

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
SECCIÓN DE FISIOTERAPIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Evaluación ultrasonográfica de la musculatura abdominal durante ejercicios de control motor lumbopélvico: Una revisión sistemática.

Autores:

Antonio de Vera Martín

Lorena García de la Iglesia

Sara Sánchez López

Tutor: Dr. Fidel Rodríguez Hernández

Cotutor: Dr. Isidro Miguel Martín Pérez

CURSO ACADÉMICO 2022-2023
CONVOCATORIA JUNIO





FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
SECCIÓN DE FISIOTERAPIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Evaluación ultrasonográfica de la musculatura abdominal durante ejercicios de control motor lumbopélvico: Una revisión sistemática.

Autores:

Antonio de Vera Martín

Lorena García de la Iglesia

Sara Sánchez López

Tutor: Dr. Fidel Rodríguez Hernández

Cotutor: Dr. Isidro Miguel Martín Pérez

CURSO ACADÉMICO 2022-2023
CONVOCATORIA JUNIO



Lista de abreviaturas:

TrA: transverso del abdomen

Oe: oblicuo externo

Oi: oblicuo interno

RA: recto abdominal

SNC: sistema nervioso central

LA: línea alba

DL: dolor lumbar

DLC: dolor lumbar crónico

M1: corteza motora primaria

S1: corteza somatosensorial primaria

US: Ultrasonografía

IrD: distancia inter-recti

MOOSE: *Meta-analysis of Observational Studies in Epidemiology guidelines for meta-analyses and systematic reviews of observational studies*

NOS: *New Castle-Ottawa Scale*

ENAS: ensayos clínicos no aleatorizados

DRA: diástasis de los rectos abdominales

TT: “*table top*” (elevación de la pierna con la rodilla flexionada)

SLR: “*straight leg raise*” (elevación de la pierna recta)

LFR: “*loaded forward reach*” (avance frontal con carga)

ADIM: “*abdominal drawing-in maneuver*” (maniobra de retracción abdominal)

ES: tamaño del efecto

MF: multífidos lumbares

CL: cuadrado lumbar

ETAP: “*exercise-related transient abdominal pain*” (dolor abdominal transitorio vinculado al ejercicio)



RESUMEN:

Objetivos: Conocer la literatura relacionada con la descripción y medición de la musculatura abdominal mediante US durante ejercicios de control motor.

Métodos: Revisión sistemática según estándares de la declaración MOOSE, usando términos MeSH: “abdominal muscles”, “exercise”, “ultrasonography”; y libres: “transversus abdominis”, “muscle size”, “abdominal motor control”. Búsquedas en bases de datos MEDLINE (PubMed), CINAHL y SciELO del 4/2/2023 al 16/2/2023. Criterios de inclusión: (1) estudios observacionales transversales y de cohorte prospectiva y retrospectiva (2) publicados a partir de 2010 (3) evaluación mediante US (4) sujetos mayores de 10 años, (5) mientras realizaban ejercicio o actividad abdominal. Fueron evaluados la calidad metodológica (NOS) y el riesgo de sesgo (ROBINS-I).

Resultados: 38 estudios fueron seleccionados. Entre ellos, 6 estudios observacionales transversales y 1 estudio observacional longitudinal (7 artículos, N=301) fueron incluidos. Obtuvieron una buena calidad metodológica y un riesgo de sesgo moderado-grave. 5 artículos midieron el grosor muscular del TrA, 2 midieron el grosor del Oi y del Oe, y 1 midió el grosor del MF y CL. Todos hicieron mediciones durante algún ejercicio o actividad que implique contracción abdominal.

Conclusiones: Esta revisión defiende la US como una herramienta útil y válida para medir la morfología y función de la musculatura abdominal, diana del tratamiento basado en ejercicios de control motor. Asimismo, de entre ellos el "curl up" y ADIM consiguen activar el TrA, Oi y Oe de forma bilateral, mientras que el SLR y TT logran una activación asimétrica de la musculatura abdominal.

Palabras clave: ultrasonografía, musculatura abdominal, control motor, transverso abdominal, grosor muscular, ejercicio.



ABSTRACT:

Objectives: To review the literature related to the description and measurement of the abdominal musculature by US during motor control exercises.

Methods: Systematic review following MOOSE statement standards, using the MeSH terms: "abdominal muscles", "exercise", "ultrasonography"; and free terms: "transversus abdominis", "muscle size", "abdominal motor control". Searches were made in MEDLINE (PubMed), CINAHL and SciELO databases from 4/2/2023 to 16/2/2023. Inclusion criteria: (1) cross-sectional observational studies and prospective and retrospective cohort studies (2) published from 2010 (3) evaluation by US (4) subjects older than 10 years, (5) while performing abdominal exercise or activity. Methodological quality (NOS) and risk of bias (ROBINS-I) were assessed.

Results: 38 studies were selected. Among them, 6 cross-sectional observational studies and 1 longitudinal observational study (7 articles, N=301) were included. They obtained good methodological quality and moderate-severe risk of bias. 5 articles measured TrA muscle thickness, 2 measured Oi and Oe thickness, and 1 measured MF and CL thickness. All measurements were made during some exercise or activity involving abdominal contraction.

Conclusions: This review defends US as a useful and valid tool to measure the abdominal musculature's morphology and function, target of treatment based on motor control exercises. Likewise, among them, the "curl up" and ADIM manage to activate TrA, Oi and Oe bilaterally, while SLR and TT achieve an asymmetric activation of the abdominal musculature.

Key words: ultrasonography, abdominal musculature, motor control, transversus abdominis, muscle thickness, exercise.



ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Marco teórico	1
1.1.1. Trastornos primarios locales	2
1.1.2. Trastornos primarios centrales	4
1.1.3. Diagnóstico	5
2. JUSTIFICACIÓN	6
3. OBJETIVOS	7
4. METODOLOGÍA	8
4.1. Diseño de estudio	8
4.2. Criterios de elegibilidad	8
4.2.1. Tipos de estudio	9
4.2.2. Tipos de participantes	9
4.3. Proceso de extracción de datos	9
4.4. Evaluación de la calidad metodológica	10
4.5. Evaluación del riesgo de sesgo	10
5. RESULTADOS	11
5.1. Selección de estudios	11
5.2. Características de los estudios incluidos	11
5.3. Evaluación de la calidad metodológica de ensayos clínicos no aleatorizados (New Castle Ottawa Scale)	12
5.4. Evaluación de la calidad metodológica de ensayos clínicos no aleatorizados (ROBINS-I)	13
5.5. Síntesis de resultados	13
6. DISCUSIÓN	18



7. LIMITACIONES E IMPLICACIONES FUTURAS DEL ESTUDIO	22
7.1 Limitaciones	22
7.2 Implicaciones futuras	22
8. CONCLUSIONES	23
9. BIBLIOGRAFÍA (Estilo Vancouver)	25
Anexo 1. Tabla 1: Estrategias de búsqueda.	34
Anexo 2. Proceso de selección de estudios (MOOSE).	36
Anexo 3. Tabla 2. Tabla de extracción de resultados.	37
Anexo 4. Tabla 3. Evaluación de la calidad metodológica (Escala NOS)	49
Anexo 5. Tabla 4. Evaluación de riesgo de sesgo. Escala ROBINS-I	50



1. INTRODUCCIÓN

1.1. Marco teórico

La musculatura de la pared abdominal juega un papel fundamental en el mantenimiento de la postura y en la estabilización de la columna vertebral, especialmente del segmento lumbar (1). Ésta está compuesta principalmente por el trasverso abdominal (TrA), el oblicuo externo (Oe), el oblicuo interno (Oi) y el recto abdominal (RA) (2, 3).

La musculatura de la pared del abdomen puede resultar afectada a causa de diferentes factores y muchas de estas enfermedades o condiciones han sido identificadas y taxonómicamente clasificadas atendiendo a diferentes criterios. Desde un punto de vista etiológico, estos trastornos de la pared abdominal podemos clasificarlos en primarios y secundarios.

Los trastornos de la pared abdominal primarios, también denominados como «mecánicos», son aquellos en lo que se ven comprometidas directamente las estructuras miotendinosas e incluso las estructuras óseas con las que éstas se relacionan.

Los trastornos primarios pueden actuar a nivel local, donde es el tejido muscular el que se ve comprometido debido a trastornos estructurales o traumáticos (4), o a nivel central, donde son los cambios en el Sistema Nervioso Central (SNC) los que acaban afectando a la función, activación y coordinación de los músculos abdominales (5, 6).

Las alteraciones en la estructura pueden estar producidas, por ejemplo, por contusiones musculares, distensiones (esguinces y desgarros musculares), lesiones apofisarias, hernias abdominales o diástasis abdominal (4).

Los trastornos secundarios son las consecuencias funcionales de los trastornos anteriores y en este grupo incluiríamos el dolor lumbar (7, 8), el dolor pélvico (9), disfunciones respiratorias (10), etc.



1.1.1. Trastornos primarios locales

En cuanto a las lesiones que afectan al tejido muscular, las *contusiones musculares* ocurren en el marco de un traumatismo directo, a menudo en deportes de contacto como el fútbol, el rugby o el hockey (4). Se presentan normalmente con un edema intramuscular en el lugar de la lesión y pueden estar asociadas con hemorragia intramuscular, que se hace evidente en forma de hematoma (4). Las posibles complicaciones agudas de una contusión muscular grave incluyen el síndrome compartimental y el desarrollo tardío de cicatrización/fibrosis, atrofia o miositis osificante (11).

Las *distensiones abdominales* son poco comunes y habitualmente se producen por movimientos excesivos de torsión (4) Por ejemplo, las distensión del músculo recto abdominal suelen darse en deportes que impliquen un lanzamiento por encima de la cabeza (12). En cambio, las distensiones de la musculatura de la pared abdominal lateral o «distensiones laterales» son más frecuentes en deportes sin contacto como el lanzamiento de jabalina, tenis o cricket (12). Entre ellas, son más comunes las lesiones del oblicuo externo que las del oblicuo interno (4). En cuanto a su clínica, los pacientes presentan dolor, a menudo pleurítico, es decir, dolor agudo en el pecho que empeora al respirar, y sensibilidad a lo largo del margen inferior de las costillas (4). En los casos de distensiones laterales más graves, también pueden ocurrir fracturas costales concomitantes y/o lesiones costocondrales (4).

Las distensiones musculares se clasifican en tres grados: en el Grado I se observa un edema muscular intersticial manteniéndose la musculatura preservada; en el Grado II, se observan desgarros parciales del músculo; y por último y el más grave, el Grado III, en el que se muestra una rotura completa de la unidad miotendinosa y corresponde al desgarró muscular total (13). Los desgarró musculares suelen cursar con hemorragia intramuscular originando hematomas, los cuales también pueden ocurrir iatrogénicamente o espontáneamente en pacientes anticoagulados (4). En la musculatura del abdomen, uno de los ejemplos más comunes es el hematoma de la vaina del recto (4).

En cuanto a las *lesiones apofisarias*, que afectan al tejido óseo específicamente, normalmente se distinguen dos mecanismos de lesión en cuanto a su etiología. Por un lado, una contracción muscular fuerte y repentina puede causar una separación



aguda de la placa fisaria que da como resultado una fractura por avulsión de la apófisis. Por otro lado, la tracción repetitiva sobre una apófisis puede provocar microtraumatismos crónicos e inflamación reparadora asociada con el consecuente resultado de apofisititis. (11)

Las lesiones apofisarias en la región abdominal, ocurren más comúnmente en el esqueleto de la pelvis, frecuentemente asociadas con deportes de carrera y gimnasia. Los pacientes a menudo se presentan con dolor localizado y sensibilidad focal sobre la apófisis afectada. Además, las lesiones apofisarias no diagnosticadas y no tratadas pueden provocar síntomas prolongados (dolor, inflamación, hipersensibilidad, etc.), retraso en el regreso al juego y progresión de la lesión. (11, 14)

Aparte de las fracturas por avulsión, se pueden producir avulsiones o arrancamientos del tendón en su inserción sin implicar fractura ósea, a pesar de originarse por el mismo mecanismo lesional (4, 11). Normalmente las avulsiones se presentan tras un evento desencadenante agudo, a diferencia de las apofisititis en las que el dolor tiene un inicio más insidioso y se exacerba con la actividad (11).

Una de las principales y más importantes complicaciones de las avulsiones son las *hernias abdominales* (4). Una hernia abdominal es una protrusión del contenido abdominal y parte del peritoneo a través de un defecto en la pared abdominal (15). El 75% de los defectos de la pared abdominal se localizan en la región inguinal y son más habituales en varones (15). Esto se debe a la diferencia del contenido del canal inguinal entre ambos sexos, ya que por el del hombre discurre el conducto deferente y vasos testiculares mientras que en el de la mujer se encuentra el ligamento redondo del útero (16).

La *diástasis abdominal* es una alteración adquirida en la que los músculos rectos abdominales están separados por una distancia anormal a lo largo de su longitud (17). Además, no presentan defecto de la fascia por lo que se acompaña del ensanchamiento de la línea alba (LA), así como del abombamiento de la pared abdominal (17, 18). Algunos factores que influyen en esta condición son el número de embarazos y partos, en mujeres, y el sedentarismo, que se relaciona de forma importante con la obesidad (17). Las personas obesas contienen más tejido adiposo en la cavidad abdominal, por lo que se produce un aumento del contenido abdominal y aumenta la presión sobre la pared abdominal, provocando una separación crónica por ambos lados del recto abdominal (17). Por otro lado, el estiramiento y



adelgazamiento de la LA favorece los defectos herniarios y se asocia con dolor lumbar, disfunciones de la pared abdominal y disminución de la calidad de vida (18, 19).

1.1.2. Trastornos primarios centrales

Algunas alteraciones del SNC acaban produciendo cambios de las funciones de la musculatura del abdomen habiéndose descrito que la reorganización de las regiones motoras corticales de la corteza cerebral puede contribuir a la alteración del control motor, el dolor y la discapacidad (20). Gran parte de la evidencia disponible al respecto está asociada al campo del *dolor lumbar crónico (DLC)*. En los pacientes que padecen dolor lumbar crónico, se altera la actividad en la corteza motora primaria (M1) y corteza somatosensorial primaria (S1); alteraciones que se acompañan de numerosos cambios estructurales y funcionales en el cerebro, clasificados en: neuroquímicos (ej., falta o exceso de neurotransmisores en áreas específicas del cerebro), estructurales (ej., disminución de la materia gris en la corteza prefrontal dorsolateral) y funcionales (ej., modificación de la conectividad funcional en las regiones que forman la "matriz del dolor") (21).

La relación entre la reorganización cerebral, el control motor y las características clínicas del DLC aún no han sido suficientemente investigadas y no se conocen con exactitud (20). Sin embargo, se ha observado que estos cambios corticales se relacionan con alteraciones desadaptativas en el control motor de la columna vertebral, entre otras características fisiopatológicas (22), afectando tanto a la musculatura de la pared abdominal como a la musculatura paraespinal (6, 21). Entre los hallazgos más relevantes se han demostrado: cambios en la representación en M1 del TrA (5); y la superposición ("smudging") de las representaciones en M1 de los músculos longísimo y multífido profundo, lo que indica representaciones menos detalladas de los músculos paraespinales (20, 23) y la tendencia de los músculos de la espalda a reclutarse en masa en casos de DLC (20). Además, se ha observado un aumento en el umbral motor en reposo en pacientes con DLC lo cual indica hipoexcitabilidad de la vía corticoespinal, por lo que se requiere un mayor estímulo para producir una respuesta motora (5).



Numerosos estudios han observado adaptaciones en el control motor en pacientes con dolor lumbar tanto crónico como agudo, lo cual se refleja en alteraciones en el tiempo, magnitud y cinemática de la coordinación lumbopélvica (23, 24).

En relación al dolor lumbar, esta es una enfermedad extremadamente común con una prevalencia a lo largo de la vida de entre el 75% y 85% siendo reconocida como la principal causa de discapacidad a nivel mundial (21). En España, más de 1,2 millones de pacientes con dolor lumbar buscan atención sanitaria, lo cual tiene un gran impacto económico (Con un gasto de 16,000 millones de euros al año) y social (Un 40% de absentismo laboral a causa del dolor lumbar) (21, 25). Del total de casos de dolor lumbar (DL), alrededor del 90% se considera inespecífico, es decir, no relacionado con lesiones o patologías concretas. Además, se estima que se cronifican el 10% de los casos (21).

Desde un punto de vista clínico, se han observado cambios en el control motor asociados a la musculatura abdominal. Entre ellos encontramos: un inicio tardío de la actividad muscular con respuestas posturales anticipatorias y compensatorias a las perturbaciones; y una propiocepción del tronco alterada, reducida o interrumpida como resultado del daño traumático en los tejidos, la fatiga muscular y/o la activación de los nociceptores. Todo ello, como ya se comentó, interfiere con el control motor. (23)

1.1.3. Diagnóstico

En cuanto la evaluación y medición del estado de la musculatura abdominal en los trastornos primarios (locales y centrales) y secundarios de la pared abdominal existen diferentes técnicas muy aceptadas para su diagnóstico, tales como la resonancia magnética nuclear y la electromiografía (3). Sin embargo, muchos estudios atribuyen una mayor confiabilidad y validez a la ultrasonografía (US) en tiempo real para este tipo de mediciones, en comparación con las demás técnicas (3). A diferencia de las anteriores presenta las ventajas de ser una técnica simple, no invasiva, altamente reproducible y fiable (2, 26). Supone, además, una alternativa a otras herramientas más sofisticadas, como lo es la tomografía computarizada (26).

La US se utiliza para evaluar la estructura, función y actividad muscular (2). En este sentido, permite observar y medir en tiempo real los cambios que se producen en



la musculatura según el estado de contracción o actividad (2, 26). Por ello ha sido utilizada abundantemente para la medición de los cambios en los músculos abdominales (2, 27). Existe una serie de medidas que resultan de mayor interés ya que nos proporcionan información que se relaciona estrechamente con el estado de la musculatura, y por tanto nos permiten sacar conclusiones diagnósticas (3, 27). Estas son: los grosores de la musculatura de la pared abdominal (TrA, Oi, Oe y RA); y distancias anatómicas de interés como la distancia inter-recti (IrD). Ambos grupos de medidas pueden tomarse en diferentes estados de contracción muscular (2, 3, 26).

Por otra parte, se sabe que existe relación entre la musculatura de la pared abdominal, el control motor y la estabilidad lumbopélvica, sobre todo con la acción del TrA (28, 29). Además, se han estudiado los cambios que en ella se producen durante ejercicios abdominales y de estabilidad lumbopélvica (30, 31).

2. JUSTIFICACIÓN

Consideramos que es necesario realizar una revisión sistemática de la bibliografía disponible en relación al estudio de la musculatura de la pared abdominal con el objetivo de sintetizar el conocimiento disponible actualmente en este campo de estudio.

Por medio de la presente investigación se pretende conocer la evidencia científica que existe en relación a la fiabilidad de la US como herramienta útil para el estudio y evaluación de la musculatura abdominal. Esto es sí se ha estudiado mediante US los cambios en la musculatura y las características clínicas específicas en cada población.

Además nos interesa recopilar qué aplicaciones se le ha dado a la US en la literatura en relación a la musculatura. Esto con el objetivo de entender qué falta por conocer acerca de las posibles utilidades. Además, se pretende estudiar la evidencia existente acerca de la medición ultrasonográfica de los cambios en la musculatura atribuidos al control motor, el cual también se ve afectado por algunos de los trastornos de la pared abdominal.



Por otro lado, pretendemos estudiar la evidencia existente acerca de los cambios que se producen en la musculatura abdominal durante la realización de ejercicios del control motor, tanto abdominal como lumbopélvico. Esto con el objetivo de identificar de qué manera modifican esta musculatura, qué músculos son los que más se benefician de este tipo de ejercicios, qué músculos logran una mayor activación en cada uno, etc. Además pretendemos observar las diferencias existentes entre los distintos perfiles de pacientes durante la ejecución de los ejercicios, es decir, ver si existieran diferencias significativas entre personas sanas y enfermas (con patologías de la región abdominal) o entre deportistas y sedentarios.

En este sentido, también podremos identificar las poblaciones en las cuales no existen datos o en las que se necesita más investigación a medida que vayamos revisando la evidencia científica. Esto puede suponer posibles lagunas de conocimiento y se pueden establecer así poblaciones objetivo para nuestro estudio y para futuras investigaciones.

3. OBJETIVOS

El principal objetivo de esta revisión es:

- Conocer los estudios publicados sobre mediciones ultrasonográficas de la musculatura abdominal durante la realización de ejercicios de control motor.

Como objetivos específicos, proponemos:

- Analizar las utilidades y aplicaciones que se le ha dado a la US para el estudio de la musculatura abdominal.
- Identificar trabajos que analicen la fiabilidad del uso de la US para comprender y evaluar los cambios en la musculatura de la pared abdominal.
- Estudiar cómo modifican determinados ejercicios del control motor abdominal y lumbopélvico a la musculatura abdominal.



4. METODOLOGÍA

4.1. Diseño de estudio

El presente estudio de revisión sistemática se llevó a cabo con el protocolo definido y se subdividió en cuatro fases basadas en los estándares de la declaración MOOSE (Meta-analysis of Observational Studies in Epidemiology guidelines for meta-analyses and systematic reviews of observational studies) (32).

La búsqueda sistemática de los artículos se realizó de manera independiente empleando la misma metodología en las siguientes bases de datos: MEDLINE (PubMed) (04/02/2023 a 16/02/2023), CINAHL (09/02/2023 a 12/02/2023) y SciELO (14/02/2023). Se utilizó una combinación de diferentes términos MeSH "ultrasound", "ultrasound imaging", "abdominal muscles", "exercise", "rehabilitation", "ultrasonography" y "muscle contraction"; y términos libres "transversus abdominis", "muscle size", "assessment", "abdominal motor control", "lumbopelvic motor control", "abdominal hollowing" y "abdominal bracing", combinados con los operadores booleanos "AND"/ "OR" para definir la búsqueda.

Dos investigadores independientes (A.V. y L.G.) realizaron las búsquedas y evaluaron todos los artículos encontrados por título y resúmenes, y posteriormente las publicaciones a texto completo para determinar su elegibilidad. Este procedimiento fue realizado por cada investigador involucrado en esta parte del estudio (A.V. y L.G.) de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión de la investigación, y un tercer autor (S.S.) resolvió las discrepancias.

Se revisó la lista de referencias de cada artículo para encontrar artículos originales adicionales. **Anexo 1. Tabla 1. Estrategia de búsqueda.**

4.2. Criterios de elegibilidad

Los estudios incluidos en esta revisión sistemática debían cumplir los siguientes criterios de elegibilidad:



4.2.1. Tipos de estudio

- Estudios observacionales de cohorte prospectiva o retrospectiva o casos y controles. Se excluyeron del análisis todos los artículos repetidos, informes de casos, series de casos, reporte de casos, cartas al editor, estudios piloto, editoriales, notas técnicas y artículos de revisión.
- Estudios publicados en idioma inglés o español.
- Estudios publicados a partir del año 2010.
- Estudios cuyo texto completo fuera accesible y cuya disponibilidad fuera de acceso libre o de pago.

4.2.2. Tipos de participantes

- Que fueran sujetos mayores de 10 años, excluyendo las edades correspondientes a la niñez e infancia.
- Que incluyeran varones y mujeres.
- Que fueran sujetos sanos o enfermos, excluyendo la población embarazada y/o postparto, población con patologías neurológicas y población con tejido óseo afectado.
- Que fueran sujetos deportistas o sedentarios.
- Cuya musculatura abdominal hubiera sido monitorizada mediante US.
- Que se hubieran considerado como variables de desenlace la longitud, área de sección transversal o grosor de estructuras de la región abdominal.
- Que su musculatura haya sido evaluada durante la realización de un ejercicio lumbopélvico u otra tarea de contracción muscular de miembro superior o inferior.

4.3. Proceso de extracción de datos

Los investigadores A.V. y L.G. fueron los responsables de la selección de artículos de manera independiente realizando el registro de los resultados obtenidos y utilizando un protocolo estructurado basado en un formulario estandarizado de



extracción que recogía información sobre las características de los estudios (autores, año de publicación, título, objetivos, tipo de estudio, idioma) características de los participantes (población de estudio, número de sujetos), intervenciones, comparación de resultados y conclusiones.

Para elaborarlo se consideró el Manual Cochrane para Revisiones Sistemáticas de Intervenciones-Versión 5.1.0 que sirvió para desarrollar cada una de estas secciones. Seguidamente, una vez finalizado el proceso de selección, se acordó de forma consensuada y paralela la exclusión de los estudios duplicados y aquellos que tras la lectura de abstract o texto completo no tuvieran relación con la pregunta de estudio. Por último, si fuera necesario, en el caso de que existiera discordancia en la inclusión o exclusión de artículos se diseñó un protocolo para que fuera un especialista en investigación (I.M.) que no participaba en la identificación quien actuará como juez decisor.

4.4. Evaluación de la calidad metodológica

Los ensayos clínicos no aleatorizados o estudios observacionales se evaluaron con la escala *Newcastle Ottawa Scale (NOS)*. Este instrumento de análisis, se basa en diferentes dominios que abarcan: la selección del estudio de grupo (4 puntos), la compatibilidad entre los datos (2 puntos) y la evaluación de los resultados (3 puntos). Para la evaluación del estudio mediante NOS, a cada una de las 7 cuestiones realizadas se le otorgan estrellas en las categorías de selección de muestra y evaluación de resultados, y un máximo de dos estrellas en el apartado de compatibilidad, por lo que un estudio puede obtener hasta un máximo de 9 puntos. (33)

4.5. Evaluación del riesgo de sesgo

La evaluación del riesgo de sesgo de ensayos clínicos no aleatorizados se realizó con la herramienta *ROBINS-I*. Este instrumento de evaluación incluye unas preguntas de señalización que deben de abordarse dentro de cada dominio de confusión, selección de participantes en el estudio, clasificación de exposiciones, desviaciones de las exposiciones previstas, datos faltantes, medición de resultados y



selección del resultado informado. Las opciones de respuesta son: “Sí”; “Probablemente sí”; “Probablemente no”; “No”; y “Sin información”. A partir de la puntuación obtenida en el análisis de los dominios de la herramienta se interpreta de forma global la existencia desde un riesgo de sesgo bajo, moderado, grave o crítico. (34)

5. RESULTADOS

5.1. Selección de estudios

La búsqueda bibliográfica se realizó de forma independiente a través de los diferentes metabuscadores y bases de datos identificándose un total de 168 publicaciones en MEDLINE (PubMed) (n=137), CINAHL Complete (n=25) y SciELO Scientific Electronic Library Online (n=7).

Una vez se realizó el cribado, se identificaron 145 artículos de los cuales se eliminaron 107 tras una lectura del abstract y/o título.

Seguidamente se procedió con la lectura del resto de estudios a texto completo resultando un total de 38 estudios, siendo 31 excluidos por no cumplir con los criterios de elegibilidad: no estar relacionado con el tema de búsqueda (n=9), estar publicados en un año anterior al 2010 (n=4), ser un tipo de diseño de estudio no incluido (n=4), no haber sido encontrado el texto completo del estudio (n=1), no haber sido utilizada la ecografía con herramienta (n=9) además de no medir las variables de resultado grosor, longitud muscular o área de sección transversal (n=4).

Finalmente, se obtuvo un total de 7 artículos que fueron incluidos para revisión cualitativa. Tras observar la heterogeneidad de las intervenciones y la existencia de sesgos potenciales se decidió no realizar un estudio metaanalítico de los resultados.

Ver Anexo 2. Proceso de selección de estudios (MOOSE).

5.2. Características de los estudios incluidos

Los 7 estudios eran ensayos clínicos de los cuales 6 eran estudios observacionales transversales (casos y controles) y 1 era un estudio observacional longitudinal



(cohorte prospectiva). Todos los estudios incluidos desarrollan evaluaciones ultrasonográficas de la musculatura abdominal durante algún tipo de actividad o ejercicio de contracción abdominal, alcanzando una muestra total de 301 pacientes (123 hombres, 92 mujeres y 86 sujetos en los que no se especifica el sexo) con una edad media de 24.21 años. Todos los estudios incluyeron evaluaciones ecográficas de la musculatura abdominal. Por ejemplo, en la mayoría de los estudios se evalúa el músculo transverso abdominal (n=6). Entre ellos, algunos incluyeron también una evaluación de la musculatura del oblicuo abdominal interno (n=3), oblicuo abdominal externo (n=2), recto abdominal (n=1) y multífido lumbar (n=1) con el objetivo de evaluar la morfología y función de la musculatura en sujetos que realizaba un ejercicio de contracción abdominal. Además, también se evalúan otras estructuras relacionadas como la LA utilizando, entre otras medidas, la distancia inter-recti (n=1). El único estudio en el que se realizó un seguimiento de los participantes, este se extendió hasta los 3 meses. El resto de estudios fueron transversales por lo que no se llevó a cabo ningún seguimiento. Los 7 estudios incluidos se realizaron en Australia (n=4), Reino Unido (n=1), EE.UU. (n=1) y Sudáfrica (n=1). **Ver Anexo 3. Tabla 2. Tabla de extracción de resultados.**

5.3. Evaluación de la calidad metodológica de ensayos clínicos no aleatorizados (New Castle Ottawa Scale)

El análisis de la calidad metodológica de los ENAS (ensayos clínicos no aleatorizados) reportó un promedio de 7,428 sobre 9. Se evaluaron un total de 7 artículos, obteniendo una evaluación de la calidad metodológica aceptable. Los 7 estudios obtuvieron una calificación de buena calidad metodológica, obteniendo en la NOS unas puntuaciones con un rango de 7 (Mole y cols, 2013; Hides y cols, 2022; Davies y cols, 2016; Martín y cols, 2017) a 8 (Lee y cols, 2016; Gibbons y cols, 2018; Nagar y cols, 2017). En una evaluación detenida por dominios ninguno de los trabajos incluidos obtuvo una puntuación perfecta detectando graves errores en la realización del cegamiento de los evaluadores al no disponer de secuencias de evaluación cegadas (Mole y cols, 2013; Hides y cols, 2022; Davies y cols, 2016; Martín y cols, 2017) y algunas confusiones en la comparabilidad de los grupos asignados en la base del diseño del estudio (Mole y cols, 2013; Hides y cols, 2022;



Davies y cols, 2016; Martín y cols, 2017; Lee y cols, 2016; Gibbons y cols, 2018; Nagar y cols, 2017). **Ver Anexo 4. Tabla 3. Evaluación de la calidad metodológica (Escala NOS).**

5.4. Evaluación de la calidad metodológica de ensayos clínicos no aleatorizados (ROBINS-I)

Se evaluaron 7 artículos obteniendo una evaluación de riesgo de sesgo deficiente; 3 artículos obtuvieron una calificación de riesgo moderado (Lee y cols, 2016; Gibbons y cols, 2018; Nagar y cols, 2017) y los otros 4 de riesgo grave (Mole y cols, 2013, Hides y cols, 2022; Davies y cols, 2016; Martin y cols, 2017). Un riesgo de sesgo crítico en la medida de los resultados apareció en 4 de los artículos (n=4). Los 4 artículos que calificaron como “riesgo de sesgo grave” coinciden en la existencia de un sesgo crítico en la medida de los resultados ya que no se especifica si los datos fueron tomados y analizados por el mismo investigador o esta información no se expone de forma clara. Por otra parte, todos los artículos excepto uno (Mole y cols, 2013) presentan un posible sesgo por datos incompletos, ya que no se hace una mención explícita de la posible pérdida de sujetos a lo largo del estudio o la ausencia de esta, dejando la información a interpretación del lector. **Ver Anexo 5. Tabla 4. Evaluación de riesgo de sesgo. Escala ROBINS-I.**

5.5. Síntesis de resultados

El principal objetivo de esta revisión fue conocer los estudios publicados sobre la mediciones ultrasonográficas de la musculatura abdominal durante la realización de ejercicios de control motor. Además, como objetivos específicos se pretendió analizar las utilidades y aplicaciones que se le ha dado a la US para el estudio de la musculatura abdominal, identificar trabajos que analicen la fiabilidad del uso de la US para comprender y evaluar los cambios en esta musculatura y estudiar cómo esta se ve modificada por determinados ejercicios del control motor abdominal y lumbopélvico.

Existió una calidad metodológica buena y un riesgo de sesgo moderado para un estudio que relaciona el índice de distorsión de la LA y la IrD con la realización de



un ejercicio de contracción abdominal (“curl up”) con y sin preactivación del TrA, en una población de mujeres con diastasis del recto del abdomen (DRA) comparada con un grupo control. Según Lee y cols (2016), el “curl-up” automático en mujeres con DRA disminuyó la IrD a partir de los valores de reposo [diferencia media del punto U entre tareas, -1,19 cm; intervalo de confianza [IC] del 95 %: -1,45, -0,93; $P < 0,001$ y UX- diferencia de punto entre tareas, -0,51 cm; IC del 95 %: -0,69, -0,34; $p < 0,001$]. Sin embargo, la distorsión de la LA aumentó [diferencia media entre tareas del punto U, 0,018; IC del 95 %: 0,0003, 0,041; $p = 0,046$ y diferencia media de puntos UX entre tareas, 0,025; IC del 95 %: 0,004, 0,045; $P = 0,02$]. Aunque el “curl-up” con preactivación del TrA no indujo más estrechamiento o disminución de la IrD que el “curl-up” automático [diferencia media del punto U entre curl-up TrA versus reposo, -0,56 cm; IC del 95 %: -0,82, -0,31; $P < 0,001$ y diferencia media del punto UX entre tareas, 0,02 cm; IC del 95 %: -0,22, 0,19; $P = 0,86$], la distorsión de la LA fue menor [diferencia media del punto U entre tareas, -0,025; IC del 95 %: -0,037, -0,012; $P < 0,001$ y diferencia media de puntos UX entre tareas, -0,021; IC del 95 %: -0,038, -0,005; $P = 0,01$]. La IrD y el índice de distorsión no cambiaron a partir del reposo ni difirieron entre tareas para los controles [$p \geq 0,55$]. (35)

La variable más estudiada entre los artículos revisados fue el grosor del músculo TrA tanto en reposo como en contracción. Existió una calidad metodológica buena (7-8) y un riesgo de sesgo de moderado a grave para los 6 estudios que incluyeron esta variable. Gibbons y cols. (2018) Hides y cols. (2022) Davies y cols (2016), Nagar y cols. (2017) y Martin y cols. (2017) utilizaron la diferencia de grosor o cambio porcentual de grosor del TrA en reposo y en contracción como medida de activación muscular. Gibbons y cols. (2018) estudiaron una muestra de adultos sanos y que practicaban deporte. Concluyeron que la activación abdominal en posición “crook lying” fue mayor sobre el rodillo de espuma que sobre la mesa de Pilates y el Oov[®]. Tanto el Oov[®] como el rodillo de espuma provocaron mayor grosor contralateral del TrA que la mesa de Pilates durante ejercicios a una pierna: “Table Top” (TT) [Oov[®]: 0.62 ± 0.11 ; rodillo: 0.66 ± 0.13] y “Straight Leg Raise” (SLR) [Oov[®]: 0.64 ± 0.11 ; rodillo: 0.67 ± 0.14]. Además, el rodillo de espuma provocó más grosor muscular que el Oov[®] durante SLR. (36)



Hides y cols. (2022) estudiaron una muestra de jugadores de voleibol divididos según su nivel de juego e historial de lesiones. Encontraron diferencias estadísticamente significativas para la contracción voluntaria del músculo TrA entre jugadores de voleibol de élite y amateur, con y sin antecedentes de lesiones [élite no lesión: 0.13 ± 0.19 cm; amateur no lesión: 0.18 ± 0.10 cm; élite lesionados: 0.19 ± 0.15 cm; amateur lesionados: 0.13 ± 0.14 cm.; $p < 0.05$]. Los resultados indicaron que los jugadores de élite con historial de lesiones fueron mejores reclutando el TrA que jugadores sin lesiones previas [lesionados: 0.19 ± 0.15 ; no lesionados: 0.13 ± 0.19 ; $p = 0.00$]. Este efecto pero en sentido contrario se observó en el grupo de jugadores amateur [lesionados: 0.18 ± 0.10 ; no lesionados: 0.13 ± 0.14]. Además de estudiar la activación muscular, los autores estudiaron también el tamaño de los músculos (TrA, Oi, MF L2, MF L3, MF L4, MF L5. CL), para el cual no se encontraron diferencias significativas entre los jugadores de voleibol de élite y amateur con y sin antecedentes de lesiones en ninguno de los músculos medidos [$p > 0.05$]. (37)

Davies y cols (2016) estudiaron el descenso de actividad muscular del TrA con la edad y concluyeron que el grupo de mayor edad fue significativamente más lento que el grupo más joven en activar el TrA en respuesta a la abducción rápida del brazo [grupo de mayor edad: $0,026 \pm 0,030$; grupo de menor edad: $0,006 \pm 0,035$, $p = 0.036$]. También encontraron diferencias significativas entre los participantes masculinos y femeninos [$p = 0.126$]. (38)

Nagar y cols. (2017) midieron la activación del TrA en una muestra de sujetos con DL comparada con un grupo control. Se midió en cuatro condiciones variando la posición entre bipedestación tranquila o durante una actividad de alcance frontal con carga (LFR), incluyendo, o no, la maniobra de retracción abdominal (ADIM) preventiva. Se observó que la inclusión de ADIM produjo mayores aumentos de espesor del TrA en sujetos de DLC [bipedestación tranquila: 6.12 ± 1.94 ; LFR: 6.71 ± 2.36] frente a controles [bipedestación tranquila: 6.33 ± 2.07 ; LFR: 6.77 ± 2.85]. También se observó un efecto principal significativo para el alcance, donde las actividades de LFR produjeron un mayor grosor de TrA [$6,15 \pm 2,48$] en comparación con la bipedestación tranquila [$5,30 \pm 2,12$]. (39)

Martin y cols. (2017) llevaron a cabo un estudio prospectivo en el que observaron una muestra de jugadores de cricket a lo largo de la temporada para establecer relaciones entre el grosor de los músculos abdominales y la incidencia de lesiones.



En cuanto al músculo TrA, concluyeron que el cambio porcentual de grosor durante la activación ADIM en el lado dominante fue menor en los jugadores que sufrieron lesiones sin contacto [37.73 ± 26.23 , $p = 0.34$] en comparación con los que permanecieron libres de lesiones [83.45 ± 44.90 , $p=0.23$] [$p = 0.03$; tamaño del efecto (ES) = 1.17]. (40)

Por otra parte, Mole y cols (2013) estudiaron el cambio de grosor del TrA durante la maniobra de ADIM en decúbito supino en una muestra de corredores dividida en diferentes grupos según la frecuencia con la que experimentaron dolor abdominal transitorio vinculado al ejercicio (ETAP): semanalmente, mensualmente, anualmente y nunca. Según los autores, hubo diferencias significativas entre los grupos para el grosor del TrA en reposo [$p = 0.034$], aquellos que experimentaron dolor semanalmente tuvieron un grosor significativamente menor del TrA [0.32 ± 0.06] que los que experimentaron dolor anualmente [0.46 ± 0.11] [$p = 0.004$]. Sin embargo, para el cambio de grosor del TrA no hubo una diferencia significativa entre grupos [$p = 0.555$]. (41).

Tres de los artículos estudiaron la variable del grosor del músculo Oi tanto en reposo como durante la activación. Existió una calidad metodológica buena y un riesgo de sesgo de moderado a grave para esta variable. Gibbons y cols (2018) observaron en una población de adultos jóvenes y sanos valores más altos para el Oi para TT y SLR en comparación con la posición de “crook lying” en todas las superficies; sin embargo, estos solo fueron significativos para las superficies de la mesa de Pilates [TT: 1.31 ± 0.31 ; SLR: 1.34 ± 0.30] y del rodillo de espuma [TT: 1.49 ± 0.39 ; SLR: 1.52 ± 0.36]. Además, tanto el Oov[®] como el rodillo de espuma provocaron mayor grosor contralateral del Oi que la mesa de Pilates durante ejercicios a una pierna: TT [Oov[®]: 1.45 ± 0.41 ; rodillo: 1.49 ± 0.39] y SLR [Oov[®]: 1.50 ± 0.41 ; rodillo: 1.52 ± 0.36]. (36).

Hides y cols. (2022) estudiaron en una muestra de jugadores de voleibol en la cual no se encontraron diferencias significativas entre jugadores de élite y amateur con y sin antecedentes de lesiones para el tamaño [élite no lesión: 0.90 ± 0.58 ; amateur no lesión: 0.85 ± 0.46 ; élite lesionados: 0.88 ± 0.46 ; amateur lesionados: 0.93 ± 0.43 ; $p > 0,05$] ni función muscular del Oi [élite no lesión: 0.13 ± 0.19 ; amateur no lesión: 0.18 ± 0.10 ; élite lesionados: 0.19 ± 0.15 ; amateur lesionados: 0.13 ± 0.14 ; $p > 0,05$]. (37)



Martin y cols (2017) estudiaron una muestra de jugadores masculinos de cricket y demostraron que el grosor del Oi no dominante en reposo fue especialmente mayor que el del lado dominante para los jugadores que permanecieron libres de lesiones durante la temporada de cricket [11.38 ± 3.02 , $p=0.01$, $ES = 0.65$] a diferencia de los que sufrieron lesiones [12.06 ± 2.96 , $p=0.47$, $ES = 0.24$]. Se encontró una diferencia estadísticamente significativa [$p = 0.04$] en el cambio porcentual de grosor con ADIM entre el músculo Oi dominante [53.89 ± 33.67] y el no dominante [56.77 ± 38.08] en el grupo de lesión sin contacto, aunque el ES fue muy pequeño [$ES = 0.08$]. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en términos de grosor o activación del Oi entre los grupos no lesionados y lesionados (que comprenden lesiones por contacto y sin contacto). Sin embargo, en el grupo lesionado el Oi dominante en reposo fue más grueso en los que sufrieron lesiones por contacto [12.66 ± 2.04] que en los que no sufrieron lesiones [9.56 ± 2.57] [$p = 0.02$, $ES = 1.35$]. (40)

Existió una calidad metodológica buena y un riesgo de sesgo de moderado a grave para la medición del grosor del músculo Oe, tanto en reposo como en contracción. Gibbons y cols. (2018) observaron que en la mesa de Pilates y el Oov[®], el grosor del músculo Oe contralateral fue mayor durante SLR [pilates: 1.35 ± 0.27 ; Oov[®]: 1.21 ± 0.26] y TT [pilates: 1.22 ± 0.27 ; Oov[®]: 1.18 ± 0.26]. Además, en la mesa de Pilates, SLR produjo mayor espesor de Oe [1.35 ± 0.27] que TT [1.22 ± 0.27]. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el grosor del Oe contralateral entre las tareas realizadas en el rodillo de espuma, ni tampoco se observaron diferencias significativas en el grosor del músculo Oe ipsilateral entre las tareas. (36)

Según Martin y cols (2017), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en jugadores masculinos de cricket en términos de grosor o activación del Oe entre los grupos no lesionados y lesionados. Pero, en el grupo lesionado el Oe dominante en reposo fue más grueso en los que sufrieron lesiones por contacto [8.74 ± 3.24] que en los que no sufrieron lesiones [6.32 ± 1.60] [$p=0.03$, $ES=1.00$]. (40)

Por último, también hubo un autor que estudió variables relacionadas con la musculatura lumbar, como fue el grosor de los multifidos lumbares (MF) y el grosor



del cuadrado lumbar (CL). Existió una calidad metodológica buena y un riesgo de sesgo grave en relación a estas variables. Hides y cols (2022) observaron en una muestra de jugadores de voleibol, que no existieron diferencias significativas para el tamaño muscular de los músculos MF [élite no lesionados: L2: 2.34 ± 1.49 , L3: 2.99 ± 2.26 , L4: 6.19 ± 5.07 , L5: 7.31 ± 4.12 ; amateur no lesionados: L2: 1.82 ± 0.81 , L3: 2.66 ± 1.22 , L4: 5.71 ± 2.74 , L5: 7.18 ± 2.23 ; élite lesionados: L2: 2.10 ± 1.21 , L3: 2.94 ± 1.76 , L4: 5.93 ± 3.99 , L5: 8.19 ± 3.24 ; amateur lesionados: L2: 1.87 ± 1.07 , L3: 2.57 ± 1.63 , L4: 5.37 ± 3.65 , L5: 7.47 ± 2.97 ; $p < 0,05$] ni del CL [élite no lesionados: 5.47 ± 3.56 ; amateur no lesionados: 5.40 ± 1.93 ; élite lesionados: 5.47 ± 2.80 ; amateur lesionados: 5.57 ± 2.57 ; $p < 0,05$] entre jugadores de élite y comunitarios con y sin antecedentes de lesiones, ni diferencias entre los lados [$p > .05$]. En cuanto a la función muscular del CL tampoco se encontraron diferencias significativas. Sin embargo, se encontró una diferencia significativa entre los grupos con antecedentes de lesión para la contracción de los MF, tanto los jugadores de voleibol de élite como amateur con antecedentes de lesiones contrajeron más los MF en los niveles L3/4, L4/5 [élite lesionados: 0.12 ± 0.21 ; amateur lesionados: 0.22 ± 0.21] y L5/S1 [élite lesionados: 0.21 ± 0.32 ; amateur lesionados: 0.31 ± 0.31] que los jugadores sin antecedentes de lesiones [$p < 0,05$]. (37)

6. DISCUSIÓN

Consideramos importante la realización de esta revisión por la gran relevancia y el papel fundamental que desempeña la musculatura abdominal en un gran número de patologías y condiciones importantes que afectan a diferentes tipos de poblaciones como por ejemplo aquellas que sufren DLC o DRA. Con esta revisión pretendemos conocer la evidencia existente hasta la fecha acerca de las mediciones ultrasonográficas de la musculatura abdominal, analizar la utilidad y aplicaciones de esta herramienta y observar cómo se comporta tanto en reposo como en determinados gestos corporales.

Una reducción aguda de la IrD durante el “curl-up” aumenta la distorsión de la LA en casos de DRA, que provoca una deformación ondulante de la LA (35). Sin



embargo, autores como Gilleard y Brown (1996) y Pascoal y cols. (2014) sólo han considerado la reducción de la IrD como objetivo único de la rehabilitación para la DRA (42, 43). Además, Nahas (2001) y Oneal y cols (2011) han supuesto en sus estudios que la alineación muscular restaurada del RA restaura la función y mejora la apariencia estética (44, 45). No obstante, en estos estudios no han considerado la distorsión y deformación de la LA.

Además, recientemente se ha sugerido que un tipo de ejercicios de abdominales, los “crunches”, pueden ser más efectivos para el manejo de la DRA que los ejercicios que se enfocan en la activación del abdomen lateral (46, 43). Esto rebate a autores como Brody (2011) o Liaw y cols (2011), los cuales aconsejan a las mujeres con DRA que eviten los “crunches” para evitar un mayor estiramiento de la LA, con la suposición de que la pared abdominal puede debilitarse después del embarazo. (47, 48).

Por lo que, aunque se recomienda el ejercicio que estrecha el IrD en la rehabilitación de la DRA (46, 43), centrarse únicamente en el estrechamiento de IrD puede ser contraproducente, ya que podría producir una deformación de la LA y además, disminuir la tensión mecánica y reducir la actividad de los fibroblastos (49). El punto de vista alternativo es que se pueden lograr resultados estéticos y funcionales más óptimos utilizando estrategias de activación de los músculos abdominales que reducen la distorsión del LA (aumentan la tensión del LA), independientemente del impacto en la IrD (35).

Los jugadores de críquet que presentan asimetrías en la musculatura del tronco son menos propensos a sufrir lesiones durante la temporada (40). Estos resultados contradicen la hipótesis de Engstrom y cols. (2007) de que las asimetrías en la musculatura del tronco predisponen al atleta a un mayor riesgo de lesión, la cual se sostiene en que las asimetrías en la musculatura abdominal y lumbar alteran la transferencia de fuerzas a lo largo de la cadena cinética (50). Por ejemplo, este autor encontró una asociación entre la asimetría del CL y lesiones del raquis lumbar (50). Sin embargo, la evidencia estudiada apunta a que las asimetrías no se relacionan con un mayor riesgo de lesión y que, de forma contraria, pueden tener un papel protector en jugadores de críquet (40). Futuras investigaciones son necesarias para llegar a un consenso.



Los corredores que son asintomáticos del ETAP tienen una mayor fuerza funcional y tamaño de los músculos del tronco que los corredores que experimentan ETAP regularmente. Hay diferencias significativas entre los grupos para el grosor del TrA en reposo. Aquellos que experimentan dolor abdominal de forma semanal tienen menor grosor muscular que aquellos que experimentan dolor anualmente. (41)

Por otro lado, Hides y cols. (2022) demostraron que también había diferencias en la activación de algunos músculos abdominales entre jugadores de voleibol con y sin antecedentes de lesiones. En jugadores de élite se demostró que los que tenían historial de lesiones eran los que mejor reclutaban el TrA, a comparación con los jugadores sin lesiones previas (37). Sin embargo, en jugadores amateur se observó el mismo efecto pero en sentido contrario, es decir, los jugadores que tenían historial de lesiones eran los que peor reclutaban el TrA (37). Esta última afirmación apoya a la teoría de Mole y cols. (2013) de que los corredores que experimentan ETAP más a menudo tienen menor fuerza funcional y tamaño de los músculos del tronco. Sin embargo, para poder hacer afirmaciones sólidas, serían necesarias nuevas investigaciones que estudien esto de forma específica.

En cuanto a sujetos con DLC, se ha observado un mayor aumento en la activación de TrA durante ADIM (es decir, mayor aumento del espesor muscular) en comparación a sujetos sin ningún tipo de lesión (39). Esto contradice a MacDonald y cols. (2009) y MacDonald y cols. (2010), que afirman que existe una disminución de la función muscular del tronco en sujetos con DLC por la influencia del dolor (51, 52). Además, el aumento del cambio de reclutamiento muscular caracterizado en pacientes con DLC puede reflejar una respuesta estabilizadora positiva (53, 39) y ser una adaptación funcional en respuesta a una estabilidad espinal reducida (54). Esto rebate a Mannion y cols. (2001) y Dankaerts y cols. (2006), que afirman que un aumento de la actividad de los músculos del tronco durante varias posturas y movimientos activos en sujetos con DLC es desadaptativo y puede aumentar la incidencia y la intensidad del dolor lumbar (55, 56). Por lo que la evidencia actual demuestra que el dolor no reduce la respuesta de control del TrA en sujetos con DLC (39) y que además, el aumento de la actividad de los músculos del tronco en estos sujetos es una adaptación funcional que ayuda a aumentar la estabilización del tronco (53, 54, 39).



Dado que la principal función del TrA es el de estabilizar la columna lumbar, cualquier retraso en su respuesta de activación ante el movimiento de las extremidades puede aumentar la inestabilidad de la columna y puede ser causante de DL (38). Muchos autores han estudiado la relación existente entre la acción del TrA y el DL. Por ejemplo, se ha observado que existe una respuesta de contracción anticipada de este músculo ante estímulos que alteren el centro de gravedad o pongan a prueba la estabilidad del cuerpo (57). Se ha observado además una alteración de esta respuesta en pacientes con DLC (28). Sin embargo, una revisión sistemática realizada por Wong y cols. (2013) concluyó que una disfunción/reducción del grosor en contracción del TrA no puede predecir los resultados clínicos del DL (58). Además, los mismos autores observaron también en otra revisión sistemática que los cambios en la morfometría y activación del TrA tras un tratamiento conservador no se relacionan con mejoras en la intensidad del dolor en sujetos con DL (59). Por lo tanto, si bien existe consenso en que el rol del TrA como músculo estabilizador de la columna lumbar es significativo, no se puede afirmar con seguridad su papel en la clínica del DL.

Por otra parte, existe una diferencia en relación al tiempo que tarda en activarse el músculo TrA en respuesta a la abducción rápida del brazo relacionada con la edad. Es decir, la contracción del TrA en la abducción del brazo se activa más lentamente en personas de mayor edad (38). Rankin y cols. (2006) sin embargo, confirma que la edad se correlaciona poco con cambios en el grosor muscular (60). Esto lleva a pensar que tampoco tiene por qué haber cambios en el tiempo que tarda en iniciarse la activación muscular relacionados con la edad de manera directa, sin embargo esta variable no es estudiada en este artículo.

Por último, muchos de los estudios evaluados corroboran el uso de la US como una herramienta válida y fiable para la medición de los grosores musculares y de la activación del TrA y Oi (61, 62). Sin embargo, aunque sí está demostrada su utilidad para evaluar el grosor muscular del Oe, aún no hay un consenso sobre su valor en la medición de la activación de este músculo (62, 63).



7. LIMITACIONES E IMPLICACIONES FUTURAS DEL ESTUDIO

7.1 Limitaciones

En cuanto a las limitaciones de los artículos estudiados, hemos observado que en la mayoría de los estudios la muestra es escasa, resultando en un tamaño insuficiente para poder generalizar los resultados o extrapolarlos a otras poblaciones. Además, hemos encontrado una gran heterogeneidad en los resultados de los estudios evaluados que nos impiden establecer conexiones entre ellos. Por otra parte, algunos de los artículos presentaron un riesgo de sesgo crítico en relación a la medida de los resultados, ya que no se especifica si los datos fueron tomados y analizados por el mismo investigador. Por último, la mayoría no hace una mención explícita de la posible pérdida de sujetos a lo largo del estudio o la ausencia de esta, produciendo un riesgo de sesgo por datos incompletos.

7.2 Implicaciones futuras

Por otro lado, en cuanto a las implicaciones futuras, no se ha llegado a un consenso sobre la posible relación entre las lesiones actuales o previas y la influencia que estas tienen sobre la activación, función y tamaño de los músculos del tronco. Este hecho, junto con la gran heterogeneidad de los estudios comparados, demuestra la notoria necesidad de nuevas investigaciones para poder establecer posibles conexiones.

Además, se necesitan nuevas investigaciones para comprobar si los cambios de grosor medidos con ecografía son un indicador válido y fiable de la activación del músculo Oe. También, consideramos importante llevar a cabo más investigación acerca del papel protector o lesivo de las asimetrías musculares en el mundo del deporte ya que no parece existir un consenso en la literatura disponible.

Por otra parte, hay una gran falta de estudios que analicen el uso de la US para monitorizar los cambios musculares durante ejercicios de control motor, tanto abdominal como lumbopélvico, en enfermedades en las que se afecta la musculatura abdominal. Hace falta nuevas investigaciones que analicen los efectos de este tipo de ejercicios en la activación abdominal y cuáles podrían ser sus beneficios e



indicaciones con respecto a la rehabilitación fisioterápica.

También, consideramos que sería interesante que se llevaran a cabo nuevos proyectos que estudien tanto las diferencias en grosor como en activación entre adultos jóvenes y adultos mayores, para llegar a un consenso en relación al efecto del envejecimiento en la morfología y función de la musculatura abdominal.

Por último, a pesar de haberse realizado bastantes estudios que miden y evalúan la musculatura abdominal en pacientes con diferentes patologías (DLC, dolor pélvico, etc), no se encuentran suficientes estudios comparando poblaciones con diferentes niveles de actividad física. Entre ellas, podría ser de interés la realización de estudios que comparen a deportistas sanos con personas sedentarias sanas, ya que puede llegar a proporcionar información útil sobre los cambios en la estructura y función muscular que se pueden atribuir a estos estilos de vida en la población general.

8. CONCLUSIONES

1. Los estudios evaluados no sugieren que exista una relación clara entre el tamaño y función muscular y la existencia de lesiones actuales o previas, lo cual se afirma con una alta calidad metodológica y un riesgo de sesgo grave.
2. La US es utilizada en la literatura principalmente para la medición del tamaño y activación muscular. En la mayoría de estudios se utiliza para realizar el seguimiento de cambios en la musculatura durante ejercicios de control motor e interpretarlos. También se emplea para la medición de longitudes y distancias de estructuras músculo-ligamentosas de la pared abdominal. Esto se afirma con una calidad metodológica buena y un riesgo de sesgo grave
3. La ecografía es una herramienta útil y válida para la medición de la morfología y función de los músculos abdominales TrA, Oi y RA, afirmándose con una calidad metodológica buena y con un riesgo de sesgo grave.
4. El “curl up” y ADIM son ejercicios que consiguen una activación bilateral del TrA, Oi y Oe, siendo este último el más utilizado en los estudios evaluados. Por otra parte, el SLR y TT son ejercicios unilaterales (ejercicios



en los cuales se entrena un lado del cuerpo de forma predominante) que producen activación abdominal de forma asimétrica. Por último, la abducción rápida de hombro lleva implícita la activación del TrA como respuesta automática. Todo ello se afirma con una buena calidad metodológica y un riesgo de sesgo grave.



9. BIBLIOGRAFÍA (Estilo Vancouver)

1. TAHAN, N., ARAB, A. M., ARZANI, P., & RAHIMI, F. (2013). Relationship between ultrasonography and electromyography measurement of abdominal muscles when activated with and without pelvis floor muscles contraction. *Minerva Medica*, 104(6), 625–630. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24316915> PMID: 24316915.
2. SHAHALI S PT, PHD, ARAB AM PT, PHD, EBRAHIMI E PT, PHD, SHAHALI S MD, RAHMANI N PT, PHD, NEGAHBAN H PT, PHD, et al. Ultrasound measurement of abdominal muscles during clinical isometric endurance tests in women with and without low back pain. *Physiother Theory Pract* [Internet]. 2019;35(2):130–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/09593985.2018.1441345>
3. TAHAN N, KHADEMI-KALANTARI K, MOHSENI-BANDPEI MA, MIKAILI S, BAGHBAN AA, JABER ZADEH S. Measurement of superficial and deep abdominal muscle thickness: an ultrasonography study. *J Physiol Anthropol* [Internet]. 2016;35(1):17. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s40101-016-0106-6>
4. KHETERPAL AB, PALMER WE, BREDELLA MA. Musculotendinous disorders of the abdomen and pelvis. *Semin Musculoskelet Radiol* [Internet]. 2017;21(4):403–14. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0037-1604004>
5. TSAO H, GALEA MP, HODGES PW. Reorganization of the motor cortex is associated with postural control deficits in recurrent low back pain. *Brain* [Internet]. 2008;131(Pt 8):2161–71. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1093/brain/awn154>
6. MASSÉ-ALARIE H, FLAMAND VH, MOFFET H, SCHNEIDER C. Corticomotor control of deep abdominal muscles in low back pain and anticipatory postural adjustments. *Exp Brain Res* [Internet]. 2012;218(1):99–109. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-012-3008-9>
7. KATO S, MURAKAMI H, DEMURA S, YOSHIOKA K, SHINMURA K, YOKOGAWA N, et al. Abdominal trunk muscle weakness and its association with low back pain and risk of falling in older women. *BMC Musculoskelet Disord*



- [Internet]. 2019;20(1):273. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12891-019-2655-4>
8. POLAT, M., DEMIRSOY, N., & TOKGÖZ, N. (2022). Association between abdominal muscle activity and lumbar muscle morphology, and their role in the functional assessment of patients with low back pain: A cross-sectional study. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 22(3), 375–384. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/36046994> PMID: 36046994 PMCID: PMC9438515.
 9. EHSANI F, SAHEBI N, SHANBEHZADEH S, ARAB AM, SHAHALI S. Stabilization exercise affects function of transverse abdominis and pelvic floor muscles in women with postpartum lumbo-pelvic pain: a double-blinded randomized clinical trial study. *Int Urogynecol J* [Internet]. 2020;31(1):197–204. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00192-019-03877-1>
 10. DAVID P, TERRIEN J, PETITJEAN M. Postural- and respiratory-related activities of abdominal muscles during post-exercise hyperventilation. *Gait Posture* [Internet]. 2015;41(4):899–904. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.03.012>
 11. BELAIR JA, HEGAZI TM, ROEDL JB, ZOGA AC, OMAR IM. Core injuries remote from the pubic symphysis. *Radiol Clin North Am* [Internet]. 2016;54(5):893–911. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rcl.2016.04.009>
 12. CONNELL DA, JHAMB A, JAMES T. Side strain: a tear of internal oblique musculature. *AJR Am J Roentgenol* [Internet]. 2003;181(6):1511–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2214/ajr.181.6.1811511>
 13. GYFTOPOULOS S, ROSENBERG ZS, SCHWEITZER ME, BORDALO-RODRIGUES M. Normal anatomy and strains of the deep musculotendinous junction of the proximal rectus femoris: MRI features. *AJR Am J Roentgenol* [Internet]. 2008;190(3):W182-6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2214/AJR.07.2947>
 14. ARNAIZ J, PIEDRA T, DE LUCAS EM, ARNAIZ AM, PELAZ M, GÓMEZ-DERMIT V, et al. Imaging findings of lower limb apophysitis. *AJR Am J*



- Roentgenol [Internet]. 2011;196(3):W316-25. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2214/AJR.10.5308>
15. OVEJERO GÓMEZ VJ, BERMÚDEZ GARCÍA MV, MORALES GARCÍA DJ, PÉREZ MARTÍN Á. Conceptos actuales en el diagnóstico y tratamiento de la hernia inguinal del adulto. Med gen fam [Internet]. 2022;11(3):131–4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.24038/mgyf.2022.029>
 16. BURCHARTH J, PEDERSEN M, BISGAARD T, PEDERSEN C, ROSENBERG J. Nationwide prevalence of groin hernia repair. PLoS One [Internet]. 2013;8(1):e54367. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0054367>
 17. CAVALLI M, AIOLFI A, BRUNI PG, MANFREDINI L, LOMBARDO F, BONFANTI MT, et al. Prevalence and risk factors for diastasis recti abdominis: a review and proposal of a new anatomical variation. Hernia [Internet]. 2021;25(4):883–90. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s10029-021-02468-8>
 18. MAJKEN LYHNE JESSEN, STINA ÖBERG, JACOB ROSENBERG. Treatment Options for Abdominal Rectus Diastasis [Internet]. Vol. 6. Front Surg; 2019. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsurg.2019.00065/full>
 19. KAUFMANN RL, REINER CS, DIETZ UA, CLAVIEN PA, VONLANTHEN R, KÄSER SA. Normal width of the linea alba, prevalence, and risk factors for diastasis recti abdominis in adults, a cross-sectional study. Hernia [Internet]. 2022;26(2):609–18. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s10029-021-02493-7>
 20. SCHABRUN SM, ELGUETA-CANCINO EL, HODGES PW. Smudging of the motor cortex is related to the severity of low back pain. Spine (Phila Pa 1976) [Internet]. 2017;42(15):1172–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/BRS.0000000000000938>
 21. MEDRANO-ESCALADA Y, PLAZA-MANZANO G, FERNÁNDEZ-DE-LAS-PEÑAS C, VALERA-CALERO JA. Structural, functional and neurochemical cortical brain changes associated with low back pain. Tomography [Internet]. 2022;8(5):2153–63. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/tomography8050180>



22. SHRAIM MA, MASSÉ-ALARIE H, SALOMONI SE, HODGES PW. Can training of a skilled pelvic movement change corticomotor control of back muscles? Comparison of single and paired-pulse transcranial magnetic stimulation. *Eur J Neurosci* [Internet]. 2022;56(1):3705–19. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/ejn.15683>
23. MEIER ML, VRANA A, SCHWEINHARDT P. Low back pain: The potential contribution of supraspinal motor control and proprioception. *Neuroscientist* [Internet]. 2019;25(6):583–96. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1177/1073858418809074>
24. FERREIRA PH, FERREIRA ML, HODGES PW. Changes in recruitment of the abdominal muscles in people with low back pain: Ultrasound measurement of muscle activity. *Spine (Phila Pa 1976)* [Internet]. 2004;29(22):2560–6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/01.brs.0000144410.89182.f9>
25. CASTELLANO-TEJEDOR C, COSTA REQUENA G, LUSILLA PALACIOS P, BARNOLA SERRA E. Calidad de vida en pacientes con dolor lumbar crónico. *Apunt. Psic.* [Internet]. 14 de julio de 2015 [citado 19 de noviembre de 2022];32(1):77-84. Disponible en: <https://www.apuntesdepsicologia.es/index.php/revista/article/view/490>
26. MISURI G, COLAGRANDE S, GORINI M, IANDELLI I, MANCINI M, DURANTI R, et al. In vivo ultrasound assessment of respiratory function of abdominal muscles in normal subjects. *Eur Respir J* [Internet]. 1997;10(12):2861–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.97.10122861>
27. TEYHEN DS, GILL NW, WHITTAKER JL, HENRY SM, HIDES JA, HODGES P. Rehabilitative ultrasound imaging of the abdominal muscles. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. 2007;37(8):450–66. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2007.2558>
28. HODGES PW, RICHARDSON CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain: A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine (Phila Pa 1976)* [Internet]. 1996;21(22):2640–50. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/00007632-199611150-00014>



29. JUNG S-H, HWANG U-J, AHN S-H, KIM H-A, KIM J-H, KWON O-Y. Lumbopelvic motor control function between patients with low back pain and healthy controls: a useful distinguishing tool: The STROBE study. *Medicine (Baltimore)* [Internet]. 2020;99(15):e19621. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/md.00000000000019621>
30. DA CUÑA-CARRERA I, ALONSO-CALVETE A, SOTO-GONZÁLEZ M, LANTARÓN-CAEIRO EM. How do the abdominal muscles change during hypopressive exercise? *Medicina (Kaunas)* [Internet]. 2021;57(7):702. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/medicina57070702>
31. ZHENG Y, KE S, LIN C, LI X, LIU C, WU Y, et al. Effect of core stability training monitored by rehabilitative ultrasound image and surface electromyogram in local core muscles of healthy people. *Pain Res Manag* [Internet]. 2019;2019:9130959. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1155/2019/9130959>
32. STROUP DF, BERLIN JA, MORTON SC, OLKIN I, WILLIAMSON GD, RENNIE D, MOHER D, BECKER BJ, SIPE TA, THACKER SB. Meta-analysis of observational studies in epidemiology: a proposal for reporting. Meta-analysis Of Observational Studies in Epidemiology (MOOSE) group. *JAMA*. 2000 Apr 19;283(15):2008-12. Disponible en: doi: 10.1001/jama.283.15.2008. PMID: 10789670
33. WELLS G, WELLS G, SHEA B, SHEA B, O'CONNELL D, PETERSON J, et al. The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for Assessing the Quality of Nonrandomised Studies in Meta-Analyses. *undefined* [Internet]. 2014 [citado 23 marzo 2022]; Disponible en: [https://www.semanticscholar.org/paper/The-Newcastle-Ottawa-Scale-\(NOS\)-for-Assessing-the-Wells-Wells/c293fb316b6176154c3fdbb8340a107d9c8c82bf](https://www.semanticscholar.org/paper/The-Newcastle-Ottawa-Scale-(NOS)-for-Assessing-the-Wells-Wells/c293fb316b6176154c3fdbb8340a107d9c8c82bf)
34. BERO L, CHARTRES N, DIONG J, FABBRI A, GHERSI D, LAM J, LAU A, MCDONALD S, MINTZES B, SUTTON P, TURTON JL, WOODRUFF TJ. The risk of bias in observational studies of exposures (ROBINS-E) tool: concerns arising from application to observational studies of exposures. *Syst Rev*. 2018 Dec 21;7(1):242.



Disponible en: doi: 10.1186/s13643-018-0915-2. PMID: 30577874; PMCID: PMC6302384.

35. LEE D, HODGES PW. Behavior of the Linea Alba during a curl-up task in diastasis rectus abdominis: An observational study. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. 2016;46(7):580–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2016.6536>
36. GIBBONS TJ, BIRD M-L. Exercising on different unstable surfaces increases core abdominal muscle thickness: An observational study using real-time ultrasound. *J Sport Rehabil* [Internet]. 2019;28(8):803–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1123/jsr.2017-0385>
37. HIDES JA, LEUNG FT, WATSON K, TROJMAN A, GRANTHAM B, MENDIS MD. Trunk muscle size and function in volleyball players with and without injuries to the head, neck and upper limb. *Phys Ther Sport* [Internet]. 2022;54:1–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2021.12.003>
38. DAVIES P, GRACE FM, LEWIS MP, SCULTHORPE N. Observation of age-related decline in the performance of the transverse abdominis muscle. *PM R* [Internet]. 2016;8(1):45–50. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmrj.2015.05.023>
39. NAGAR VR, HOOPER TL, DEDRICK GS, BRISMÉE J-M, MCGALLIARD MK, SIZER PS. The effect of current low back pain on volitional preemptive abdominal activation during a loaded forward reach activity. *PM R* [Internet]. 2017;9(2):127–35. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmrj.2016.05.019>
40. MARTIN C, OLIVIER B, BENJAMIN N. Asymmetrical abdominal muscle morphometry is present in injury free adolescent cricket pace bowlers: A prospective observational study. *Phys Ther Sport* [Internet]. 2017;28:34–42. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2017.08.078>
41. MOLE JL, BIRD M-L, FELL JW. The effect of transversus abdominis activation on exercise-related transient abdominal pain. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2014;17(3):261–5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2013.05.018>



42. GILLEARD WL, BROWN JM. Structure and function of the abdominal muscles in primigravid subjects during pregnancy and the immediate postbirth period. *Phys Ther* [Internet]. 1996;76(7):750–62. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1093/ptj/76.7.750>
43. PASCOAL AG, DIONISIO S, CORDEIRO F, MOTA P. Inter-rectus distance in postpartum women can be reduced by isometric contraction of the abdominal muscles: a preliminary case-control study. *Physiotherapy* [Internet]. 2014;100(4):344–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physio.2013.11.006>
44. NAHAS FX. An aesthetic classification of the abdomen based on the myoaponeurotic layer. *Plast Reconstr Surg* [Internet]. 2001;108(6):1787–95; discussion 1796-7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/00006534-200111000-00057>
45. ONEAL RM, MULKA JP, SHAPIRO P, HING D, CAVALIERE C. Wide abdominal rectus plication abdominoplasty for the treatment of chronic intractable low back pain. *Plast Reconstr Surg* [Internet]. 2011;127(1):225–31. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/PRS.0b013e3181fad2f7>
46. MOTA P, PASCOAL AG, CARITA AI, BØ K. The immediate effects on inter-rectus distance of abdominal crunch and drawing-in exercises during pregnancy and the postpartum period. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. 2015;45(10):781–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2015.5459>
47. BRODY LT, HALL CM. *Therapeutic exercise: Moving toward function*. 3a ed. Filadelfia, PA, Estados Unidos de América: Lippincott Williams and Wilkins; 2010.
48. LIAW L-J, HSU M-J, LIAO C-F, LIU M-F, HSU A-T. The relationships between inter-recti distance measured by ultrasound imaging and abdominal muscle function in postpartum women: a 6-month follow-up study. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. 2011;41(6):435–43. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2011.3507>
49. CULBERTSON EJ, XING L, WEN Y, FRANZ MG. Loss of mechanical strain impairs abdominal wall fibroblast proliferation, orientation, and collagen contraction function. *Surgery* [Internet]. 2011;150(3):410–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.surg.2011.06.011>



50. ENGSTROM CM, WALKER DG, KIPPERS V, MEHNERT AJH. Quadratus lumborum asymmetry and L4 pars injury in fast bowlers: a prospective MR study: A prospective MR study. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2007;39(6):910–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1249/mss.0b013e3180408e25>
51. MACDONALD D, MOSELEY LG, HODGES PW. Why do some patients keep hurting their back? Evidence of ongoing back muscle dysfunction during remission from recurrent back pain. *Pain* [Internet]. 2009;142(3):183–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pain.2008.12.002>
52. MACDONALD D, MOSELEY GL, HODGES PW. People with recurrent low back pain respond differently to trunk loading despite remission from symptoms. *Spine (Phila Pa 1976)* [Internet]. 2010;35(7):818–24. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/brs.0b013e3181bc98f1>
53. VLEEMING A, SCHUENKE MD, DANNEELS L, WILLARD FH. The functional coupling of the deep abdominal and paraspinal muscles: the effects of simulated paraspinal muscle contraction on force transfer to the middle and posterior layer of the thoracolumbar fascia. *J Anat* [Internet]. 2014;225(4):447–62. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/joa.12227>
54. VAN DIEËN JH, CHOLEWICKI J, RADEBOLD A. Trunk muscle recruitment patterns in patients with low back pain enhance the stability of the lumbar spine. *Spine (Phila Pa 1976)* [Internet]. 2003;28(8):834–41. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/01.brs.0000058939.51147.55>
55. MANNION, A. F., JUNGE, A., TAIMELA, S., MÜNTENER, M., LORENZO, K., & DVORAK, J. (2001). Active therapy for chronic low back pain. *Spine*, 26(8), 920–929. Disponible en: [10.1097/00007632-200104150-00015](http://dx.doi.org/10.1097/00007632-200104150-00015)
56. DANKAERTS W, O’SULLIVAN P, BURNETT A, STRAKER L. Altered patterns of superficial trunk muscle activation during sitting in nonspecific chronic low back pain patients: importance of subclassification: Importance of subclassification. *Spine (Phila Pa 1976)* [Internet]. 2006;31(17):2017–23. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/01.brs.0000228728.11076.82>



57. ALLISON GT, MORRIS SL, LAY B. Feedforward responses of transversus abdominis are directionally specific and act asymmetrically: implications for core stability theories. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. 2008;38(5):228–37. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2008.2703>
58. WONG AYL, PARENT EC, FUNABASHI M, STANTON TR, KAWCHUK GN. Do various baseline characteristics of transversus abdominis and lumbar multifidus predict clinical outcomes in nonspecific low back pain? A systematic review. *Pain* [Internet]. 2013;154(12):2589–602. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pain.2013.07.010>
59. WONG AYL, PARENT EC, FUNABASHI M, KAWCHUK GN. Do changes in transversus abdominis and lumbar multifidus during conservative treatment explain changes in clinical outcomes related to nonspecific low back pain? A systematic review. *J Pain* [Internet]. 2014;15(4):377.e1-35. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpain.2013.10.008>
60. RANKIN G, STOKES M, NEWHAM DJ. Abdominal muscle size and symmetry in normal subjects. *Muscle Nerve* [Internet]. 2006;34(3):320–6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/mus.20589>
61. MCMEEKEN JM, BEITH ID, NEWHAM DJ, MILLIGAN P, CRITCHLEY DJ. The relationship between EMG and change in thickness of transversus abdominis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* [Internet]. 2004;19(4):337–42. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2004.01.007>
62. HODGES PW, PENGEL LHM, HERBERT RD, GANDEVIA SC. Measurement of muscle contraction with ultrasound imaging. *Muscle Nerve* [Internet]. 2003;27(6):682–92. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/mus.10375>
63. JOHN EK, BEITH ID. Can activity within the external abdominal oblique be measured using real-time ultrasound imaging? *Clin Biomech (Bristol, Avon)* [Internet]. 2007;22(9):972–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.07>



Anexo 1. Tabla 1: Estrategias de búsqueda.

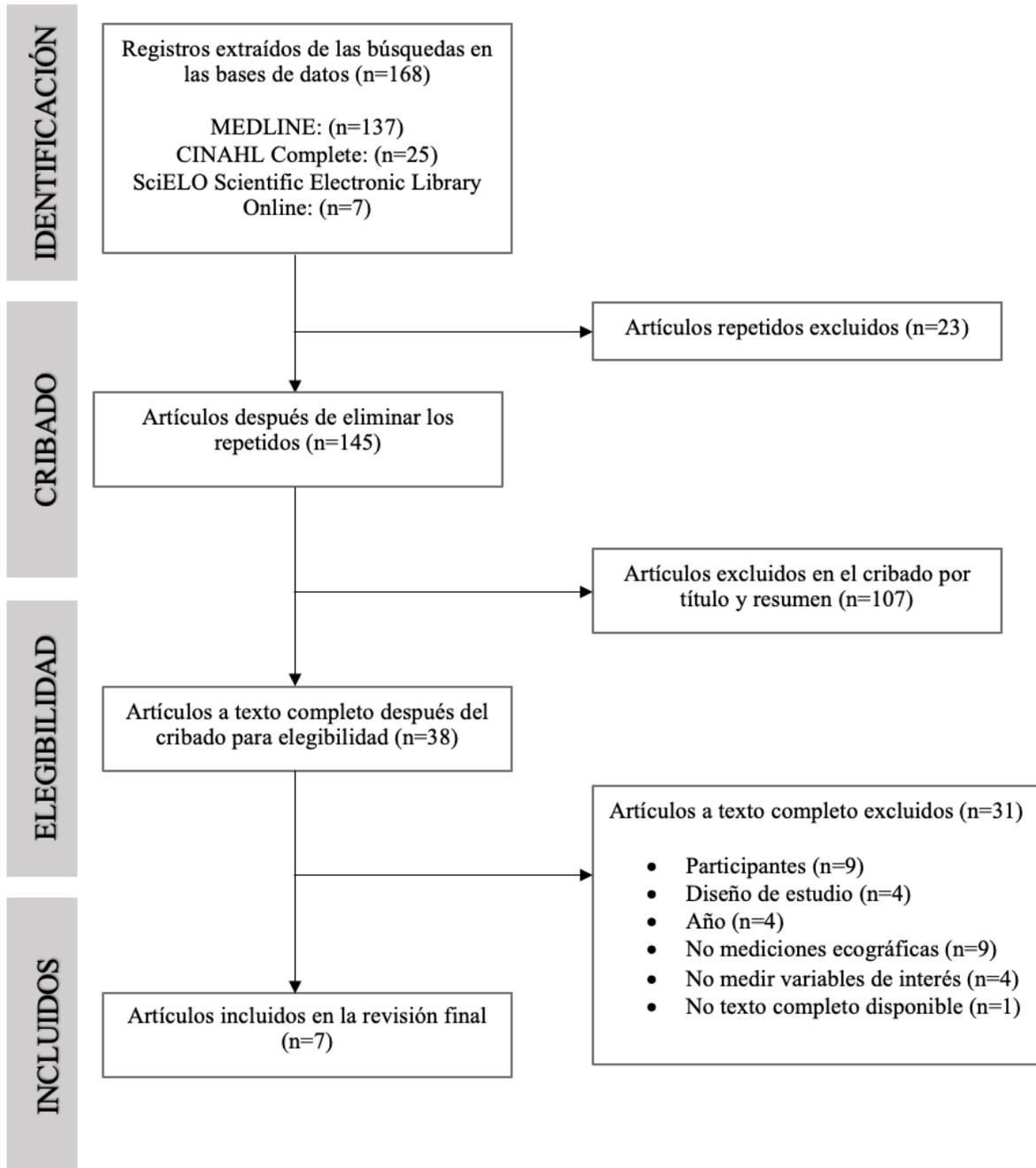
N° de Búsqueda	Fecha de Búsqueda	Base de Datos	Términos de Búsqueda	Ecuación de Búsqueda
1	04/02/2023	MEDLINE (PubMed)	MeSH: “ultrasound” Libres: “transversus abdominis”, “muscle size”	“ultrasound” AND “transversus abdominis” AND “muscle size”
2	06/02/2023	MEDLINE (PubMed)	MeSH: “ultrasound imaging”, “muscle contraction”, “abdominal muscles” Libres: -	“ultrasound imaging” AND “muscle contraction” AND “abdominal muscles”
3	07/02/2023	MEDLINE (PubMed)	MeSH: “ultrasound imaging”, “exercise” Libres: “transversus abdominis”	“ultrasound imaging” AND “exercise” AND “transversus abdominis”
4	09/02/2023	CINAHL	MeSH: “abdominal muscles”, “muscle contraction” Libres: -	“abdominal muscles” AND “muscle contraction”



5	12/02/2023	CINAHL	MeSH: “ultrasonography”, “rehabilitation” Libres: “transversus abdominis”	“ultrasonography” AND “transversus abdominis” AND “rehabilitation”
6	14/02/2023	SciELO	MeSH: “Abdominal muscles” Libres: “assessment”	“abdominal muscles” AND “assessment”
7	15/02/2023	MEDLINE (PubMed)	MeSH: “exercise” Libres: “abdominal motor control”, “lumbopelvic motor control”	“exercise” AND “abdominal motor control” OR “lumbopelvic motor control”
8	16/02/2023	MEDLINE (PubMed)	MeSH: “ultrasound” Libres: “abdominal hollowing”, “abdominal bracing”	“ultrasound” AND “abdominal hollowing” OR “abdominal bracing”



Anexo 2. Proceso de selección de estudios (MOOSE).





Anexo 3. Tabla 2. Tabla de extracción de resultados.

Autor, Año	Participantes	Variables que se midieron	Exposición	Resultados	Conclusiones	Puntuación (NOS)
Lee y col. (2016)	<p>n= 43 (37 mujeres; 6 hombres)</p> <p>Se dividieron en 2 grupos. Un grupo de 26 mujeres con diastasis de los rectos abdominales (DRA) (1 nulípara, 25 que habían dado a luz) y un grupo control de 17 voluntarios sin DRA (11 mujeres nulíparas, 6 hombres)</p> <p><i>Criterios de exclusión:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Embarazo actual. - Alguna condición respiratoria o neurológica mayor. 	<p>El índice de distorsión de la línea alba (LA) y la distancia inter-recti (IRD) durante “curl-ups” realizados de forma normal y con preactivación del transverso del abdomen (TrA) medidos con ecografía.</p>	<p>Se tomaron vídeos en “brightness mode” (B-mode) usando el ecógrafo “MyLab 25 (Esaote SpA, Genoa, Italy)” y una sonda linear de 12-MHz.</p> <p>La sonda se colocó transversalmente a través del abdomen, con su centro alineado con la línea media y la porción medial de los músculos recto abdominal (RA) izquierdo y derecho visibles en 2 puntos que se estandarizaron para controlar las diferencias entre sujetos en la dimensión de la pared abdominal. Estos 2 puntos estaban justo encima del ombligo (punto U) ya medio camino entre el punto U y el xifoides (punto UX).</p> <p>Las imágenes ultrasonográficas fueron</p>	<p>El “curl-up” automático en mujeres con DRA disminuyó la IRD a partir de los valores de reposo (diferencia media del punto U entre tareas, -1,19 cm; intervalo de confianza [IC] del 95 %: -1,45, -0,93; P < 0,001 y UX-diferencia de puntos entre tareas, -0,51 cm; IC del 95 %: -0,69, -0,34; p < 0,001).</p> <p>Sin embargo, la distorsión de la LA aumentó (diferencia media entre tareas del punto U, 0,018; IC del 95 %: 0,0003, 0,041; P = 0,046 y diferencia media de puntos UX entre tareas, 0,025; IC</p>	<p>La disminución de la IRD durante el “curl-up” en DRA distorsiona la LA.</p> <p>El índice de distorsión requiere una mayor validación, pero los hallazgos implican que una disminución de la IRD con preactivación de TrA podría mejorar la transferencia de fuerza entre los</p>	8



			<p>tomadas en reposo, durante la preactivación del TrA en supino y durante el “cur-up” con preactivación del TrA.</p> <p>El ultrasonido se usó también para dar feedback a la contracción del TrA.</p>	<p>del 95%: 0,004, 0,045; P = 0,02).</p> <p>Aunque el “curl-up” con preactivación del TrA no indujo estrechamiento o disminución de la IRD que el “curl-up” automático (diferencia media del punto U entre curl-up TrA versus reposo, -0,56 cm; IC del 95 %: -0,82, -0,31; P < 0,001 y diferencia media del punto UX entre tareas, 0,02 cm; IC del 95 %: -0,22, 0,19; P = 0,86). La distorsión de la LA fue menor (diferencia media del punto U entre tareas, -0,025; IC del 95 %: -0,037, -0,012; P < 0,001 y diferencia media de puntos UX entre tareas, -0,021; IC del 95 %: -0,038, -0,005; P = 0,01).</p>	<p>lados del abdomen.</p>	
--	--	--	--	--	---------------------------	--



				La distancia entre rectos y el índice de distorsión no cambiaron desde el reposo ni difirieron entre tareas para los controles ($P \geq .55$).		
Gibbons y col (2018)	<p>n= 30 (15 mujeres; 15 hombres)</p> <p>Se dividen aleatoriamente en 3 grupos, según la superficie en la que se realizaron los ejercicios: Grupo 1 (mesa de pilates), grupo 2 (Oov) y grupo 3 (rodillo de espuma).</p> <p><i>Criterios de inclusión:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Haber participado en al menos 150 minutos de ejercicio de intensidad moderada o 75 minutos de ejercicio de intensidad vigorosa durante la última semana 	<p>Se mide el grosor del TrA, oblicuo interno (OI) y oblicuo externo (OE) durante tres ejercicios isométricos graduados (“crook lying”, “Table Top” y SLR) comparando el grosor del músculo entre las condiciones con ecografía.</p> <p>También se examinó la estabilidad y la comodidad percibidas para las diferentes superficies utilizando una escala visual analógica</p>	<p>Las imágenes ultrasonográficas del TrA, OI y OE se obtuvieron con una máquina de ultrasonido portátil (General Electric LOGIQ Healthcare Technologies, LOGIQ e R6, Rydalmere, NSW), utilizando una sonda de matriz lineal de 4,2–13,0 MHz en la pared abdominal lateral.</p> <p>La sonda se colocó 2,5 cm por delante de la línea axilar media, en el punto medio entre la cresta ilíaca y el margen costal. Todas las imágenes de ultrasonido se capturaron al final de la espiración, y se obtuvieron un total de tres imágenes separadas durante el desempeño de cada tarea.</p> <p>Las imágenes se tomaron en cada</p>	<p>La activación abdominal fue mayor en el rodillo de espuma que en la mesa de Pilates y Oov durante la posición de “crook lying” (decúbito supino con los pies apoyados y rodillas y caderas flexionadas).</p> <p>Tanto el Oov como el rodillo de espuma provocaron un mayor grosor contralateral de TrA e OI que la mesa de Pilates durante “Table Top” y SLR.</p> <p>Solo para TrA, el rodillo de espuma provocó más grosor</p>	<p>Este estudio respalda las opciones en la progresión del ejercicio desde superficies planas estables a superficies más inestables, y desde aquellos con soporte de pie bilateral a soporte de pie unilateral.</p> <p>El Oov fue más cómodo que el rodillo de espuma y esto puede</p>	8



	<ul style="list-style-type: none"> - Ser capaz de mantener la elevación de la pierna recta (SLR) durante 5 segundos tanto en un rodillo de espuma como en un Oov. - Tener entre 18 y 29 años de edad. <p><i>Criterios de exclusión:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tener antecedentes recientes de dolor lumbar. - Sufrir lesiones musculoesqueléticas actuales. - Estar embarazada. - Padecer alguna enfermedad neuromuscular. - Tener un diagnóstico médico de cifosis o escoliosis. 	<p>de 100 mm.</p>	<p>posición tan pronto como el participante estuvo estable en cada superficie.</p> <p>Se recolectaron mediciones individuales de TrA, OI y OE en la sección más gruesa de cada músculo.</p> <p>Se realizaron dos intentos de cada ejercicio en cada superficie. Durante cada prueba, se recogieron mediciones de ultrasonido de las paredes abdominales ipsilateral y contralateral a la pierna dominante.</p>	<p>muscular que el Oov durante SLR.</p> <p>El Oov fue calificado como más cómodo que el rodillo de espuma.</p>	<p>ayudar con la adherencia al ejercicio.</p>	
--	---	-------------------	--	--	---	--



<p>Mole y col (2013)</p>	<p>n= 50 (22 mujeres; 28 hombres) (66 en un principio)</p> <p>Se establecieron cuatro grupos en base a su calificación de frecuencia de dolor abdominal transitorio relacionado con el ejercicio (ETAP); semanal (grupo 1), mensual (grupo 2), anual (grupo 3) o nunca (grupo 4).</p> <p><i>Criterios de inclusión:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Entre los 18 y 40 años. - Que corran durante 20 minutos o más al menos dos veces por semana. <p><i>Criterios de exclusión:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Lesión grave actual. - Enfermedades que resulten en fatiga anormal o debilidad muscular. - Que no pudiesen realizar 	<p>Fuerza muscular del tronco con el test funcional de Sahrman.</p> <p>Los cambios en el grosor del TrA con ultrasonido.</p> <p>Medidas antropométricas de altura y peso para el cálculo del índice de masa corporal (IMC).</p> <p>Cuestionario sobre la frecuencia de los síntomas del dolor abdominal transitorio relacionado con el ejercicio.</p>	<p>Se usó un ultrasonido GE LOGIQ BOOK, Jiangsu, China.</p> <p>El participante se colocó en decúbito supino con los brazos al lado del cuerpo.</p> <p>El transductor lineal se orientó transversalmente 3 cm medial a una línea a mitad de camino entre el cartílago costal 11 y la cresta iliaca.</p> <p>Se hicieron dos mediciones seguidas, primero en estado de reposo y luego durante la contracción del TrA mediante la maniobra de retracción abdominal (ADIM). Ambas fueron tomadas al final de la inspiración normal.</p> <p>Se hizo este procedimiento en ambos lados del cuerpo.</p>	<p>La puntuación de la prueba de Sahrman y la frecuencia del dolor abdominal transitorio relacionado con el ejercicio fueron significativamente diferentes entre los grupos (p = 0,002)</p> <p>Los corredores asintomáticos tuvieron puntuaciones significativamente más altas en la prueba de Sahrman que los grupos de dolor abdominal transitorio relacionado con el ejercicio semanal y anual (p = 0,001, p = 0,02).</p> <p>Hubo diferencias significativas entre los grupos para el grosor del TrA en reposo (p = 0,034), pero no para el cambio de grosor</p>	<p>Esta investigación ha demostrado que los corredores que son asintomáticos de ETAP tienen una mayor fuerza funcional y tamaño muscular de los músculos del tronco que los corredores que experimentan ETAP regularmente.</p>	<p>7</p>
---------------------------------	---	---	---	---	--	----------



	<p>las posiciones correctas de las piernas en el test de Sahrman.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Embarazadas actuales o en los últimos dos años. 			del TrA ($p = 0,555$).		
Nagar y col (2017)	<p>n= 35 (12 mujeres; 23 hombres)</p> <p>Se dividieron en dos grupos: 18 sujetos normales y 17 sujetos con dolor lumbar.</p> <p><i>Criterios de inclusión:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Entre 24 y 42 años. - Dolor suficiente para deteriorar una actividad diaria. - Escala visual analógica : inferior a 7/10 y superior a 2/10. <p><i>Criterios de exclusión:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Patología abdominal, 	<p>Se midió la activación muscular del TrA mediante ultrasonido en cuatro condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Condición 1: Sin maniobra de ADIM durante la bipedestación tranquila (No-ADIM, QS) - Condición 2: Con ADIM durante la bipedestación tranquila (Sí-ADIM, QS) - Condición 3: 	<p>Para tomar las imágenes de ultrasonido musculoesquelético (MUSI) se usó un instrumento Mylab 25 (Biosound Esaote) con una sonda curvilínea de 3.5-5 MHz (CA621).</p> <p>Se utilizó un gel de transducción hipoalergénico a base de agua entre la cabeza de la sonda y la piel. La sonda se colocó en el lado derecho del tronco y se orientó en el plano transverso para producir una imagen transversal de TrA.</p> <p>Para la recopilación de datos, se obtuvo una imagen de 10 segundos en la línea axilar media anterior para cada una de</p>	<p>Se observó una interacción significativa de grupo x contracción, donde ADIM produjo mayores aumentos de espesor de TrA en sujetos con dolor lumbar crónico (DLC) (2,18 mm) frente a controles (1,36 mm).</p> <p>Observamos un efecto principal significativo para el alcance, donde LFR produjo un mayor grosor de TrA (6,15 + 2,48 mm) en comparación con la bipedestación tranquila (5,30 + 2,12 mm).</p>	<p>Los sujetos con DLC demostraron un mayor aumento en la activación de TrA durante ADIM en comparación con los controles</p> <p>Estos hallazgos apoyan el uso del ADIM por parte de aquellos con y sin DLC durante las actividades de alcance de las extremidades</p>	8



	<p>respiratoria o gastrointestinal.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Embarazo. - Escoliosis, espina bífida, tumores o fracturas. - Trastornos reumatológicos, enfermedad neurológica o articular que afecta al tronco. - Infección actual del tracto urinario - IMC > 30 - Cirugía de la columna vertebral previa - Dolor actual del miembro inferior que precisara atención sanitario 	<p>Sin ADIM durante la actividad de avance frontal con carga (LFR) (No-ADIM, LFR)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Condición 4: Con ADIM durante la actividad de FLR (Sí-ADIM, LFR) 	<p>las 4 condiciones ya descritas. Cada imagen se empezó a tomar al final de la exhalación y se tomaron 5 imágenes en cada intento.</p>		<p>superiores que desplazan el cuarto superior fuera de su base de apoyo.</p>	
<p>Hides y col (2022)</p>	<p>n= 86 jugadores de voleibol</p> <p><u>No distinción por sexo</u></p> <p>Se dividieron por dos criterios.</p>	<p>La edad, el dominio de la mano y los antecedentes de lesiones en la cabeza, el cuello o las</p>	<p>Para las imágenes por ultrasonido se utilizó un aparato LOGIQe con un transductor curvilíneo de 5 MHz (GE Healthcare, Wuxi, China).</p>	<p>Para el tamaño de los músculos del tronco, no se encontraron diferencias significativas entre los</p>	<p>Diferencia en la contracción de los músculos del tronco.</p>	<p>7</p>



	<p>Según su nivel de juego (29 de élite y 57 de la comunidad) y según el historial de lesiones (49 sin lesiones previas y 37 con lesiones previas).</p> <p><i>Criterio de inclusión:</i> Jugadores de voleibol que participaron en un campamento de entrenamiento de tres días realizado por Volleyball Queensland y Queensland Academy of Sport (QAS) o que eran jugadores de voleibol de élite que entrenaban en QAS.</p> <p><i>No se especificaron criterios de exclusión.</i></p>	<p>extremidades superiores se recopilaron mediante cuestionarios de autoinforme.</p> <p>La altura de pie se midió con un estadiómetro y el peso se midió con una balanza.</p> <p>El tamaño de los músculos del tronco (multífido, TrA, OI y cuadrado lumbar) y la contracción voluntaria (multífido, TrA, OI) se evaluaron mediante imágenes de ultrasonido.</p>	<p>Para evaluar el tamaño de los músculos multífidos y cuadrado lumbar, los participantes se colocaron en decúbito prono. Se colocó una almohada debajo del abdomen para minimizar la lordosis lumbar y se marcaron las apófisis espinosas lumbares. El transductor se colocó transversalmente sobre el proceso espinoso relevante y se midió con los músculos paraespinales relajados. Se tomaron imágenes de los músculos multífidos lumbares bilateralmente en una sección transversal desde los niveles vertebrales L2 a L5. Se tomaron imágenes de los músculos cuadrado lumbar en una sección transversal bilateralmente en línea con el espacio intervertebral L3-4.</p> <p>Para evaluar el tamaño del TrA y los músculos OI, los participantes se colocaron en una posición recostada en</p>	<p>jugadores de voleibol de élite y comunitarios con y sin antecedentes de lesiones (todos $p > 0,05$).</p> <p>Se encontró una diferencia significativa para la contracción voluntaria de los músculos multífido y TrA para jugadores de voleibol de élite y comunitarios con y sin antecedentes de lesiones (todas $p < 0,05$).</p>	<p>Ningún cambio en el tamaño de los músculos del tronco en jugadores con antecedentes de lesiones en la cabeza, el cuello o las extremidades superiores.</p> <p>Esto puede representar un patrón de reclutamiento muscular alterado en lugar de una deficiencia en la fuerza de los músculos del tronco.</p>	
--	---	--	--	--	---	--



			<p>decúbito supino con las caderas flexionadas a 45°. Se obtuvo una imagen transversal de la pared abdominal anterolateral a lo largo de una línea a medio camino entre el ángulo inferior de la caja torácica y la cresta ilíaca. El transductor se alineó perpendicularmente a los músculos abdominales anterolaterales. La posición del transductor se estandarizó situando la inserción fascial anterior del músculo TrA aproximadamente a 2 centímetros del borde medial de la imagen ecográfica.</p> <p>Para evaluar la función de los músculos del tronco (capacidad de contraer voluntariamente el músculo), se midieron los grosores de los músculos TrA, OI y multifido (a nivel de los músculos L2/3, L3/4, L4/5 y articulaciones cigapofisarias L5/S1) en reposo y en contracción. El TrA y los</p>		
--	--	--	---	--	--



			músculos OI se tomaron imágenes en la sección transversal, mientras que el músculo multífido se tomó en la sección parasagital.			
Davies y col (2016)	<p>n= 29 (6 mujeres; 23 hombres)</p> <p>Divididos en un grupo más joven de 18 hombres adultos y un grupo de más edad de 11 adultos mayores (5 hombres y 6 mujeres)</p> <p><i>Criterios de inclusión:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Estar sanos, haber completado el Physical Activity Readiness Questionnaire - Fueran capaces de realizar la tarea - No tener antecedentes de lesiones importantes en la espalda. 	<p>La activación de TrA en respuesta a la abducción rápida del brazo con ecografía.</p> <p>El inicio de la abducción del brazo con electromiografía (EMG).</p> <p>La media de la diferencia de tiempo entre los 2 eventos.</p>	<p>Se utilizó el ultrasonido en modo M. La sonda se colocó con su eje mayor en línea con la línea axilar media, 2 cm por encima del borde superior de la cresta ilíaca derecha. Las imágenes de ultrasonido se registraron con un dispositivo de ultrasonografía ATL HDI 3000CV (Advanced Technology Laboratories, Bothell, WA) utilizando un transductor de matriz lineal ATL L7-4 (38 mm) de 14 MHz.</p> <p>Los participantes estaban en decúbito lateral izquierdo, con el brazo izquierdo y las piernas lo más rectas posible. La cabeza descansando sobre el brazo no afectado y el brazo derecho descansaba sobre la camilla en una posición</p>	<p>Los resultados mostraron que el grupo de mayor edad fue significativamente más lento que el grupo más joven en activar su TrA en respuesta a la abducción rápida del brazo (P = 0,036).</p> <p>Un análisis separado de los datos del grupo de mayor edad mostró que no existían diferencias significativas entre los participantes masculinos y femeninos que podrían haber actuado potencialmente como un factor de confusión para el hallazgo principal (P =</p>	<p>Este estudio ha demostrado una disminución relacionada con la edad en la activación del músculo TrA en respuesta a la abducción rápida del brazo.</p> <p>Es probable que se produzcan múltiples adaptaciones neuromusculares con la edad que podrían contribuir</p>	7



			<p>flexionada hacia adelante. Tenían pesas envoltentes en sus muñecas derechas.</p> <p>Se hicieron 4 repeticiones de la maniobra de abducción de brazos lo más rápido posible. Se realizaba cuando el evaluador daba la instrucción verbal de manera aleatoria para evitar el refuerzo anticipatorio del TrA.</p> <p>Se midió el inicio de la abducción del brazo mediante electromiografía de superficie y sincronizada con la ecografía a través del canal de electrocardiograma de la unidad de ecografía.</p>	0,126).	<p>a estos hallazgos.</p> <p>El uso de imágenes de ultrasonido para medir las características temporales de los músculos profundos como el TrA tiene algunas ventajas sobre la EMG intramuscular porque es un procedimiento no invasivo sin riesgos conocidos asociados con su uso.</p>	
Martin y col	n= 28 hombres, jugadores de cricket.	El grosor muscular de los músculos TrA, OI y OE	Se utilizó un sistema de imagen ultrasónica digital DP-6600®	El grosor del OI no dominante en reposo fue	La asimetría en el grosor del OI	7



<p>(2017)</p>	<p>Se dividió la muestra en 2 grupos: un grupo de 17 jugadores sin lesión y otro de 11 jugadores lesionados. Este último grupo a su vez se dividió en: lesiones por contacto (5) y lesiones sin contacto (6)</p> <p><i>Criterios de inclusión:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Hombres. - Jugadores de cricket. - De 13 a 18 años. - Sin lesiones previas. 	<p>se midieron en reposo y durante una activación, utilizando imágenes de ultrasonido.</p> <p>Se realizaron cuestionarios estándar de autoinforme durante la temporada para monitorizar la incidencia de lesiones.</p>	<p>(Shenzhen Mindray Biomedical Electronics Co., Ltd, China) con un transductor curvilíneo de 5 MHz con huella grande (≥ 60 mm) para medir el tamaño y la simetría de los músculos abdominales. Las mediciones se realizaron en modo brillo (modo B)</p> <p>El participante se colocó en posición supina con la cabeza en la línea media, con los brazos en el pecho.</p> <p>La cabeza del transductor se colocó 2,5 cm antes de la línea media-axilar en la región entre la cresta ilíaca y el axis en el plano transversal. El borde medial del TrA se posicionó como el borde medial de la imagen de ultrasonido.</p> <p>Las imágenes se tomaron al final de la expiración con la glotis abierta.</p> <p>Se tomaron tres conjuntos de imágenes de la OI izquierda y derecha, OE y TrA durante el descanso y mientras se</p>	<p>mayor que el del lado dominante para los jugadores de cricket que permanecieron libres de lesiones durante la temporada de cricket ($p = 0,01$, tamaño del efecto (ES) = 0,65).</p> <p>Sin embargo, este no fue el caso de los lanzadores que sufrieron lesiones ($p=0,47$; ES=0,24).</p> <p>El cambio porcentual de TrA durante ADIM (activación) en el lado dominante fue menor en los lanzadores que sufrieron lesiones sin contacto en comparación con los que permanecieron libres de lesiones ($p = 0,03$; ES = 1,17).</p>	<p>puede desempeñar un papel protector frente a las lesiones, mientras que una activación deficiente del TrA en el lado dominante puede suponer un riesgo de lesiones.</p>	
---------------	---	--	--	--	--	--



			realizaba la maniobra de retracción abdominal.			
--	--	--	--	--	--	--



Anexo 4. Tabla 3. Evaluación de la calidad metodológica (Escala NOS)

ESTUDIO	SELECCIÓN				COMPARABILIDAD	EXPOSICIÓN/RESULTADOS			PUNTUACIÓN FINAL
	Representatividad de la cohorte expuesta (Máximo: *)	Selección de cohorte no expuesta (Máximo: *)	Determinación de la exposición (Máximo: *)	Resultados de interés no estuvo presente al comienzo del estudio (Máximo: *)	Comparabilidad de las cohortes en la base del diseño del estudio o análisis (Máximo: **)	Evaluación de los resultados (Máximo: *)	Adecuado seguimiento de la cohorte (Máximo: *)	Tasa de no respuesta (Máximo: *)	
Lee y col (2016)	*	*	*	*	*	*	*	*	8
Gibbons y col (2018)	*	*	*	*	*	*	*	*	8
Mole y col (2013)	*	*	*	*	*		*	*	7
Nagar y col (2017)	*	*	*	*	*	*	*	*	8
Hides y col (2022)	*	*	*	*	*		*	*	7
Davies y col (2016)	*	*	*	*	*		*	*	7
Martín y col (2017)	*	*	*	*	*		*	*	7



Anexo 5. Tabla 4. Evaluación de riesgo de sesgo. Escala ROBINS-I

ESTUDIO	PREINTERVENCIÓN		INTERVENCIÓN	POSTINTERVENCIÓN				RIESGO TOTAL
	Sesgo de confusión	Sesgo de selección de participantes	Sesgo de clasificación de las intervenciones	Sesgo por desviación de las intervenciones	Sesgo por datos incompletos	Sesgo en la medida de los resultados	Sesgo de selección de los resultados reportados	Puntuación
Lee et al (2016)	●	●	●	●	●	●	●	Riesgo Moderado
Gibbons y col (2018)	●	●	●	●	●	●	●	Riesgo Moderado
Mole y col (2013)	●	●	●	●	●	●	●	Riesgo Grave
Nagar y col (2017)	●	●	●	●	●	●	●	Riesgo Moderado
Hides y col (2022)	●	●	●	●	●	●	●	Riesgo Grave
Davies y col (2016)	●	●	●	●	●	●	●	Riesgo Grave
Martín y col (2017)	●	●	●	●	●	●	●	Riesgo Grave