



**UGR** Universidad  
del Gran Rosario

## TESINA

Presentado para acceder al título de grado de la carrera de:  
Ciclo de Complementación Curricular de Licenciatura en Actividad Física

Título:

**Principios Fisiológicos y Biomecánicos de los Músculos del Core**

Autor:

Lucas Andrés González

Director:

Lic. Gonzalo Parera

Fecha de Presentación:

28/08/2023

Firma de Autor:

## Resumen

La estabilidad del núcleo (o fortalecimiento del núcleo) se ha convertido en una tendencia del fitness bien conocida que ha comenzado a trascender en el mundo de la medicina deportiva. Se han propuesto conocimientos desde el punto de vista anatómico y fisiológico generando bastante controversia y dudas a la hora de ponerlos en práctica, en consecuencia, en el campo de la actividad física es muy común que se sigan manifestando muchas dudas sobre este tema. Uno de los ámbitos que más se desarrolla el control del core es en el entrenamiento físico, por lo tanto, se analizará el concepto de core para poder integrarlo desde una mirada biomecánica y fisiológica.

Objetivo: analizar a partir de una revisión bibliográfica los principios fisiológicos y biomecánicos de la musculatura del core.

Metodología: se implementó una revisión bibliográfica en todos los formatos, para la selección de artículos científicos. La búsqueda se realizó a través de las siguientes bases de datos, utilizando como prioridad PubMed y BVS biblioteca virtual en salud. Además, se incluyeron SciELO y Lilacs.

Resultados: A partir de los criterios de selección, se obtuvieron 15 resultados que pertenecen a los criterios de inclusión por lo tanto en el posterior análisis de búsqueda se incluyeron 5 libros de propia biblioteca, 1 tesis y 9 artículos.

Conclusión: a lo largo de esta investigación se ha buscado comprender el funcionamiento de varias estructuras para la estabilidad esquelética desarrollando sus principios fisiológicos y biomecánicos de los músculos del core

## Índice

I. Introducción .....	4
II. Objetivos.....	5
II a. Objetivo General .....	5
II. b. Objetivos Específicos .....	5
III. Marco Teórico .....	5
IV. Concepto de core .....	6
IV a. El papel del core .....	7
IV b. Estructuras que intervienen en el core .....	8
V. Sistemas Para la Estabilidad del Core .....	9
V a. Sistema de control motor .....	9
V b. Sistema sensoriomotor .....	10
V c. Sistema de estabilización local y global .....	12
VI. Función del core .....	14
VII. Músculos que componen el core (Musculatura superficial y profunda) .....	15
VII a. Fascia toracolumbar.....	17
VII b. Paraespinales .....	18
VII c. Cuadrado lumbar .....	18
VII d. Abdominales .....	18
VII e. Psoas mayor .....	19
VII f. Diafragma y suelo pélvico.....	19
VIII. Justificación .....	19
IX. Métodos.....	20
IX a. Criterios de Selección de los Artículos .....	20
IX b. Estrategia de búsqueda .....	20
X. Resultados .....	21
Xa. Diagrama de Flujo .....	21
X b. Tabla de Comparaciones de Estudios.....	22
XI. Discusión.....	27
XII. Conclusión .....	28
XIII. Referencias Bibliográficas .....	29

## I. Introducción

Desde el principio de los años 80 se ha investigado sobre el funcionamiento del core tras varios estudios se le ha dado diferentes enfoques y utilidades. Con este propósito se han propuesto conocimientos desde el punto de vista anatómico y fisiológico generando bastante controversia y dudas a la hora de ponerlos en práctica, en el campo de la actividad física es muy común que se sigan manifestando muchas dudas sobre este tema, en consecuencia. La estabilidad del núcleo (o fortalecimiento del núcleo) se ha convertido en una tendencia del fitness bien conocida que ha comenzado a trascender en el mundo de la medicina deportiva. Se ha generado información un poco confusa con respecto a los músculos del core, es decir que actualmente esta información ha llegado a los profesionales del ejercicio generando una comprensión poco clara, esto conlleva a pensar que el núcleo significa solo los músculos abdominales.<sup>(1)</sup> Considerándolo de otra manera, los músculos más profundos del abdomen cumplen una función específica e importante para lograr una estabilidad central. No hay un consenso general para describir los músculos del core, por eso mismo se ha profundizado sobre el tema.

Panjabi, en el año 1992, describe que, para mantener la estabilidad central y sus cargas fisiológicas, no consta solo de la actividad muscular sino de la neural. El investigador amplió el concepto de core argumentando que se trata de una estructura mucho más compleja que solo una mera localización y congruencia de sus elementos: este investigador planteó el core como un sistema formado por tres subsistemas: control neuromuscular (elementos neuronales), subsistema pasivo (elementos óseos y ligamentosos), subsistema activo (elementos musculares).<sup>(2)</sup>

Más cerca de la actualidad, en el año 2004, Akuthota et al, profundizaron su estudio y definieron al core como “un corsé muscular que trabaja como una unidad para estabilizar el cuerpo y en particular la columna vertebral tanto en los movimientos de los miembros asociados a él como sin ellos”.<sup>(3)</sup>

Se puede concluir que el core o núcleo corporal no es una estructura aislada o determinada, sino la integración de las funciones sinérgicas de diferentes grupos musculares y estructuras tanto pasivas como del sistema nervioso, incluso antagónicas, con el objetivo principal de cumplir su función estabilizadora tanto en situaciones dinámicas como estáticas.

También otros autores actuales han dado relevancia al core. Michael Boyle, desde un concepto de anatomía funcional, considera que el propósito principal de la musculatura de la zona media es impedir el movimiento y no de crearlo.<sup>(4)</sup>

Si bien diferentes autores fueron profundizando en el estudio de los músculos y el concepto de core a lo largo de los años, es primordial que las funciones fisiológicas estén bien

desarrolladas y comprendidas. A menudo se suele entrenar la zona media de manera errónea y sin criterios científicos; es más, solo se tienen en cuenta los ejercicios tradicionales sin considerar que hay una gran variabilidad de formas de entrenamiento del core en la práctica diaria.

Por lo mencionado, es importante saber cuáles son los principios biomecánicos y fisiológicos a tener en cuenta. En este trabajo, se propone describir cuáles son los músculos del core, cómo se debe llegar a la correcta activación y qué principios fisiológicos y anatómicos se deben considerar.

## **II. Objetivos**

### **II a. Objetivo General**

- Realizar una revisión bibliográfica de los principios fisiológicos y biomecánicos de la musculatura del core.

### **II. b. Objetivos Específicos**

- Definir y diferenciar musculatura superficial y profunda del core.
- Describir la función de los diferentes sistemas para la estabilidad central.
- Determinar las diferencias entre ejercicios que utilizan dispositivos inestables y aquellos que no.

## **III. Marco Teórico**

Durante varios años la estabilidad y fuerza del núcleo ha sido objeto de investigación, de tal manera que se ha establecido su relación con los segmentos corporales y con el sistema nervioso, precisamente en los músculos como un todo y no como una parte aislada del sistema musculoesquelético. Es importante destacar en conceptos biomecánicos y funcionales el control de la zona media y cuáles serían los músculos que la componen, aun así, no es el único abordaje, además intervienen algunas estructuras activas que podrían afectar a las estructuras pasivas.

Por lo tanto, podríamos identificar algunos de los músculos del núcleo (estructuras activas) como los multifidos lumbares, erectores de la columna, cuadrado lumbar, oblicuo externo del abdomen, oblicuo interno del abdomen, recto del abdomen, transverso del abdomen, psoas

mayor, músculos del suelo pélvico y diafragma ,<sup>(5)</sup> pero no solo servirá nombrarlos sino también comprender sus movimientos y cómo funcionan.

La evidencia científica sostiene que cuando existe un déficit de los músculos estabilizadores se produce una compensación incorrecta de su actividad a partir de los músculos en movimiento, provocando alteraciones de los patrones apropiados de coordinación muscular.<sup>(6)</sup>

Asimismo, los músculos que componen el core se pueden identificar entre los que tienen un componente de fuerza y otros de estabilización, que pueden definirse como musculatura superficial y profunda, respectivamente. Por lo tanto, desde un plano más específico, los músculos del core no son estructuras aisladas al resto del sistema muscular y la estabilidad no depende solo de la fuerza muscular, ya que, al mismo tiempo, la información sensorial cumple un papel de alerta al sistema nervioso central, proporcionando entre el cuerpo y el entorno retroalimentación constante y permitiendo el refinamiento del movimiento.

Establecer un consenso sobre este tema facilitaría la difusión e implementación de enfoques estandarizados de entrenamiento básico por parte de los profesionales de las ciencias del ejercicio.

#### **IV. Concepto de core**

Core no es un concepto descrito en los tratados clásicos de anatomía, sino un concepto funcional utilizado habitualmente para referirse de forma conjunta a las estructuras musculares y osteoarticulares de la parte central del cuerpo, sobre todo, del raquis lumbodorsal, la pelvis y las caderas.<sup>(7,8)</sup> Este concepto se ha utilizado especialmente en el ámbito deportivo, ya que las estructuras referidas participan conjuntamente en el mantenimiento de la estabilidad del tronco y en la generación y transferencia de fuerzas desde la parte central del cuerpo hacia las extremidades en actividades tan diversas como correr, lanzar o golpear, siendo el centro de las cadenas cinéticas que participan en estas acciones. Aun así, por el hecho de haber expuesto su utilización en el deporte no significa que estos no sean empleados en acciones de la vida cotidiana.

Core stability o estabilidad de la zona central del cuerpo es un concepto que está muy de moda sobre todo en el fitness, en el entrenamiento y en la medicina del deporte.<sup>(7,9,10)</sup> Existen diferentes definiciones en la literatura científica de core stability, así como de conceptos similares tales como estabilidad del tronco o estabilidad del raquis que a menudo se utilizan como sinónimos. Profundizando más en el estudio de la biomecánica, los conceptos de estabilidad y equilibrio están muy relacionados. Por ejemplo, las articulaciones de la columna

vertebral poseen un cierto nivel de rigidez que le proporcionan sus estructuras osteo ligamentosas; sin embargo, estudios in vitro realizados en columnas de cadáveres demuestran que las estructuras pasivas de la columna no son capaces de mantener una posición erguida frente a fuerzas compresivas de tan solo 90 N,<sup>(11)</sup> es decir a fuerzas inferiores que soporta la columna en acciones de la vida cotidiana. Por otra parte, la activación muscular es ejecutada en respuesta a un adecuado funcionamiento bajo la coordinación del sistema de control motor,<sup>(10)</sup> que modula la respuesta muscular en función del feedback obtenido del contexto y de las estructuras raquídeas y musculares. La rigidez de las articulaciones aumenta rápidamente con el incremento de la activación muscular, de modo que niveles bajos de esta activación son capaces de generar niveles de rigidez suficiente para asegurar la estabilidad del raquis y en gran variedad de articulaciones.<sup>(11,12)</sup> Para ello, todos los músculos deben actuar de forma coordinada, desde los más pequeños y próximos a las articulaciones que actúan localmente, generando momentos de fuerza pequeños (sistema de estabilización local), hasta los más grandes y superficiales que actúan sobre una gran cantidad de articulaciones y generan grandes momentos de fuerza a través de brazos de palancas largos y secciones fisiológicas grandes (sistema de estabilización global ).<sup>(13)</sup> Podría destacarse dentro de este marco, que esta zona central formada por sus estructuras a modo de corsé, están todas relacionadas e integradas y serán comandadas por el sistema nervioso central, activándose de manera coordinada entre sí.

#### **IV a. El papel del core**

El núcleo muscular se ha descrito como una caja que recubre la columna lumbar con el diafragma en la parte superior, el piso pélvico en la parte inferior, los abdominales en la parte anterior y los músculos paraespinales y glúteos en la parte posterior.<sup>(14)</sup> Sus músculos ayudan a estabilizar la columna, la pelvis y las cadenas cinéticas durante los movimientos funcionales. Cuando el sistema funciona de manera eficiente, el resultado es una distribución apropiada de fuerzas, control óptimo y eficiencia de movimiento, absorción adecuada de las fuerzas de impacto del suelo y ausencia de fuerzas excesivas de compresión, traslación o cizallamiento en las articulaciones de la cadena cinética. Esta eficiencia requiere una integración de los sistemas miofascial, articular y neural, lo que a su vez requiere un funcionamiento óptimo de los músculos. Esto incluye su capacidad para contraerse de manera coordinada, con

suficiente control motor y neuro modulación, para que las articulaciones reciban una adecuada compresión a través de las estructuras articulares. Por lo tanto, con todo lo expuesto hasta ahora, se entiende que la disfunción del mencionado core, puede provocar un compromiso en otras partes de las cadenas cinéticas. Asimismo, la información neuronal permite patrones específicos de activación muscular en movimientos planificados y no planificados. Por otra parte, se cree que las estructuras óseas y ligamentosas ofrecen principalmente rigidez pasiva, mientras que la musculatura central proporciona estabilidad en todo el rango de movimiento.

#### **IV b. Estructuras que intervienen en el core**

Se ha desarrollado la importancia de algunas estructuras del core y cómo sus bajos estímulos afectan a la estabilidad de estructuras óseas, dejando un pobre funcionamiento de coordinación entre ellas y creando así futuras lesiones en las estructuras pasivas que rodea la zona del core. Incluso, este empobrecimiento podría crear patrones de movimientos inadecuados. El core es un concepto funcional que engloba la integración de tres sistemas cuyo óptimo funcionamiento garantiza la realización de tareas con una mayor eficacia y seguridad a nivel raquídeo, permitiendo adecuados niveles de estabilidad y control del movimiento. En consecuencia, el entrenamiento del core constituye no solo un elemento central y clave para el desempeño de la mayoría de las actividades de la vida diaria, vida laboral y deportivas, sino que también será condición necesaria para progresar en la utilización de ejercicios multiarticulares o aquellos que son ejecutados con elevadas resistencias. Para todas estas tareas el core es el centro de la cadena cinética funcional. <sup>(2)</sup>

Esto supone garantizar un óptimo estado funcional del sistema pasivo, sistema muscular y del sistema de control motor, con la finalidad de satisfacer los requisitos del equilibrio postural (estático y dinámico) como crear movimientos específicos, soportar fuerzas externas inesperadas o generar presión con la que ayudar a la respiración dificultosa. <sup>(15)</sup>

Para satisfacer los retos de un control adecuado de la zona media, el SNC debe aplicar estrategias diferentes con las que regular el movimiento del tronco. Para ello, el SNC debe ajustar cuidadosamente las fuerzas internas y externas con un patrón muscular que facilite el movimiento en la trayectoria deseada y al mismo tiempo resistir cualquier perturbación que modula la respuesta muscular en función del feedback obtenido del contexto y de las estructuras raquídeas y musculares. Dicho todo esto, es sumamente importante la activación de los músculos que forman parte del subsistema pasivo y activo, como los sistemas de estabilización local generando momentos de fuerzas pequeños y sistema de estabilización global que generan momentos de fuerza más grandes. <sup>(13)</sup> Con una comprensión general del



objetivo de la musculatura central de estabilizar la columna contra las fuerzas externas, se puede comenzar a separar la confusión entre los términos "estabilidad central" y "fuerza central". Cuando se utiliza el término "estabilidad del núcleo" se hace referencia a la estabilidad de la columna y no a la estabilidad de los músculos en sí. Dentro de la investigación, no se ha hecho referencia a mejorar la estabilidad de un músculo sino a su capacidad para contraerse, cuando se utiliza el término "fuerza central" se hace referencia a la capacidad de la musculatura para estabilizar la columna mediante fuerzas contráctiles y presión intraabdominal, de hecho se logra un control activo de la estabilidad de la columna mediante la regulación de la fuerza en los músculos circundantes, por tanto, la coactivación de los músculos del tronco (agonistas y antagonistas), refuerza la columna lumbar y aumenta su estabilidad.<sup>(16)</sup>

## **V. Sistemas Para la Estabilidad del Core**

### **V a. Sistema de control motor**

El core es un concepto funcional que engloba la integración de tres sistemas cuyo óptimo funcionamiento garantiza la realización de tareas con una mayor eficacia y seguridad a nivel raquídeo permitiendo adecuados niveles de estabilidad y control del movimiento. En este sentido, a fin de afrontar con éxito retos que demanden un control dinámico de la columna y la pelvis, el SNC debe aplicar estrategias diferentes, sopesando las fuerzas internas y externas con el fin de proporcionar una respuesta muscular que permita un movimiento óptimo y resista cualquier posible perturbación. Además de mantener una buena postura durante la bipedestación debido a una serie de factores como el pequeño apoyo y la ubicación alta del centro de masa, el control postural estático y dinámico ha sido un gran desafío para las acciones motoras coordinadas entre la activación y varios músculos de las extremidades y la zona media, abordando así la noción de las sinergias multimúsculos. Sin embargo, este concepto ha sido definido de manera diferente más que puramente anatómico y debe entenderse como un concepto funcional de control neural. Para satisfacer los retos de un control adecuado de la columna y la pelvis, el SNC debe aplicar estrategias diferentes con las que regular el movimiento del tronco. Para ello, el SNC debe ajustar cuidadosamente las fuerzas internas y externas con un patrón muscular que facilite el movimiento en la trayectoria deseada y al mismo tiempo resistir cualquier perturbación.<sup>(19)</sup> Se sugiere que las tareas de seguimiento dinámico den como resultado una disminución del control de la fuerza en términos de estabilidad de la relación de fuerza ipsilateral vs contralateral, en comparación

con el seguimiento estático, es decir, una tarea unidireccional.<sup>(20)</sup> La retroalimentación visual influye en gran medida en el rendimiento alcanzado durante el movimiento voluntario. La variabilidad motora se considera un aspecto inherente e importante del control motor, que expresa cómo el sistema neuromuscular se está adaptando a la producción de fuerza requerida con la entrada sensorial. La variabilidad, en relación con el control neuromuscular, está asociada con el grado de libertad mecánica disponible y refleja la acción sinérgica de los músculos que coordinan los movimientos. Así mismo, la aplicación de cargas de inestabilidad súbita que actúen sobre el tronco de manera imprevista, podrían generar adaptaciones que mejoren el tiempo de respuesta y el control del desplazamiento del mismo.<sup>(21,22)</sup> Se observa cómo el SNC juega un papel importante en la preparación del core dejando en evidencia que los trabajos inestables y de perturbación, cuando se dan de manera súbita, presentan menores tiempos de latencia motora ante desestabilizaciones repentinas del tronco. Aquellos movimientos con fuertes cambios de dirección y/o sentido generan cargas desestabilizantes en el tronco, que deben ser compensadas por los músculos estabilizadores del núcleo, obligando al SNC a generar estrategias de estabilización que son específicas para dichas cargas. En consecuencia, es importante considerar adaptaciones diferenciadas en los procesos de estabilización del core cuando se desea planificar progresiones de ejercicios, por lo que no es recomendable proponer trabajos de fortalecimiento del core sin considerar las demandas específicas de cada persona.

#### V b. **Sistema sensoriomotor**

Toda tarea motriz implica la necesidad de activar mecanismos de control y regulación del movimiento, que son de naturaleza nerviosa y que serán más complejos cuanto mayor sea la dificultad de la tarea a realizar. El control del sistema neuromuscular depende directamente del sistema sensoriomotor, complejo sistema que incorpora todos los receptores y vías aferentes (percepción), así como los mecanismos de integración y procesamiento central (decodificación, planificación y programación) y las respuestas eferentes necesarias (ejecución), para poder mantener la estabilidad funcional durante tareas que se desean realizar.<sup>(23)</sup> En función de la complejidad del gesto, el control y la regulación de un movimiento afecta a diferentes estructuras e interacciones del sistema nervioso. Esto tiene lugar cuando se quieren ejecutar estructuras técnicas cerradas y automatizadas o gestos de elevada

complejidad. En cada caso, el SNC debe determinar las estrategias idóneas para satisfacer un patrón motor adecuado que garantice una correcta estabilidad del core, incluso de forma anticipada. Tales situaciones se basan en un complejo mecanismo de biofeedback donde la capacidad propioceptiva es determinante para establecer la posición exacta y el movimiento de las estructuras musculoesqueléticas de la zona media mediante modelos internos que garantizan la interacción entre el cuerpo y las fuerzas operativas<sup>(24)</sup>. De forma secuencializada y especializada, se llevan a cabo las funciones de percepción, decodificación, planificación, programación y ejecución de los movimientos. Estos mecanismos suelen iniciarse en los receptores sensoriales, (exteroceptores, propioceptores, interoceptores, y teleceptores), la información aferente puede ser procesada e integrada en tres niveles de control motor: médula espinal (respuestas muy rápidas y/o reflejas), tronco cerebral (respuestas intermedias y/o automáticas) y corteza cerebral (más lentas, más elaboradas y son voluntarias)<sup>(25)</sup>. Por lo tanto, podemos definir feedback (retroalimentación) como la elaboración de una respuesta correctiva a consecuencia de haber percibido anomalías o cambios repentinos del entorno. Otras acciones sensoriomotoras importantes son a través del feedforward, que se define como las acciones anticipatorias preventivas que ocurren antes de la detección sensorial de una disrupción de la homeostasis con base en experiencias anteriores. <sup>(24)</sup> Los ajustes de anticipación postural son un factor predominante en la capacidad del sistema nervioso para contrarrestar las fuerzas de reacción ejercidas por una perturbación. Este contribuye a los movimientos anticipatorios antes de movilizar una extremidad, por lo tanto, el sistema nervioso debe anticiparse y poder activar los músculos del core para la posterior estabilización de los segmentos. Como se detalló anteriormente, haciendo referencia a las estructuras pasivas de la región lumbo-pélvica, cabe destacar que este control sensoriomotor es un mecanismo complejo coordinado y regulado por el SNC, dicho esto para que las estructuras cumplan su función deben estar coordinadas entre sí para que su regulación ocurra en el momento justo con una intensidad adecuada. Los mecanismos de feedback y feedforward regulan las acciones, porque no pueden trabajar por separado ya que se coordinan entre sí para producir un programa motor.

Para poder realizar este control, como ya se mencionó, se utiliza información propioceptiva a nivel reflejo, producida por los órganos tendinosos de Golgi ubicados en los tendones y los husos neuromusculares -ubicados entre las fibras- de los músculos del core. En el segundo nivel, en los núcleos de la base, se coordinan los inputs sensoriales vestibulares y visuales junto a la información propioceptiva de los receptores articulares. En el tercer nivel, de los programas cognitivos que están basados en los pools de comandos centrales, es donde se elaboran y conducen los ajustes posturales voluntarios anticipatorios, feedback y feedforward.

## V c. Sistema de estabilización local y global

Comprendiendo que la co-activación de la musculatura del core es crucial para la propia estabilidad, existe una confusión con respecto a qué es la musculatura central, cómo se evalúa, cómo se entrena y cómo se aplica al desempeño funcional. La musculatura central se divide en dos sistemas, local (estabilización) y global (movimiento), <sup>(13)</sup> cuando se utiliza el término estabilidad del núcleo, hace referencia a la estabilidad de las estructuras pasivas como la columna vertebral, no a la estabilidad de los músculos en sí; cuando se utiliza el término fuerza central hace referencia a la capacidad de la musculatura para estabilizar mediante fuerzas contráctiles y presión intraabdominal, por lo tanto lo expresado hasta ahora tiene íntima relación con los sistemas de estabilización.

Para profundizar y comprender mejor los sistemas, los músculos locales y globales se pueden clasificar según las características variables entre ellos, (tabla 1).<sup>(26)</sup>

**Tabla 1.** Características musculares. Adaptado de Faries y Greenwood (2007).<sup>(5)</sup>

<b>Características Musculares</b>	
<b>Locales</b>	<b>Globales</b>
Profundamente Situados	Superficiales
Aponeuróticos	Fusifformes
Predominancia fibras lentas	Predominancia fibras rápidas
Estimulados en actividades de resistencia	Estimulados en actividades de potencia
Selectivamente débiles	Fácil reclutamiento
Pueden encontrarse inhibidos	Pueden encontrarse acortados y rígidos
Activos a bajos niveles de fuerza máxima	Activos a niveles de FMax. Mayor al 40%

La musculatura local incluye al transverso del abdomen (TrA), los multífidos, el oblicuo interno, las fibras mediales del oblicuo externo, cuadrado lumbar, el diafragma y los músculos del piso pélvico<sup>(26)</sup>. Estos músculos tienen longitudes musculares más cortas, se adhieren directamente a las vértebras y son los principales responsables de generar suficiente fuerza para la estabilidad segmentaria de la columna, es decir de la zona media además se han promovido al TrA y el multífido como estabilizadores primarios de la columna, <sup>(26)</sup> estos músculos cumplen una función estabilizadora por su profundidad e inserciones además no están adaptados para movimientos bruscos debido a sus brazos de momento cortos. Se ha descubierto que el TrA y el multífido se activan antes del movimiento de la extremidad en un intento de estabilizar la columna,<sup>(22,26)</sup> por lo que estos resultados confirman la función estabilizadora primaria del TrA. Debido a las funciones de estabilización solitaria del TrA y multífido, el sistema local se divide en primario y secundarios, (tabla 2). Los estabilizadores primarios son el TrA y el multífido, porque no crean movimiento de la columna; el oblicuo interno, las fibras mediales del oblicuo externo y el cuadrado lumbar funcionan principalmente para estabilizar, pero también funcionan secundariamente para mover la columna.<sup>(26)</sup>

**Tabla 2.** Musculatura del core. Adaptado de Faries y Greenwood (2007)

<b>Musculatura del Core</b>		
<b>Músculos locales (sistema de estabilización)</b>		<b>Músculos Globales (movilizadores)</b>
<b>Primarios</b>	<b>Secundarios</b>	
Transverso abdominal	Oblicuo interno	Recto abdominal
Multífidos	Fibras mediales del oblicuo interno	Oblicuo externo (fibras laterales)
	Cuadrado lumbar	Psoas mayor
	Diafragma	Erectores de la columna
	Músculos del suelo pélvico	Iliocostal (porción torácica)
	Iliocostales y longísimos (porciones lumbares)	

Los músculos principales de producir el movimiento y la torsión de la columna son los músculos globales (tabla 2), estos poseen palancas largas y brazos de gran momento, lo que los hace capaces de producir altos niveles de torque con énfasis en la velocidad, la potencia y arcos más grandes de movimiento multiplanar, mientras contrarrestan las cargas externas para transferirlas a la musculatura local.<sup>(26)</sup> Los ejercicios tradicionales como los abdominales se han centrado en mejorar la capacidad de la musculatura global. En efecto, los ejercicios que producen un movimiento brusco de la columna enfatizan sobre los sistemas globales. Es importante aclarar que estos sistemas globales no se aíslan, porque ambos sistemas trabajan teóricamente en sinergia.<sup>(27)</sup>

## VI. Función del core

Para comprender adecuadamente el entrenamiento de la zona media es importante esclarecer los conceptos de anatomía funcional. Con lo expuesto hasta ahora, se ha demostrado que los músculos abdominales, por su diseño, se consideran funcionalmente músculos estabilizadores y no músculos de movimiento. Si analizamos los patrones motores y perturbaciones que se puedan dar en acciones de la vida cotidiana o algún deporte no serían demasiadas las acciones que implicarían solamente el movimiento de flexión y extensión del tronco además generalmente se trata de buscar la rotación de la columna en su anatomía la columna es una estructura que mecánicamente genera diferentes amplitudes de movimiento en sus diferentes curvaturas estas no serían fisiológicamente adecuadas si de movimientos coordinados se tratara es decir que para poder generar una mejor movilidad funcional cinemáticamente hablando se debería dar estabilidad a la zona media y rotación de la cadera en todos sus planos y ejes por lo tanto estos últimos generarían un mejor movimiento y no dependerían solamente del tronco si así lo fuera una mínima carga sería totalmente lesivo . La anatomía funcional ha demostrado que el propósito principal de la musculatura de la zona media es el de impedir el movimiento, se ha plasmado a lo largo de las décadas en investigaciones que han ido cambiando el paradigma de los músculos abdominales como flexores, rotadores o flexores laterales,<sup>(4)</sup> por lo tanto el aspecto más importante de los músculos abdominales es obtener el control necesario para estabilizar de forma adecuada la columna, mantener una alineación óptima en relación dinámica entre la pelvis y la columna, evitar el estrés excesivo y los movimientos compensatorios de la pelvis durante los movimientos de las extremidades.<sup>(26)</sup> Es decir, que los músculos abdominales deberán

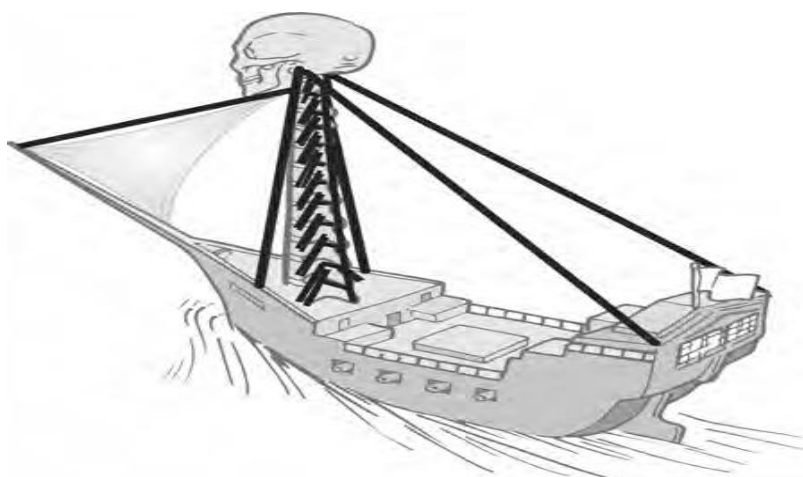
proporcionar sujeción isométrica y limitar el grado de rotación del tronco. Desde una mirada biomecánica y funcional ha ido cambiando el paradigma de los músculos que flexionan la cadera y rotan la columna vertebral, es decir que, aunque tienen capacidad para esos tipos de movimientos esta más relacionado con el concepto de anti movimiento esto significa que se deberán entrenar o readaptarlos para evitar y no para generar movimientos. Por lo visto, estas ideas proporcionan un enfoque diferente en el trabajo de la zona media los músculos ya no se verán como flexores laterales y flexores del tronco, sino que se deberán considerar como anti-flexores laterales o anti-extensores del tronco, incluso en el sentido de anti-rotación. Por lo que, como ya se ha mencionado, el entrenamiento de la zona media es más una cuestión de impedir el movimiento, no de crearlo.<sup>(4)</sup>

Durante mucho tiempo se ha entrenado en un plano sagital, haciéndose hincapié en el entrenamiento unilateral y multiplanar. Pero, para cualquiera de los patrones motores que se desarrollan tanto en los deportistas como personas que deben llevar adelante su vida cotidiana, es un error aumentar la movilidad de rotación en la columna. Las personas deben ser capaces de impedir estos movimientos antes que producirlos. Cabe recordar cuáles son los grados de movimiento de la zona lumbar: el grado total de rotación de la zona lumbar es de aproximadamente de 13 grados, la rotación entre cada segmento desde la T10 a L5 es de 2 grados, el mayor rango rotatorio se da entre L5-S1 y es de 5 grados. Por lo tanto, es la columna torácica y no la columna lumbar quien debe ofrecer la mayor rotación del tronco. En este sentido, cuando un persona realice un ejercicio de rotación debe concentrarse que se produzca en la zona del pecho.<sup>(4)</sup> En conclusión, el papel de los músculos es dar sujeción isométrica en vez de crear el movimiento, el papel de los ejercicios será preparar los músculos globales para el anti-movimiento, vigilando los grados que se generan cada segmento donde la biomecánica cumple un papel primordial para su comprensión y aplicación.

## **VII. Músculos que componen el core (Musculatura superficial y profunda)**

Como se ha detallado, el core está compuesto por diferentes músculos y fascias. Si bien se divide en capas musculares, el núcleo no es un solo grupo de músculos y cabe considerar que también son importantes los elementos que aumenten la presión en las cavidades del tronco, porque al aumentar la presión en las cavidades y su contenido también lo hará su rigidez y así la estabilidad central. Además, el core incluirá también la glotis como elemento para impedir la salida de aire y aumentar así las presiones aéreas en la cavidad torácica; también los músculos de la base pélvica para generar presiones desde caudal, el diafragma como principal generador de presión, los abdominales, las fascias y tejidos anexos que muchas veces no se describen.<sup>(28)</sup> De hecho en el marco de las bases biomecánicas y

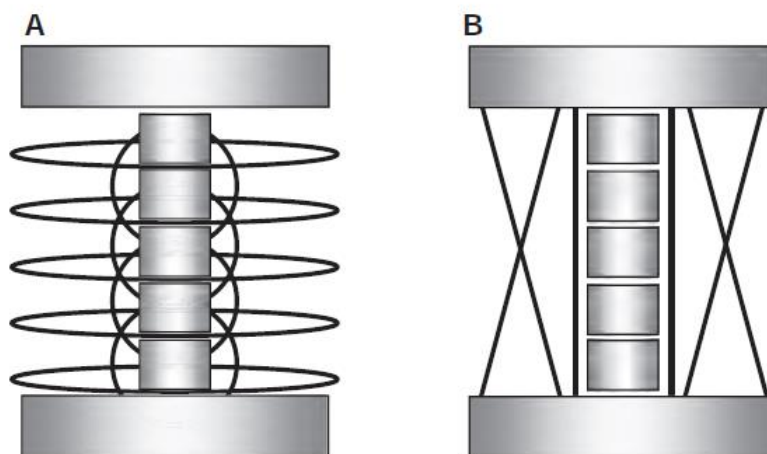
fisiológicas del core el objetivo es la estabilidad (competencia) y no la fuerza (capacidad), en consecuencia, el llamado subsistema pasivo sin la intervención de los músculos, se dobla bajo una carga de 90 N y, según Panjabi, esta capacidad para soportar grandes cargas depende de la participación y buena coordinación de los músculos que rodean la columna vertebral, donde la coactivación de los músculos antagonistas es necesaria para ayudar a los ligamentos a mantener la estabilidad articular durante las tareas en carga (Figura 1). Esta coordinación intermuscular es realizada tanto por los músculos profundos como los superficiales (Figura 2).



**Figura 1** Coactivación de los músculos antagonistas para la estabilidad de la columna vertebral. <sup>(29)</sup>

Este mecanismo está presente en tal grado que sin las cocontracciones la columna vertebral se muestra inestable incluso en posturas erectas. Por lo tanto, es la activación coordinada de estas contracciones musculares lo que es esencial para la estabilidad y no simplemente la fuerza generada por músculos individuales. <sup>(29)</sup>





**Figura 2** Coordinación intermuscular. (A) Músculos profundos (diafragma, transverso del abdomen, multífido, rotadores y suelo de la pelvis). (B) Superficiales (diafragma, oblicuos del abdomen, recto del abdomen, cuadrado lumbar, erector de la columna y suelo de la pelvis).<sup>(29)</sup>

Como se ha detallado anteriormente, los músculos son estructuras determinantes para la actividad funcional del core, crean fuerza y rigidez. La fuerza puede estabilizar o no, mientras que la rigidez siempre estabiliza.<sup>(30)</sup>

El núcleo se define como una caja anatómica que consta de varios grupos de músculos como el recto del abdomen en la parte frontal, los oblicuos internos, externos y en los laterales, el erector de la columna, el multífido lumbar, el cuadrado lumbar en la parte posterior, el diafragma en el borde superior, piso pélvico y el psoas ilíaco en la parte inferior.<sup>(3)</sup> Desde una perspectiva práctica, los músculos de la zona media son el centro del cuerpo, donde la mayoría de las cadenas cinéticas transfieren fuerzas a las extremidades.<sup>(3)</sup>

#### VII a. Fascia toracolumbar

La fascia toracolumbar actúa como un “cinturón de espalda de la natural”, funcionando como una correa retinacular de los músculos de la columna lumbar. La fascia toracolumbar consta de 3 capas: las capas anterior, media y posterior; de estas capas, la capa posterior tiene el papel más importante en el soporte de la columna lumbar y la musculatura abdominal. El TrA tiene grandes inserciones en las capas media y posterior de la fascia toracolumbar. La aponeurosis del músculo dorsal ancho forma la capa superficial, con la contracción del contenido muscular la fascia toracolumbar actúa como un propioceptor activado, como un cinturón de espalda que proporciona retroalimentación.<sup>(3)</sup>

## VII b. **Paraespinales**

Hay 2 grupos principales de extensores lumbares, el erector de la columna y los llamados músculos locales (rotadores, intertransverso, multifido). El erector de la columna en la región lumbar está compuesto por 2 músculos principales: el longísimo y el iliocostal. En realidad, estos músculos se encuentran en el tórax, pero tienen inserciones tendinosas que actúan sobre la zona lumbar adhiriéndose a la pelvis. Por otro lado, profundo y medial a los músculos erectores de la columna se encuentran los músculos locales, que representan transductores de longitud o sensores de posición de un segmento espinal por medio de su rica composición de husos musculares. Seguidos de estos, los multifidos pasan a lo largo de 2 o 3 niveles espinales funcionando como estabilizadores segmentarios, tienen un brazo de momento corto por lo tanto no priorizan su característica como músculos de movimientos bruscos.

## VII c. **Cuadrado lumbar**

El cuadrado lumbar es un músculo grande, delgado y de forma cuadrangular que tiene inserciones directas en la columna lumbar con sus tres fascículos musculares, el oblicuo superior, inferior y los fascículos longitudinales. Tanto las fibras longitudinales como las oblicuas superiores están diseñados como músculos espiratorios secundarios, para estabilizar la duodécima costilla durante la respiración. El investigador McGill afirma que el cuadrado lumbar es un estabilizador importante de la columna vertebral que normalmente trabaja de forma isométrica.<sup>(3)</sup>

## VII d. **Abdominales**

Los abdominales sirven como un componente vital del núcleo. En particular, se ha prestado atención al transverso del abdomen, sus fibras corren horizontalmente alrededor del abdomen lo que permite tensiones similares a las de un aro. Con la contracción y la activación aislada del TrA se logra el "ahuecado" del abdomen, más externamente, o para ser más específico observando la musculatura global, el oblicuo interno tiene una orientación de fibra similar a la del TrA, pero recibe mucha menos atención con respecto a la creación de tensiones circulares. Juntos el oblicuo interno, el oblicuo externo y el TrA aumentan la presión intraabdominal del aro creado a través de la fascia toracolumbar, lo que imparte estabilidad funcional a la columna lumbar.<sup>(3)</sup>

El oblicuo externo, el músculo abdominal más grande y más superficial, actúa como un freno de la inclinación pélvica anterior, además actúa de forma excéntrica en extensión lumbar y torsión lumbar.<sup>(3)</sup> Por último, el recto del abdomen y su contracción provoca predominantemente la flexión de la columna lumbar. Este músculo se exagera en el acondicionamiento físico, sumado al oblicuo interno creando así un desequilibrio en el oblicuo externo, por lo que se debería estimular como músculos anti-movimientos, anti-extensión o anti-rotación, como se detalló anteriormente.<sup>(4)</sup>

#### **VII e. Psoas mayor**

El psoas es generalmente un músculo olvidado, sus fibras son largas y gruesas cuya acción principal es la flexión de la cadera. Sin embargo, sus sitios de unión en la columna lumbar le dan el potencial de ayudar en la biomecánica espinal, es probable que el psoas no proporcione mucha estabilidad a la columna lumbar excepto en el aumento de la flexión lumbar.<sup>(7)</sup>

#### **VII f. Diafragma y suelo pélvico**

El diafragma sirve como techo del núcleo. La estabilidad se imparte en la columna lumbar mediante la contracción del diafragma y el aumento de la presión intraabdominal. Las técnicas de respiración diafragmática pueden ser una parte importante de un programa de fortalecimiento del núcleo, además la musculatura del suelo pélvico se coactiva con la contracción del TrA.<sup>(3)</sup>

### **VIII. Justificación**

Esta investigación consiste en una revisión bibliográfica, a través de los estudios científicos brindará información de los temas más actuales en el comportamiento del sistema musculoesquelético y sistemas que se relacionan con la estabilidad central e información neural por lo tanto el desarrollo como eje central son los músculos del core que es el punto de mayor énfasis teniendo en cuenta que cumplen un papel predominante en la estabilidad para ello se indagará más precisamente en sus principios biomecánicos y fisiológicos donde se suelen confundir los conceptos por esta razón se definirán y diferenciarán la musculatura superficial y profunda diferenciando entre ejercicios con base inestable y sin base,

respecto a lo enunciado anteriormente la inestabilidad del core es la causa de importantes lesiones, las más frecuentes se dan en la zona lumbopélvica. Lo investigado estará orientado a poder responder las dudas existentes por lo tanto resulta de gran interés indagar sobre el paradigma del core.

## **IX. Métodos**

Tipo de Estudio: Con el fin de investigar el tema elegido se realizó una revisión bibliográfica. Para la selección de artículos científicos se utilizaron los siguientes criterios:

### **IX a. Criterios de Selección de los Artículos**

#### **Criterios de inclusión**

- Artículos que contengan biomecánica de los músculos del core
- Artículos en los que se evalué con electromiografía
- Artículos desde el año 2006 en adelante
- Artículos escritos en idioma inglés y español

#### **Criterios de exclusión**

- Estudios en niños adolescentes
- Artículos cuya población tenga alguna lesión musculoesquelética o patología del sistema nervioso (SNC o SNP)

### **IX b. Estrategia de búsqueda**

La búsqueda se realizó a través de las siguientes bases de datos, utilizando como prioridad PubMed y BVS biblioteca virtual en salud. Además, se incluyeron SciELO y Lilacs.

Estrategia de Búsqueda	Periodo 2006- 2022
------------------------	--------------------

Palabra Cláve	Terminos MeSH	Terminos DeCS
Músculos	Physiology	Fisiología
Biomecánica	Muscle Strength	Fuerza Muscular
Fisiología	Lumbosacral Region	Región Lumbosacra
Fuerza Muscular	Postural Balance	Equilibrio Postural
Lumbar		
Equilibrio Musculoesquelético		

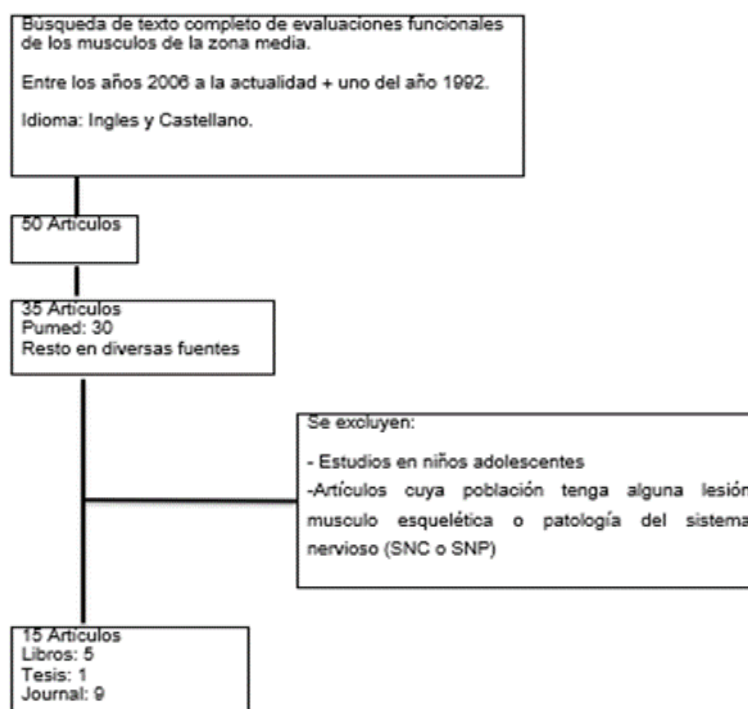
Combinaciones AND	Combinaciones AND
Abdominal muscles And Stability	Músculos abdominales And Estabilidad
Lumbosacral Region And Core	Región Lumosacra And Core
Abdominal Muscle And Biomechanical	Músculo Abdominal And Biomecánica
Muscle Strenght And Core	Fuerza Muscular And Core

Combinaciones OR	Combinaciones OR
Muscles Or Core	Músculos Or Core
Stability Or Lumbar	Estabilidad Or Lumbar
Postural Balance Or Core	Equilibrio Postural Or Core

## X. Resultados

### X a. Diagrama de Flujo

Los resultados de la búsqueda en las bases de datos pueden resumirse en el siguiente diagrama de flújo.



Un total de 50 reportes fueron identificados en las bases de datos de los cuales 5 fueron removidos por no cumplir con los criterios de elegibilidad planteados. Finalmente fueron seleccionados 35 documentos de elegibilidad entre libros de propia biblioteca además de la búsqueda en base de datos como revistas y estudios científicos. Las intervenciones estaban centradas en personas sanas adultas, utilizando métodos de evaluación por electromiografías

**X b. Tabla de Comparaciones de Estudios**

Ver en página siguiente.

Estudio	Método	Dosificación			Resultados a Corto Plazo	Eficacia	Diferencias	
Mark D. Faries y Mike Greenwood (2007)	* Ahuecamiento de la zona abdominal * Bioalimentador inflable * Evaluación abdominal inferior de Sahrman * Transductor de presión inflable, como el Stabilizer (Chattanooga Pacific Pty. Ltd) * Prueba de Sahrman	Nº de Ejercicios	Intensidad	Base Inestable	Controlar el sistema de estabilización local Un programa de ejercicios de estabilización lumbar de 4 semanas mejoró la capacidad de realizar ejercicios de estabilización lumbar. Seis semanas de entrenamiento con pelota suiza específicamente diseñadas para la activación del core mejoraron significativamente la capacidad de la musculatura del core para estabilizar la columna	si	Base Inestable	Sin Base
		5 Niveles	Entre 10 mmh - 40	No			* Generan más control neuromuscular	* Sistema local y global
		4 ejercicios	30'' a 40''	Si			* Estabilidad de musculos locales	
Escamilla RF, Lewis C, Bell D, Bramblet G, Daffron J, Lambert S, et al. J Orthop Sports Phys Ther. (2010)	* Electromiográficos (EMG)	8	4 x 3''	Si	Se clasificaron de menor a mayor actividades musculares de tablas 1 y 2, 0% a 20% MMC se consideró actividad muscular baja, 21% a 40% MMC se consideró actividad muscular moderada, 41% a 60% MMC se consideró actividad muscular alta y más del 60% MMC se consideró actividad muscular muy alta.	si	* Los ejercicios decubito ventral fueron los ejercicios con mayor actividad EMG por lo tanto los mas efectivos para la estabilidad central. *El ejercicio sentado fue el de menos actividad de la zona media	* Los ejercicios sin base fueron considerados de actividad muscular con niveles bajos a moderados ambos estan expresados en tablas 1 y 2
		2	4x 3''	NO				
Akuthota V, Nadler SF. (2004)	* Dispositivos de biorretroalimentación * Señales verbales, ahuecamiento de la zona abdominal. * Los 3 planos ( alcances multidireccional, leg squat, balance )	5		SI	Mejora la presión intraabdominal y enoaciones baja el porcentaje de dolor lumbar para los ejercicios sin base inestable. Con base inestable se ve una mejora en deportistas y personas con lesiones de LCA.	SI	* Ejercicios que desafían la propiocepción funcionan en la porción aferente del bucle de control neuromuscular y estimulan diferentes propioceptores.	* Mayor compresión de la zona lumbo pelvica en posición de pie en planos sagital
		3		NO				
		3		NO				
W. Ben Kibler, Joel Press and Aaron Sciascia, (2006)	* Monopodal con interacción visual sin señales * Estabilidad funcional, evaluado monopodal en los tres planos cerca de la pared	6	* Según los criterios del evaluador	NO	* La estabilidad de la cadera en rotación externa evita lesión LCA por lo tanto una zona media activa esta asociada con la recuperación * Los movimientos antisipatorios dan como resultado estabilidad en las extremidades desde proximal a distal	SI		* Ajustes posturales antisipatorios . * Da información de fuerzas excéntricas.
Fares Silhi-Vargas+José Bruneau-Chávez+Victor Rifo-Contreras+Roberto Iván Lagos-Hernández (2011)	* calistenia que ejecutaban rutinas de flexiones clásicas, dominadas y sentadillas	3	Peso corporal ( 4-5 sesiones x semana )	NO	* Ejercicios en suspensión presentan mayor activación de musculos abdominales. * Demanda de control neuromuscular , aumentando proresivamente su equilibrio dinámico.	SI	Control neuromuscular	
	* ejercicios de musculación clásicos (sentadillas, press banca, aperturas con mancuernas, elevaciones laterales, press hombros mancuernas alterno, remo con mancuerna, curl biceps barra, curl concentrado con mancuerna, curl antebrazos en pronación, side bend y sit up)	11	Pesas	NO	No tiene resultados de activación del core por estar en base estable	NO		
	abdominal en suspensión, abdominal inclinado, crunch en balón suizo, abdominal lateral y abdominal lateral con polea.	5	Poleas, balón suizo	SI	Ejercicios en situaciones de inestabilidad presentaron mayores niveles de activación muscular	SI		

EMG medio para cada músculo y ejercicio expresado como porcentaje de la MVIC de cada músculo							
Ejercicio	Recto superior abdomen *	Recto inferior abdomen*	Externo oblicuo*	interno oblicuo*	Lumbar paraespinal *	dorsal ancho Dorso*	recto ejercicio femoral*
Roll-out	63 (30)	53 (23)	46 (18)†,‡	46 (21)	6 (2)†	12 (9)†,‡,§,	8 (5)†,‡,§,  ,¶
Pike	47 (18)	55 (16)	84 (37)	56 (22)	8 (3)	25 (11)	24 (6)
Rodilla arriba	32 (15) #, **	35 (14) †	64 (39)	41 (16)	6 (3)	22 (13)	23 (8)
El esquiador	38 (17) #	33 (8) †, #	73 (40)	47 (18)	6 (3)	21 (10)	19 (8)
Extensión de cadera derecha ††	43 (21) #	44 (11)	56 (32)†	40 (26)†	7 (3)	17 (13)	9 (5)†,‡,§,  ,¶
Extensión de cadera izquierda ††	41 (24) #	39 (19)†	39 (19)†,‡,§	45 (25)	6 (3)	21 (14)	35 (18)
Flexión declinada	38 (20) #	37 (16)†	36 (24)†,‡,§	33 (18)†	6 (2)	18 (12)	10 (6)†,§,  ,¶
Crunch	53 (19)	39 (16)†	28 (17)†,‡,§,¶	33 (13)†	5 (2)†,‡,¶	8 (3)†,‡,§,  ,¶,§§	6 (4)†,‡,§,  ,¶
Sentadillas con las rodillas flexionadas	40 (13) #	35 (14)†, #	36 (14)†,‡,§	31 (11)†	6 (2)	8 (3)†,‡,§,  ,¶,§§	23 (12)
Marcha sentada a la derecha	7 (6)†,‡,§,  ,¶, #, **, ††, §§	7 (6)†,‡,§,  ,¶, #, **, ††, §§	14 (6)†,‡,§,  , #, ††, §§	16 (11)†,‡,§,  , #, **, ††, §§	5 (2)†	7 (3)†,‡,§,  ,¶,§§	18 (7)†,

Abreviaturas: EMG, señal electromiográfica; MVIC, contracción isométrica voluntaria máxima.

\*Diferencia significativa (PAG-.001) en EMG entre ejercicios abdominales basados en un análisis de varianza de medidas repetidas de 1 vía.

†Significativamente menos EMG en comparación con el lucio.

‡Significativamente menos EMG en comparación con el esquiador.

§Significativamente menos EMG en comparación con la rodilla arriba.

||Significativamente menos EMG en comparación con la extensión de cadera izquierda.

¶Significativamente menos EMG en comparación con los abdominales con las rodillas dobladas.

#Significativamente menos EMG en comparación con el despliegue.

\*\*Significativamente menos EMG en comparación con el crujido.

††Debido a que la actividad muscular solo se midió en el lado derecho del cuerpo, la actividad muscular contralateral se midió durante la extensión de la cadera hacia la izquierda y la actividad muscular ipsilateral se midió durante la extensión de la cadera hacia la derecha.

‡‡Significativamente menos EMG en comparación con la extensión de cadera derecha.

§§Significativamente menos EMG en comparación con la flexión de declive.

**Tabla 3 . Activación de los músculos centrales durante los ejercicios abdominales tradicionales y con pelota suiza. <sup>(09)</sup>**



Reclutamiento muscular relativo				
	muy alto (>60% mviC)	Alto (41%-60% mviC)	moderado (21%-40% mviC)	bajo (0%-20% mviC)
Recto abdominal superior	Roll-out	Crunch, extensión de cadera a la derecha,* (extensión de cadera izquierda*)	Abdominales con las rodillas dobladas esquiador, descenso-flexiones, rodillas arriba	Marcha sentada a la derecha
Recto abdominal inferior		Pike, roll-out extensión de cadera derecha*	Extensión de cadera a la izquierda,* crunch, deflexiones inclinadas, rodillas arriba, esquiador, abdominales con las rodillas dobladas	Marcha sentada a la derecha
Oblicuo externo	Pike, esquiador, de rodillas	Extensión de cadera a la derecha*, r	Extensión de cadera a la izquierda,* declive pusharriba abdominales con las rodillas dobladas	Marcha sentada a la derecha
oblicuo interno		Pike, esquiador, roll-out extensión de cadera izquierda,* rodilla arriba	Extensión de cadera a la derecha,* declive pusharriba,crunch abdominales con las rodillas dobladas	Marcha sentada a la derecha
Paraespinales lumbares				Pike, roll-out, extensión de cadera a la derecha,* cadera extensión a la izquierda,* abdominales, flexiones declinadas, rodillas arriba, esquiador, abdominales con las rodillas flexionadas, marcha sentada a la derecha
Dorsal ancho			Pike, de rodillas, esquiador	Roll-out, extensión de cadera derecha,* cadera extensión a la izquierda,* abdominales, flexiones declinadas, abdominales con las rodillas flexionadas, marcha sentada a la derecha
Recto femoral			Extensión de cadera a la izquierda*, pica rodilla arriba,abdominales con las rodillas dobladas	Esquiador, marcha sentada a la derecha, descenso push-up, extensión de cadera derecha,* roll-out, crunch
<p>*Durante los 2 ejercicios de extensión de cadera (extensión de cadera derecha e izquierda), los flexores de la cadera derecha (recto femoral) mostraron una actividad muscular moderada cuando se extendía la cadera izquierda (extensión de cadera izquierda) y una actividad muscular baja cuando se extendía la cadera derecha (extensión de cadera derecha) . El oblicuo interno derecho exhibió una alta actividad muscular durante la extensión de la cadera izquierda y una actividad muscular moderada durante la extensión de la cadera derecha. El oblicuo externo derecho y el recto inferior derecho del abdomen exhibieron una alta actividad muscular durante la extensión de la cadera derecha y una actividad muscular moderada durante la extensión de la cadera izquierda. El recto superior derecho del abdomen exhibió una alta actividad muscular durante la extensión de la cadera a la derecha y la extensión de la cadera a la izquierda.</p>				

**Tabla 4 . Activación de los músculos centrales durante los ejercicios abdominales tradicionales y con pelota suiza <sup>(09)</sup>**

Grupo Musculación				Grupo Calistenia			
Ejercicio	Recto abdominal (mV)	Oblicuo externo (mV)	Friedman	Recto abdominal (mV)	Oblicuo Externo (mV)	Friedman	Significancia
Crunch	2,3±0,5	3±0,3		2,5±0,8	3,3±0,2		0,013*
Crunch con apoyo	2,2± 1,3	3,2±0,5		2,4± 1,7	3,4±0,5		0,013*
Oblicuo abdominal	1,5± 0,6	7,2±0,6		1,9± 1,1	7,5±0,5		0,03*
Abdominal inclinado	5±0,6	4,7±0,4		4,9±0,7	4,7±0,6		0,071
Abdominal en suspensión	7,9±0,8	5,3±0,7	0,00a	7,8±0,7	5,1±0,6	0,00b	0,084
Abdominal lateral	0,3±0,2	1,7±0,1		0,3±0,4	1,5±0,3		0,059
Abdominal lateral con polea	2,5±1,1	1,4±0,1		2,7±1,3	1,6±0,4		0,003*
<p>* Denota diferencia significativa con grupo de calistenia.  a Se observan diferencias significativas de respuestas electromiografías entre ejercicios en el grupo de musculación.  b Se observan diferencias significativas de respuestas electromiografías entre ejercicios en el grupo de calistenia.  Fuente: Elaboración propia con antecedentes de la investigación.</p>							

**Tabla 5.** Valor descriptivo de la respuesta electromiografía, en la musculatura del recto abdominal y oblicuo externo en los ejercicios Crunch, Crunch con apoyo, Oblicuo Abdominal, Inclinado, Suspensión, Lateral y Lateral Polea. <sup>(32)</sup>

## XI. Discusión

La falta de estabilidad en la zona lumbopélvica es la más común por esta causa la lesión intervertebral es la más representativa. El entrenamiento de la zona media es cada vez más utilizado para prevenir y readaptar las alteraciones vertebrales estas se dan tanto en posturas estáticas como también en los movimientos sobre cualquiera de los planos espaciales anatómicos, sin embargo, no hay un consenso entre profesionales habiéndose encontrado diferencias entre los protocolos utilizados en cada investigación. En este trabajo de tesina se estableció analizar los principios fisiológicos y biomecánicos de los músculos del core

En el análisis de los datos recolectados se encontró que la mayoría de las evaluaciones fueron por medio de métodos de (EMG), <sup>(8)</sup> transductor de presión <sup>(26)</sup> y visual sin orden de voz de mando en la mayoría de los estudios 80 % se ha aplicado base inestable <sup>(3,8,26)</sup> solo uno lo hizo sin base inestable. <sup>(7)</sup> Por lo que se encontró una variedad de estímulos. En cuanto a la cantidad de series es decir volumen se fueron dando de diferentes maneras solo uno ha utilizado 4 series <sup>(8)</sup> en otro se utilizó un grado de presión entre 10 y 40 mmh. <sup>(26)</sup> A su vez se analizaron una amplia cantidad de ejercicios, la mayoría utilizaron entre 2 y 10 ejercicios. En cuanto a la cantidad de semanas que se aplicaron los ejercicios, fueron entre 4 y 6 semanas <sup>(26)</sup> los demás no analizaron por semanas por lo que se hace difícil poder dar resultados en cantidad de semanas.

Se analizó la cantidad de estudios y varios de ellos no hablaba de datos concretos de lo analizado es decir solo un estudio presento datos de EMG. <sup>(8)</sup>

Por otra parte, estas investigaciones coinciden que los músculos locales serian, multífido, psoas mayor y menor, transverso del abdomen, cuadrado lumbar, diafragma, oblicuo interno y suelo pélvico y otros más superficiales como, recto abdominal, oblicuo externo, oblicuo interno fibras anteriores, iliocostal (porción torácica). <sup>(3,7,8,16)</sup>

Además, se incluyen en la estabilidad estructuras pasivas como tendones y ligamentos, pero no es lo adecuado sin la acción mecánica de los músculos. <sup>(2)</sup>

En cambio, otros estudios desarrollaron la importancia que tiene la coordinación de los músculos entre sí por parte de la actividad sensoriomotora relacionado con el SNC y la retroalimentación (feedforward). Estos tienen un desarrollo importante en la información visual

y no visual a través de cambios repentinos en la actividad sensorial de las estructuras y han demostrado un nivel anticipatorio para lograr rigidez y estabilidad a nivel esquelético (10,12,14,15,22). Por otro lado, estudios demuestran la importancia neuromuscular que depende del control sensoriomotor como el feedback y el feedforward proporcionado por vía refleja son descritos como acciones de anticipación o preactivación las cuales censan tipos de tensión, reajustes y coordinación entre los músculos por esta razón se debe pensar al SNC integrado en las respuestas neuromusculares, (23,24) el papel que cumple el core en estos principios se cumplen con la activación muscular y la sincronización neuromuscular utilizando algunos materiales por lo tanto la estabilidad y control no solo estaría relacionado con lo muscular sino también con el SNC.

Por lo tanto, resultaría oportuno contar con los estudios que demuestren cuales serían los protocolos de ejercicios ya que no fue objeto de estudio en esta investigación. Además, sería interesante aportar estudios con diferentes materiales como gomas, balones, etc. En futuros trabajos de investigaciones los profesionales deberían establecer pautas y criterios para prevenir lesiones y mejorar la calidad de movimiento.

## **XII. Conclusión**

En el análisis realizado de los artículos obtenidos se encontraron interesantes resultados de los músculos del core todos los investigadores coinciden en la importancia de los músculos locales y globales para la estabilidad lumbopélvica. Además, la mayoría de las investigaciones hacen hincapié en los efectos preventivos de lesiones a nivel lumbar y preventivo, incluso para el resto de extremidades. A partir de los estudios con EMG, los ejercicios que utilizaron bases inestables tienen una mayor activación de los músculos estabilizadores, cuando se habla de base inestable se deberá tener en cuenta que son situaciones con material o no que generarían perturbaciones aun así los que no utilizan base inestable no significa que no tengan competencia para entrenar los músculos detallados con anterioridad

Debido a la falta de consenso en los protocolos de ejercicios, se concluye que no hay un protocolo único para todos los casos por lo tanto el entrenamiento tanto muscular como del SNC son importantes para lograr estabilidad del core por ello resultaría importante abordar su entrenamiento con el principio de especificidad.

### XIII. Referencias Bibliográficas

1. Key J. 'The core': Understanding it, and retraining its dysfunction. *J Bodyw Mov Ther* [Internet]. octubre de 2013 [citado el 21 de septiembre de 2022];17(4):541–59. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1360859213001162>
2. Panjabi MM. The Stabilizing System of the Spine. Part I. Function, Dysfunction, Adaptation, and Enhancement: *J Spinal Disord* [Internet]. diciembre de 1992 [citado el 18 de enero de 2023];5(4):383–9. Disponible en: <http://journals.lww.com/00002517-199212000-00001>
3. Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening<sup>1</sup>No commercial party having a direct financial interest in the results of the research supporting this article has or will confer a benefit upon the author(s) or upon any organization with which the authors is/are associated. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. marzo de 2004 [citado el 21 de septiembre de 2022];85:86–92. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003999303012358>
4. Boyle, Michael. Entrenamiento de la zona media (Core). En: *El entrenamiento funcional aplicado a los deportes*. 1ra ed. Madrid: Ediciones tutor, SA; 2017. p. 127–9.
5. Faries MD, Greenwood M. Core Training: Stabilizing the Confusion. *Strength Cond J* [Internet]. abril de 2007 [citado el 22 de septiembre de 2022];29(2):10–25. Disponible en: [https://journals.lww.com/nsca-scj/abstract/2007/04000/core\\_training\\_\\_stabilizing\\_the\\_confusion.1.aspx](https://journals.lww.com/nsca-scj/abstract/2007/04000/core_training__stabilizing_the_confusion.1.aspx)
6. França FR, Burke TN, Hanada ES, Marques AP. Segmental stabilization and muscular strengthening in chronic low back pain - a comparative study. *Clinics* [Internet]. 2010 [citado el 22 de septiembre de 2022];65(10):1013–7. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1807593222029271>
7. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The Role of Core Stability in Athletic Function: *Sports Med* [Internet]. 2006 [citado el 22 de septiembre de 2022];36(3):189–98. Disponible en: <http://link.springer.com/10.2165/00007256-200636030-00001>
8. Escamilla RF, Lewis C, Bell D, Bramblett G, Daffron J, Lambert S, et al. Core Muscle Activation During Swiss Ball and Traditional Abdominal Exercises. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. mayo de 2010 [citado el 22 de septiembre de 2022];40(5):265–76. Disponible en: <http://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2010.3073>
9. Escamilla RF, Lewis C, Bell D, Bramblett G, Daffron J, Lambert S, et al. Core Muscle Activation During Swiss Ball and Traditional Abdominal Exercises. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. mayo de 2010 [citado el 22 de septiembre de 2022];40(5):265–76. Disponible en: <http://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2010.3073>
10. Vera-García FJ, Barbado D, Moreno-Pérez V, Hernández-Sánchez S, Juan-Recio C, Elvira JLL. Core stability. Concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones. *Rev Andal Med Deporte* [Internet]. junio de 2015 [citado el 22 de septiembre de 2022];8(2):79–85. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1888754615000234>
11. Crisco JJ, Panjabi MM. Euler stability of the human ligamentous lumbar spine. Part I: Theory. *Clin Biomech* [Internet]. febrero de 1992 [citado el 22 de septiembre de 2022];7(1):19–26. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/026800339290003M>

12. Vera-Garcia FJ, Brown SHM, Gray JR, McGill SM. Effects of different levels of torso coactivation on trunk muscular and kinematic responses to posteriorly applied sudden loads. *Clin Biomech* [Internet]. junio de 2006 [citado el 22 de septiembre de 2022];21(5):443–55. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268003305003074>
13. Bergmark A. Stability of the lumbar spine: A study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand* [Internet]. enero de 1989 [citado el 22 de septiembre de 2022];60(sup230):1–54. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/17453678909154177>
14. Fundación Universitaria María Cano, Calvo Soto A, Gómez Ramirez E, Fundación Universitaria María Cano. The exercises of core as a therapeutic option for the management of low back pain. *Salud Uninorte* [Internet]. el 15 de abril de 2017 [citado el 22 de septiembre de 2022];33(2):259–67. Disponible en: <https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/salud/article/view/9249/214421442162>
15. Segarra V, Heredia JR, Peña G, Sampietro M, Moyano M, Mata F, et al. Core y sistema de control neuro-motor: mecanismos básicos para la estabilidad del raquis lumbar. *Rev Bras Educ Física E Esporte* [Internet]. septiembre de 2014 [citado el 22 de septiembre de 2022];28(3):521–9. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1807-55092014000300521&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-55092014000300521&lng=es&tlng=es)
16. 22-Core stability training ,aplication to sport - Copy.pdf.
17. Latash M, Scholz J, Danion F, Schöner G. Structure of motor variability in marginally redundant multifinger force production tasks. *Exp Brain Res* [Internet]. el 1 de noviembre de 2001 [citado el 26 de septiembre de 2022];141(2):153–65. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s002210100861>
18. Latash ML, Anson JG. Synergies in Health and Disease: Relations to Adaptive Changes in Motor Coordination. *Phys Ther* [Internet]. el 1 de agosto de 2006 [citado el 26 de septiembre de 2022];86(8):1151–60. Disponible en: <https://academic.oup.com/ptj/article/86/8/1151/2857478>
19. Segarra V, Heredia JR, Peña G, Sampietro M, Moyano M, Mata F, et al. Core y sistema de control neuro-motor: mecanismos básicos para la estabilidad del raquis lumbar. *Rev Bras Educ Física E Esporte* [Internet]. septiembre de 2014 [citado el 17 de enero de 2023];28(3):521–9. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1807-55092014000300521&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-55092014000300521&lng=es&tlng=es)
20. Jaric S, Russell EM, Collins JJ, Marwaha R. Coordination of hand grip and load forces in uni- and bidirectional static force production tasks. *Neurosci Lett* [Internet]. junio de 2005 [citado el 26 de septiembre de 2022];381(1–2):51–6. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030439400500176X>
21. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the Abdominal Muscles Associated With Movement of the Lower Limb. *Phys Ther* [Internet]. el 1 de febrero de 1997 [citado el 26 de septiembre de 2022];77(2):132–42. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/ptj/77.2.132>

22. Hodges PW, Richardson CA. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Exp Brain Res.* abril de 1997;114(2):362–70.
23. Fort Vanmeerhaeghe A, Romero Rodriguez D. Análisis de los factores de riesgo neuromusculares de las lesiones deportivas. *Apunts Med Esport [Internet]*. el 1 de julio de 2013 [citado el 26 de septiembre de 2022];48(179):109–20. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1886658113000157>
24. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train.* enero de 2002;37(1):71–9.
25. Vleeming A, editor. *Movement, stability & lumbopelvic pain: integration of research and therapy.* 2. ed. Edinburgh: Churchill Livingstone, Elsevier; 2007. 658 p.
26. Faries MD, Greenwood M. Core Training: Stabilizing the Confusion. *Strength Cond J [Internet]*. abril de 2007 [citado el 26 de septiembre de 2022];29(2):10–25. Disponible en: <http://journals.lww.com/00126548-200704000-00001>
27. Cholewicki J, Pm SMM. Mechanical stability of the in viva lumbar spine: implications for injury and chronic low back pain.
28. Jerónimo Milo. *El Nucleo.* En: *Fuerza Entrenamiento Anatomía : análisis e integración de conceptos.* 1ª. Buenos Aires: JMILO Ediciones; 2020. p. 57–8.
29. Liebenson C. *Manual de entrenamiento funcional.* 1ª ed. Badalona: Paidotribo; 2019. 451 p.
30. Brown SHM, McGill SM. Muscle force–stiffness characteristics influence joint stability: A spine example. *Clin Biomech [Internet]*. noviembre de 2005 [citado el 28 de septiembre de 2022];20(9):917–22. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268003305001427>
31. Boyle M, Manso de Zúñiga G. *El entrenamiento funcional aplicado a los deportes.* Madrid: Ediciones Tutor, S.A.; 2017.
32. Silhi-Vargas F, Bruneau-Chávez B, Rifo-Contreras V, Lagos-Hernández R. Diferencias de actividad electromiográfica abdominal en el entrenamiento del core. *Salud UIS.* 2022; e22009. doi: <https://doi.org/10.18273/saluduis.54.e:22009>

