecha y hora de la exploración:

Análisis funcional cualitativo musculatura anterolateral del abdomen.

1. Impacto de la respiración sobre TrA y OI.

Instrucción: Solicitamos una inspiración profunda seguida de una espiración lenta y prolongada. A mayores, le pediremos que realice una señal al final del tiempo espiratorio para poder congelar la imagen en el momento exacto.

Lado derecho		Lado izquierdo	
Respuesta Normal	<input type="checkbox"/>	Respuesta Normal	<input type="checkbox"/>
Sin respuesta	<input type="checkbox"/>	Sin respuesta	<input type="checkbox"/>
Respuesta alterada	<input type="checkbox"/>	Respuesta alterada	<input type="checkbox"/>

Observaciones:

Observaciones:

2. Contracción analítica de TrA.

Instrucción: "inhala, exhala y, cuando esté cerca de la máxima exhalación, acerque el ombligo a la columna vertebral". Para facilitar la acción al sujeto, se le explica que la contracción consiste en aproximar el ombligo hacia la camilla y ligeramente hacia la cabeza, en forma de coma; o bien tratar de meter la barriga hacia adentro como si estuviera tratando de cerrar un botón de un pantalón que le queda muy apretado.

Lado derecho		Lado izquierdo	
SI	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
NO	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
Compensaciones	<input type="checkbox"/>	Compensaciones	<input type="checkbox"/>

Observaciones:

Observaciones:

3. Sinergia con suelo pélvico.

Instrucción: “imagina retener la orina y eleva lentamente tu musculatura pélvica para poder contraerla”. Para facilitar la comprensión por parte del participante, se le explicará previamente, a su vez, que imagine que está orinando y quiere cortar el pipí. En el caso de los varones añadiríamos que imagine que quiere traccionar de los testículos hacia arriba.

Lado derecho		Lado izquierdo	
Presente	<input type="checkbox"/>	Presente	<input type="checkbox"/>
Ausente	<input type="checkbox"/>	Ausente	<input type="checkbox"/>
Compensada	<input type="checkbox"/>	Compensada	<input type="checkbox"/>

Observaciones: Observaciones:

4. Comportamiento musculatura anterolateral del abdomen ante sollicitación espinal.

Instrucción: levantar la pierna extendida ipsilateral a la imagen ecográfica, una cuarta con respecto a la camilla.

Lado derecho		Lado izquierdo	
Normal	<input type="checkbox"/>	Normal	<input type="checkbox"/>
Insuficiente	<input type="checkbox"/>	Insuficiente	<input type="checkbox"/>
Inexistente	<input type="checkbox"/>	Inexistente	<input type="checkbox"/>

Observaciones: Observaciones:

Análisis funcional cualitativo de la musculatura posterior multifida

1. Contracción analítica del multifido lumbar.

Instrucción: “respire normalmente y sin mover la pelvis, piense en inclinar la pelvis hacia delante, pero sin hacerlo realmente”. Por si le resulta más sencillo al participante se le explicará previamente, a su vez, que imagine como si quisiese llevar el sacro hacia la nuca sin moverse.

Lado derecho		Lado izquierdo	
SI	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>
NO	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
Alterada	<input type="checkbox"/>	Alterada	<input type="checkbox"/>

Observaciones: Observaciones:

2. Comportamiento de la musculatura multifida ante una sollicitación espinal.

Instrucción: despegar unos 5cm de la camilla el brazo contralateral a la toma de imágenes, para inducir la contracción de la musculatura multifida

Lado derecho		Lado izquierdo	
Normal	<input type="checkbox"/>	Normal	<input type="checkbox"/>
Insuficiente	<input type="checkbox"/>	Insuficiente	<input type="checkbox"/>
Inexistente	<input type="checkbox"/>	Inexistente	<input type="checkbox"/>

Observaciones:

Observaciones: