



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

COMPARACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL *TRX*® *VERSUS* EJERCICIOS DEL
CORE EN EL FORTALECIMIENTO DE LA FAJA ABDOMINAL EN ADULTOS
JÓVENES

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Licenciados en Fisioterapia

Profesor guía

Lic. Ft. Marcelo Baldeón V.

Autores

JORGE ALEJANDRO CARRILLO ROGEL

CHRISTIAN DAVID JARAMILLO TAPIA

Año

2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA.

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con los estudiantes orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Lic. Ft. Marcelo Baldeón V.

CI: 1707618136

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR.

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Lenin Mauricio Pazmiño V.
M. Sc. En Rehabilitación Física
CI: 1712511672

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE.

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Jorge Alejandro Carrillo Rogel

CI: 1726605759

Christian David Jaramillo Tapia

C.I: 1722406731

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por la salud y conocimiento que nos ha brindado durante toda nuestra formación académica, por ayudarnos a culminar con éxito este tan anhelado sueño, al maestro en artes marciales David Lazar quien apoyó este proyecto, a nuestro tutor de tesis Lic. Ft. Marcelo Baldeón, quien creyó en esta investigación y nos orientó correctamente durante este ciclo de nuestras vidas.

Y finalmente a todos los profesores que nos impartieron sus conocimientos, como actuar con ética, responsabilidad y calidad humana para afrontar nuestra vida profesional.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi madre Narcisa Rogel, a mi padre Jorge Carrillo que me han brindado su apoyo y confianza incondicional a lo largo de mi vida estudiantil, de igual manera al Ingeniero en Finanzas Xavier Cerón quién me brindó su apoyo para empezar mi carrera universitaria y por último a mi amigo Christian Jaramillo por la aceptación, colaboración y paciencia que tuvo conmigo durante esta investigación y así culminar con éxito el presente trabajo.

Alejandro.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación primero a Dios, por brindarme perseverancia y ganas de seguir adelante por mis sueños, a mi padre Marco Jaramillo y a mi madre Elizabeth Tapia por ser mi apoyo incondicional, por darme su confianza y enseñarme a ser una persona con buenos valores, a mi familia en general que ha estado siempre conmigo en las buenas y malas durante toda mi vida, a mi compañero y amigo Alejandro Carrillo por su apoyo, paciencia y profesionalismo al realizar este trabajo de investigación. Y finalmente a todos aquellos que nunca me han faltado, que me han brindado su amistad sincera y soporte para crecer en mi formación profesional.

Christian.

RESUMEN

OBJETIVO: Comparar la eficacia de la aplicación de los ejercicios de suspensión TRX® versus los ejercicios del *CORE* en el fortalecimiento muscular de la faja abdominal en adultos jóvenes.

MATERIALES Y MÉTODOS: Se incluyeron en el estudio 12 participantes hombres sanos de entre 18 a 30 años, fueron seleccionados aleatoriamente en los clubes de artes marciales y defensa personal de la Universidad de las Américas y fueron divididos en dos grupos experimentales, cada grupo de seis participantes. Un primer grupo experimental 1 designado Grupo *CORE* (GC), realizó un plan de entrenamiento basado en ejercicios de la musculatura central. El segundo grupo experimental 2 designado Grupo TRX (GT), realizó un plan de entrenamiento basado en ejercicios de suspensión TRX®, ambos grupos entrenaron 4 veces a la semana durante dos meses.

RESULTADOS: El análisis estadístico no mostró un aumento de fuerza significativa después del período de entrenamiento ($p=0,09$) en relación al grupo *CORE* y grupo TRX; el perímetro abdominal no disminuyó significativamente ($p=0,74$) en relación a los dos grupos; en el reclutamiento muscular en el ejercicio de plancha prona para el recto abdominal no se mostró un aumento significativo ($p=0,08$), en el reclutamiento muscular en el ejercicio de plancha prona para el oblicuo externo no se mostró un aumento significativo ($p=0,07$); en el reclutamiento muscular en el ejercicio de plancha lateral para el recto abdominal no se mostró un aumento significativo ($p=0,8$); y en el reclutamiento muscular en el ejercicio de plancha lateral para el oblicuo externo no se mostró un aumento significativo ($p=0,4$) en relación a los dos grupos.

CONCLUSIÓN: La fuerza aumentó en los dos grupos después del entrenamiento. El uso del TRX® incrementó en mayor proporción la fuerza en relación a los ejercicios de *CORE* tradicionales. El perímetro abdominal disminuyó en ambos

grupos después del entrenamiento, pero este resultado no fue significativo. El reclutamiento muscular aumentó en todos los ejercicios y todos los músculos de ambos grupos.

PALABRAS CLAVES: *CORE*, Musculatura central, TRX®, Ejercicio en suspensión, Electromiografía, Reclutamiento muscular, Ejercicio de plancha, Recto abdominal, Oblicuo externo.

ABSTRACT

OBJECTIVE: To compare the efficacy of the use of TRX® suspension exercises versus *CORE* exercises in the muscular strengthening of the abdominal girdle in young adults.

MATERIALS AND METHODS: Twelve healthy male participants, aged 18-30 years, were included in the project. The participants, from “Universidad de las Américas”, were randomly selected from the martial arts and self-defense clubs and divided into two experimental groups; each of six participants. A first experimental group (1) was designated as the *CORE* Group (GC), to perform a training plan based on exercises of the central musculature. The second experimental group (2) was designated as the TRX Group (GT) to perform a training plan based on TRX® suspension exercises. Both groups trained 4 times a week for two months.

RESULTS: The statistical analysis made did not show a significant increase in strength after the training period ($p = 0.09$) in relation to the *CORE* group and TRX group. The abdominal perimeter did not show any significant decrease ($p = 0.74$) in relation to the other two groups. On the other hand, in the muscle recruitment, the prone plank exercise for the rectus abdominis did not show a significant increase ($p = 0.08$). Similarly the muscle recruitment in the prone plank exercise for the external oblique, did not show a significant increase ($p = 0.07$). Furthermore, in the muscle recruitment in the lateral plank exercise for the rectus abdominis, there wasn't a significant increase ($p = 0.8$). Finally, in the muscle recruitment on lateral plank exercise for the external oblique, there wasn't a significant increase either ($p = 0.4$) in relation to the two groups.

CONCLUSION: To conclude, strength increased in both groups after training, but, the use of TRX® increased strength more than the traditional *CORE* exercises. The abdominal perimeter decreased in both groups after training; however this

result was not significant. Muscle recruitment increased in all exercises and all muscles in both groups.

KEY WORDS: *CORE*, Central musculature, TRX®, Exercise in suspension, Electromyography, Muscle recruitment, Plank exercise, Rectus abdominis, External oblique.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. MARCO TEÓRICO	4
1.1.- Antecedentes del concepto <i>CORE</i>	4
1.2.- Conformación anatómica del <i>CORE</i>	5
1.2.1.- Oblicuo externo (OE).....	6
1.2.2.- Recto abdominal (RA)	7
1.3.- Sistema estabilizador local	10
1.4.- Sistema estabilizador global.....	10
1.5.- Técnica de fortalecimiento muscular específica para el <i>CORE</i> ...12	
1.5.1.- Principios del Método <i>CORE</i> Training	12
1.5.2.- Control Neuromuscular o Estabilización Central (<i>Core Stability</i>).....	12
1.5.3.- Resistencia Muscular Suficiente	13
1.5.4.- Fortalecimiento (<i>Core Strength</i>) y su contribución a la estabilización pasiva.....	13
1.5.5.- La posición neutra y control de la zona neutra de la columna	14
1.5.6.- Ventilación normal	15
1.5.7.- Ejecución consciente.....	15
1.5.8.- Variables a considerar durante el ejercicio	15
1.5.9.- Principios relacionados con el aprendizaje motor (especificidad, funcionalidad y transferencia)	16
1.6.- Niveles de trabajo del <i>CORE</i>	17
1.6.1.- Nivel 1. Activación	17
1.6.2.- Nivel 2. Estables en suelo	17
1.6.3.- Nivel 3. Funcionales en apoyo	17

1.6.4.- Nivel 4. Con material alternativo	18
1.6.5.- Nivel 5. Inercia y Potencia	18
1.7.- Historia del entrenamiento en suspensión TRX®	19
1.8.- Beneficios del entrenamiento en suspensión	20
1.9.- Funcionamiento de los ejercicios en suspensión	22
1.10.- Progresiones del entrenamiento en suspensión	23
1.10.1.- Cambiando el ángulo corporal	23
1.10.2.- Cambiar la postura inicial en relación con el punto de anclaje	24
1.10.3.- Cambiando el tamaño y la colocación de la base de apoyo del cuerpo con la base estable como el suelo	25
1.11.- TRX® en la rehabilitación	26
1.12.- Suspensión en terapia	26
1.13.- Tipos de fibras musculares	27
1.14.- Inervación del músculo	28
1.14.1.- Reclutamiento de fibras	28
1.15.- Tipos de contracciones musculares	29
1.16.- Fuerza	29
1.16.1.- Fuerza funcional	30
1.16.2.- Fuerza máxima	30
1.16.3.- Fuerza relativa	30
1.16.4.- Fuerza estática o rápida	31
1.17.- Antecedentes de la electromiografía	31
1.17.1.- Origen de la señal electromiográfica	31
1.18.- Conductividad y tipos de electrodos	33
1.18.1.- Colocación de los electrodos	34
CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	35
2.1.- Justificación	35

2.2.- Hipótesis.....	37
2.3.-Objetivos.....	37
2.3.1.- Objetivo general	37
2.3.2.- Objetivos específicos	38
CAPÍTULO III. MARCO METODÓLOGICO	39
3.1.- Enfoque/ tipo de estudio.....	39
3.2.- Población.....	39
3.3.- Muestra.....	39
3.4.- Participantes.....	39
3.5.- Criterios de inclusión y exclusión	40
3.6.- Operacionalización de las variables	40
3.7.- Materiales: aparatos, equipos y test.....	41
3.8.- Procedimiento experimental	43
3.9.- Análisis de datos	49
CAPÍTULO IV RESULTADOS.....	50
4.1.- Resultados.....	50
4.1.2.- Perímetro abdominal.....	51
4.1.3.- Reclutamiento muscular (RM).....	51
4.2.- Discusión.	55
4.2.1.- Fuerza.....	56
4.2.2.- Perímetro abdominal.....	57
4.2.3.- Reclutamiento muscular (RM).....	58
4.3.- Impacto clínico.....	60
4.4.- Límites del estudio.....	61
4.5.- Conclusiones	62
4.6.- Recomendaciones	62

REFERENCIAS	64
ANEXOS	70

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1.El cilindro muscular del CORE.	6
Figura 2. Músculo oblicuo externo.....	7
Figura 3. Músculo recto abdominal	8
Figura 4. Pirámide de trabajo del CORE por niveles.....	19
Figura 5. Sistema de suspensión TRX®	20
Figura 6. Cambio del ángulo del corporal.....	24
Figura 7. Cambio de postura inicial en relación con el punto de anclaje.....	24
Figura 8. Cambio de tamaño y la colocación de la base de apoyo.	25
Figura 9. Representación de la despolarización de la motoneurona.....	32
Figura 10. Electrodo flotantes.....	33
Figura 11. Localización de los electrodos para OE (A) y Paraespinales (B)	34
Figura 12. Electromiógrafo EMG EP SYSTEM.....	42
Figura 13. Estiramiento de la musculatura abdominal.....	44
Figura 14. Valores alcanzados en la medición de fuerza en GC y GT.	50
Figura 15. Valores alcanzados en la medición de perimetría en GC y GT.....	51
Figura 16. Medición del reclutamiento muscular en PPRA.	52
Figura 17. Medición del reclutamiento muscular en PPOE.	53
Figura 18. Medición del reclutamiento muscular en PLRA.	54
Figura 19. Medición del reclutamiento muscular en PLOE.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistema estabilizador local.	11
Tabla 2. Músculos estabilizadores.	11
Tabla 3. Criterios de inclusión y exclusión.	40
Tabla 4. Operacionalización de las Variables.....	40
Tabla 5. Colocación de electrodos en músculos OE y RA.	47

INTRODUCCIÓN

El concepto del *CORE* es una modalidad terapéutica en auge durante los últimos años dentro del campo de la rehabilitación física. El término "*CORE*" ha definido a la musculatura axial del tronco y abdomen como responsables de la estabilidad, de resistir las perturbaciones de la columna vertebral y la transferencia de energía a través de las extremidades durante la actividad física.

Este cilindro está constituido por una doble pared muscular. La primera, una pared interna conformada por los músculos profundos locales, la segunda por una pared externa compuesta por el sistema muscular global externo que influye directamente sobre el alineamiento postural y contribuye a la producción del control en los rangos de movimiento corporal (Txomin et al., 2014).

Es importante considerar que los músculos del *CORE* corresponden a dos sistemas activadores: el sistema global es responsable de la ejecución del movimiento, mientras que el sistema local es estabilizador y responde a los desequilibrios musculares, su alteración conlleva a que los músculos movilizados globales se tornen dominantes, priorizando la función estabilizadora en lugar de la movilizadora, esta disfunción puede manifestarse como patrones restrictivos y movimientos compensatorios (Giraldo, 2011).

El objeto de los programas de entrenamiento sobre el *CORE* es normalizar el control y la capacidad muscular, la resistencia y la fuerza muscular para estabilizar la columna vertebral en sus rangos de movilidad fisiológicos (Ávila et al., 2013).

El entrenamiento en suspensión TRX®, tuvo sus inicios en las fuerzas militares de los *Navy Seals* de EEUU como una necesidad para conservar el estado físico. El entrenamiento en suspensión TRX® proporciona una ventaja en comparación con el ya conocido protocolo de entrenamiento de fuerza, ya que todos los ejercicios

de entrenamiento en suspensión TRX® brindan una verdadera fuerza funcional y mejora tanto el equilibrio como la estabilidad del núcleo central al mismo tiempo, adicionalmente produce una mejora de la flexibilidad, tal como se utiliza en todo deporte y actividades de la vida diaria. (Suárez et al., 2015).

El entrenamiento en suspensión se desarrolla utilizando las fuerzas de gravedad como una fuerza externa, si se le agrega el peso propio del cuerpo se obtiene como resultado una suma de fuerzas que en el ejercicio son consideradas como la resistencia. El uso del TRX® proporciona una mejora en equilibrio y en marcha, pero principalmente provee aumento considerable de fuerza, las mejoras en equilibrio se explican por la activación del núcleo central o también llamado musculatura del *CORE* (Gaedtke, 2015).

La electromiografía es una técnica de evaluación que registra la actividad eléctrica de un músculo durante una contracción, puesto que, en el músculo ocurre una despolarización de membranas las cuales ocasionan variaciones de voltaje sobre las fibras musculares y estas señales son las que el electromiógrafo plasma en una gráfica (Álvarez, 2006).

La señal que se registra en el electromiógrafo se produce de la siguiente manera: al ocurrir una activación muscular la unidad motora (componente esencial del sistema músculo-nervioso) genera un potencial de acción, debido al reclutamiento de varias unidades motoras que se activan en patrones no simultáneos y generan este registro gráfico que indica los patrones activados en una contracción muscular, esta señal es transmitida únicamente de la zona en la que se ubican los electrodos de superficie y amplificada por el electromiógrafo (Leal, 2015).

El presente estudio propone la observación del reclutamiento de fibras musculares durante la realización de ejercicios de contracción isométrica utilizando electromiografía para cuantificar la intensidad del trabajo muscular y analizar

específicamente el comportamiento del recto abdominal y el oblicuo externo. Entiéndase por reclutamiento de fibras musculares a la suma de unidades motoras que generan una fuerza en presencia de un trabajo muscular, adicionalmente para medir el progreso de la fuerza muscular se aplicó un test de fuerza abdominal específico para la evaluación de la cadena flexora del tronco.

CAPITULO I. MARCO TEÓRICO

1.1.- Antecedentes del concepto *CORE*

El concepto del *CORE* es una modalidad terapéutica en auge durante los últimos años dentro del campo de la rehabilitación física, sin embargo, el concepto de *CORE* fue motivo de estudio desde inicios de la década de los años 60, los investigadores Morris, Lucas y Bresler en 1961 señalaron al tronco y abdomen como estructuras importantes en la estabilidad lumbar y entendiendo por *CORE* a la musculatura que envuelve el centro de gravedad (Inaugural, 2015). Se han determinado varios términos sinónimos o relacionados con el trabajo de fortalecimiento muscular *CORE* entre los más usados se precisan: estabilización lumbar, estabilización del tronco, estabilización de la columna vertebral, estabilización dinámica, entrenamiento sobre el control motor, control de la columna neutral entre otros.

Al entrenamiento del *CORE* se lo relaciona con los ejercicios del “control de tronco” y no tanto como se cree usualmente al término “entrenamiento de la musculatura abdominal”, en base a la relación compleja que existe entre los grupos musculares a nivel de las cavidades torácica, pélvica y abdominal (Ávila et al., 2013). En relación a lo mencionado, el objeto de los programas de entrenamiento sobre el *CORE* es normalizar el control y la capacidad muscular, la resistencia y la fuerza muscular para estabilizar rangos de movimiento seguros (Ávila et al., 2013).

Este estudio, desde el enfoque de la rehabilitación física en el área deportiva, plantea una nueva visión sobre los beneficios terapéuticos del entrenamiento y fortalecimiento de la musculatura específica de la región central del tronco, sus efectos sobre los trastornos de la columna vertebral u otras patologías

relacionadas al *CORE*; por citar algunas de las ventajas, se obtiene una mejora del gesto deportivo, la prevención de lesiones, la reducción del dolor en relación a patologías lumbares, entre otras.

En otras palabras, es posible estabilizar esta zona corporal a través del control de la posición y los movimientos del tronco sobre la pelvis, se consigue una adecuada producción y transferencia de fuerzas hacia las extremidades distales en las actividades cotidianas y, por medio de un trabajo idóneo de la musculatura del *CORE*, se presume habrá una mejor estabilización de las vértebras lumbares y por consiguiente una armonía de trabajo muscular que se traduzca en una disminución del índice de lesiones o molestias en la zona de la espalda baja.

1.2.- Conformación anatómica del *CORE*

Al *CORE* se lo representa como una caja muscular de cuatro caras: anterior, posterior, superior e inferior. En la zona anterior los músculos abdominales y oblicuos, en la posterior los paraespinales y glúteos, en la parte superior el diafragma y en la región inferior los músculos del suelo pélvico, dentro de esta caja se cuentan 29 pares de músculos los cuales proporcionan estabilidad a la columna vertebral, a la pelvis y a las cadenas musculares en los movimientos funcionales.

Según lo citado en el estudio de Txomin (2014) este cilindro está constituido por una doble pared muscular. La primera una pared interna conformada por los siguientes músculos profundos locales: diafragma, transverso del abdomen (TA), multifidos lumbares (ML), psoas y músculos del suelo pélvico (Figura 1). La segunda por una pared externa compuesta por el sistema muscular global externo, cuyo rol es proporcionar una estabilidad y movilidad global, influyen directamente sobre el alineamiento postural y contribuyen a la producción del control en los rangos de movimiento corporal, estos músculos son: los oblicuos del abdomen:

oblicuo interno (OI) y oblicuo externo (OE), músculos espinales (ME), las fibras oblicuas del cuadrado lumbar y ciertas contribuciones de los músculos del suelo pélvico.

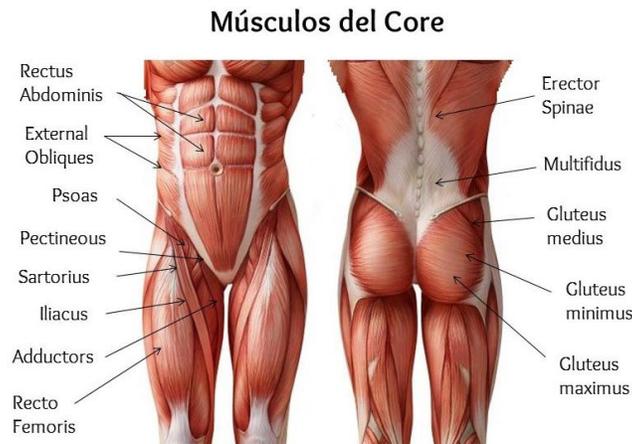


Figura 1. El cilindro muscular del CORE Tomada de Cecilia, 2015.

Se debe aclarar que el presente estudio centrará su atención en el comportamiento de los músculos oblicuo externo (OE) y recto abdominal (RA) del lado derecho, esto debido a las características del electromiógrafo de superficie disponible, a continuación serán descritos estos músculos según la información tomada de Martín (2012).

1.2.1.- Oblicuo externo (OE)

Músculo abdominal lateral es el más largo de los dos grupos de oblicuos. Trabaja en conjunto con el oblicuo interno del lado opuesto para flexionar y rotar la columna lumbar. Su origen es en la cara lateral costal de la 5^a – 12^a costilla, por medio de digitalizaciones cerradas que se van confundiendo con las de los músculos serrato mayor y dorsal ancho, y de ahí toman una dirección que va hacia abajo y hacia delante (Figura 2). Se inserta en una línea amplia ocupando la zona que va desde la cresta ilíaca a la porción externa de la aponeurosis de los rectos

abdominales. Algunas fibras al llegar a la espina iliaca anterosuperior se dirigen a los contornos del pubis formando un orificio pequeño denominado anillo inguinal, por el cual atraviesan los nervios, arterias y venas femorales.

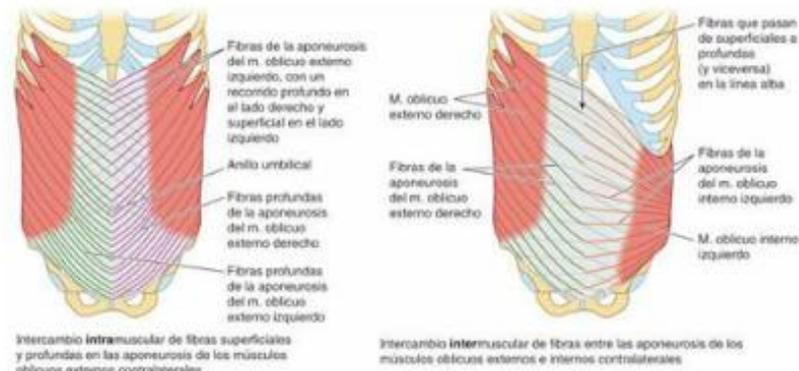


Figura 2. Músculo oblicuo externo. Tomado de Moore, 2013, p.190

1.2.2.- Recto abdominal (RA)

Sus fibras se ubican verticalmente, uniendo la caja torácica con la pelvis, su función primordial es flexionar anteriormente al tronco, aunque al trabajar con otros músculos comprime el abdomen. Se trata de un músculo constituido por 4 vientres musculares apartados por bandas tendinosas. La más inferior a la altura del ombligo, mientras que la más superior está a la altura de la octava costilla, a cada zona llegan nervios independientes que inervan cada segmento, exceptuando la zona intermedia formando una aponeurosis, recubierta por una fascia común que proporciona a esta zona una mayor contención para el desplazamiento de los músculos rectos del abdomen (Figura 3).

Las fibras superiores del RA, OE y OI operan en conjunto, flexionando el tronco hacia adelante o en diagonal (Vera et al., 2015). Las fibras inferiores del RA, OE y OI, actúan juntas llevando la pelvis a retroversión, no obstante, la función más relevante de las fibras inferiores es la estabilización y control del movimiento de la

pelvis durante actividades de marcha o bipedestación conservando una posición fija de la cadera (Vera et al., 2015).

Su origen es en el borde superior del pubis a través de un tendón pequeño que mide entre 2 a 3 cm. Su inserción se fija en la cara anterior de los cartílagos costales 5^o, 6^o, 7^o y el apéndice xifoides.

Otras funciones atribuidas al RA es contribuir en la postura humana erecta y a mantener las vísceras en su posición, además limita la inspiración máxima y favorece la espiración.

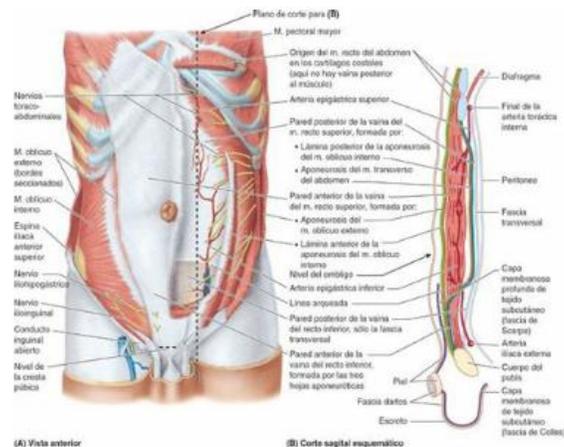


Figura 3. Músculo recto abdominal. Tomado de Moore, 2013, p.192

Para el entrenamiento y fortalecimiento abdominal global éste se debe asociar al trabajo muscular del complejo lumbo-pélvico, debido a que está ligado íntimamente al funcionamiento que realizan los músculos del *CORE*.

Como lo menciona en el estudio Narváez (2014) existen varios componentes que forman parte del complejo lumbo-pélvico entre estos están: la musculatura señalada anteriormente sobre el *CORE*, la columna vertebral, los ligamentos y los mecanos receptores que conforman un sistema de estabilización vertebral. Este sistema es conocido como sistema estabilizador, el mismo que se subdivide en 3

subsistemas relacionados entre sí y clasificados en un subsistema pasivo, otro muscular activo y un tercero neurológico. En el estudio de Panjabi (1992) se observó que estos subsistemas mantienen una interrelación que posibilita, en el caso de un fallo de alguno de ellos, el otro compensa este déficit. Este desequilibrio puede deberse a daños en los tejidos y desbalances musculares comprometiendo su resistencia o fuerza, además de daños articulares, disfunción ligamentaria o alteraciones en el control motor producto de una combinación de fallas en los 3 subsistemas.

- El sub-sistema pasivo compuesto por estructuras óseas y ligamentarias que proporcionan estabilidad a la columna vertebral y mantienen la postura en posiciones estáticas.
- El sub-sistema activo conformado por los músculos que rodean la columna toraco lumbar, brindan soporte muscular a nivel intervertebral para mantener la estabilidad aún ante la influencia de una carga determinada.
- El tercer componente también conocido como sistema de control neurológico que se basa en la integridad sensorio motriz por medio de sus mecanismos de *feedback* y *feedforward* (Panjabi, 1992).

La estabilidad lumbo-pélvica se consigue por medio de una interacción idónea de estos 3 sub-sistemas, básico para el movimiento de los miembros superiores e inferiores, soportan las cargas impuestas en la columna vertebral y se proveen una protección tanto a la médula espinal como a las raíces nerviosas (Tabla 1).

Este estudio profundiza en el subsistema activo debido a que hace referencia a la activación muscular, la cual facilita la fuerza para mantener o mover un segmento corporal, este subsistema activo cuenta con una subdivisión que clasifica a los grupos musculares en locales-globales según características funcionales y morfológicas.

1.3.- Sistema estabilizador local

Formado por músculos pequeños y profundos, se originan o se insertan directamente en las vértebras lumbares, gracias a esta ubicación influyen en el aumento de la presión intraabdominal, proporcionando una mayor fijación del segmento lumbar y al mismo tiempo controlando el movimiento intersegmental, las fibras musculares son de contracción lenta, al mismo tiempo estos músculos no se caracterizan por ser fuertes debido a que su función en sí es facilitar soporte local y proporcionar acciones correctivas para las demandas corporales. Su ubicación estratégica está diseñada para cuidar la integridad de la columna lumbar y se los conoce como “músculos posturales”. Según Giraldo (2011) en este grupo se incluye el transverso del abdomen y los multifidos lumbares (Tabla 2).

1.4.- Sistema estabilizador global

Constituido por músculos largos y superficiales, su función es la de producir movimiento, las fibras de estos músculos son de contracción rápida, son capaces de generar velocidad, potencia y arcos de movimiento amplios abarcando diversos planos de movimiento. Dentro de estos están el RA, las fibras laterales del OE, el erector espinal y el dorsal ancho; son capaces de originar niveles de fuerza altos y fundamentales para mantener y estabilizar el complejo lumbo-pélvico (Panjabi, 2003).

Al hablar de músculos globales se debe mencionar también a los flexores y extensores de cadera, suelen ser poco reconocidos, se originan en la pelvis o en las vértebras lumbares y se insertan en la porción proximal del fémur y tibia, estos músculos son: los flexores de cadera (recto femoral, sartorio, ilíaco, psoas mayor y psoas menor); los extensores de cadera (glúteo máximo, semimembranoso,

semitendinoso y la cabeza larga del bíceps femoral); los aductores de cadera (aductor magno, aductor corto, aductor largo, gráciles y pectíneo) y los abductores de cadera (tensor de la fascia lata, glúteo medio y glúteo menor (Giraldo, 2011) (Tabla 2).

Tabla 1. *Sistema estabilizador local.*

SISTEMA ESTABILIZADOR					
PASIVO	ACTIVO			NEUROLÓGICO	
Ligamentos intervertebrales.	M. Local Transverso del abdomen. Multífidos. Oblicuo interno. Cuadrado lumbar.	Características Profundos. Fibras de contracción lenta. Se activa en ejercicios de resistencia. Débiles. Pobre reclutamiento. Pueden ser inhibidos fácilmente.	M. Global Recto abdominal. Fibras oblicuas del oblicuo externo. Psoas mayor. Erector espinal.	Características Superficiales. Fibras de contracción rápida. Se activan en ejercicios de fuerza. Gran reclutamiento. Se activan a altos niveles de resistencia (más de 40%).	Mecanorreceptores (Huso neuromuscular y órgano tendinoso de Golgi).

Tomado de (Faries, M; Green Wood, M. 2000).

Tabla 2. *Músculos estabilizadores.*

SISTEMA ESTABILIZADOR LOCAL	SISTEMA ESTABILIZADOR GLOBAL
Intertransversos	Longuísimo del tórax (porción dorsal)
Interespinal	Intercostal (porción dorsal)
Multífidos	Cuadrado lumbar (fibras laterales)
Longuísimo del tórax (porción lumbar)	Recto abdominal
Intercostal lumbar	Oblicuo externo
Cuadrado lumbar (fibras medias)	Oblicuo interno
Transverso abdominal	
Oblicuo interno (inserción en fascia toraco-lumbar)	

Tomado de (Bergmark A, 1989).

1.5.- Técnica de fortalecimiento muscular específica para el *CORE*

1.5.1.- Principios del Método *CORE* Training

Según la bibliografía revisada se determinó que este programa de entrenamiento relaciona ocho principios relacionados entre sí y además se relacionan con el proceso mismo de la estabilización de la musculatura central antes descrita. En base al aporte del trabajo académico como tesis doctoral de Ávila y colegas (2013) se describen estos principios:

1.5.2.- Control Neuromuscular o Estabilización Central (*Core Stability*)

Para efectos terapéuticos al “*Core Stability*” se lo conoce como estabilización en función de la acción muscular, neural y osteo-ligamentaria, pueden ser evaluados usando diferentes pruebas clínicas (no abordadas en el presente estudio). Tomando en cuenta que la coordinación intermuscular hace un aporte mayor sobre la estabilidad central que la fuerza en sí misma, como lo menciona Ávila y colegas (2013), existe un aumento de la carga en la compresión espinal al realizar contracciones de baja intensidad (al permanecer en posición bípeda durante un tiempo prolongado) en umbrales de entre el 12% al 18% equivalentes a (440 Newton-N) y en relación a la estabilidad espinal también existe un aumento que va entre 36% y 64% (2925N), esto es similar a lo que la columna soporta en el desarrollo del día a día (2000 a 3000 N) (Sangwam et al., 2014).

Una intervención terapéutica, desde este punto de vista, debe tratar de ir a la par de las demandas de estabilidad y co-contracción, se las consigue a través del uso de diferentes superficies de estabilidad y diferentes secuencias de trabajo (supino-prono, lateral-cuadrúpedo-bípedo). Este método de entrenamiento irá generando respuestas neuromusculares que poco a poco crearán esbozos de un trabajo muscular organizado.

1.5.3.- Resistencia Muscular Suficiente

Los niveles de contracción necesarios durante el proceso de estabilización natural no son fáciles de determinar de manera consciente, pero es importante prescribir el mismo durante el entrenamiento, ante un aumento de las demandas fisiológicas al llevar a cabo el ejercicio, la resistencia muscular cobrará su protagonismo sin importar el nivel de entrenamiento del individuo.

1.5.4.- Fortalecimiento (*Core Strength*) y su contribución a la estabilización pasiva

Si se trabaja con contracciones intensas submáximas, es decir, < 50-60% de la contracción voluntaria isométrica máxima (MVC) para los músculos del *CORE* se logrará hipertrofia, se incrementará provisionalmente el número de unidades motoras hasta conseguir una estabilidad pero con resultados adversos sobre el gasto energético y ocasionando una mayor compresión espinal; dicho así, los ejercicios de sobrecarga desarrollan fuerza en la contracción e incrementan la presión intraabdominal (*Core Strength*), mejorando la capacidad muscular para estabilizar la columna, esto se puede conseguir también generando hipertrofia muscular al entrenar la musculatura del sistema estabilizador global (Sangwam et al., 2014).

No se tiene claro cómo llegar a niveles tope de activación muscular voluntaria con la menor compresión posible de la columna cuando se trabaja a fuerza máxima, referenciando los umbrales de entrenamiento: umbral bajo (resistencia muscular "*Core Stability*" trabajando conjuntamente los sistemas estabilizadores) y el umbral alto (fuerza e hipertrofia, variables dependientes del sistema estabilizador global) ambas importantes en rehabilitación (Vera, 2015).

1.5.5.- La posición neutra y control de la zona neutra de la columna

El punto del movimiento intervertebral fisiológico dentro del cual se produce el movimiento de la columna con una mínima resistencia interna es también comprendido como la posición neutra (Vera, 2015).

A partir del estudio propuesto en la tesis doctoral de Ávila y colegas (2013) se describe que la posición neutra lumbar es la relación entre la última vértebra lumbar y el sacro formando un ángulo fisiológico de 30°, posición que puede ser distinta de un individuo a otro debido a los hábitos posturales, cambios adaptativos del músculo y los tejidos blandos al estiramiento o al acortamiento crónico, entre otros.

El cuerpo se siente cómodo dirigiendo su posicionamiento a las zonas donde se genere más fuerza, es por esto, que el “*Core Stability*” se centra en este principio. Este concepto además de educar a la persona en como posicionar correctamente la columna, se enfoca en desarrollar la fuerza adecuada en la posición neutral de la columna lumbar, concluyendo que el ritmo lumbopélvico tiene un papel fundamental para lograr esta armonía (Panjabi, 2012).

Se debe tomar en cuenta que la inclinación de 45° y 90° de la flexión de tronco (incluyendo columna lumbar y cadera), ocurre una estimulación importante sobre el sistema de ligamentos posteriores, debido a la relativa inhibición de los erectores lumbares llevando a lo mínimo la compresión vertebral. En esta posición el control de la zona neutra está a cargo de la tensión activa entre el sistema extensor glúteo- isquiotibial, el sistema ligamentario sacro-lumbar y la fascia toraco-lumbar y el transverso abdominal (Panjabi, 2012).

1.5.6.-Ventilación normal

Una ventilación fluida (sin apneas ante el esfuerzo) solo fortalece naturalmente la acción del diafragma y el transverso del abdomen, elementos constituyentes del *CORE*, además permite sostener una activación permanente de la musculatura abdominal y de la columna lumbar dentro de los límites de la zona neutral, aún durante las fases concéntricas musculares.

1.5.7.- Ejecución consciente

Es poseer la capacidad de seleccionar voluntariamente los grupos musculares para efectuar distintos patrones de contracción muscular que resulta un punto clave en las primeras fases de estabilización para llegar a obtener presiones uniformes a nivel de la cavidad abdominal o tensiones equilibradas entre pares de grupos musculares. Es por esto que una ejecución inadecuada logra un efecto adverso por lo que se deben manejar de manera idónea comandos y órdenes en las instrucciones proporcionadas al individuo a la hora de ejecutar la plancha (Vera, 2015).

1.5.8.- Variables a considerar durante el ejercicio

La progresión es un término que dentro del entrenamiento abarca la adaptación y la evolución de los beneficios proporcionados por el mismo, evaluando avances sobre las variables: frecuencia, intensidad (carga), tiempo y tipo de ejercicio, que son manejadas para la prescripción del ejercicio, conllevando a cambios adaptativos en el sistema motor y de las fibras musculares, la mejora de fuerza, resistencia y coordinación muscular; no se las puede traducir como aprendizaje motor. El principio y la importancia de la progresión se deben enfocar hacia el mejoramiento en el desenvolvimiento de actividades más funcionales.

En los primeros niveles de entrenamiento los patrones de reclutamiento muscular para la activación de los músculos locales deben ser aprendidos y dominados por los individuos, para conforme progresa no presente mayores dificultades en la realización de los ejercicios.

Si un músculo presenta una disfunción al realizar el ejercicio, se deben adaptar a posiciones y actividades funcionales donde el entrenamiento del balance se vuelva prioritario consiguiendo integrar el sistema estabilizador global a través del “*Core Stability*” usando movimientos funcionales complejos en diferentes planos en el espacio y a su vez aumentar la carga de trabajo “*Core Strength*”; es decir, el principio de progresión es adquirido por medio de una adaptación biológica más el aprendizaje motor de la estabilidad (Sangwam et al., 2014).

1.5.9.- Principios relacionados con el aprendizaje motor (especificidad, funcionalidad y transferencia)

El objetivo de los ejercicios específicos del *CORE* debe ir encaminado a lograr un re-aprendizaje y una optimización del control motor que son principios de estabilización de la columna vertebral. Es así que el “*Core Stability*” puede ser asimilado mediante diferentes técnicas de control motor logrando un reclutamiento organizado de los músculos centrales.

Por otro lado, el entrenamiento sobre superficies inestables está enfocado en el trabajo del sistema nervioso para que este a su vez “cimiente” y asemeje como aprendizaje (con almacenamiento en el córtex motor primario y premotor) las estrategias neuromusculares más apropiadas y eficaces, así como, las características temporales y espaciales del movimiento para obtener mejores respuestas ante las tareas y los requerimientos funcionales (Panjabi, 2012).

1.6.- Niveles de trabajo del CORE

Según lo propuesto por Cabeza (2015) el trabajo de los músculos centrales se lo realiza en 5 niveles los cuales son descritos a continuación:

1.6.1.- Nivel 1. Activación

Se basa en una activación de los músculos profundos del tronco relacionados a movimientos articulares y la función respiratoria. En esta fase se desarrolla un control postural eficaz y un trabajo óptimo de la musculatura profunda, base para ejecutar correctamente los ejercicios de niveles superiores. Lo que caracteriza a estos ejercicios no es su intensidad, sino su efecto para la progresión hacia los ejercicios de niveles superiores, es por esto, que no es solo un nivel para principiantes, la mayoría de estos ejercicios pueden realizarse como calentamiento en el inicio de una sesión de entrenamiento.

1.6.2.- Nivel 2. Estables en suelo

Se basan en ejercicios con apoyo dorsal sobre una superficie estable, sin la necesidad de un control motor óptimo, se denominan ejercicios abdominales. En este nivel todavía no se enfoca un trabajo sobre la funcionalidad, estos ejercicios son aptos para personas que se inician en un entrenamiento y buscan alguna repercusión sobre su condición física sin riesgos en su cumplimiento. En esta fase es necesario mantener una sincronía con los movimientos respiratorios fisiológicos y una activación de los músculos profundos del abdomen.

1.6.3.- Nivel 3. Funcionales en apoyo

A este nivel de entrenamiento es importante disminuir la base de sustentación buscando una estabilización global, por el trabajo de las cadenas musculares y

activación de los mecanismos neurales respectivos. El sistema nervioso influye de manera importante, facilitando la coordinación intermuscular y logrando una secuencia de activación que permitan conseguir movimientos eficaces y fluidos.

1.6.4.- Nivel 4. Con material alternativo

En este nivel se introducen diferentes materiales que proporcionen inestabilidad con el objetivo de aumentar la dificultad al participante, en esta fase es importante un control postural más elevado que en los niveles inferiores. Se espera una mejoría sobre los niveles de fuerza por una mayor estimulación y activación neuromuscular. Dentro de los materiales de inestabilidad se pueden usar: el Bosu®, el balón terapéutico, TRX® e incluso pesos libres como mancuernas.

1.6.5.- Nivel 5. Inercia y Potencia

El trabajo ya involucra aceleraciones y frenadas excéntricas, con el objeto de desarrollar la potencia requerida para lograr transferencias en la ejecución de gestos deportivos. Los ejercicios incluyen variaciones de velocidad e impulsos. Los materiales a utilizar son los tensores, balones medicinales entre otros. Son ejercicios de alta intensidad, por esta razón se ubican en un nivel de alto riesgo de lesión. Este nivel está indicado para personas que necesiten una preparación física específica aplicada a deportes en los que aparezcan estos gestos motrices (Figura 4).



Figura 4. Pirámide de trabajo del CORE por niveles. Tomada de Sánchez, 2013.

1.7.- Historia del entrenamiento en suspensión TRX®

El entrenamiento en suspensión TRX®, tuvo sus inicios en las fuerzas militares de los Navy Seals de EEUU, en el cual este tipo de adiestramiento surgió como una necesidad de conservar un buen estado físico en territorios en los cuales no encontraban espacios o herramientas óptimas. Randy Hetrick y los compañeros de las fuerzas militares buscaban la forma de conservar su estado físico mientras continuaban alerta para efectuar sus misiones exitosamente; y, al no disponer de espacio ni del equipo indicado, Randy se vio obligado a solucionar el problema. (Suárez et al., 2015). El TRX®, nació para cubrir esa necesidad.

Usando la capacidad para reparar barcos, Randy creó el primer modelo TRX®, un equipo sencillo de ejercicio compuesto por tela de paracaídas y de un antiguo cinturón de karate. Durante los meses posteriores al descubrimiento del TRX®, Hetrick y sus compañeros inventaron rápidamente varios tipos de ejercicios en los

cuales se utilizaba el peso del propio cuerpo y que era principalmente para este equipo de entrenamiento, posteriormente se comprobó los excelentes resultados que brindaban los entrenamientos en este dispositivo de suspensión. (Navia et al., 2012).



Figura 5. Sistema de suspensión TRX® en el Laboratorio de Movimiento Humano de la Escuela de Fisioterapia UDLA.

1.8.- Beneficios del entrenamiento en suspensión

El entrenamiento en suspensión TRX® proporciona una ventaja en comparación con el ya conocido protocolo de entrenamiento de fuerza, ya que todos los ejercicios de entrenamiento en suspensión TRX® brindan una verdadera fuerza funcional y mejora tanto el equilibrio como la estabilidad del núcleo central al mismo tiempo, adicionalmente producen una mejora de la flexibilidad, tal como se

utiliza en todo deporte y actividades de la vida diaria. Es así, como rápidamente se empezó a utilizar este tipo de entrenamiento para miles de deportistas y atletas profesionales en todo deporte. Aunque al inicio este tipo de ejercicios utilizaban solo profesionales, actualmente se propone entrenar a cualquier persona que desee mejorar su condición física de una manera segura y rápida, llevando los ejercicios cada vez más a todos los gimnasios en todo el mundo y alcanzando una popularidad entre los entrenadores personales de personas famosas (Navia et al., 2012).

Es importante reconocer que este dispositivo puede ser la solución efectiva para los entrenamientos funcionales sin importar la edad, género o tipo de condición física de la persona que requiera utilizar estas bandas suspendidas, las cuales se pueden movilizar y utilizar sin problema alguno en cualquier lugar.

Cada vez más personas utilizan el TRX® como herramienta de trabajo, por ejemplo, los fisioterapeutas usan las bandas TRX® para realizar una óptima rehabilitación a los pacientes. Se ha implementado también a programas de salud y bienestar de personas de edad avanzada permitiendo una libertad y seguridad en los ejercicios, al igual que en clínicas deportivas y consultorios de kinesiólogos para la recuperación de lesiones (Rivera, 2012).

Todos los ejercicios tienen la capacidad de modificarse para plantear programas personalizados de entrenamiento. La información científica facilita a todos los profesionales de salud especializados en el área y medicina del deporte a que planteen programas eficaces y personalizados para toda una variedad de participantes.

Una ventaja más de este tipo de entrenamiento es que se puede trabajar en cualquier plano (frontal, sagital y transversal), lo que le diferencia de la mayoría de los equipos que se encuentran en los gimnasios en los cuales se requiere de una

posición específica para entrenar adecuadamente y de forma aislada. En cambio, en el entrenamiento en suspensión el usuario trabaja en forma más global al activar la musculatura que estabiliza el cuerpo, es decir la zona central o del *CORE* (Navia et al., 2012).

1.9.- Funcionamiento de los ejercicios en suspensión

Estos ejercicios necesitan de una aplicación constante de fuerzas de la zona lumbar y abdominal, resulta restrictivo para personas con algún tipo de deformidad estructural vertebral, sin embargo, estos usuarios pueden trabajar en posiciones pronas o supinas y también podrían entrenar en posiciones bípedas que no requieran un sobreesfuerzo. (Rivas, 2013).

En este tipo de entrenamiento la zona de contacto de una extremidad del cuerpo está en una superficie estable como el suelo, mientras que la otra parte se conserva suspendida sobre las bandas TRX® considerada una superficie inestable. Al separar el plano superior y el plano inferior, el segmento de la mitad se mantiene en constante presión y esta zona es la que se encarga de mantener una correcta alineación postural, es así como se explica que, en suspensión, el estímulo cae directamente sobre el núcleo central del cuerpo humano, es decir a la zona dorso-lumbar y abdominal (Rivas, 2013).

El entrenamiento en suspensión se desarrolla utilizando las fuerzas de gravedad como una fuerza externa, si se le agrega otra fuerza más como el peso propio del cuerpo se obtiene como resultado una suma de fuerzas que en el ejercicio son consideradas como la resistencia. Al utilizar el peso corporal los ejercicios en suspensión se denominan ejercicios funcionales y son los mismos que interceden en el movimiento de las articulaciones y de los músculos, considerando que se activan como cadenas musculares en conjunto. El TRX® es un dispositivo de

inestabilidad que provee una serie de movimientos para entrenar con totalidad el cuerpo sin aislar los grupos musculares (Rivas, 2013).

La manera en la que está descrito este tipo de entrenamiento está planteada para movilizar intencionalmente el centro de gravedad, el núcleo central o el segmento medial del cuerpo, como se mencionó anteriormente la zona dorso-lumbar y la zona abdominal, permitiendo una activación muscular en cada ejercicio que pretenda estabilizar y nivelar el cuerpo de una manera funcional.

1.10.- Progresiones del entrenamiento en suspensión

Las progresiones de este tipo de ejercicios añaden cambios de las posiciones del cuerpo, cambios en estabilidad o la combinación de los dos componentes los cuales provocarían un impacto en la intensidad. Se puede modificar el nivel de dificultad mediante el cambio del ángulo del cuerpo aumentando la resistencia si se aumenta el ángulo corporal, reduciendo así la estabilidad y alejando el cuerpo cada vez más de la posición inicial. Existen 3 métodos para modificar la dificultad del entrenamiento en suspensión:

1.10.1.- Cambiando el ángulo corporal

Como lo indica el principio de resistencia vectorial: mientras que el ángulo corporal se torna más pronunciado, el centro de gravedad se desplaza fuera de la base de estabilidad o soporte y la carga pasa al material, añadiendo resistencia al ejercicio. Más pronunciamiento del ángulo del cuerpo se traduce en mayor resistencia en el entrenamiento.



Figura 6. Cambio del ángulo del corporal. Tomada de Santos, 2015.

1.10.2.- Cambiar la postura inicial en relación con el punto de anclaje

También llamado el principio del péndulo, el TRX® cuelga verticalmente de manera perpendicular al suelo en una posición neutral bajo el punto de anclaje. Es decir, si se añade un cambio alejando la postura neutral de la postura inicial, la fuerza de gravedad moverá el cuerpo en la misma dirección del movimiento. Por lo tanto, el movimiento será más fácil de ejecutar y tendrá menor resistencia, pero si se ubica el cuerpo de manera que los pies se ubiquen más cerca a la posición neutral, la fuerza de gravedad trabajará en otra dirección, es decir opuesta al movimiento, provocando que el ejercicio posea un mayor nivel de dificultad.



Figura 7. Cambio de postura inicial en relación con el punto de anclaje. Tomada de Santos, 2015.

1.10.3.- Cambiando el tamaño y la colocación de la base de apoyo del cuerpo con la base estable como el suelo

Comúnmente llamado el principio de estabilidad, la estabilidad cambia en función de la relación entre su centro de gravedad y su base de soporte. La estabilidad se vuelve máxima con una base de soporte mayor y con el centro de gravedad situado en la parte media de la base. Si la base de soporte se reduce o el centro de gravedad se desplaza por fuera de la base de soporte, la estabilidad se reduce. Y si se aleja el centro de gravedad de la base de soporte, tendrá una estabilidad reducida y su cuerpo estará más vulnerable a la inclinación o al giro; estas fuerzas de giro/inclinación se deben compensar con activación del abdomen y los componentes del *CORE* para asegurar la postura estable del cuerpo. Finalmente, mientras que la base de soporte se reduce, la estabilidad lateral se hace pequeña, por lo tanto, el núcleo central demandará mayor exigencia para el buen control al momento de realizar el ejercicio (Liébana et al., 2010).



Figura 8. Cambio de tamaño y la colocación de la base de apoyo. Tomada de Santos, 2015.

1.11.- TRX® en la rehabilitación

Al ser un nuevo método de entrenamiento, se ha complicado la búsqueda de información sobre esta herramienta, actualmente no existen muchos estudios, pero en ciertos casos su uso ha facilitado la rehabilitación obteniendo excelentes resultados en ganancia de propiocepción y fuerza (Gil, 2013). El uso del TRX® proporciona una mejora en el equilibrio y en la marcha, pero principalmente provee aumento considerable de fuerza, las mejoras en equilibrio se explican por la activación del núcleo central o también llamado musculatura del *CORE* (Gaedtke, 2015).

1.12.- Suspensión en terapia

Este tipo de ejercicios son una nueva tendencia terapéutica, una cinesiterapia activa que puede ser asistida o resistida con el objetivo de eliminar la acción de la gravedad. Este tipo de metodología ya ha sido utilizado por Gutrie Smith en el año de 1943 en el tratamiento de secuelas de complicaciones motoras.

En cuanto a los principios de esta modalidad se mencionan que los efectos de la gravedad siempre tienen que ser evadidos a menos que se los utilice como resistencia o ayuda y que proporcione movimiento eficaz, la suspensión tiene que oponerse a la gravedad, al rozamiento y a las resistencias internas. Este tipo de metodología sustituye a los músculos sinérgicos y que tienen función de fijación, realizando trabajo especialmente en los músculos agonistas con el fin de conservar energía y reducir la fatiga, por último, los movimientos tienen que ser puramente activos para adquirir la activación de unidades motoras (Moreno, 2015).

1.13.- Tipos de fibras musculares

Los músculos están compuestos por varias fibras musculares que tienen características distintas y que desempeñan diferentes funciones. Las fibras musculares se clasifican en:

Tipo I: Fibras Lentas

La contracción de este tipo de fibras produce poca fuerza, existen contracciones que se presentan por mucho tiempo y su sistema energético a utilizar es el metabolismo aeróbico. Son fibras que tienen una mayor vascularización, por lo tanto, las fibras lentas rojas tipo I se reclutan en el trabajo de media y baja intensidad y para el ejercicio de resistencia.

Tipo II: Fibras rápidas

Este tipo de fibras musculares también llamadas fibras blancas se fatigan con rapidez, sus contracciones son forzadas y cortas, son fibras que no utilizan oxígeno por lo tanto son anaeróbicas, utilizan el mecanismo oxidativo, no tienen mucha vascularización y se utilizan en ejercicios de fuerza y potencia reclutándose en trabajos intensos.

Según su sistema energético se clasifican en:

Fibras IIA: en el cual predomina el mecanismo aeróbico, utiliza reservas de glucógeno y para ser activadas es necesario un estímulo mayor de las neuronas.

Fibras IIB: están activas en esfuerzos rápidos y potentes predomina el mecanismo aeróbico aláctico en el cual se utiliza el sustrato ATP y la fosfocreatina (Rivas, 2013).

1.14.- Inervación del músculo

Las fibras pueden contraerse cuando existe un estímulo por parte de un nervio motor. La unidad motora como unidad funcional está compuesta por la motoneurona, su axón y las fibras a las que se une. Las unidades motoras se clasifican en:

Unidades motoras tipo I: se resisten a la fatiga y tienen contracciones lentas, son de un tamaño pequeño, tienen velocidad de conducción disminuida con un umbral de excitación bajo, producen tensiones bajas y se componen de fibras tipo I.

Unidades motoras tipo IIB: se fatigan y producen contracciones rápidas, las fibras son grandes, su velocidad de conducción es alta con un umbral de excitación elevado y se componen de fibras IIB, estas fibras generan una mayor tensión.

Unidades motoras tipo IIA: se resisten a la fatiga y producen contracciones rápidas, poseen velocidad de contracción alta produciendo una fuerza de tipo moderado con una fatiga baja, se componen de fibras IIA y estas unidades motoras combinan características de I y IIB (Martin, 2012).

1.14.1.- Reclutamiento de fibras

En principio las unidades motoras que se reclutan son las más pequeñas y sensibles que producen aumento de fuerza de contracción. Si aumenta la intensidad del ejercicio, se reclutan mayor cantidad de unidades motoras, por lo tanto, se incrementará la intensidad de la contracción. Se aumenta la fuerza de estimulación solamente hasta que llega al máximo nivel de contracción y posteriormente ya no se reclutan más unidades motoras y el músculo se puede contraer enérgicamente. En ejercicios de baja intensidad las fibras I son las responsables de generar fuerza muscular, si la intensidad del ejercicio va

umentando se van activando fibras IIA y, por último, si en el ejercicio se llegara a necesitar una fuerza máxima se activarán fibras IIB (Martin, 2012).

1.15.- Tipos de contracciones musculares

Concéntrica: El músculo cambia su longitud se acorta, la intensidad de trabajo es moderada, implica una menor tensión para levantar una carga o desarrollar un movimiento funcional.

Isométrica: la tensión del músculo se modifica y es de gran intensidad, la fuerza permanece constante y existe mínimos cambios de longitud. El gasto fisiológico es muy disminuido y existe una gran fatiga generada por la isquemia que se produce durante la contracción (Martin, 2012).

Excéntrica: la carga es mucho mayor a la que puede realizar el músculo, éste desarrolla un nivel de fuerza importante en condición de alargamiento (Rivas, 2013).

1.16.- Fuerza

Es la capacidad que tiene una persona para oponerse a una carga de resistencia externa o superarla mediante la tensión de los músculos, en cada movimiento que se realiza existe un estímulo de fuerza, la fuerza también es el resultado de varias acciones cerebrales en el que interviene el sistema nervioso, mediante impulsos nerviosos que dan como resultado una contracción muscular (Rivas, 2013).

1.16.1.- Fuerza funcional

La fuerza funcional se refiere al movimiento global es decir integra el movimiento tridimensional y trabaja grupos musculares. El objetivo del entrenamiento funcional se enfoca en la correcta postura o higiene postural manteniendo así, una actitud tónico postural en equilibrio para cualquier situación. Por lo tanto, la manera correcta de ejercitar al cuerpo es de forma global sin aislar músculos, sino utilizando cadenas musculares en el cual debe existir un buen control neural para sincronizar y organizar cualquier tipo de movimiento o ejercicio. En este tipo de entrenamiento global se pretende estabilizar varias articulaciones para admitir un movimiento (Rivas, 2013).

1.16.2.- Fuerza máxima

Es definida como la mayor cantidad de fuerza que en una contracción máxima el sistema neuromuscular es capaz de desarrollar. Se expresa como el 1RM es decir el 100% de fuerza en una repetición máxima, es la carga más pesada que se puede levantar en un solo intento, es muy importante porque en base a este resultado se puede plantear un programa continuo de entrenamiento de fuerza. En el caso del TRX® no se puede trabajar con una carga máxima, sin embargo, en algunas personas el cambio de dificultad aumentando el ángulo de trabajo puede representar un esfuerzo máximo, es decir, sería 1RM (Rivas, 2013).

1.16.3.- Fuerza relativa

Es la cantidad que corresponde a cada kilogramo de peso del cuerpo, es decir, si aumenta el peso aumenta la fuerza absoluta y disminuye la fuerza relativa. Este tipo de fuerza puede definir el trabajo con el TRX® ya que se utiliza el propio peso corporal (Rivas, 2012).

1.16.4.- Fuerza estática o rápida

Es realizar una fuerza máxima o cercana a la máxima durante un tiempo muy corto, primeramente, en este tipo de fuerza no existe movimiento y está relacionada con la potencia (Rivas, 2012).

En conclusión, la fuerza está determinada por varios factores como el sistema nervioso sobre los músculos, el tipo de fibra muscular, la edad, el sexo, la dieta, las hormonas y la motivación.

1.17.- Antecedentes de la electromiografía

Adrián y Brok usaron electromiografía (EMG) por primera ocasión y de manera convencional en 1929. Esta técnica de evaluación registra la actividad eléctrica de un músculo durante una contracción, puesto que en el músculo ocurre una despolarización de membranas, estas ocasionan variaciones de voltaje sobre las fibras musculares y estas señales son las que el electromiógrafo plasma en una gráfica (Álvarez, 2006). Por medio de este estudio se puede observar la activación o no de un músculo, conocer el grado de actividad que presenta un músculo y determinar la interacción intermuscular. Se han determinado en múltiples estudios la relación de la electromiografía y la fuerza muscular, aunque resulta complejo objetivarlos en valores cuantitativos.

1.17.1.- Origen de la señal electromiográfica

La electromiografía de superficie es un procedimiento no invasivo, utilizado en laboratorios de análisis del movimiento, ofrece una facilidad en la colocación de electrodos, en los protocolos de estudio en diferentes laboratorios han proporcionado la facilidad para ser aplicados de distintas maneras, esto ha

generado que los resultados sean de difícil comparación y sean fuentes de conflicto (Valenciano et al., 2013).

La señal que se registra en el electromiógrafo se produce de la siguiente manera: al ocurrir una activación muscular la unidad motora (componente esencial del sistema músculo-nervioso) genera un potencial de acción, esto consiste en reclutar varias unidades motoras que se activan en patrones no simultáneos y produce de esta manera el registro (la gran cantidad de patrones activados en una contracción muscular), esta señal es transmitida hacia los electrodos de superficie y amplificada por el electromiógrafo (Leal, 2015).

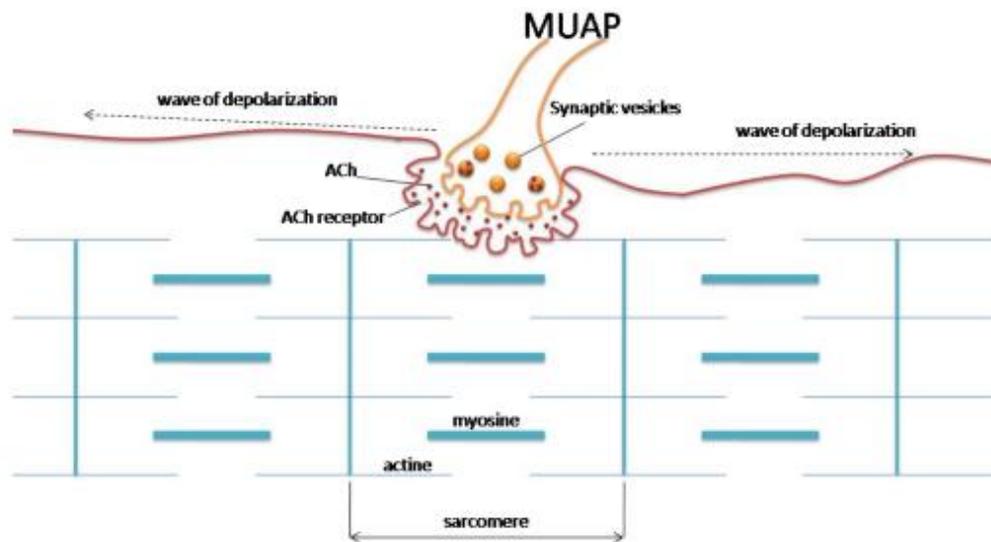


Figura 9. Representación de la despolarización de la motoneurona. Tomado de Medina, 2016.

1.18.- Conductividad y tipos de electrodos

La relación entre piel y electrodo, es un factor importante a tomar en cuenta, elementos como los vellos, la densidad de grasa corporal o la acumulación de células muertas sobre la piel, interfieren sobre la impedancia generando señales erróneas a la hora de la evaluación electromiográfica, bajo este principio radica la importancia de la limpieza de la zona en donde van a ser colocados los electrodos, rasurando la misma de ser necesario y limpiándola con material estéril más alcohol (Leal, 2015).

Con respecto a los electrodos cabe mencionar que cada equipo trae consigo los electrodos óptimos para una mejor transmisión, estos a su vez mantienen medidas estándares de 0,5 cm y deben mantener una distancia entre ellos en rangos de 1cm a 2cm entre ellos, esto va a variar de la zona donde se esté realizando el análisis, debido al aumento o disminución de espacios entre electrodos va a haber una mayor o menor fiabilidad del registro tomado. En este estudio el equipo cuenta con electrodos flotantes, la característica de éstos es contar con una cubierta de gel que separa el electrodo de la piel (Figura 10) (Nolasco, 2013).

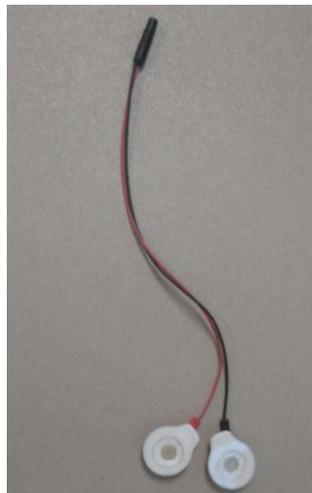


Figura 10. Electrodos flotantes poseen una capa de gel para adherirse a la piel.

1.18.1.- Colocación de los electrodos

En el estudio de García (2013) se mencionan varios aspectos que deben tomarse en cuenta para para realizar un análisis electromiográfico óptimo entre los que destacan:

- Evitar lo más posible la interferencia ocasionada por tejidos adyacentes a la musculatura que se va a estudiar, además la colocación de los electrodos deben ser paralelos a la dirección de las fibras musculares.
- No se debe colocar los electrodos sobre la placa motora, se deberá localizar una región media del vientre muscular.
- Visualizar puntos anatómicos de referencia.
- Procurar que los electrodos no entren en contacto con pliegues ni superficies óseas u otros factores que ocasionen interferencia (Figura 11).

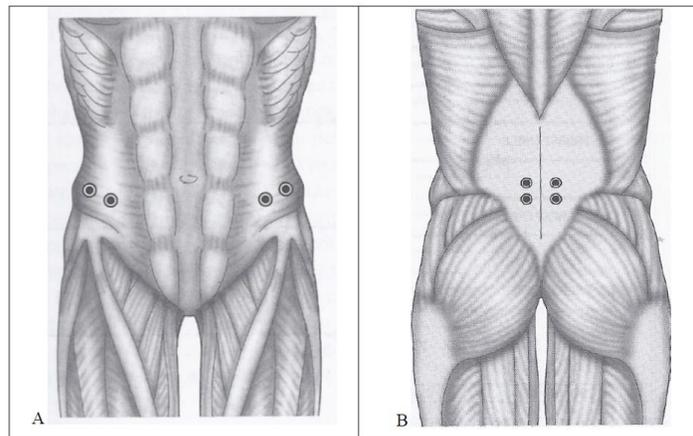


Figura 11. Localización de los electrodos para OE (A) y Paraespinales (B).
Tomado de Medina, 2016.

CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1.- Justificación

El presente trabajo de investigación tiene como objeto aportar al debate sobre la eficacia de un método relativamente nuevo (ejercicios en suspensión o TRX®), versus otro método usado con mayor frecuencia en rehabilitación (ejercicios del *CORE*), analiza el efecto en el fortalecimiento de los músculos abdominales. Existen dos maneras de llevar a cabo estos métodos de fortalecimiento una con los apoyos sobre superficies estables mientras que la otra consiste en desarrollar los ejercicios con los apoyos sobre superficies inestables.

El término "*CORE*" se refiere a la musculatura axial del abdomen, tronco y pelvis que son responsables de la estabilidad de la columna vertebral, están diseñados para la rehabilitación de la pared abdominal ideal al igual que para programas de acondicionamiento físico, trabajar con estos ejercicios implica conceptos de conciencia corporal, estabilidad, fortalecimiento, amplitud de movimientos, postura y mecánica respiratoria los cuales se consideraron durante la ejecución de los mismos en la propuesta aquí expuesta.

La musculatura central es importante para resistir las perturbaciones de la columna vertebral y la transferencia de energía a través de las extremidades durante la actividad física. Algunos estudios muestran que los programas de entrenamiento con ejercicios específicos del *CORE* producen aumento de la fuerza muscular y pueden reducir significativamente la incidencia de lesiones en la espalda baja. Además, tienen incidencia sobre el mejoramiento del rendimiento deportivo (Snarr et al., 2014). Otros estudios concuerdan con esta idea e indican que el desarrollo de los músculos de la faja abdominal influye en una mejor ejecución de diversas actividades funcionales y atléticas (Escamilla et al., 2010).

Sobre el ejercicio realizado utilizando un dispositivo de suspensión (TRX®) se conoce que es una forma de entrenamiento de la estabilidad del *CORE* sobre una base inestable. Este tipo de entrenamiento se compone de movimientos multiarticulares contra la gravedad utilizando el peso corporal como resistencia. El nivel de dificultad del entrenamiento se ajusta mediante la alteración del "ángulo de trabajo" es decir, la inclinación del cuerpo dada por la suspensión sobre las bandas del TRX® (Mok et al., 2015).

Los resultados de estudios que han empleado programas de entrenamiento con ejercicios en suspensión o TRX® demuestran tener un efecto sobre las habilidades de equilibrio avanzadas (Gaedtke et al., 2015). En los estudios hechos por Fong y colegas (2015) y Cortis (2014) donde se llevó a cabo la plancha en posición prona en suspensión TRX®, se comprobó que los músculos TA, RA, y OE se contraen bilateralmente para evitar la inclinación anterior de la pelvis e hiperextensión lumbar debido al efecto gravitacional.

Aunque existen diferencias en cuanto al tiempo de ejecución de los ejercicios en TRX®, el resultado es favorable independientemente del efecto sobre el incremento de la fuerza no solo en lo referente a la faja abdominal sino también a un mejoramiento global tanto de la musculatura de miembros superiores e inferiores (Snarr et al., 2014) (Calatayud et al., 2014).

Los resultados de estudios que han empleado programas de entrenamiento con ejercicios en suspensión o TRX® según el número sesiones de entrenamiento demuestran que tuvo una gran influencia en la activación muscular sobre todo en la musculatura del tren superior desestimando los resultados obtenidos en el recto del abdomen por no mostrar grandes variaciones. Un factor determinante en la variabilidad de resultados es la frecuencia con que se llevaron a cabo las sesiones de entrenamiento. (Calatayud et al., 2014) (Snarr et al., 2013).

Por otra parte, se han combinado técnicas de los ejercicios del *CORE* con rutinas de yoga puesto que los principios utilizados en esta práctica oriental mencionan que el equilibrio del cuerpo yace justamente en la zona abdominal y a través de ejercicios y posturas isométricas se puede llegar a un fortalecimiento óptimo principalmente de los rectos abdominales (Ni et al., 2014).

Estos hallazgos justifican la necesidad de generar nuevas investigaciones que establezcan parámetros claros y que traten de llegar a un consenso y que comprueben cuál de los dos programas de entrenamiento produce una mejora de la fuerza muscular (Mok et al., 2015). En nuestro país el método de suspensión TRX® es un método poco utilizado. Por lo tanto, una investigación que compare la eficacia de estas dos metodologías, los conocidos ejercicios del *CORE* y el método de suspensión TRX®, puede ser útil para facilitar una prescripción segura y eficaz para aquellas personas que requieran de este tipo de intervención.

2.2.- Hipótesis

La aplicación de los ejercicios en suspensión TRX® es más eficaz que la aplicación de los ejercicios del *CORE* en el fortalecimiento de la faja abdominal en adultos jóvenes.

2.3.-Objetivos

2.3.1.- Objetivo general

Comparar la eficacia de la aplicación de los ejercicios de suspensión TRX® versus los ejercicios del *CORE* en el fortalecimiento muscular de la faja abdominal en adultos jóvenes.

2.3.2.- Objetivos específicos

- Comparar la fuerza de los músculos recto abdominal y oblicuo externo del abdomen utilizando el test de fuerza abdominal en el programa de ejercicios en suspensión TRX® y en el programa de ejercicios específicos del *CORE*.
- Establecer qué método de entrenamiento reduce en mayor dimensión el perímetro abdominal mediante perimetría.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1.- Enfoque/ tipo de estudio

Enfoque: Experimental, comparativo prospectivo.

3.2.- Población

Hombres adultos jóvenes que realizan actividad física.

3.3.- Muestra

12 estudiantes hombres sanos de entre 18 a 30 años, de los clubes de artes marciales y defensa personal de la Universidad de las Américas (UDLA).

3.4.- Participantes

En esta investigación se seleccionaron 12 estudiantes hombres sanos de entre 18 a 30 años, de los clubes de artes marciales y defensa personal de la Universidad de las Américas.

Los 12 participantes fueron divididos equitativamente en dos grupos experimentales, Grupo *CORE* (GC) que siguieron un plan de entrenamiento basado en ejercicios de la musculatura central o faja abdominal, y, un Grupo TRX (GT) los cuales llevaron a cabo un plan de entrenamiento basado en ejercicios de suspensión TRX®.

Los participantes seleccionados cumplieron con los criterios de inclusión resumidos en la Tabla 3. Una vez seleccionada la muestra firmaron un

consentimiento de participación (Anexo 1). El protocolo de investigación fue sometido al Comité de Ética de la UDLA.

3.5.- Criterios de inclusión y exclusión

Tabla 3. *Criterios de inclusión y exclusión.*

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Edad de 18 a 30 años.	Lesiones deportivas recientes.
Sin experiencia previa en entrenamiento TRX.	Cirugías recientes.
Participantes que realicen entrenamiento aeróbico por lo menos 3 veces a la semana.	Déficits neurológicos.
Participantes que puedan realizar los ejercicios sin problemas o dolor.	Deformidades estructurales de la columna vertebral.
Participantes que deseen mejorar su condición física.	Enfermedades óseas.

3.6.- Operacionalización de las variables

Tabla 4. *Operacionalización de las Variables.*

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍNDICE	INSTRUMENTO
Fuerza	Fuerza dinámica.	Número de repeticiones.	Tiempo: 1 minuto.	Test de fuerza abdominal, cronómetro y metrónomo.
Reclutamiento muscular	Fuerza estática.	Tiempo de contracción	Microvoltios (μ V).	Electromiógrafo.
Antropometría	Perímetro abdominal.	Volumen.	Centímetros.	Cinta métrica.

3.7.- Materiales: aparatos, equipos y test

Test de fuerza abdominal

El paciente en decúbito supino con las piernas flexionadas a 90° realizó abdominales cortos “esta prueba se utiliza para evaluar la resistencia de la musculatura flexora del tronco” (MINEDUC, 2012), en un tiempo de 60 segundos medida por el metrónomo para marcar el ritmo del ejercicio.

Cinta métrica

Se usó una cinta métrica no elástica de 0,5 cm de ancho, para la medición del perímetro de cintura, se estandarizó la medida a nivel del ombligo.

Bandas de suspensión TRX®

Para el entrenamiento en suspensión se utilizaron las bandas TRX® marca ASP las cuales se incorporan con herrajes en acero inoxidable, tela de alta carga y manillares de goma por medio de un arnés ajustable no elástico, sujeto a un punto de anclaje. Las técnicas de entrenamiento en suspensión están diseñadas para desplazar de forma intencionada el centro de gravedad, lo cual activa la musculatura de la sección media durante cada ejercicio.

Electromiógrafo

Para el registro de la electromiografía de superficie (EMG) durante la ejecución de los ejercicios de acondicionamiento muscular se utilizó el “EMG EP SYSTEM”. Este electromiógrafo, según el manual, características y especificaciones del equipo, posee una tecnología de hardware profesional, el rendimiento es estable,

dispone de una unidad de procesamiento paralelo múltiple, lo que hace que la recopilación de datos y visualización de gráficos sea más rápida.

Tiene 4 canales, bajo nivel de ruido, caja de conexiones del electrodo programable, estimuladores independientemente programables, permite exámenes sofisticados, espacio de operación de electromiograma profesional, alta velocidad y recolección de datos de automática, el análisis es más sutil y más rápido con el estímulo eléctrico, el estímulo de voz y de luz. Conexión USB 2.0 a PC o portátil.



Figura 12. Electromiógrafo EMG EP SYSTEM.

Características específicas del Equipo

- Unidad principal del sistema
- Una resolución de la conversión A / D: 16 bit
- Frecuencia de muestreo: 200 kHz
- Tiempo de análisis: 5 - 5000ms
- Frecuencia de estimulación: 0.1 -50Hz

- Amplificador
- Cuatro cables
- Sensibilidad: $0.05\mu\text{V}-20\text{mV}/\text{Grid}$
- Tierra: $\text{EMG} \leq 4\mu\text{V}$ (V_{pp})
- $\text{EP} \leq 0.1\mu\text{V}$ (V_{pp}) (1000 veces en promedio)
- Relación de rechazo en modo común: ≥ 100 dB
- Ajuste de la onda de 50Hz Ban
- Filtro límite de frecuencia superior: 20kHz
- Límite inferior: filtro de frecuencia: 0,01 Hz
- Plus amplifica 25 veces - 400000 veces
- Estimulador: estimulador actual:
- Corriente constante de 0,2 -100mA
- Ancho de pulso 50 - 1000 μS cortocircuito
- 6KG Peso neto (CISMEDICA, s.f.)

3.8.- Procedimiento experimental

1. Se dividió a los participantes en dos grupos experimentales GC y GT cuyos integrantes fueron seleccionados de manera aleatoria.
2. Antes de realizar las actividades físicas propuestas por los investigadores, los participantes realizaron un calentamiento de 10 minutos.
3. Para realizar la plancha *CORE* los participantes de este grupo debieron apoyar sus manos y pies en una superficie estable, el suelo.
4. Los participantes que realizaron la plancha en las bandas de TRX® estuvieron suspendidos con los pies en las manijas y las manos apoyadas sobre una superficie estable, el suelo.

5. Al finalizar cada sesión de entrenamiento los participantes efectuaron una fase de recuperación y ejercicios de estiramientos de la musculatura abdominal por un lapso de 3-5 minutos.

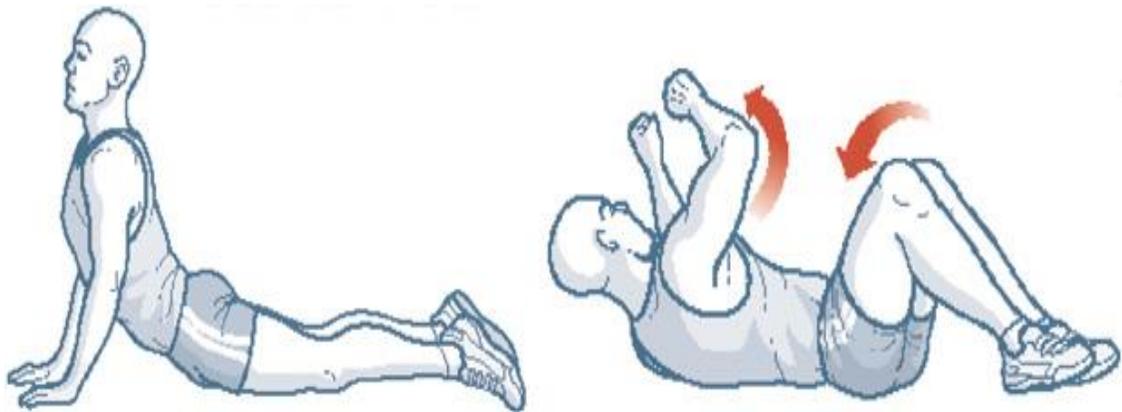


Figura 13. Estiramiento de la musculatura abdominal. Tomada de Rossi, s.f.

Fase de Calentamiento protocolizado a realizar para ambos grupos del estudio

1. Ejercicio de “*cat-camel*”, (lordotización y cifotización de la columna vertebral en posición de cuatro puntos) 10 ciclos.
2. Puente prono 2x30 segundos.
3. Trote delante-detrás (2 minutos).
4. Rodillas arriba (30 segundos).
5. Talones a glúteo (30 segundos).
6. 15 repeticiones del ejercicio de *push up*:
 - 5 en posición vertical y manos apoyadas a pared.
 - 5 con rodillas apoyadas en suelo.
 - 5 completas, cuerpo horizontal en suelo.
7. Estiramiento suave de la cintura escapular (1 minuto).
8. Estiramiento suave de la musculatura abdominal (Rivera, 2012).

Ejercicio a realizar

Los ejercicios seleccionados para realizar fueron: plancha prona (PP) y plancha lateral (PL), para evaluar los músculos rectos abdominales (RA) y oblicuos externos (OE).

Sobre el TRX® los pies se situaron a una distancia de separación de 25 centímetros, las manos se situaron a la distancia acromial de los participantes, mediante la plomada situada en el acromion de cada hombro, el dedo índice marcará la posición de referencia, de esta forma la posición corporal será la misma. Para la realización del ejercicio en el TRX®, se instaló un soporte independiente que permitió la ejecución del ejercicio en la posición previamente descrita (Rivera, 2012).

Ejecución del ejercicio

Sobre la superficie estable los participantes efectuaron las planchas prona y lateral con codos flexionados en un ángulo de 90°, determinado previamente por una aplicación móvil llamada PHOTO MEASURE LITE que mide ángulos en una fotografía. Mientras que la plancha prona y lateral en suspensión fueron realizadas con los brazos extendidos manteniendo una alineación corporal. Ejecutaron tres repeticiones de 45 segundos con un tiempo de pausa de 15 segundos entre cada repetición y un descanso activo de 2 minutos entre las series de ejercicios.

Fase de recuperación

Los participantes realizaron la vuelta a la calma mediante estiramiento de la faja abdominal durante 3 minutos. Trote y caminata lenta alrededor del laboratorio durante 2 minutos.

Procedimientos por sesión

Los participantes de ambos grupos realizaron cuatro sesiones semanales de martes a viernes durante 2 meses, se llevó a cabo dos evaluaciones, una inicial y una final mediante el test de fuerza abdominal, electromiografía y perimetría.

Sesión de familiarización

Se convocó a los participantes en dos grupos y se les entregó el documento de consentimiento informado, que una vez leído, lo firmaron aceptando su conformidad de participar en este trabajo de titulación, al mismo tiempo se les entregó el cuestionario PAR-Q para su contestación y se les informó de las instrucciones sobre la recolección de datos (Anexo 2). En esta sesión se tomó la el perímetro abdominal de cada uno de los participantes. Las instrucciones que siguieron los participantes en el estudio fueron:

- No haber realizado esfuerzos intensos al menos 24 horas antes a la medición.
- No haber ingerido líquidos ni comida al menos 2 horas antes de la medición.

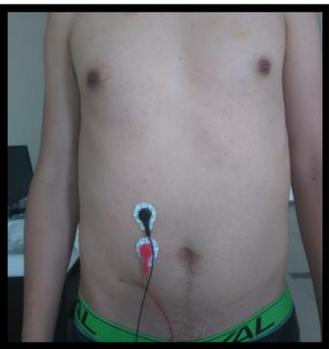
Aplicación de los electrodos y procedimiento en la medición de las señales electromiográficas

Los electrodos se situaron en los siguientes músculos: recto abdominal (RA) y oblicuo externo (OE) del lado derecho. Antes de colocar los electrodos la piel fue preparada, en los casos necesarios se utilizó una rasuradora de afeitar y se limpió la zona con alcohol, posteriormente se colocó los electrodos situados a una

distancia entre ellos de 25 mm en los siguientes músculos del lado derecho del sujeto: recto abdominal (RA) y oblicuo externo (OE) (Rivera, 2012).

La colocación de los electrodos se hizo conforme a las indicaciones de Cram y Casman en su libro *“Introduction to Surface Electromyography”*.

Tabla 5. Colocación de electrodos en músculos OE y RA.

Músculo	Colocación de electrodos	Imagen
Oblicuo externo	Al lado derecho del recto abdominal, justo arriba de la espina iliaca antero superior a mitad de distancia entre la 12 ^a costilla y la cresta ilíaca derecha, su orientación ligeramente diagonal coincidiendo con la dirección de las fibras musculares del OE.	
Recto abdominal	En el segundo vientre muscular del recto abdominal, 2 centímetros a la derecha de la línea alba, y con una separación de 2 centímetros entre electrodos.	

Modificado de (Cram, J, 2010).

Protocolo de evaluación para ambos grupos:

Antes de la sesión

1. Comprobar que el electromiógrafo funcione correctamente.
2. Para el GT comprobar que las bandas del TRX®, proporcionen una posición segura y una regulación adecuada a cada participante.
3. Dividir a los participantes en los dos grupos de 6 previamente establecidos.
4. Preparar las historias clínicas de cada participante (Anexo 3).
5. Tomar y registrar signos vitales.
6. Preparar la zona de la piel a estudiar (afeitar la zona si es necesario y proceder a limpiarla con gasas y alcohol) con el fin de reducir la impedancia e interferencia entre la piel y el electrodo.

Durante la sesión

1. Iniciar la rutina de calentamiento.
2. Ubicar los electrodos en los músculos: RA y OE.
3. Ubicar al participante en una posición segura, para el GT, con los pies correctamente suspendidos en las bandas de TRX® y en GC con los pies en el suelo. En ambos grupos se mantienen los codos de apoyo flexionados a 90° sobre el suelo en las planchas pronas.
4. Realizar un descanso de dos minutos.
5. Ubicar al participante en una posición segura, para el GT, con los pies correctamente suspendidos en las bandas de TRX® y en GC con los pies en el suelo. En ambos grupos se mantiene el codo de apoyo flexionado a 90° sobre el suelo en las planchas laterales.
6. Tomar y registrar los datos en 3 intentos por ejercicio, para fines de estandarización de la medición, se capturó la pantalla en el quinto segundo contabilizado a partir del inicio del ejercicio, en esta fracción de tiempo se delimitó el primer cuadrante correspondiente a los primeros 27.58 ms que

fue programado en el electromiógrafo y en este período se registró la actividad electromiográfica del músculo explorado (Anexo 4). Se estableció el valor promedio de los tres intentos realizados.

7. Tomar y registrar el perímetro abdominal de cada participante y recolectar datos.
8. Realizar el test de fuerza abdominal a una cadencia de 80 *beats* por minuto y recolectar datos.

Después de la sesión

Cumplir la fase de recuperación mediante estiramiento de la faja abdominal durante 3 minutos y una caminata lenta alrededor del laboratorio.

3.9.- Análisis de datos

Los datos de las variables fueron analizados en el programa “STATISTICA 8.0” con el cual se realizó un análisis (ANOVA) a medidas repetidas (2 Grupos x 2 evaluaciones) para obtener una comparación entre las variables. El test post hoc de la fórmula Tukey se utilizó para comprobar la interacción entre las variables. Se consideró una probabilidad menor a 0,05. La recolección de la información se obtuvo por medio de la toma del perímetro abdominal y el test de fuerza abdominal evaluaciones que fueron aplicadas antes y después de la intervención terapéutica.

Se analizaron las diferencias entre los dos grupos experimentales para obtener el resultado final y comprobar la eficacia de ambos métodos de fortalecimiento que fueron realizados en este estudio.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1.- Resultados

4.1.1.- Fuerza

El análisis ANOVA a medidas repetidas (2 grupos x 2 evaluaciones), no mostró un efecto principal grupo ($F_{(1,8)} = 0,17$, $p=0,68$). Sin embargo, mostró un efecto principal medición ($F_{(1,8)} = 107,08$, $p=0,00$). Tampoco se mostró una interacción significativa entre grupo y medición ($F_{(1,8)} = 0,34$, $p=0,09$). El análisis post hoc de Tukey comparando el pre entrenamiento entre ambos grupos no muestra una diferencia significativa ($p=0,99$), puesto que los grupos no eran distintos al inicio del entrenamiento. La comparación post entrenamiento tampoco muestra una diferencia significativa ($p=0,90$) sugiriendo que no hubo cambios al final de ambos entrenamientos.

En la comparación intragrupos se muestra una diferencia significativa entre el pre y el post-entrenamiento tanto en el GC ($p=0,002$) como en el GT ($p=0,01$) (Figura 14).

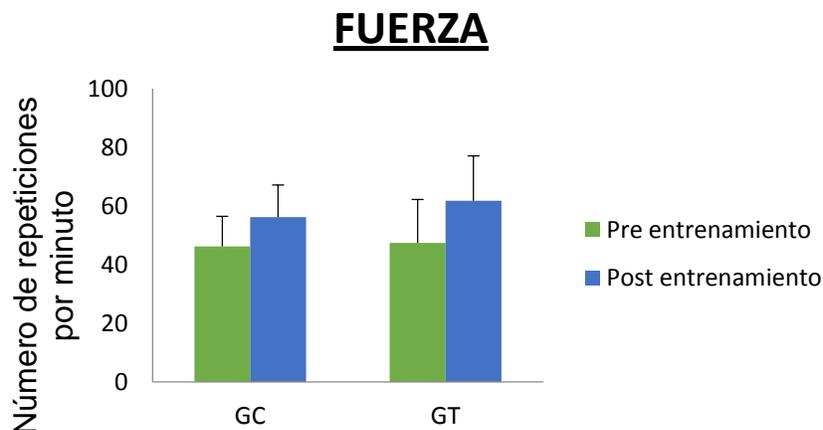


Figura 14. Valores alcanzados en la medición de fuerza en GC y GT.

4.1.2.- Perímetro abdominal

El análisis de ANOVA a medidas repetidas (2grupos x 2 evaluaciones) para la evaluación del diámetro abdominal mediante el test de perimetría no mostró un efecto principal grupo ($F_{(1,8)} = 0,54$, $p=0,47$). Sin embargo, mostró un efecto principal medición ($F_{(1,8)} = 9,52$, $p=0,01$). Tampoco se mostró una interacción significativa entre grupo y medición ($F_{(1,8)} = 0,11$, $p=0,74$). El análisis post hoc de Tukey comparando el pre y el post entrenamiento entre ambos grupos no muestra una diferencia significativa tanto en el GC ($p=0,14$) y en el GT ($p=0,28$) (Figura 15).

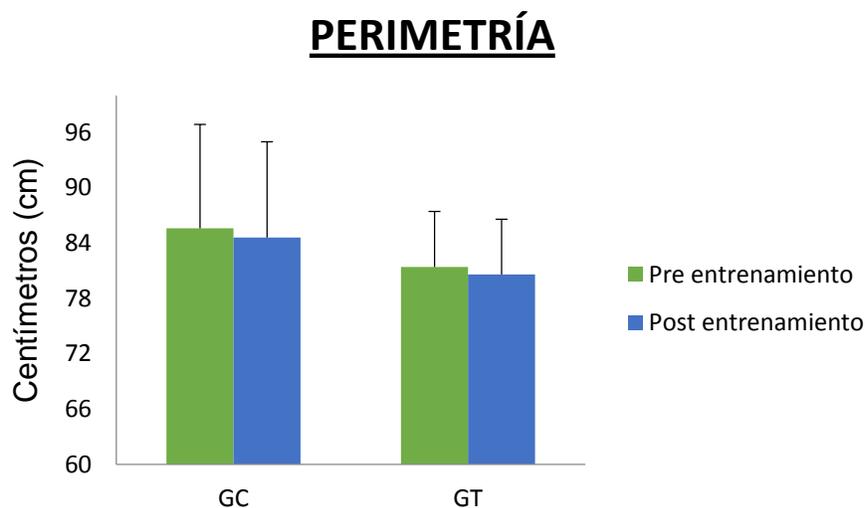


Figura 15. Valores alcanzados en la medición de perimetría en GC y GT.

4.1.3.- Reclutamiento muscular (RM)

Para el análisis de esta variable se presentarán los resultados para cada ejercicio y para cada músculo.

Reclutamiento muscular en plancha prona para el recto abdominal (PPRA)

El análisis de ANOVA a medidas repetidas (2 grupos x 2 evaluaciones) para la evaluación del reclutamiento muscular del recto abdominal en plancha prona mediante EMG no mostró un efecto principal grupo ($F_{(1,8)} = 0,17$, $p=0,68$). Sin embargo, mostró un efecto principal medición ($F_{(1,8)} = 34,16$, $p=0,01$), y no se mostró una interacción significativa entre grupo y medición ($F_{(1,8)} = 3,72$, $p=0,08$). El análisis post hoc de Tukey comparando el pre entrenamiento entre ambos grupos no muestra una diferencia significativa ($p=0,71$) puesto que los grupos no eran distintos al inicio del entrenamiento, la comparación post-entrenamiento tampoco muestra una diferencia significativa ($p=0,99$) sugiriendo que no hubo cambios al final de ambos entrenamientos.

En la comparación intragrupos tomando en cuenta el GC existe significatividad ($p=0,002$), sin embargo, en el GT no hubo una significatividad ($p=0,09$) (Figura 16).

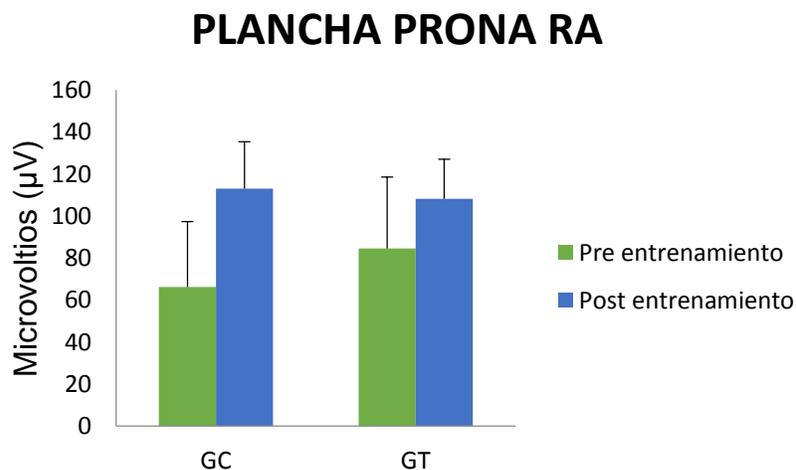


Figura 16. Medición del reclutamiento muscular en PPRA.

Reclutamiento muscular en plancha prona para el oblicuo externo (PPOE)

El análisis de ANOVA a medidas repetidas (2 grupos x 2 evaluaciones) para la evaluación del reclutamiento muscular del oblicuo externo en plancha prona mediante EMG no mostró un efecto principal grupo ($F_{(1,8)} = 4,55$, $p=0,06$). Sin embargo, mostró un efecto principal medición ($F_{(1,8)} = 24,11$, $p=0,00$). Tampoco se mostró una interacción significativa entre grupo y medición ($F_{(1,8)} = 4,19$, $p=0,07$). El análisis post hoc de Tukey comparando el pre-entrenamiento entre ambos grupos muestra una diferencia significativa ($p=0,04$), la comparación post-entrenamiento no muestra una diferencia significativa ($p=0,94$), sugiriendo que no hubo cambios al final de ambos entrenamientos.

En la comparación intragrupos de GC existe una diferencia significativa ($p= 0,00$), mientras que en el GT no existe una diferencia significativa ($p=0,25$) (Figura 17).

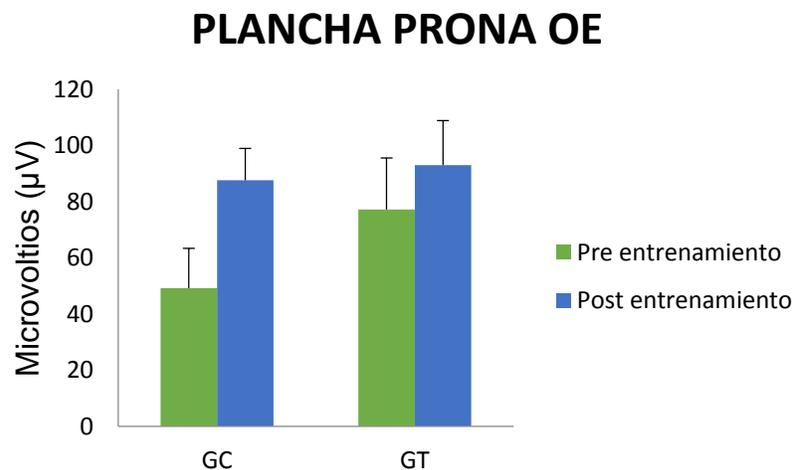


Figura 17. Medición del reclutamiento muscular en PPOE.

Reclutamiento muscular en plancha lateral para el recto abdominal (PLRA)

El análisis de ANOVA a medidas repetidas (2 grupos x 2 evaluaciones) para la evaluación del reclutamiento muscular del recto abdominal en plancha lateral mediante EMG no mostró un efecto principal ($F_{(1,8)} = 0,26$, $p = 0,61$). Sin embargo, se mostró un efecto principal medición ($F_{(1,8)} = 20,97$, $p = 0,00$). Tampoco se mostró una interacción significativa entre grupo y medición ($F_{(1,8)} = 0,06$, $p = 0,81$). El análisis post hoc de Tukey comparando el pre y post entrenamiento entre ambos grupos no muestra una diferencia significativa siendo para GC ($p = 0,94$) y para GT ($p = 0,99$) sugiriendo que ambos grupos eran iguales al inicio del entrenamiento. En la comparación intragrupos de GC si evidencia una diferencia significativa ($p = 0,03$), en el GT no existe una diferencia significativa ($p = 0,06$) (Figura 18).

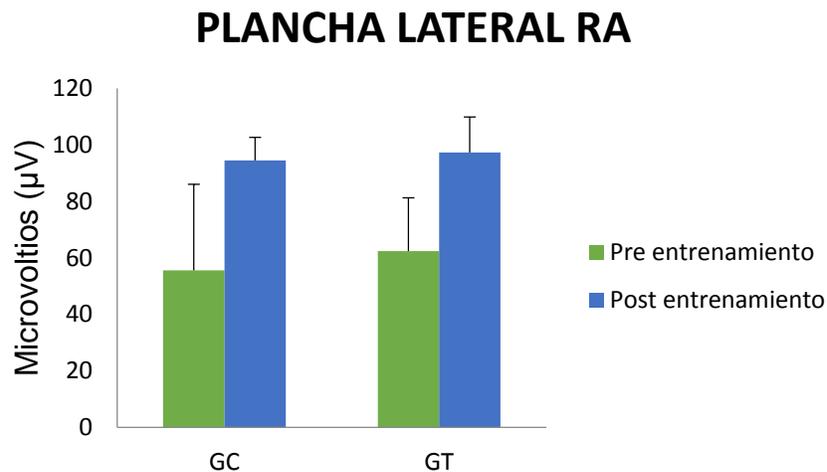


Figura 18. Medición del reclutamiento muscular en PLRA.

Reclutamiento muscular en plancha lateral para el oblicuo externo (PLOE)

El análisis de ANOVA a medidas repetidas (2 grupos x 2 evaluaciones) para la evaluación del reclutamiento muscular del oblicuo externo en plancha lateral mediante EMG no mostró un efecto principal ($F_{(1,8)} = 2,17$, $p = 0,17$). Sin embargo,

se mostró un efecto principal medición ($F_{(1, 8)} = 56,28$, $p=0,00$). Tampoco se mostró una interacción significativa entre grupo y medición ($F_{(1,8)} = 0,60$, $p=0,45$). El análisis post hoc de Tukey comparando el pre y post entrenamiento entre ambos grupos no muestra una diferencia significativa siendo para GC ($p= 0,38$), y para GT ($p= 0,82$) sugiriendo que ambos grupos eran iguales al inicio del entrenamiento.

En la comparación intragrupos de GC si existe una diferencia significativa ($p= 0,00$), al igual que en el grupo GT ($p=0,00$) (Figura 19).

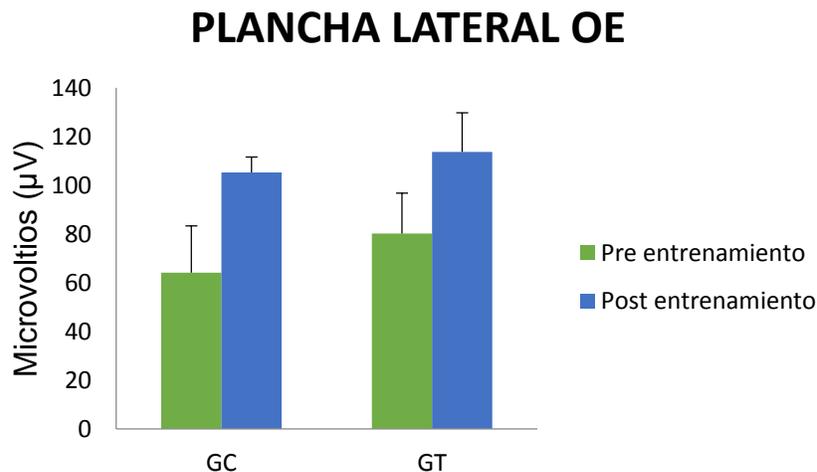


Figura 19. Medición del reclutamiento muscular en PLOE.

4.2.- Discusión.

El objetivo de nuestro estudio fue comparar la eficacia de la aplicación de los ejercicios de suspensión TRX® versus los ejercicios del CORE en el fortalecimiento muscular de la faja abdominal de adultos jóvenes. Los resultados mostraron una mejoría no significativa en el aumento de fuerza y reclutamiento muscular en los dos grupos, excepto para el músculo oblicuo externo en el cual

observó una mejora significativa del reclutamiento muscular en ambos grupos. También se evidenció una disminución en el perímetro abdominal no significativa en ambos grupos. Los resultados serán discutidos en función de las variables evaluadas.

4.2.1.- Fuerza

La fuerza muscular no cambió de manera significativa comparando los dos grupos, al final del tratamiento. Sin embargo, cada uno de los grupos mejoró la fuerza de manera significativa después del tratamiento. La valoración de la fuerza muscular indirectamente se cuantificó por el número de repeticiones de un ejercicio en la unidad de tiempo (rep/min). Comparando la evaluación inicial con la evaluación final, en el GT hubo una mejoría de (14,4 rep/min) debido a que, al encontrarse en suspensión, el participante debe reorganizar su centro de masa y las estructuras adyacentes para mantener la posición y evitar caídas. Este resultado concuerda con la investigación que fue realizada por Rivera (2012) en donde concluye que el TRX® si presenta niveles de desestabilización suficientes para que el usuario con práctica en el trabajo de fuerza obtenga beneficios sobre la activación en los músculos del *CORE*.

Comparando la evaluación inicial con la evaluación final, en el GC se obtuvo una mejoría de (10 rep/min) puesto que la contracción isométrica en los ejercicios de plancha obliga al centro de masa a activarse. Estos resultados concuerdan con la investigación de Vera-García et al., (2013) en donde indica que los puentes isométricos son ejercicios de gran eficacia y seguridad que crean patrones de coactivación muscular de baja o moderada intensidad en busca de mejorar la estabilidad del raquis y la resistencia muscular.

Algunos estudios concluyen que a mayores niveles de inestabilidad externa menor producción y aplicación de fuerza de la musculatura agonista, a causa del

aumento de la rigidez articular al estabilizar las articulaciones involucradas. Por lo tanto, para mejorar la fuerza/potencia es necesario contar con elevados niveles de estabilidad externa, que sólo es posible entrenando en un entorno estable como el suelo. Sin embargo es posible utilizar una superficie inestable, con el propósito de mejorar la hipertrofia en el entrenamiento del *CORE*. Esto supone al comprobar en algunos estudios una mayor activación muscular del recto abdominal y oblicuos externos realizando flexiones de tronco sobre una superficie inestable. (Peña et al., 2012).

Para concluir y sustentar los efectos positivos encontrados sobre el incremento de la fuerza esto se lo explica en el estudio de Schott y colegas (1995) en el cual involucra la longitud muscular y el tipo de entrenamiento como causales de este incremento, es decir, los músculos largos como lo son los que conforman el *CORE* cuentan con una mayor cantidad de unidades musculares de actina y miosina las cuales al exponerse a un entrenamiento de contracción isométrica, acumulan energía la cual se traduce a manera de un aumento en la fuerza y potencia explosiva del músculo.

4.2.2.- Perímetro abdominal

La perimetría fue evaluada usando una cinta métrica, en el análisis intragrupos y extragrupos no hubo una diferencia estadísticamente significativa. En el GC la disminución del perímetro abdominal fue de 1 centímetro mientras que en el GT hubo una disminución de 0,8 centímetros. La disminución del perímetro abdominal no es relevante debido a que el entrenamiento realizado fue anaeróbico mas no aeróbico. Como lo mencionan estudios de Aguilar y colegas (2014) se considera un mínimo de 180 minutos a la semana con sesiones de 60 minutos cada una de un ejercicio de moderada intensidad como un programa para disminuir sobrepeso y obesidad. Cabe destacar que ninguno de los participantes en este estudio

demostró criterios de obesidad. La dieta no fue un factor que se tomó en cuenta para el presente estudio, pero puede influir en la disminución del diámetro abdominal como en el estudio de Stucky y colegas (2015) en donde afirma que la nutrición va de la mano del entrenamiento. Como indica Saavedra y colegas (2017) en su estudio al interactuar ambos métodos existe una acción de aumento en el gasto energético provisto por el ejercicio y una disminución en la ingesta de calorías provista por la dieta.

4.2.3.- Reclutamiento muscular (RM)

El reclutamiento muscular fue evaluado mediante electromiografía, se decidió analizar individualmente el músculo y el ejercicio, sin embargo, se llegó a una misma conclusión por tratarse de una misma variable.

Reclutamiento muscular en plancha prona para el recto abdominal (PPRA)

En la plancha prona del RA no hubo una diferencia estadísticamente significativa en extragrupos, tampoco hubo significatividad intragrupo en el GT, sin embargo, en el GC hubo una diferencia estadísticamente significativa. Esto también se demuestra en el estudio de Snarr et. al., (2016), ellos compararon la actividad electromiográfica del RA en suspensión TRX® con la realización de flexión de brazos realizando el ejercicio conocido como *push up*, los sujetos realizaron 4 repeticiones en una sola evaluación y se obtuvo el promedio. Se evidenció una mayor actividad y un mejor reclutamiento en comparación al realizar una plancha prona en suspensión estática, puesto que cuando el peso corporal es expuesto a movimientos de resistencia se genera una mayor producción de fuerza muscular y un mayor aumento en la activación muscular del RA. Comparando la evaluación inicial con la evaluación final, en el GT hubo un aumento de (23,6 μ V) y en el GC (46,8 μ V).

Reclutamiento muscular en plancha prona para el oblicuo externo (PPOE)

La plancha prona del OE estadísticamente no hubo una diferencia significativa extragrupos, tampoco hubo significatividad intragrupo en el GT, sin embargo, en el GC hubo una diferencia estadísticamente significativa. En el GT hubo un aumento de (15,8 μ V) y en el GC (46,8 μ V).

Reclutamiento muscular en plancha lateral para el recto abdominal (PLRA)

La plancha lateral del RA estadísticamente no hubo una diferencia significativa en extragrupos, tampoco hubo significatividad intragrupo en el GT, sin embargo, en el GC hubo una diferencia estadísticamente significativa. En el GT hubo un aumento de (34,9 μ V) y en el GC (38,9 μ V).

En los grupos PPRA, PPOE y PLRA no hubo diferencias significativas. Esto se explica en el estudio de Comerford et al., (2001) en donde afirma que una activación forzada e incorrecta del diafragma aumenta la presión intraabdominal ocasionando una falta de control motor en la pared antero lateral del abdomen.

Los aumentos de microvoltios en PPRA, PPOE y PLRA se explican en un estudio realizado por Heredia et al., (2006) en donde se afirma que el primer elemento de estabilización, adecuada progresión y el trabajo de la musculatura estabilizadora, nace de una correcta adaptación durante los ejercicios de plancha sin comprometer la capacidad neuromuscular para desarrollar los ejercicios, exponiéndose a desafiar la estabilidad de dicha musculatura. En otro estudio realizado por Barbado et al., (2015) se menciona que el estrés mecánico al que se somete la columna lumbar en estos ejercicios es inferior a los 3400 newtons, en los registros de electromiografía existe una mejor selección de los músculos que participan en la estabilización del *CORE*.

Reclutamiento muscular en plancha lateral para el oblicuo externo (PLOE)

La plancha lateral del OE estadísticamente no hubo una diferencia significativa en extragrupos, mientras que en intragrupo hubo significatividad en ambos grupos. Esto concuerda con lo expuesto por Comerford et al., (2001) en donde explica que si existe una inestabilidad segmentaria (debilidad en los músculos de la cintura escapular o la cintura pélvica) que no haya sido corregida durante el entrenamiento puede incidir en la adecuada activación de los grupos musculares del *CORE*.

En el GT hubo un aumento de (33,5 μ V) y en el GC (41,2 μ V). Esto se demuestra en un estudio realizado por Rivera (2012) en donde se concluye que casi todos los métodos de entrenamiento empleados para OE superan el 100% las activaciones musculares, producto de la posición empleada en la plancha lateral en la cual existe un apoyo individual de los brazos. En la posición descrita al estabilizar el tronco se producen ligeras rotaciones del mismo, favorecidas por la individualidad en el apoyo de los brazos que obligan a los oblicuos a efectuar un sobreesfuerzo en la estabilización del tronco.

4.3.- Impacto clínico

Este trabajo de titulación aporta con información de relevancia en la selección de otra modalidad de entrenamiento para fortalecer la faja abdominal correctamente, en conjunto con la revisión bibliográfica obtenida se evidencia que el uso de las cintas TRX mejora la fuerza muscular abdominal, provee un buen control del *CORE*, ayuda a prevenir futuras complicaciones en la columna lumbar, además de conseguir un mejor control postural y a consecuencia de él, mejorar el gesto deportivo, las funciones en actividades de la vida diaria y la calidad de vida.

A nivel de salud y específicamente en los servicios de rehabilitación proporciona información sobre esta nueva modalidad de tratamiento para las disfunciones de la musculatura del *CORE* optimizando los procesos de atención terapéutica. Es importante evaluar la condición del usuario para determinar la idoneidad física para optar por esta forma de trabajo y entrenamiento muscular.

A nivel social al conseguir optimizar los tiempos de atención y lograr una intervención más activa del paciente en la sesiones de rehabilitación.

4.4.- Límites del estudio

- Los participantes estudiantes y miembros de los clubes extracurriculares de la UDLA, fueron reclutados aleatoriamente de diversos programas académicos o carreras, lo que se dificultó entrenar a todos ellos al mismo tiempo, por la limitación de los horarios de disponibilidad de cada participante.
- Escasa muestra para evidenciar mejores resultados.
- El tiempo de entrenamiento fue un limitante debido que tan solo se completaron 32 sesiones de trabajo de las 48 programadas para cada participante, es posible que con un mayor tiempo de intervención los resultados hubiesen variado.
- El equipo de electromiografía utilizado en este estudio tenía limitaciones para definir resultados más exactos al momento de tomar y registrar los datos. La limitante fue la falta de opciones en el software para modificar variables que optimicen su uso.

- Un participante de cada grupo abandonó el entrenamiento debido a complicaciones personales.

4.5.- Conclusiones

- La fuerza muscular cuantificada a través de un test de fuerza abdominal, aumentó notablemente en GT en relación al GC después de la evaluación. El reclutamiento muscular que fue medido a través de EMG, aumentó en ambos grupos en todos los ejercicios, pero esta diferencia no fue significativa.
- El perímetro abdominal, medido a través de perimetría, disminuyó en ambos grupos, pero esta diferencia no fue significativa.

4.6.- Recomendaciones

- Tanto el entrenamiento del *CORE* tradicional sobre una superficie estable como el entrenamiento en suspensión TRX muestran mejoría en los participantes, se podría aumentar dispositivos de inestabilidad para incrementar el estímulo o también combinar ambos métodos de entrenamiento como una idea para un futuro proyecto de investigación y observar si existen mejores resultados.
- Se recomienda conocer y aplicar los principios biomecánicos en los ejercicios propuestos para ofertar una mejor prescripción, la mayor seguridad posible y comprobar las posibles adaptaciones tanto anatómicas como fisiológicas en función de las necesidades de cada deportista.

- Se recomienda utilizar equipos de electromiografía que proporcionen los suficientes canales y permitan analizar la secuencia de activación muscular del *CORE*.
- Se debería considerar un mayor período de entrenamiento, la frecuencia, intensidad de trabajo muscular, las condiciones físicas similares de los participantes que determine una muestra homogénea, como factores para obtener resultados óptimos.
- Realizar sesiones de entrenamiento por periodos de tiempo superiores a dos meses, con el objetivo de observar resultados de relevancia.
- Se debería considerar diferentes pruebas funcionales para evaluar a los músculos del *CORE* como los test de puente lateral, test de resistencia de flexores de tronco o el uso de dinamometría.
- Se debería considerar que un próximo estudio se analice la acción del transverso del abdomen versus el oblicuo externo como músculo estabilizador en la plancha lateral.

REFERENCIAS

- Aguilar, M., Piñero, O., Villar, M., Sánchez, J., García, J., García, L., y Sánchez, A. (2014). Programas de actividad física para reducir sobrepeso y obesidad en niños y adolescentes; revisión sistemática, *Nutrición Hospitalaria*. 30(4), 727-740
- Akuthota, V., Ferreiro, A., Moore, T., y Fredericson, M. (2008). Core stability exercise principles, *Current sports medicine reports*. 7(1), 39-44
- Álvarez, R., Santos, C., y Medina, E. (2006). Desarrollo histórico y fundamentos teóricos de la electromiografía como medio diagnóstico, *Revista Cubana de Medicina Militar*. 35(4), 0-0
- Ávila, E., Magaly, Y., Ortiz, P., Adolfo, G., y Revelo, S. (2013). Principios de los métodos Core y Pilates y su relación con el abordaje terapéutico de la función muscular respiratoria y la capacidad de esfuerzo en personas con EPOC leve-moderada. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Barbado, D., Moreno, V., y Hernández, S. (2015). Core Stability: evaluación y criterios para su entrenamiento, *Revista Andaluza Medicina del Deporte*. 1(1), 130-137
- Bergas del Rio, J., y Lièbana, S. (2010). Entrenamiento en Suspensión, *LifeStudio Health Company*. 1(1), 0-0
- Cabeza, J. (2015). Variedad de planteamientos en el trabajo del Core. España: Universidad de León.
- Calatayud, J. (2016). Métodos de entrenamiento de fuerza alternativos para incrementar la activación muscular en ejercicios de empuje. Valencia, España: Universidad de Valencia.
- Calatayud, J., Borreani, S., y Colado, J. (2014). Muscle activation differences between stable push-ups and push-ups with a unilateral v-shaped suspension system at different heights. *Motricidade*. 10(4), 84-93
- CISMEDICA. (s.f.). Innovación médica a su servicio. Recuperado el 15 de Noviembre del 2017 de <http://cismedica.com/neurologia%20peru.html>

- Comerford, M., y Mottram, S. (2001). Movement and stability dysfunction—contemporary developments. *Manual therapy*. 6(1), 15-26
- Cortis, C., Giancotti, G., Meta, V., y Di Cecio, F. (2014). Acute Effects of Suspension Training on Strength and Power Performances. *J Strength Cond Res*. 28(1), 105-116
- Cram, J., Kasman G. (2010). *Introduction to Surface Electromyography*, Aspen. (2^a ed). Estados Unidos, Massachusetts: Editorial JONES & BARTLETT.
- Escamilla, R., Lewis, C., Bell, D., Bramblet, G., Daffron, J., Lambert, S., y Andrews, J. (2010). Core muscle activation during Swiss ball and traditional abdominal exercises, *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 40(5), 265-276
- Gaedtke, A., y Morat, T. (2015). TRX Suspension Training: A New Functional Training Approach for Older Adults – Development, Training Control and Feasibility, *International Journal of Exercise Science*. 8(3), 224-233
- García, J. (2013). Aportaciones al conocimiento electromiográfico y dinamométrico de la flexo/extensión de codo. Madrid, España: Universidad de Madrid.
- Gil, J. (2013). Tratamiento fisioterápico tras luxación acromioclavicular en deportista de alto nivel: a propósito de un caso. Zaragoza, España: Universidad de Zaragoza.
- Giraldo, J. (2011). Resistencia muscular del complejo lumbopélvico. Recuperado el 15 de noviembre del 2016 de <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoyanexos/61274G516.pdf>
- Heredia, J., Chulvi, I., Ramón, M. (2006). CORE Entrenamiento de la zona media, *EF Deportes*. 11(97), 1-5
- Martín, F. (2012). Comparación de los niveles de activación de los músculos estabilizadores del core y agonistas durante la realización del ejercicio push up sobre equipamientos con diferentes grados de estabilidad. Valencia, España: Universidad de Valencia.

- Martín, L. (2012). Reclutamiento de unidades motoras en contracciones concéntricas, isométricas y excéntricas. Alcalá de Henares, España: Universidad de Alcalá.
- Martinez, Z. (2014). Efectividad de la estabilización del "core" en el dolor lumbar. Navarra, España: Universidad pública de Navarra.
- Medina, C. (2016). Valor de la dinamometría isométrica y la electromiografía superficial en la valoración de la lumbalgia inespecífica. Madrid, España: Universidad de Madrid.
- Mok, N., Yeung, E., Cho, J., Hui, S., Liu, K., y Pang, C. (2015). Core muscle activity during suspension exercises, *Journal of Science and Medicine in Sport*. 18(2), 189-194
- Moore, K. (2013). *Anatomía Humana con Orientación Clínica*. (7.ª ed.). Barcelona, España: Editorial Médica Panamericana.
- Moreno, S. (2015). Jaula de Rocher y su eficacia en el fortalecimiento de la musculatura abductora de cadera en los niños con trastornos neurológicos que asisten al centro de rehabilitación bendiciones. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Navia, D. (2012). Entrenamiento funcional en suspensión trx como método óptimo de ejercitación en adultos. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Ni, M., Mooney, K., Harriell, K., Balachandran, A., y Signorile, J. (2014). Core muscle function during specific yoga poses, *Complementary therapies in medicine*. 22(2), 235-243
- Nolasco, J., González, D., Vera, F., y Delfín, D. (2016). Sistema de Monitoreo muscular por medio de electromiografía con ganancias variables. *Pistas Educativas*. 36(113), 0-0
- Panjabi, M. (2003). Clinical spinal instability and low back pain, *Journal of electromyography and kinesiology*. 13(4), 371-379
- Panjabi, M. (1992). The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of spinal disorders & techniques*. 5(1), 383-389

- Peña, G., Elvar, H., Ramón, J., Moral, S., Isidro, F., y Mata, F. (2012). Revisión de los métodos de valoración de la estabilidad central (CORE). *PubliCE Estándar*. 1(1), 0-0
- Peña, G., Ramón, J., Elvar, H., Moral, S., Mata, F., y Da Silva, M. (2012). Evidencias sobre los Efectos del Entrenamiento Inestable para la Salud y el Rendimiento. *PubliCE Standard*. 1(1), 0-0
- Rivas, R. (2013). Propuesta del uso y manejo de cintas TRX en el entrenamiento de la fuerza funcional para el mejoramiento de la técnica de la natación clásica. Colombia: Universidad del Valle de Colombia.
- Rivera, F. (2012). Comparación de los niveles de activación de los músculos estabilizadores del CORE y agonistas durante la realización del ejercicio push up sobre equipamientos con diferentes grados de estabilidad. Valencia, España: Universidad de Valencia.
- Rossi. (s.f.). Imagen de estiramiento de musculatura abdominal. Recuperado de <http://www.conexionbrando.com/1438401-el-dificil-arte-de-los-abdominales>
- Saavedra, O., y Soliz, G. (2017). Métodos para Disminución de Peso en Adultos con Sobrepeso y Obesidad. *Revista Médica HJCA*. 5(2), 167-171
- Sánchez, D. (2013). Imagen de la pirámide del core. Recuperada de <https://ejerciciofisicoparaelbienestar.wordpress.com/2013/12/04/fortalecimiento-del-core/>
- Sangwan, S., Green, R., y Taylor, N. (2014). Characteristics of stabilizer muscles: a systematic review, *Physiotherapy Canada*. 66(4), 348-358
- Santos, M. (2015). Imágenes de la progresión del entrenamiento en suspensión. Recuperadas de <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgxJoAE/tabua-exercicios-trx#>
- Schott, J., McCully, K., y Rutherford, O. M. (1995). The role of metabolites in strength training. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 71(4), 337-341
- Snarr, R., Esco, M., Witte, E., Jenkins, C., y Brannan, R. (2016). Actividad Electromiográfica del Recto Abdominal durante una Flexión de Brazos en

- Suspensión Comparada con los Ejercicios Tradicionales. *PubliCE Premium*. 1(1), 0-0
- Snarr, R., Esco, M., Witte, E., Jenkins, C., y Brannan, R. (2013). Electromyographic activity of rectus abdominis during a suspension push-up compared to traditional exercises, *J Exer Phys online*. 16(3), 1-8
- Snarr, R., y Esco, M. (2013). Electromyographic Comparison of Traditional and Suspension Push-Ups, *Journal of Human Kinetics*. 39(1), 75-83
- Snarr, R., y Esco, M. (2014). Electromyographical Comparison of Plank Variations Performed With and Without Instability Devices, *Journal of Strength & conditioning Research*. 28(11), 3298–3305
- Stucky, L., Sanabria, A., y Avella, R. (2015). Analysis of abdominal training role of strengthening and muscle definition, *Actividad Física y Deporte*. 1(1), 0-0
- Suarez, J., Parra, C., y Beltran, H. (2015). Efectos del entrenamiento de TRX sobre la propiocepción de los jugadores de la selección masculina de fútbol sala de la Universidad Santo Tomás de Bogotá. Bogotá, Colombia: Universidad de Santo Tomás de Bogotá.
- Txomin, Z. (2014). Efectividad de la estabilización del " core" en el dolor lumbar. Navarra, España: Universidad pública de Navarra.
- Valenciano, A., Biviá, G., Lisón, J., y García, F. (2013). Estudio electromiográfico de ejercicios de flexión del tronco sobre banco inclinado, *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. (52), 2-15
- Valenciano, A., Biviá, G., Lisón, J., y Vera, F. (2016). Estudio electromiográfico de ejercicios de flexión del tronco sobre banco inclinado/Electromyographic study of trunk flexion exercises on inclined board, *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. 1(52), 0-0
- Vásquez, A. (2015). Fortalecimiento del core abdominal para disminuir el dolor en pacientes con lumbalgia crónica en el hospital del IESS Ambato. Ambato, Ecuador: Universidad técnica de Ambato.

- Vera, G., Barbado, D., Flores, B., Alonso, J., y Elvira, J. (2013) Trunk muscle activation in spine stabilization exercises, *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 13 (52), 0-0
- Vera, G Juan, C., Sánchez, S., F. J., Barbado, D., Moreno, V., y Elvira, J. (2015). Core stability. Concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones, *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 8(2), 79-85
- Vinstrup, J., Sundstrup, E., Brandt, M., Jakobsen, M., Calatayud, J., y Andersen, L. (2015). Core muscle activity, exercise preference, and perceived exertion during core exercise with elastic resistance versus machine, *Scientifica*. 1(1), 1-6
- Zapata, L., Tamayo, N., y Medellín, C. (2009). Ejercicios básicos para la zona central del cuerpo (CORE) que favorecen una correcta activación tónico postural equilibrada. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.

ANEXOS

ANEXO 1: CONSENTIMIENTO INFORMADO**UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS****CIENCIAS DE LA SALUD****FISIOTERAPIA**

Quito, ____ de _____ del 2016

Yo _____ C.I. _____ acepto voluntariamente participar en el proyecto de investigación que lleva por título: “comparación de la aplicación del *TRX®* versus ejercicios del *CORE* en el fortalecimiento de la faja abdominal en adultos jóvenes”, cuyos autores responsables son Christian Jaramillo y Alejandro Carrillo, estudiantes de la carrera de Fisioterapia de la Universidad de las Américas de octavo semestre.

Cuyo objetivo es comparar la eficacia de la aplicación de los ejercicios de suspensión *TRX®* vs los ejercicios del *CORE* en el fortalecimiento muscular de la faja abdominal de adultos jóvenes.

Acepto que se me efectúen las evaluaciones necesarias para este proyecto. En esta investigación no se utilizarán instrumentos invasivos que cause daño a la integridad del paciente. Durante el período de trabajo se realizarán capturas de la actividad a través de cámaras fotográficas y de video, sin intervenir en el desarrollo de la actividad. Los datos personales que otorgaré permanecerán en estricta confidencialidad y no serán usados para fines que no estén dentro de esta investigación.

Fui informado que no obtendré ningún beneficio monetario por mi participación en esta investigación y cualquier inquietud que presente será resuelta por los investigadores a cargo. En el caso de no desear continuar con el estudio podré retirarme sin ningún problema. He comprendido y aclarado mis dudas por medio de los investigadores responsables de este estudio.

Firma: _____

ANEXO 2: CUESTIONARIO

Cuestionario PAR-Q

Para poder aumentar el nivel de actividad física o realizar esfuerzo físico mayor del que habitualmente realiza en su vida diaria, es recomendable que responda las siguientes siete preguntas (**SI** o **NO**) en forma responsable y consciente. Luego, siga las instrucciones que se dan al final del cuestionario.

Fecha:		
¿Alguna vez el médico le ha dicho que Ud. tiene un problema cardíaco y que por eso sólo debería realizar actividad física recomendada por él?		
¿Cuándo hace actividad física siente dolor en el pecho?		
¿En el último mes y estando en reposo, ha sentido dolor en el pecho?		
¿Pierde el equilibrio por mareos o vértigo, o alguna vez ha perdido el conocimiento?		
¿Tiene un problema óseo o articular que pudiera empeorar por un aumento en su actividad física habitual?		
¿Actualmente el médico le está prescribiendo medicamentos (por ejemplo diuréticos) para su presión arterial o para su corazón?		
¿Conoce <u>alguna otra razón</u> por la cual no debería hacer actividad física?		

Si respondió **SI** a al menos una de las preguntas, debe consultar al médico para que él decida si la actividad física que piensa realizar es segura para su salud. Si respondió **NO** a todas las preguntas, puede empezar a realizar más actividad física de la que habitualmente hace, lo cual será seguro para su salud siempre y cuando lo realice de manera progresiva. Si su estado de salud cambia durante el programa deberá reportarlo a los Fisioterapeutas.

Yo, _____, con mi firma CERTIFICO que he leído y comprendido completa y correctamente el cuestionario y mis respuestas son ciertas y apegadas a la verdad.

Firma del usuario

ANEXO 3: FICHA DE EVALUACIÓN CLÍNICA GRUPOS

DATOS PERSONALES

GRUPO	
HISTORIA CLINICA No	
SESIÓN No	
NOMBRE	
APELLIDO	
EDAD	
PESO	
TALLA	
IMC	

ANAMNESIS

ANTECEDENTES PATOLÓGICOS FAMILIARES	
ANTECEDENTES PATOLÓGICOS PERSONALES	
HABITOS TÓXICOS	
ALIMENTACIÓN	
ACTIVIDAD FÍSICA	

SIGNOS VITALES

FRECUENCIA CARDÍACA	
FRECUENCIA RESPIRATORA	
TENSIÓN ARTERIAL	
SATURACIÓN O ₂	

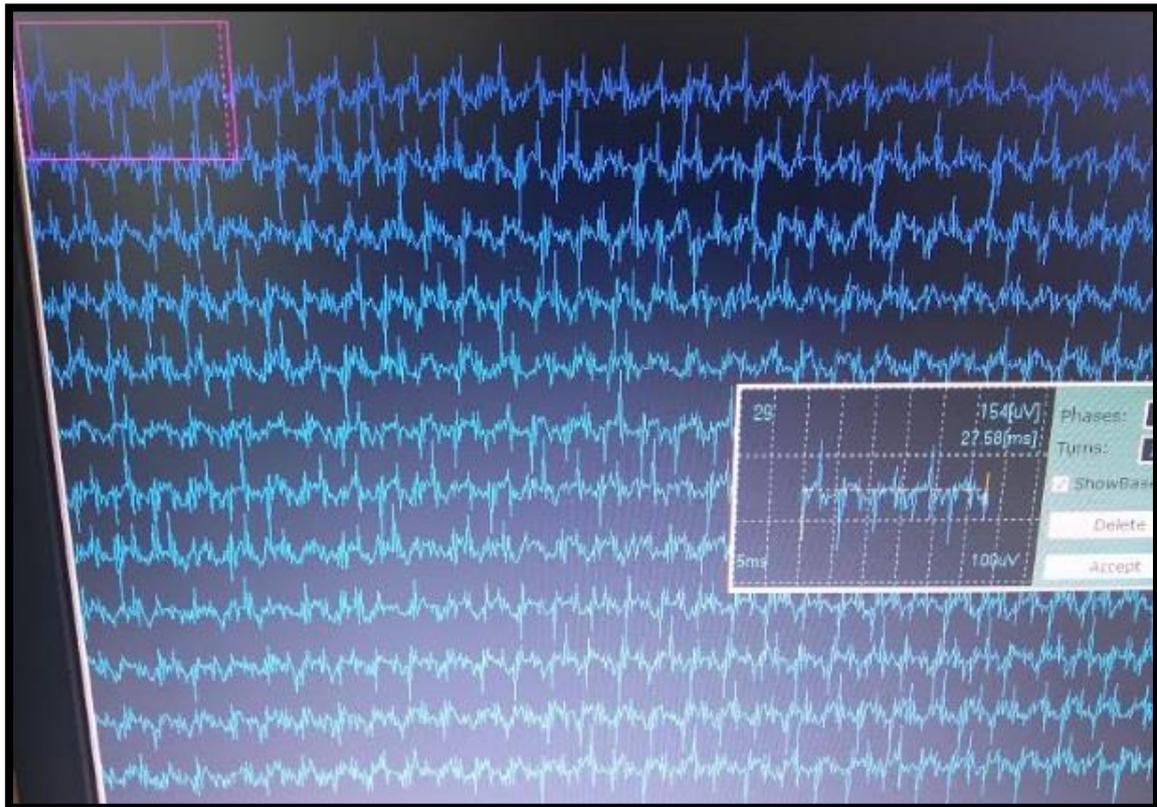
EVALUACIÓN

TEST DE FUERZA ABDOMINAL	
PERIMETRÍA	Desde EIAS hasta EIAS contralateral

SESIÓN DE ENTRENAMIENTO

Calentamiento	(10-15 minutos)
Ejercicio	Ejercicio isométrico
Vuelta a la calma	Estiramientos (5-8 minutos)

ANEXO 4: TOMA DE SEÑAL ELECTROMIOGRÁFICA



ANEXO 5: ENTRENAMIENTO DEL GRUPO CORE BAJO LA SUPERVISIÓN DEL MAESTRO EN ARTES MARCIALES DAVID LAZAR



ANEXO 6: DEMOSTRACIÓN DE LOS EJERCICIOS DE PLANCHA PRONA Y LATERAL EN EL ENTRENAMIENTO EN SUSPENSIÓN CON TRX® A LOS PARTICIPANTES

Plancha prona



Plancha lateral



