



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Enfermería

Maestría en Ciencias de la Rehabilitación en el Movimiento Humano

TESIS

Efectos a corto plazo de la activación muscular del core en la plancha
prono extendida versus plancha prono extendida en suspensión

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Maestro en Ciencias de la Rehabilitación en el Movimiento Humano.

Presenta:

L.Ft. Karen Casandra González Gutiérrez

Dirigido por:

Dra. Arely Guadalupe Morales Hernández

Co dirigido por:

Dr. Méndez Ávila Julio César

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciatario no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:

 **Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciatario.

 **NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).

 **SinDerivadas** — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Enfermería
Maestría en Ciencias de la Rehabilitación en el Movimiento Humano

TESIS

Efectos a corto plazo de la activación muscular del core de la plancha prono extendida versus plancha prono extendida en suspensión

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Maestro en Ciencias de la Rehabilitación en el Movimiento Humano.

Presenta:

L.Ft. Karen Casandra González Gutiérrez

Dirigido por:

Dra. Arely Guadalupe Morales Hernández

Co dirigido por:

Dr. Méndez Ávila Julio César

Dra. Arely Guadalupe Morales Hernández

Presidente

Firma

Dr. Julio César Méndez Ávila

Secretario

Firma

Dr. Carlos Andrés Pérez García

Sinodal Vocal

Firma

Dr. Irving Armando Cruz Albarrán

Sinodal Suplente

Firma

M.P.T. Lizbeth Rodríguez Márquez

Sinodal Suplente

Firma

Centro Universitario, Querétaro, Qro.

Fecha (será el mes y año de aprobación del Consejo Universitario)

México

DEDICATORIAS

Dedico con alma y todo mi corazón el trabajo de esta Tesis y agradezco, desde lo más profundo de mi ser a Dios y a mis padres Juan Antonio y Dilu, por una vida de oportunidades, por guiar e iluminar mi camino siempre con amor incondicional.

También, a mi mejor amigo y compañero de vida, Tiago, quien, además de impulsarme a ser siempre una mejor versión de mí, me ha dado el regalo más bello y preciado, nuestra hermosa Maya, quien ilumina mis días y me da la fuerza para mejorar cada día.

A mis Hermanos Gil Antonio y Sandra Ana Linne, quienes me acompañaron y protegieron siempre, mostrándome el amor en forma de amistad y hermandad; Gil, gracias por guiar mis pasos y seguir junto a mi lado, vigilando en la distancia; y gracias Ana por ser mi mejor amiga y haber iluminado nuestra vida cuando más triste se tornaba con la alegría de la adición de mi querida Samara a nuestra familia y quien me mostro que el amor a primera vista si existe.

También a mis amigas, amigos y colegas, por estar presentes e iluminar mi vida, y por supuesto a todos aquellos que alguna vez fueron mis mentores, gracias por enseñarme siempre.

Expreso mi gratitud eterna a todos ustedes.

Con amor, lágrimas y mucho esfuerzo dedico el esta tesis a todos ustedes.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a mi Alma Mater la Universidad Autónoma de Querétaro, por brindar a los estudiantes, oportunidades de desarrollo y crecimiento profesional, además de una educación de calidad y compromiso con la mejora continua.

También expreso mi gratitud hacia la honorable directora de la Facultad de Enfermería la Dra. Judith Valeria Frías Becerril por depositar su confianza y estar dispuesta siempre a brindar apoyo a su personal y estudiantes.

De igual manera, agradezco al Coordinador de la Jefatura de Investigación y Posgrado el Dr. Julio César Méndez Ávila, por su calidad humana y disposición de ayudar en todo momento, ante cualquier situación, además de su apoyo al desarrollo de esta Tesis como Co-Director.

Con profunda estima agradezco a mi directora de Tesis, querida amiga y colega; y una de las mujeres que más admiro por su capacidad intelectual, compromiso con la universidad y con los estudiantes, por su calidad de ser humano, gran empatía, tras brindarme siempre su apoyo y creer en mí, la Dra. Arely Guadalupe Morales Hernández.

De igual manera, agradezco al Dr. Carlos Andrés Pérez García, por estar dispuesto siempre a apoyar durante todo de este proyecto desde el 2019.

Aunado a los agradecimientos, destaco el apoyo brindado por mi compañero Rafael Iván Delgado Bustamante, a la M. en C. de Ingeniería en Electrónica, P. del Doctorado en IPN, Judith Moreno Jiménez y Lic. Bioingeniería Médica, Pasante de la Maestría en Tecnología Avanzada Mariana Paola Espinos Gallegos; por el apoyo brindado en el proceso de toma de datos, evaluación y análisis de las señales, demostrando que el compañerismo no tiene límites.

Y, por último, pero no menos importante, a todos mis docentes de Licenciatura y de la Maestría por las enseñanzas brindada en esta trayectoria, pues sin su sabiduría, este día no habría llegado.

INDICE

INDICE	2
INDICE DE FIGURAS.....	3
INDICE DE TABLA.....	1
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. JUSTIFICACIÓN	5
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
IV. MARCO TEÓRICO.....	11
DEFINIENDO EL CORE	11
EVALUACIÓN DEL CORE	13
SISTEMAS DE ENTRENAMIENTO DEL CORE	16
INSTRUMENTOS DE ENTRENAMIENTO DE SUSPENSIÓN.....	18
ELECTROMIOGRAFIA DE SUPERFICIE	26
ESTUDIOS RELACIONADOS	29
V. OBJETIVOS.....	32
VI. HIPÓTESIS.....	33
HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	33
HIPOTESIS NULA	33
VII. METODOLOGÍA Y TIPO DE DISEÑO	34
UNIVERSO Y MUESTRA	34
CRITERIOS DE INCLUSIÓN	34
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	34
CRITERIOS DE ELIMINACIÓN	35
PROCEDIMIENTO	35
VIII. RESULTADOS.....	45
IX. DISCUSIÓN	53
X. CONCLUSIÓN	56
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	58
VI. ANEXOS.....	62

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	Métodos de evaluación de la estabilidad central.	14
FIGURA 2	Sistema FKPro.	19
FIGURA 3	Sistema RedCord.	20
FIGURA 4	Sistema de Suspensión AeroSling Elite.	20
FIGURA 5	Sistema de Suspensión The Hook.	21
FIGURA 6	Entrenamiento de suspensión con aditamento TRX.	22
FIGURA 7	Anatomía del sistema de suspensión TRX.	24
FIGURA 8	Extended Planck Position (posición plancha extendida).	25
FIGURA 9	Biopac MP36 data acquisition system.	28
FIGURA 10	Taller de Entrenamiento de Suspensión.	36
FIGURA 11	Colocación de los electrodos.	37
FIGURA 12	Posición Plancha Prono Extendida sobre el suelo (PPE).	37
FIGURA 13	Posición Plancha Prono Extendida en Suspensión (PPES).	38
FIGURA 14	Filtrado de las señales del RA, OE y EE.	39
FIGURA 15	Filtración de una señal de EMG.	40
FIGURA 16	Registro de las señales normalizadas	41
FIGURA 17	Expresión del pico máximo de voltaje en una señal.	42
FIGURA 18	Root Mean Square (RMS) en la Posición de PPE.	43
FIGURA 19	Ejemplo de un mapa de calor (heatmap).	44
FIGURA 20	Composición de la muestra por género.	45
FIGURA 21	Composición de la muestra por edad.	46
FIGURA 22	Composición de la muestra por Índice de Masa Corporal (IMC) de los sujetos evaluados.	46
FIGURA 23	Composición de la muestra con relación a la actividad física.	47
FIGURA 24	RMS de RMS en mapa de calor.	48
FIGURA 25	Media de PMV por grupo muscular ante las posiciones PPE y PPES.	49

INDICE DE TABLA

TABLA 1	Sistemas de estabilización local y global del raquis.	17
TABLA 2	Estadísticos descriptivos con relación a la resistencia (tiempo en segundos).	47
TABLA 3	Relación entre el recto abdominal y las dos posiciones PPE VS PPES.	50
TABLA 4	Relación entre el Recto Abdominal y las dos posiciones PPE VS PPES.	51
TABLA 5	Relación entre el Oblicuo Externo y las dos posiciones PPE VS PPES	51
TABLA 6	Relación entre el Erector de la Espina y las dos posiciones PPE VS PPES	52

RESUMEN

Introducción: El entrenamiento del core se encuentra en tendencia en los últimos años, es así que su activación mediante el entrenamiento de suspensión (ES) ha sido reconocido, además su evaluación y efectos aún carecen de evidencia. **Objetivo:** Determinar efectos a corto plazo de la activación muscular del core de la plancha prono extendida versus plancha prono extendida en suspensión. **Metodología:** Investigación de tipo cuasiexperimental de preprueba y posprueba, con una muestra de n=22, evaluados por medio de la SEMG a los músculos RA, OE y EE; en la posición PPE vs PPES. **Resultados:** en relación a la resistencia, se presentó una diferencia de 21.9 segundos entre ambas posiciones, con un *P-value* de 0.001732. Para los resultados de la SEMG, ante la posición de PPE el del EE con mayor actividad corresponde a 0.2902 V en contraste con la posición de PPES el cual corresponde al músculo OE con 0.3021 V. El nivel de significancia de las pruebas resultó de *P-value* de 0.8717 para dicha comparativa. **Conclusión:** En términos generales los resultados de este estudio, ofrecen una visión sobre la activación muscular durante ejercicios de plancha en distintas posiciones, destacando así la importancia de adaptar el entrenamiento a las demandas específicas de cada ejercicio, sin embargo, para futuras investigaciones se sugiere la evaluación de ambos lados del core, así como de una muestra mayor en aras de encontrar un mejor índice de confianza. **Discusión:** Los resultados obtenidos en este estudio aportan información valiosa sobre la activación de la musculatura del core, obtenida y descrita de por la EMG gracias a la obtención del PMV, expuesto a dos posiciones diferentes de plancha, en ambos se evidenció su efecto sobre la resistencia muscular. Sin embargo, los resultados del análisis estadístico no se evidenciaron variaciones significativas en la activación de los músculos evaluados, pero sí, en cuanto a la resistencia muscular ante la posición de PPE vs PPES.

Palabras clave: core, entrenamiento de suspensión, SEMG.

ABSTRACT

Introduction: Core training has become a prominent trend in recent years, with the activation of core muscles through suspension training (ST) gaining recognition. However, its evaluation and effects still lack of evidence. **Objective:** To assess the short-term effects on core muscle activation in the extended prone plank (PPE) versus the extended prone plank in suspension (PPES). **Methodology:** A quasi-experimental study with pre-test and post-test design was conducted, involving a sample of n=22 participants. Muscle activation was assessed using SEMG for the rectus abdominis (RA), external oblique (OE), and erector spinae (EE) muscles in both the PPE and PPES positions. **Results:** Regarding endurance, a significant difference of 21.9 seconds was observed between the two positions, with a p-value of 0.001732. For the SEMG results, in the PPE position, the EE muscle exhibited the highest activity at 0.2902 V, while in the PPES position, the OE muscle showed the greatest activity at 0.3021 V. The significance level for the muscle activation comparison resulted in a p-value of 0.8717. **Conclusion:** The findings of this study provide valuable insights into muscle activation during plank exercises in different positions, emphasizing the importance of tailoring training to the specific demands of each exercise. However, for future research, it is recommended to assess both sides of the core and involve a larger sample size to increase the reliability of the results. **Discussion:** The results obtained offer important information on core muscle activation, as measured and described by SEMG, when exposed to two different plank positions. Both positions showed their effects on muscular endurance. However, statistical analysis revealed no significant variations in muscle activation between the positions, although differences in muscular endurance were observed between the PPE and PPES positions.

Keywords: core, suspension training, SEMG.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente dentro del área de la salud, rehabilitación y el deporte el funcionamiento del core es reconocido por su vital importancia en el desempeño de la mayoría de las acciones motrices de la vida cotidiana. En este sentido, según, Richardson et. al. (1992) describe la región del core desde una perspectiva anatómica como:

“Un área delimitada por los músculos abdominales en la parte delantera, por los músculos paraespinales y glúteos en la espalda, por el diafragma en la parte superior y por la musculatura del piso pélvico y la cintura de la parte inferior”

Es de reconocer dos conceptos fundamentales pertenecientes al core debido a su relación con el desempeño muscular: por un lado, se encuentra el *core strength*, el cual hace referencia a la capacidad de los músculos del core para generar y mantener la producción de la fuerza, capacidades que se conocen como fuerza y resistencia muscular. Por otro lado, el segundo término, *core stability*, el cual está relacionado con el control del core durante la generación de fuerza muscular o en respuesta a una alteración (Vera-García et al., 2015).

En tal sentido, existen diversas propuestas para su entrenamiento, donde, para el desarrollo de esta tesis el entrenamiento de suspensión (ES), se ha destacado por ser un método fácil de usar y de amplia versatilidad.

Aunado a esto, la activación del core mediante el entrenamiento de suspensión ha sido reconocido por ser una técnica clave para la prevención de lesiones en los miembros inferiores. Donde además se le ha atribuido ser optimizador del rendimiento deportivo, ya que posee beneficios que van desde el aumento de la fuerza funcional hasta el acrecentamiento de la propiocepción (Dawes, n.d.).

Hoy en día, la evaluación general de la funcionalidad se realiza por medio de evaluaciones de campo que utilizan métodos observacionales, los cuales se basan en la calidad del movimiento. No obstante, existen métodos cuantitativos que van desde el

uso de dinamómetros, ultrasonidos y electromiografías entre otros. En este sentido, esta última, se ha utilizado ampliamente para estudiar enfermedades del sistema musculoesquelético, especialmente en los músculos centrales (Li et al., 2020).

Es así como, esta tesis sometió a un grupo de adultos jóvenes sanos a una comparación de la activación del core por medio de la plancha prono extendida versus plancha prono extendida con el aditamento de suspensión, para así, observar y registrar la actividad de conducción eléctrica ante ambas posturas por medio de electromiografía, con el propósito de analizar los efectos a corto plazo de la activación muscular del core de la plancha prono extendida versus plancha prono extendida en suspensión.

II. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, el entrenamiento del core ha sido ampliamente estudiado por ser considerado un problema fundamental en el área de la salud, la rehabilitación y el desempeño deportivo (Hibbs et al., 2011). Los ejercicios básicos del acondicionamiento físico pueden aportar beneficios sobre algunos trastornos musculoesqueléticos, tales como: sobrecarga de la columna lumbar, desequilibrio de los músculos extensores de la cadera, atrofia de los músculos paraespinales; entre otros (Oliva-Lozano & Muyor, 2020).

La popularidad del core se ha acrecentado en los últimos años, siendo objeto de estudio, al ser considerado uno de los principales factores en la prevención y el tratamiento de síndromes de dolorosos, además de estar relacionado también, como un factor en la prevención de lesiones de las extremidades inferiores (Vera-García et al., 2015)

De esta forma, la evidencia preliminar, muestra que el entrenamiento de la estabilidad del core, reduce la tasa de lesiones, mejora el rendimiento y el resultado de la rehabilitación a corto plazo, tanto en personas con problemas musculoesqueléticos, como en atletas de élite (Mok et al., 2014).

Este tipo de entrenamiento cambia la manera en la cual se reclutan las fibras musculares debido a la inestable base de sustentación o BOS por sus siglas en inglés. Esta afecta al cuerpo humano por medio de tres vías: gravedad, fuerza muscular y un tercer factor, como señala "La fuerza fisiológica de impacto y deformación de las fuerzas" (Pastucha et. al., 2016, como se cita en Harris et al., 2017, p. 43).

En adición a los beneficios del ES, se considera que este, puede proporcionar una transferencia más efectiva de las adaptaciones del entrenamiento a las tareas diarias" (Byrne et al., 2014).

Una variedad de estudios que reportan la utilidad del entrenamiento de suspensión o ES en Rehabilitación, mundo del fitness, entre otros, algunos han evaluado

exhaustivamente los patrones de activación de múltiples grupos musculares durante los ejercicios(Harris et al., 2017).

De esta manera, el conocer los efectos del entrenamiento de suspensión sobre el core, permite identificar las adaptaciones de la musculatura del mismo, en un periodo corto de actividad física. Esto supone, poder identificar las posturas con mayor control muscular y así aplicarlo de acuerdo a las necesidades de cada paciente en cuanto a sus actividades de la vida diaria. Tal como sugiere Kisner & Colby, (2005), donde destaca los métodos de intervención propios del ejercicio terapéutico.

Es por ello, el estudio de estos aspectos es crucial para la determinación de resultados, donde, por su parte, existe una amplia gama de herramientas para su evaluación.

Por lo anterior, el uso de herramientas como la electromiografía (EMG) se ha utilizado ampliamente para estudiar enfermedades del sistema musculoesquelético, especialmente en los músculos centrales (Li et al., 2020), así como para cuantificar la actividad muscular durante los movimientos corporales dinámicos y estáticos durante el entrenamiento de la musculatura central (Hibbs et al., 2011).

Por otro lado, esta tesis fue factible, ya que el recurso humano para realizar la evaluación cuenta con la formación clínica y técnica en el uso electromiografía y el entrenamiento de suspensión (ES). A su vez, la Facultad de Enfermería puso a disposición de las investigadoras el laboratorio de biomecánica de la Facultad para llevar a cabo el estudio. El proyecto fue viable debido a que, al ser un estudio de corte transversal de prueba y posprueba, permitió la adquisición y registro de la señal en un corto tiempo.

Es así como, el core training por medio del ES se ha logrado incrustarse en el área de la salud y el deporte, con el fin de complementar el desarrollo físico en general de distintas disciplinas.

En este sentido, los resultados de esta investigación benefician a la comunidad deportiva y de la salud.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, existe discrepancia en la definición del core, (Vera-García, Moreno-Pérez, et al., 2015), Por un lado, es descrito por Segarra et al., 2014 desde una perspectiva anatómica, describiéndolo como:

Un complejo muscular situado en la parte central del cuerpo (región lumbo-pélvica) que incluye 29 músculos que estabilizan la columna vertebral y la región abdominal e incluye músculos del abdomen, espalda, parte posterior y anterior de la cadera, suelo pélvico y diafragma.

En virtud a ello, Vera-García, Moreno-Pérez, et al., (2015) atribuye que este concepto es parte de las estructuras referidas las cuales según dice “Participan conjuntamente en el mantenimiento de la estabilidad del tronco y en la generación y transferencia de fuerzas desde la parte central del cuerpo hacia las extremidades”.

Es así como, se debe reconocer que el concepto de core, no solo sea definido como una estructura o suma de estructuras anatómicas, sino que también sea visto desde una perspectiva funcional que englobe estructuras musculares, osteoligamentosas y de control neural (Segarra et al., 2014).

A la vez, existe también el llamado *core stability*, el cual ha sido definido por Vera García (2015) como “la capacidad de las estructuras osteoarticulares y musculares, coordinadas por el sistema de control motor, para mantener o retomar una posición o trayectoria del tronco, cuando este es sometido a fuerzas internas o externas”.

Por su parte, el mismo autor se ha referido al término *core strength*, como “la capacidad de los músculos del core para generar y mantener la producción de fuerza” (Vera-García et al., 2015).

En vista de los variados conceptos, la aplicación experimental podría verse afectada, ya que el sistema conceptual elegido únicamente contemplará ciertas variables mismo que podría traducirse en sesgos de medición.

Además de la discusión entre las distintas definiciones y connotaciones del concepto core, son motivo de estudio los métodos desarrollados para su entrenamiento y evaluación.

Entre ellos, se encuentra el Entrenamiento de Suspensión (ES), el cual, según sus creadores brinda múltiples beneficios gracias al entrenamiento de la fuerza por medio de las correas en la cuales se pueden situar ambas extremidades. Dando como resultado el aumento de la fuerza y estabilidad del core; además de la facilidad de uso y de ser un método ideal para la mayoría de personas de todo tipo como lo es sexo, edad, peso y talla (Dawes, 2017).

Por otro lado, se ha mencionado que el entrenamiento de resistencia a la inestabilidad, como lo es el ES, no es la mejor opción para todas las circunstancias de entrenamiento. Es decir, puede resultar en un descenso sobre la potencia (M. Bryne et al., 2014) .

Sin embargo, los criterios específicos tomados en cuenta para generar una adecuada adaptación y mejora sobre las propiedades del core durante el ES, parecen ser poco claros, en especial cuando se quiere generar planificaciones destinadas a una progresión adecuada, misma que garanticen una adecuada estabilidad sobre el raquis (Segarra et al., 2014)

Aunado a ello, Vera-García, Barbado, et al., (2015) destaca la importancia de los estudios biomecánicos y epidemiológicos, mismos que según estos “han relacionado alteraciones en el control neuromuscular del *core stability* con la aparición de lesiones en la columna lumbar y en los miembros inferiores”.

Los estudios disponibles varían en los métodos de evaluación del core, sin embargo, varios autores consideran que existe la falta de evidencia en relación a superficies inestables tal como el ES. Esto se debe a las elecciones de diversas metodologías, mismas que concluyen en que los estudios de *core stability training* muestran resultados mixtos en términos de la efectividad de CST tanto para mejorar los resultados del entrenamiento deportivo como en la reducción en el dolor lumbar crónico, a largo plazo (Mok et al., 2015).

Como le menciona Tong et al., (2013), donde remarca que los músculos seleccionados tales como recto abdominal (RA), oblicuo externo (OE) y erector de la espina (EE); estaban cargados continuamente durante la prueba, mientras que la carga de los músculos para mantener la posición básica de plancha variaba con acciones adicionales de las extremidades.

Exponiendo así, la posición de plancha tiene sus variables independientes, lo que pone en duda que el ES suponga la mejor opción y ventaja para la correcta activación muscular del core. Surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son los efectos a corto plazo de la activación muscular del core de la plancha prono extendida versus plancha prono extendida en suspensión?

IV. MARCO TEÓRICO

En la actualidad, existe especial interés por la salud y deporte, donde a grandes rasgos se ha desarrollado toda clase de métodos y técnicas, es por ello que este trabajo busca describir el efecto del Entrenamiento de Suspensión (ES) sobre la musculatura del core, mediante una evaluación de la actividad muscular eléctrica con apoyo de la electromiografía de superficie o bien SEMG, llamado así por sus siglas en inglés.

DEFINIENDO EL CORE

Existen distintos términos asociados al concepto del core, desde una perspectiva anatómica, es visto como el área que rodea la musculatura de la región abdominal por el frente, los músculos paraespinales y los glúteos en la parte posterior, el diafragma en la parte superior y el piso pélvico en el fondo (Richardson et al., 1992).

Aunada a ella, varias definiciones que describen al core, tales como la de Barbado, Vera-García, et al., (2015), la cual lo describe como:

La integración funcional de las estructuras pasivas de la columna vertebral, los músculos o elementos activos y el control neural, de manera que permite al individuo mantener las zonas neutrales intervertebrales (parte del rango de movimiento articular dentro del cual la resistencia al movimiento intervertebral es mínima) dentro de los límites fisiológicos, mientras se realizan actividades de la vida diaria.

Para efectos de esta tesis la definición que es más acorde al proyecto es la de Vera-García et al., (2015) que la define al core como:

Un concepto funcional utilizado habitualmente para referirse de forma conjunta a las estructuras musculares y osteoarticulares de la parte central del cuerpo, sobre todo, del raquis lumbo-dorsal, la pelvis y las caderas, el cual se ha utilizado especialmente en el ámbito deportivo, ya que las estructuras referidas participan conjuntamente en el mantenimiento de la estabilidad del tronco y en la generación y transferencia de fuerzas desde la parte central del cuerpo hacia las

extremidades en actividades tan diversas como correr, lanzar o golpear, siendo el centro de las cadenas cinéticas que participan en estas acciones.

En adición a dicha definición, Panjabi, (1992), define al *core stability* como una integración funcional donde todas las estructuras tanto pasivas como activas de la columna vertebral, permiten que el cuerpo se mantenga en una zona neutral dentro de los límites fisiológicos al realizar alguna actividad. Aunado al resto, también ha sido descrito como la capacidad para controlar la posición y el movimiento del tronco sobre la pelvis, lo cual, proporciona una óptima producción, transferencia del control de fuerza y movimiento hacia las extremidades en actividades atléticas o deportivas (Barbado et al., 2015).

Es por ello que, cuando el sistema del core funciona como debería, se tiene como resultado, una apropiada fuerza de distribución y una generación de fuerza máxima con un mínimo de compresión, traslación o fuerzas cortantes de la cadena cinética (Akuthota et al., 2008). Por lo tanto, para describir los atributos que se deben estimular en dicha zona, los autores han adoptado términos como *core stability* y *core strength*.

Estos términos, están relacionados, pero no son sinónimos. Debido a ello se ha incrementado cierta confusión terminológica. Por su parte, el concepto de *core stability* está relacionado al control de la musculatura del core ante la producción de la fuerza muscular o bien, en respuesta a una alteración(Vera-García et al., 2015). Por otro lado, “*core strength*”, hace referencia a la capacidad de los músculos del core para generar y mantener la producción de fuerza y o resistencia muscular (Vera-García et al., 2015). Dicho término, se conoce también como fuerza y la resistencia muscular. Donde las actividades provocan alteraciones directas sobre el centro de gravedad en respuesta a la actividad muscular (Bliss & Teeple, 2005).

Una vez descritas las distintas definiciones que engloban el concepto del core, es de suma importancia mencionar su evaluación, ya que su entrenamiento y desarrollo de objetivos dependen de este.

Hibbs et al., 2011, remarca la importancia de la estabilidad central para el rendimiento deportivo, el entrenamiento de los músculos del core, mismo que se convirtió en un elemento básico del entrenamiento en la mayoría de los deportes. Es así que, la evaluación de un atleta debería incluir pruebas de fuerza de las extremidades y de todas las cadenas cinéticas completas. El core no debe ser descuidado debido a que es el centro de las cadenas cinéticas y el origen de la potencia (Bliss & Teeple, 2005).

EVALUACIÓN DEL CORE

Una vez establecidos los grupos musculares, es necesario hablar sobre su evaluación, si bien dada la terminología antes mencionada, es necesario establecer de acuerdo a los atributos que es lo que se desea evaluar sobre dicha región.

Se destaca su importancia en el área de la salud y el deporte donde, se ha remarcado que para evaluar la estabilidad mecánica de un cuerpo, estructura o sistema es necesario perturbar dicho cuerpo para observar su respuesta (Barbado et al., 2015)

A su vez, dentro de la evaluación de un atleta se debe incluir pruebas de fuerza de las extremidades y toda la cadena cinética. Es por ello que el core o núcleo, se presenta como punto principal de evaluación, ya que es considerado el centro de la cadena cinética y el origen del poder (Bliss & Teeple, 2005).

Como menciona Barbado et al., (2015) muchos de los métodos biomecánicos utilizados para valorar al *core stability* se basan en:

Aplicar de forma controlada fuerzas de diferentes características tales como dirección, magnitud y duración; así como en analizar las respuestas de sus estructuras mediante técnicas cinemáticas y dinamométricas. Es así que, visto desde una definición relacionada a la estabilidad del core, cuanto menos se desplace el tronco de su posición o trayectoria y/o más rápidamente retome su posición o trayectoria ante las fuerzas aplicadas, mayor será la capacidad de estabilización.

En este sentido, las evaluaciones clínicas de la resistencia muscular, se utilizan comúnmente para evaluar la estabilidad del core se han descrito numerosas pruebas de resistencia muscular del core (variables de la plancha prono) para evaluar la estabilidad del core en adultos sanos y poblaciones atléticas (M. Butowicz et al., 2016)

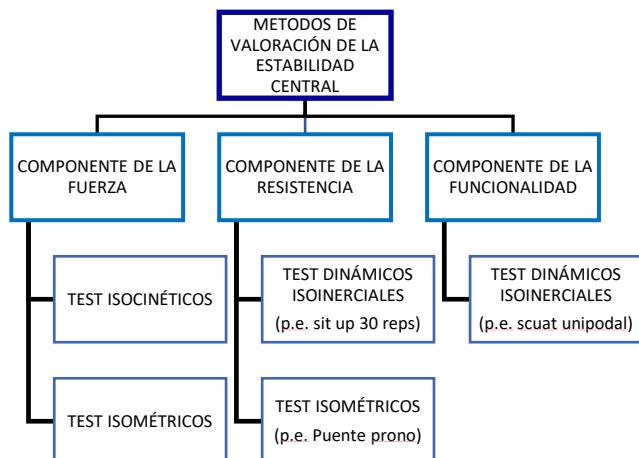
Al referirse a estabilidad del core, es importante mencionar que esta, ha sido difícil de evaluar debido a la falta de consenso de medición de la fuerza en esta región. Donde, los métodos habituales que se disponen para valorar los distintos componentes del core, tal como los ha descrito por (Peña et al., 2015).

A continuación, se muestra uno de los métodos más habituales que se disponen para valorar los componentes del Core (Figura 1), descrito por Pinzón Ríos, (2017), donde describe los tipos de valoración para medir la fuerza en relación a la actividad muscular:

En primer lugar, usa la valoración isocinética para medir fuerza, donde se usa el torque pico, la producción de potencia y el trabajo total realizado. Como segundo punto, se encuentra la valoración isométrica, usada para medir la fuerza y/o resistencia muscular. Por último, la valoración isoinercial, usada durante el uso de ejercicios dinámicos con una resistencia externa constante, para medir indirectamente la potencia, resistencia o fuerza muscular.

Figura 1

Métodos de evaluación de la estabilidad central



Nota: Representación de los distintos métodos de evaluación del core de acuerdo a la activación muscular. Basado en tres distintos componentes (orden de izquierda a derecha) n.1 componentes de evaluación de

la Fuerza, n.2 Componentes de evaluación de la resistencia y n.3 componente de la evaluación de la funcionalidad. Extraído de (Peña et al., 2015, citado por Pinzón Ríos, 2017 p. 12)

Generalmente los métodos de evaluación usados, eran tales como test de saltos, levantamiento de pesas, lanzamientos, golpeos, sprint, cambios de dirección y control postural, entre otros; los cuales miden capacidades físicas, los cuales contienen elementos que destacan dentro del rendimiento deportivo, tales como la agilidad, la velocidad, la fuerza, la potencia y el equilibrio (Barbado et al., 2015).

Sin embargo, para fines prácticos de esta investigación, la valoración isométrica para medir la fuerza y resistencia del core, es la ideal para el desarrollo de este.

Un ejemplo de ello son los test de puentes (planchas), estos se consideran funcionales debido a que evalúan la fuerza y la resistencia muscular, además aportan datos como el control del tronco por medio de la activación sincrónica de muchos músculos. Esto es un ejemplo más preciso de como los músculos actúan juntos(L. S. Bliss & Teeple, 2005).

Esta maniobra requiere específicamente de mantener una posición en decúbito prono sobre los antebrazos y los dedos de los pies, con la intención de mantener la espalda y las caderas neutras. Donde, se ha estimado que el puente prono genera cierto nivel de activación sobre los músculos abdominales durante la posición (Bohannon et al., 2018).

Además de las numerosas opciones de evaluación de campo, un avance tecnológico ha sido la implementación de instrumentos más precisos, tales como las pruebas de dinamometría isocinética, mismas que valoran la estabilidad y la fuerza del core.

Un ejemplo desarrollado por Moreno López, 2019, el cual, buscó comprobar la eficacia de un protocolo de ejercicios basado en el método de Pilates para demostrar una variación del dolor, grado de funcionalidad y fuerza muscular sobre la extensión del tronco, mismo que se desarrolló en participantes adultos diagnosticados de lumbalgia crónica inespecífica.

SISTEMAS DE ENTRENAMIENTO DEL CORE

Actualmente diversos programas de fitness populares siguen las bases del *core strengthening*, donde beneficios generales de la estabilización del core se fundamentan en la mejora del rendimiento deportivo y prevención de lesiones (Akuthota et al., 2008).

En este sentido, en ámbitos relacionados con el deporte y la salud, es de provecho, utilizar ejercicios que activen los músculos del abdomen sin producir grandes fuerzas de compresión en el raquis (Oltra, 2015).

A dicho efecto se la ha llamado *serape effect*, el cual es un proceso donde se usa una fuerza generada por el core, la cual es transferida a las extremidades (L. S. Bliss & Teeple, 2005).

Los ejercicios para el fortalecimiento y la estabilización del core están recomendados para la rehabilitación y prevención de desórdenes musculoesqueléticos como lo es para la mejora del performance deportivo (Zemková, 2022). Donde el core es uno de los precursores en el desarrollo del deporte, debido a que provee “estabilidad proximal para movilidad distal”(Akuthota et al., 2008).

Según menciona Oltra (2015), se ha establecido una clasificación de la musculatura de la zona central, a partir de dos sistemas: como primer elemento, se refiere a un sistema local (estabilización); y, en segundo término, se refiere a un sistema global (movimiento), con distinción entre la resistencia del core, estabilidad y ejercicios funcionales.

Tabla 1.

Sistemas de estabilización local y global del raquis.

MUSCULATURA DEL CORE			
Músculos locales		Músculos globales	
Sistema de estabilización/tónico Fibras I		Sistema de Movimiento y torque /fibras II	
Primario	Secundario		
-Transverso	-Oblicuo interno	-Recto abdominal.	
Abdominal	- Fibras medias del oblicuo	- Fibras laterales del oblicuo	
-multifidios	externo	externo.	
	- Cuadrado lumbar.	- Psoas mayor.	
	- Diafragma.	- Erector espinal.	
	- Músculos del suelo pélvico.	- Iliocostal (porción torácica).	
	-Iliocostal y longuísimo (porciones lumbares)		

Nota: En esta tabla se presentan los principales músculos pertenecientes al core. Adaptado de Faries and Greenwood (2007).

Una vez descrita la clasificación de los músculos de acuerdo a los sistemas de localización, realizar un entrenamiento estratificado y adecuado a las necesidades y objetivos, guiará a una práctica adecuada.

Es de importancia, considerarse que un programa de ejercicios básicos debe realizarse en etapas con progresión gradual. Comenzando con la restauración de la longitud muscular normal y acto seguido, la movilidad para corregir cualquier desequilibrio muscular existente (Akuthota et al., 2008)

Vera García et al. 2008, explica que, “un ejercicio se considera eficaz cuando, durante su ejecución, la musculatura se activa con un nivel de intensidad suficiente como para producir adaptaciones”. Por ello, otros autores destacan que, la seguridad se valora mediante estudios de la carga mecánica en los tejidos, considerando seguros aquellos ejercicios que no someten a las estructuras vertebrales a cargas elevadas (Aguilera-castells et al., 2018).

Es así que entre los distintos sistemas y métodos existentes para el entrenamiento del core, el Entrenamiento de suspensión (ES) es una herramienta relativamente novedosa por su accesibilidad para realizarla en cualquier lugar, entre otras cosas.

INSTRUMENTOS DE ENTRENAMIENTO DE SUSPENSIÓN

Tradicionalmente, las herramientas creadoras de superficies inestables han sido usadas para la progresión de la dificultad de ejercicios por medio del aumento de la estimulación del reclutamiento de unidades motoras. Estas incluyen la pelota suiza, la tabla de balance, tabla de equilibrio, bosu, así como ejercicios con pelotas de basquetbol; empero, un nuevo método disponible para el incremento de la activación de unidades motoras es el Entrenamiento de Suspensión (ES) (Aguilera-Castells et al., 2018).

El ES trata de un compendio de ejercicios en los cuales su base es la carga del peso corporal por medio de la tensión de unas cuerdas, las cuales crean tensión a modo de vectores, con ayuda de las cintas de tela y en los extremos de la misma el peso del cuerpo se sostiene por las extremidades, este va aumentando de intensidad conforme la angulación y posición del cuerpo (Dawes, 2017).

De igual manera la evidencia del entrenamiento con cuerdas data desde mediados del siglo XVIII donde gimnastas y trapezistas llevaban a cabo aspectos del uso de ejercicios de suspensión para su desempeño (M. Bryne et al., 2014).

Es así como el ES hasta hace poco tiempo se encontraba en la práctica en las áreas de rehabilitación y deporte, se empleaba de manera empírica y bajo el uso de medios un tanto básicos en su diseño y aplicabilidad, tal como lo menciona Dawes (2017), en la guía de ejercicios básicos “Es difícil saber quién es el creador de este tipo de entrenamiento, ya que son muchos los que reclaman ese título” (Dawes, 2017).

Recientemente los sistemas de Entrenamiento de Suspensión han sido adicionados a la lista de aparatos de entrenamiento con inestabilidad (Cugliari & Boccia, 2017a).

Para profundizar en cuanto a los sistemas de entrenamiento de suspensión es preciso mencionar que existe una amplia gama de estos, los cuales se describen a detalle:

El Sistema FKPro (Figura 2), el cual es un aditamento de dos correas, bajo un sistema de suspensión corporal para ayudar en la pérdida de peso, estabilidad del core, flexibilidad, potencia, balance, resistencia y fuerza. Usado durante entrenamientos personalizados y del fitness alrededor de la UK. Es apropiado para todas las habilidades y niveles, desde principiantes, gimnasio básico o personas desde su hogar hasta atletas de nivel elite.

Figura 2

Sistema FKPro



Nota: En la figura se muestran los aditamentos del sistema. (Hernández, 2020).

Aunado a este, el sistema Redcord (Figura 3) es un método de tratamiento el cual tiene como propósito, generar patrones de movimiento funcional a través de estimulación neuromuscular. A través de ello, se obtiene disminución del dolor, aumento de la movilidad y mejora la respuesta motora. Todo esto, bajo la premisa del ejercicio en suspensión, (Red Cord Neural, n.d.)

Figura 3

Sistema Red Cord



Nota: Sistema de Suspensión Red Cord, usado como aditamento de entrenamiento y tracción articular extraído de activ core.

En adición a los sistemas de suspensión el AeroSling Elite (Figura 4), se trata de una cuerda en bucle ajustable que aumenta las exigencias en la fuerza y el equilibrio en comparación con el ejercicio regular. “Es un entrenamiento que balanceado que muestra resultados más rápidos que una maquina regular de entrenamiento” (según los autores). Generando mejoras en la fuerza, el equilibrio y la estabilidad articular al mismo tiempo (Body & Workout, n.d.).

Figura 4

Sistema de Suspensión AeroSling Elite



Nota: Sistema de suspensión AeroSling Elite, muestra aditamentos y forma de uso. Imagen extraída de Aerobics Fitness Equipment.

Se conoce también dentro de los sistemas de ES al sistema *The Hook Isometrics / Suspension Trainer* (Figura 5) el cual contiene varios componentes y accesorios que le

permiten ser utilizado para una amplia variedad de propósitos. Se caracteriza como un entrenamiento de suspensión que puede ser combinado con ejercicios isométricos, así como por medio del uso del peso corporal en que cual, agregar o reducir la resistencia es tan fácil como simplemente dejar caer las bandas o levantarlas (Equipment, n.d.).

Figura 5

Sistema de Suspensión The Hook



Nota: En la figura se encuentra el Sistema de Suspensión The Hook y algunos ejemplos de sus usos y aplicaciones.

Y, por último, entre dichos sistemas se encuentra uno de los más populares actualmente, el Trx®, o bien, *suspension Trainer* (Figura 6), el cual se caracteriza por contener una extensa serie de ejercicios diseñados para que las extremidades del individuo se encuentren fijos a un punto de anclaje, ya sea en las manos o los pies del deportista, mientras que el extremo opuesto del cuerpo permanece en contacto con el suelo (Manzano, 2011).

El entrenamiento de suspensión de este sistema, tiene un anclaje de un solo punto con correas, manijas y cunas para los pies que son perpendiculares al piso cuando se permite colgar, como resultado del centro de gravedad del objeto. Cuando una persona agarra las manijas, el peso aumenta (debido a la masa corporal de la persona), lo que resulta en un cambio en el centro de gravedad del objeto (Dawes, 2017).

Donde, el nivel de esfuerzo depende del grado de inclinación realizado por la persona, o bien de los puntos de apoyo, en relación con la tensión de la banda en forma de "Y" (Navia, 2012).

Figura 6

Entrenamiento de suspensión con aditamento TRX.



Nota: Usos y aplicaciones del Sistema de Entrenamiento de Suspensión TRX, extraído de "Complete Guide off TRX 2017".

ANTECEDENTES DEL TRX

Este entrenamiento mediante la utilización de correas rígidas, que dio origen al conocido comercialmente como TRX, el cual surgió en los años 90's, su creador Randy Hectrick con sus compañeros de NAVY SEAL crearon con apoyo de cintas de paracaídas cosidas a mano y algunos otros aditamentos en los almacenes, este nuevo sistema de entrenamiento se basó en la carga del peso corporal por medio de correas fundamentándose en vectores. Atendiendo la necesidad de mantenerse en forma dadas las circunstancias de su condición durante misiones o largas jornadas dentro de viajes en barcos, submarinos o refugios (Dawes, 2017).

Es así, como el ES mediante el uso del aditamento de suspensión conocido como TRX, utiliza el peso corporal y el momento de las fuerzas como principios para del reclutamiento de unidades motoras; donde, dicho reclutamiento, depende la dificultad de los ejercicios del ES y de la cantidad de inestabilidad causada por el sistema, así como de la posición corporal (Aguilera-Castells et al., 2018).

Utilizando los principios básicos de la física, el entrenamiento en suspensión permite al usuario manipular la resistencia creada por el propio peso corporal para proporcionar los factores estresantes físicos necesarios para desarrollar y mantener la salud y el estado físico(Dawes, 2017).

Se ha descrito que el ES por medio del TRX el cual proporciona una vasta combinación de apoyos y agarres, los cuales generan una amplia gama de posiciones para desarrollar la fuerza, la resistencia, la coordinación, la flexibilidad, y estabilidad muscular de la parte central del tronco; haciendo uso de la gravedad y la inestabilidad para la generación de respuestas neuromusculares ante los cambios de posición (Manzano, 2011).

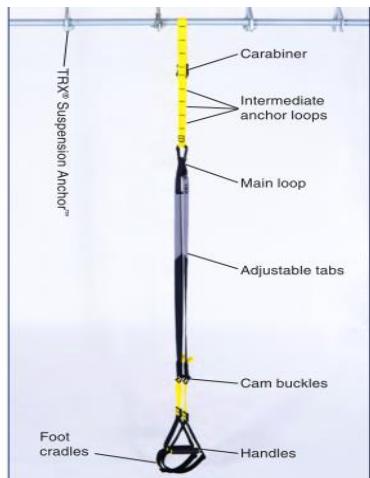
Al tomar las manijas de ES, la masa aumenta (debido a la masa corporal de la persona), lo que resulta en un cambio en el centro de gravedad del objeto. Al cambiar el ángulo de las correas del sistema de suspensión cambia la aplicación o la dirección de la fuerza en el sistema musculoesquelético, lo que aumenta la fuerza de tracción o la resistencia ejercida sobre el cuerpo. Es así como el TRX se centra en un sistema de anclaje de un solo punto, lo cual crea un péndulo, convirtiendo la energía potencial gravitacional y la energía cinética en trabajo o resistencia (Dawes, 2017)

El entrenamiento en suspensión se caracteriza por el desarrollo de la fuerza en la parte central del cuerpo, es decir, el core; dicho desarrollo se logra a partir de movimientos funcionales y posiciones dinámicas. Aunado a ello, también se integra el desarrollo de la fuerza de la parte central en cada ejercicio de espalda, hombros, pecho, cadera y piernas. (Bergas & Liebana R., 2010).

CARACTERÍSTICAS DEL TRX

Figura 7

Anatomía del sistema de suspensión TRX



Nota: Elementos que componen el Sistema de Entrenamiento de Suspensión TRX.

El diseño y construcción del TRX consta de las siguientes características técnicas, descritos desde las guías de ES (Manzano, 2011):

- Cintas de nylon de grado industrial, las cuales contienen una resistencia aproximada de 1.000 libras (450 kg).
- Hilo de nylon de calibre grueso.
- Hebillas antideslizantes para regular la longitud, con resistencia para cada una de ellas de 1.000 libras (450 kg).

El ES cuenta con una gama de posturas las cuales tienen la finalidad de brindar un entrenamiento global, durante una práctica general, la plancha (o ejercicio de puente prono), es un ejercicio tradicional de soporte de peso corporal, comúnmente de estabilidad del core, el cual, proporciona un estímulo adecuado para el entrenamiento de resistencia del recto abdominal y del oblicuo externo del abdomen (Chen et al., 2022).

Su adaptación en el entrenamiento de suspensión se describe como *extended-arm plank*, o bien “Plancha con extensión de brazos” en español, la cual tiene como objetivo desarrollar la musculatura del core en cuanto a estabilidad y resistencia.

Figura 8

Extended Plank Position (posición plancha extendida).



Nota: ejemplo de la posición plancha extendida en suspensión con apoyo del instrumento de entrenamiento de suspensión (PPES).

La gamma de ejercicios del entrenamiento de suspensión es basta, contiene 3 clasificaciones: principiante, intermedio y avanzado, además de que existen tres métodos para variar la intensidad o la dificultad, o ambas, de un ES de anclaje de un solo punto. Estos métodos incluyen (Dawes, 2017):

1. Cambiar las demandas de estabilidad del ejercicio (por ejemplo, de manijas dobles a una sola manija, o alterando la postura).
2. Manipular el ángulo de tracción.
3. Cambiar la posición del centro de gravedad

Mismo que para fines de esta investigación se evaluará contrastando el efecto de la plancha prono extendida y la plancha prono extendida en suspensión por medio de la SEMG.

ELECTROMIOGRAFIA DE SUPERFICIE

Una vez descrito el ES, su entrenamiento y sus efectos, es necesario indagar en la veracidad de este último, es por ello que la evaluación de ES sobre la musculatura de core, se llevará a cabo por medio de la electromiografía de superficie (SEMG).

Esta última, es una técnica experimental relacionada con el desarrollo, la grabación y el análisis de señales mioeléctricas, las cuales se forman por las variaciones en relación a procesos fisiológicos directos sobre la reacción de las membranas de las fibras musculares (Konrad, 2005).

La SEMG proporciona información, dentro de ciertas limitaciones, sobre el impulso neutro a varios componentes de las musculaturas(McGill, 1991). Dicha información bioeléctrica muscular es abordable con técnicas tanto para el diagnóstico, seguimiento en rehabilitación y en prevención (Konrad, 2005).

La Electromiografía (EMG), evalúa el músculo esquelético o voluntario (no el músculo liso o cardíaco) y mide la excitación eléctrica de las fibras musculares responsables de la fuerza de una contracción son las fibras extrafusales (que son las opuestas a las intrafusales del huso neuromuscular (Weiss et al., 2023).

Según (Barbero et al., (2012), “La electromiografía se basa en la detección de los potenciales eléctricos generados por las fibras musculares durante su contracción, resultantes de la despolarización de la membrana muscular tras un impulso de una neurona motora”.

Donde la unidad motora (UM) es una entidad funcional del sistema neuromuscular. Cada UM está compuesta por una sola motoneurona y las fibras musculares que son inervadas por sus ramas axonales. Una vez que una motoneurona se activa, se generan potenciales de acción en sus uniones neuromusculares, mismas que se distribuyen por todas las fibras musculares, hacia las regiones del tendón. La suma de estos potenciales se denomina potenciales de acción de la unidad motora (PAUM o MUAP por sus siglas

en inglés) y es el responsable de la contracción muscular (Cavalcanti García M.A. & Vieira, 2010).

El músculo sano y relajado no muestra actividad EMG de relevancia debido a la falta de despolarización y potenciales de acción. Ya que, por naturaleza, los picos de EMG sin filtrar, tienen una forma aleatoria, esto se traduce a que no puede ser reproducido con exactitud. Esto se debe al hecho de que el conjunto real de unidades motoras reclutadas cambia constantemente dentro de la matriz/diámetro de las unidades motoras disponibles (Konrad, 2005)

De acuerdo con el manual de uso y aplicación de la EMG, emitido por el Gobierno de México, a cargo de la Jefatura de Servicio de Electromiografía y Distrofia Muscular (2015), usualmente las mediciones del potencial de acción motor compuesto incluyen:

- *Amplitud de la base al pico negativo o entre los dos picos (negativo y positivo).*
- *Duración del inicio del potencial al retorno a la base.*
- *Latencia motora, se mide del inicio del estímulo al inicio del pico negativo del potencial.*
- *El área bajo la curva que muestra la correlación entre la amplitud y la duración del potencial motor.*
- *Velocidad de conducción nerviosa (VCN); para medir el tiempo de conducción nerviosa*

Desde hace años, se reconoce la existencia de equipos destinados a la EMG, los cuales reconocen valores propios de la señal que oscilan entre 1 y 20.000 microvoltios, los cuales cuentan con amplificadores de alta tecnología, donde, su principal función es la de eliminar ruidos sobre la señal, sin que los resultados sufran distorsión (Rodríguez Jouvencel, 2020).

La Universidad Autónoma de Querétaro cuenta con dispositivos de hardware MP160 y MP36R de los sistemas BIOPAC® (Figura 9), los cuales gozan de una amplia gama de herramientas y usos, para adquirir y analizar datos biométricos, a su vez

incorporan software para la representación visual e interpretación de los datos, así como para enseñar y aprender la fisiología de la señal muscular (Dataset Biopac, n.d.).

Figura 9

Biopac MP36 data acquisition system



Nota: Equipo de adquisición de bioseñales BIOPAC ® usado para la SEMG.

Dicha unidad tiene un microprocesador interno para controlar la adquisición de datos y la comunicación con la computadora. La unidad MP recibe las señales entrantes y las convierte en señales digitales que pueden ser procesadas con la computadora. Hay canales de entrada analógica (cuatro en las unidades MP36/35, dos en la MP45), uno de los cuales puede utilizarse como entrada de disparo (Kremer & Mullins, n.d.).

De acuerdo con Cavalcanti Garcia M.A. & Vieira, (2010), “la actividad eléctrica del músculo, aparece en la superficie de la piel como potenciales eléctricos de ancho de banda limitado, de 15 a 400 Hz, y con una amplitud muy pequeña, desde algunos microvoltios hasta unos pocos milivoltios pico a pico, dependiendo de la intensidad de la contracción muscular.”

Una vez expuesto que es, para que sirve y como se ha usado la SEMG, a continuación, se presentan algunas de los estudios relacionados que han sido base para esta investigación.

ESTUDIOS RELACIONADOS

Como antecedente del uso de la electromiografía de superficie, además de la aplicación diagnostica, se encuentra con el autor Stuart M. McGill, quien en los 90's publicó para la revista *"Journal of Orthopaedic Research"*, un estudio enfocado en la actividad mioeléctrica del tronco durante esfuerzo isométrico, dando como resultado, una gran variabilidad entre los músculos. Donde los niveles de actividad mioeléctrica del recto abdominal generaron una contracción voluntaria máxima; 22%, el oblicuo externo, 52%; el oblicuo interno, 55%; el latísimo del dorso, 74%; y por último el erector espinal superior 61%.

A la vez, en el año 2013, el autor, Tom K. Tong et al. Realizo un estudio donde el objetivo principal fue examinar la validez y fiabilidad de una prueba de resistencia en plancha específica para el deporte, destinada a evaluar la función global de los músculos del core, el procedimiento consto en la aplicación de electromiografía de superficie (SEMG) en los músculos flexores y extensores del tronco, junto con una intervención de un entrenamiento de core previo a la fatiga, donde los resultados obtenidos indicaron un aumento de >50% en la activación muscular durante la prueba, además de una reducción del 30% en la resistencia global de los músculos centrales después de un entrenamiento del core previo a la fatiga. (Tong et al., 2013).

Posterior a ello, otro estudio, desarrollado en el año 2013 por el autor Nicola W. Mok et. al. Expone la actividad muscular eléctrica por medio de la SEMG de los músculos del core recto abdominal, oblicuo externo, oblicuo interno/transverso y multífido lumbar superficial durante cuatro entrenamientos en suspensión, de los hallazgos obtenidos se destaca el recto abdominal y el oblicuo externo alcanzaron una activación superior al 60% de la contracción voluntaria máxima (o muy cerca de este umbral, 55%) en los ejercicios *roll-out* y *body saw*. (Cugliari & Boccia, 2017a).

Aunado a ello, un estudio desarrollado igualmente con ayuda de la electromiografía de superficie, comparó los diferentes niveles del protocolo de estabilidad del core Sahrman (5 niveles), se evaluó la actividad muscular del recto abdominal (RA), el oblicuo externo (OE) y el transverso abdominal/oblicuo interno (TrA/OI). En el cual se

observó que los niveles 5 y 3 de Sahrman tienen señales de EMG abdominal significativamente más altas que los niveles 4, 2 y 1 (Chan et al., 2020).

En otro estudio prospectivo, se llevó a cabo un estudio de laboratorio observacional cuantitativo, en el cual se categorizo y analizó ejercicios de entrenamiento del core ejecutados en una modalidad de suspensión. En el cual, se registraron señales por medio del SEMG de los músculos recto abdominal, oblicuo externo, oblicuo interno, y las partes inferior y superior de los músculos erectores de la columna utilizando electrodos bipolares concéntricos (Cugliari & Boccia, 2017).

Aunado a ello, un estudio desarrollado igualmente con ayuda de la electromiografía de superficie, fue el llamado “*Abdominal muscle activation: An EMG study of the Sahrman five-level core stability test*”, donde el principal objetivo fue comparar los diferentes niveles del protocolo de estabilidad del core Sahrman, el cuál consta de 5 niveles, donde se evaluó la actividad muscular del recto abdominal (RA), el oblicuo externo (OE) y el transverso abdominal/oblicuo interno (TrA/OI). En el cual se observó que los niveles 5 y 3 de Sahrman tienen señales de EMG abdominal significativamente más altas que los niveles 4, 2 y 1(Chan et al., 2020).

Como se puede deducir, han sido muchos los estudios, que se han desarrollado con el apoyo de la electromiografía de superficie.

Un estudio en específico ha sido uno de los detonadores para el desarrollo de este trabajo es el de Jeannette M. Byrne y Gregory E. Pearcey (2014), en el cual se examinó el efecto del entrenamiento en suspensión sobre la activación muscular durante la realización de variaciones del ejercicio de plancha. Durante la realización de la plancha, se registró la activación muscular del recto abdominal, el oblicuo externo, el recto femoral y el serrato anterior, el análisis *post-hoc* y la evaluación del tamaño del efecto indicaron que la activación muscular abdominal fue mayor en todas las condiciones de suspensión en comparación con la plancha realizada sobre el suelo.

Una vez expuesta esta información, la inquietud por conocer cuál es el efecto a corto plazo de la activación muscular del core, de la plancha prono extendida versus plancha prono extendida en suspensión por medio del TRX, era necesario ya que como

se ha mencionado antes, sus creadores afirman que dicho aditamento puede ser usado por cualquier persona y a la vez logra potencializar las capacidades físicas.

V. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar efectos a corto plazo de la activación muscular del core de la plancha prono extendida versus plancha prono extendida en suspensión

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las variables sociodemográficas tales como: sexo, edad y relación peso-talla y actividad física en los participantes.
- Registrar la actividad de conducción eléctrica de los músculos recto abdominal, oblicuo externo y erector espinal de los participantes.
- Evaluar la actividad muscular en resistencia de los músculos del recto abdominal, oblicuo externo y erector espinal respectivamente ante las posturas de Plancha Prono Extendida y Pancha Prono Extendida en Suspensión de los participantes.
- Determinar el pico máximo de voltaje PMV y registrar la media con ayuda del RMS de los músculos recto abdominal, oblicuo externo e interno y erector espinal del core en los adultos jóvenes sanos ante las posturas de Plancha Prono Extendida y Pancha Prono Extendida en Suspensión.

VI. HIPÓTESIS

HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN

Hi: La musculatura del core se activa sinérgicamente y con mayor intensidad en la Pancha Prono Extendida en Suspensión para mantener la contracción isométrica a diferencia de la Plancha Prono Extendida sobre el piso.

HIPOTESIS NULA

H0: La musculatura del core no se activa sinérgicamente y con mayor intensidad en la Pancha Prono Extendida en Suspensión para mantener la contracción isométrica a diferencia de la Plancha Prono Extendida sobre el piso.

VII. METODOLOGÍA Y TIPO DE DISEÑO

Para el presente estudio se realizó una investigación cuantitativa, el diseño de investigación fue de tipo cuasiexperimental de preprueba y posprueba, la intervención corresponde a una sesión, distribuida en 2 tiempos de evaluación, con apoyo de un calentamiento en cicloergómetro y movilidad articular de 10 minutos, se evaluó la plancha prono con extensión de brazos sobre el piso(PPE), posterior a ello, se proporcionó un periodo de 5 minutos de recuperación para dar inicio a la segunda evaluación con la posición de plancha prono con brazos en extensión en suspensión (PPES), con apoyo del aditamento de suspensión. Para la recolección de datos, se utilizó la electromiografía de superficie con el BIOPAC® modelo MP36 en los músculos recto abdominal (RA), Oblicuo externo (OE) y Erector de la espina (EE).

UNIVERSO Y MUESTRA

El universo consta de 336 estudiantes inscritos en la Licenciatura de Fisioterapia de la Universidad Autónoma de Querétaro, a su vez, la población corresponde a estudiantes del 3er y 7mo semestre del ciclo semestral 2024-1 donde la muestra corresponde a 23 sujetos. El tipo de muestreo fue de participantes voluntarios.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Estudiantes de la Licenciatura de Fisioterapia de la Facultad de Enfermería de la Universidad Autónoma de Querétaro.
- Todos aquellos que hayan firmado el consentimiento informado.
- Aquellos que decidan participar en el estudio.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Sujetos que refieren enfermedades o dolor lumbar con 6 meses de cronicidad, previo a la valoración y/o dolor durante el entrenamiento.
- Todos aquellos que no hayan firmado el consentimiento informado.
- Aquellos que no se presenten con las condiciones requeridas para el estudio.

CRITERIOS DE ELIMINACIÓN

- Instrumentos incompletos.
- Aquellos que faltan a la sesión introductoria al ES.
- Sujetos que decidan salir del estudio.

PROCEDIMIENTO

INICIO

El procedimiento a seguir para el desarrollo del presente trabajo, constó de una serie de pasos, desde la determinación de objeto de estudio, título, recopilación de la información hasta el desarrollo de la metodología.

PARTICIPANTES

Un total de 22 estudiantes (14 mujeres y 7 hombres), oscilando entre los 20 a 33 años de edad, pertenecientes a la Licenciatura en Fisioterapia, de la Facultad de Enfermería de la Universidad Autónoma de Querétaro, mismos que se encuentran inscritos y activos dentro del programa educativo y asisten al 3er y 7mo semestre de esta. Cabe mencionar que la participación de estos, fue de manera voluntaria y no compromete ninguna remuneración financiera.

Como primer contacto se generó una plática informativa para reclutar sujetos, en la cual se tomaron datos de contacto para establecer líneas de comunicación accesibles a todos los involucrados. Para el desarrollo del trabajo y atendiendo a los principios bioéticos en materia de salud y experimentación en humanos, tales como la declaración de Helsinki, se presenta una carta de consentimiento informado (Anexo 1), en la cual se explican los procedimientos y riesgos de dicho proyecto.

Posterior a ello se agendo un taller para el conocimiento, uso y aplicación del aditamento de suspensión (Figura 10), además de una práctica para conocer la adecuada activación de la musculatura del core ante las distintas posiciones y teniendo como protagonista a la posición plancha prono extendida sobre el piso con suspensión de miembros inferiores PPES.

Figura 10

Taller de Entrenamiento de Suspensión



Nota: la Figura representa la clase de conocimiento y uso del aditamento del entrenamiento de suspensión.

Una vez, integrado el conocimiento del aditamento de suspensión, se brindó a los participantes información para el día de la evaluación, así como un horario para lograr evaluar 2 sujetos simultáneamente.

EVALUACIÓN

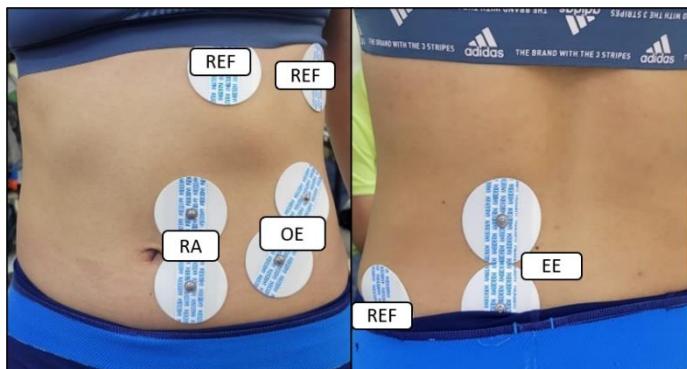
Una vez distribuidos los sujetos, se realizaron evaluaciones, iniciando con un pequeño instrumento para obtener variables sociodemográficas (Anexo 2), posterior a ello se ejecutó un calentamiento individual el cual consto de movilidad articular durante 8 minutos aproximadamente, previo al uso del cicloergómetro, el cual tuvo una duración de 5 minutos.

Una vez realizada la preparación para el esfuerzo, se dio paso a la limpieza de la zona abdominal, la cual consta desde como rasurado de la piel, así como el uso de apósitos con alcohol.

En una segunda estación se contó con apoyo de dos fisioterapeutas para la colocación de los electrodos (Figura11), uno para la limpieza y otro para la medición y colocación de los electrodos de superficie sobre las fibras musculares; cabe mencionar que el proceso se llevó a cabo del lado dominante del tronco del sujeto a evaluar, siguiendo las directrices de estudios previos: a) RA: 3 cm lateral al ombligo; b) OE: 15 cm lateral al ombligo, c) EE: 2 cm lateral a L2, (Cugliari & Boccia, 2017b).

Figura 11

Colocación de los electrodos



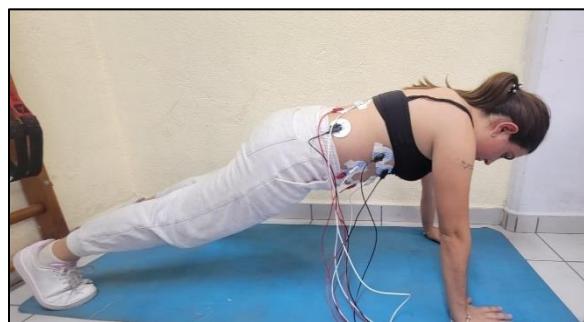
En la imagen: Colocación de los electrodos de gel para los músculos, Recto Abdominal (RA), Oblicuo Externo (OE) y Erector de la espina (EE), los electrodos de referencia fueron colocados en las costillas respectivamente y cresta iliaca posterosuperior.

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez colocados los electrodos, en la tercera estación se conectó a los sujetos al sistema de adquisición de bioseñales BIOPAC-MP36, donde se obtuvo la señal ante la posición de la plancha extendida sobre el piso (figura 12), bajo supervisión de la posición, se obtuvo la señal, la cual de detuvo una vez que se observó cambio de la misma, así como sobre la obtención de la señal.

Figura 12.

Posición Plancha Prono Extendida sobre el suelo (PPE)



Nota: La PPE, se caracteriza por ejercer una postura recta con los brazos flexionados y las palmas extendidas sobre el suelo, para la ejecución de dicha postura se proporcionaron instrucciones verbales.
Fuente: Autoría propia.

Tras un descanso de 5 minutos, se colocó el sujeto de prueba en posición de plancha extendida en suspensión (Figura 13) y una vez dada la instrucción verbal se pidió al sujeto obtener la posición a evaluar con la misma norma de evaluación (al fallo).

Figura 13

Posición Plancha Prono Extendida en Suspensión (PPES)



Nota: La posición de PPES se caracteriza por la suspensión de los miembros inferiores en el aditamento de ES, cabe mencionar que se proporcionaron instrucciones verbales para mantener la posición.

Fuente: Autoría propia.

ADQUISICION DE LAS SEÑALES

La adquisición de las señales electromiográficas se obtuvieron con ayuda del equipo BIOPAC-MP36, el cual cuenta cuatro canales con sensores bipolares, de los cuales tres de ellos han sido utilizado para la evaluación de los músculos Recto Abdominal (RA), Oblicuo Externo (OE) y Erector de la Espina (EE).

El procesamiento y filtrado de las señales corre por parte del mismo software del equipo, conocido como AcqKnowledge 5.0 en el cual se obtiene y guarda la señal, para así poder ser transcrita y nuevamente procesada para su filtro con apoyo del programa Matlab, donde una vez procesada y filtrada permite analizar las señales de electromiografía e incluso migrarlas a Excel para su recopilación de datos por segundo.

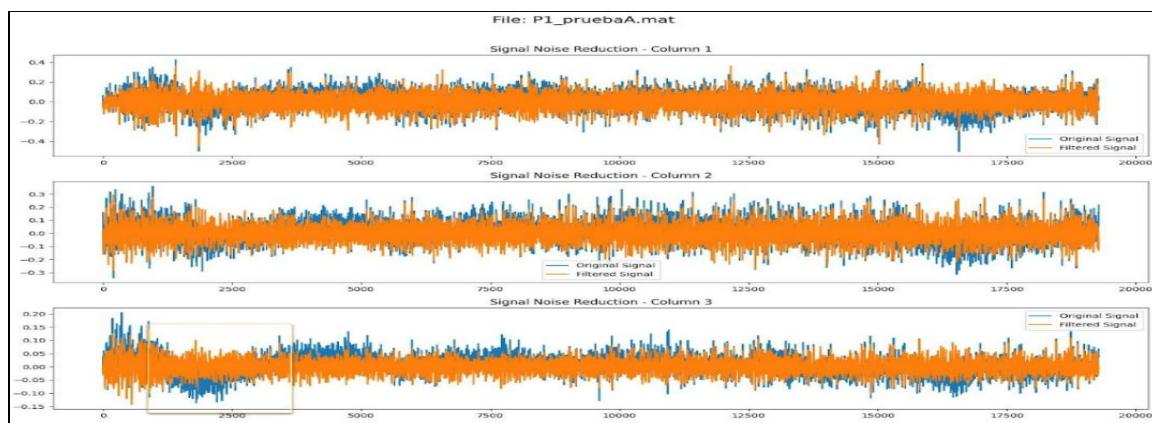
Dicha recepción de las señales se realizó por medio de tres canales de medición (Recto Abdominal, Oblicuo Externo y Erector Espinal). Donde las etapas del procesamiento en el programa son:

Carga y exportación de datos desde el programa BIOPAC-MP36, posterior a ello se llevó a cabo el procesamiento de las señales con ayuda del programa MATLAB, donde se partió de tres pasos (Figura 14).

1. Rectificación de la señal: Donde se toma el valor absoluto de las señales, eliminando los componentes negativos para obtener así, la magnitud de la señal.
2. Filtrado pasa-bajas: Se aplica un filtro llamado “pasa-bajas” de segundo orden, el cual se realiza con una frecuencia de corte de 20 Hz con el objetivo de eliminar el ruido de alta frecuencia; todo esto con ayuda de un filtro llamado Butterworth.
3. Normalización: Para la normalización de una señal, es necesario usar un rango $[0, 1]$.

Figura 14

filtrado de las señales del RA, OE y EE.



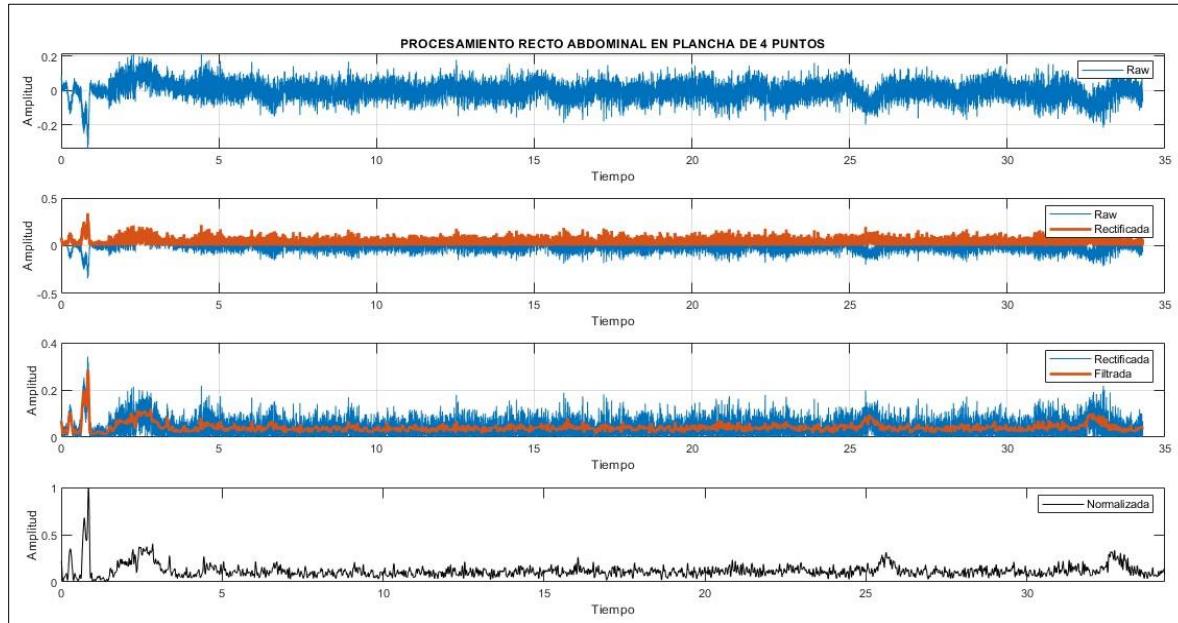
Nota: Filtrado por medio de reducción del ruido y rectificación de la señal.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez normalizada la señal (Figura 15), se desarrolló el análisis de estas donde se calcula la RMS (Root Mean Square) de cada canal para evaluar la actividad muscular promedio. Donde se calcularon los valores máximos y mínimos de las señales normalizadas para cada uno de los tres canales.

Figura 15.

Filtración de una señal de EMG



Nota: La figura muestra el proceso de filtrado de una señal hasta su completo filtrado.

Fuente: Elaboración propia.

La visualización, procesamiento y análisis de las señales cumple con los siguientes pasos:

- Señales en tiempo: Se grafican las señales crudas (RAW) de cada uno de los tres canales para ambos tipos de ejercicio.
- Procesamiento del Recto Abdominal: Se visualizan las señales a lo largo de las distintas etapas del procesamiento para el Recto Abdominal.
- Comparación de señales normalizadas.
- Comparación entre Plancha de 4 Puntos y Plancha de Suspensión: Se grafican las señales normalizadas.
- Mapa de calor (Figura 21): Se genera un mapa de calor (*heatmap*) que muestra los valores RMS calculados para los tres músculos y ambos tipos de ejercicio. El mapa tiene una escala logarítmica de colores.

ANÁLISIS DE LA SEÑAL

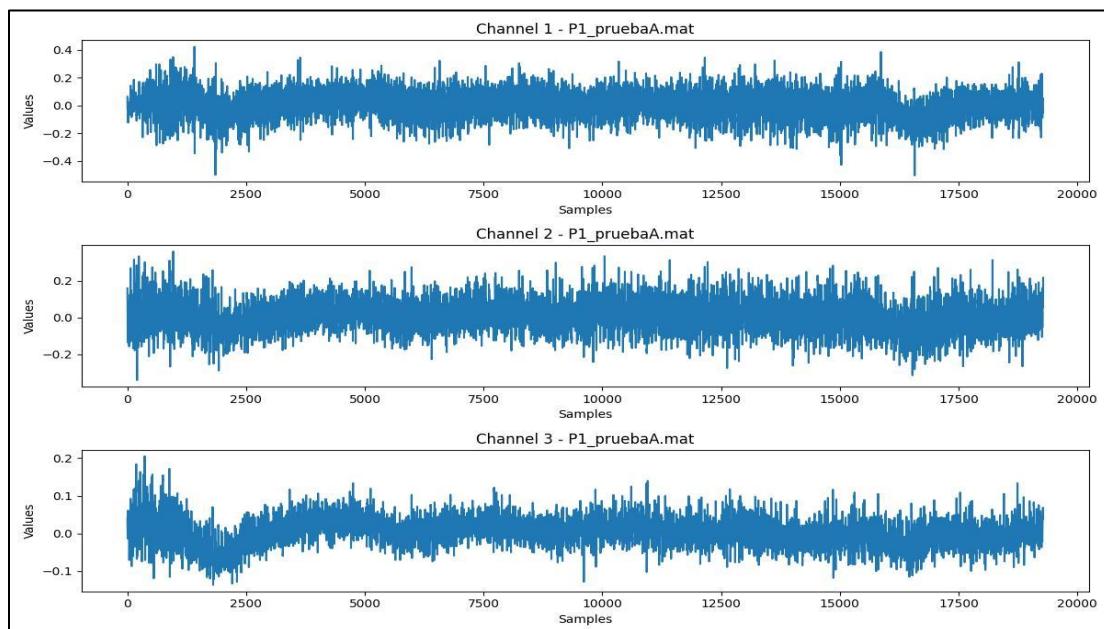
Dentro de los parámetros adquiridos, se compararon las señales de ambas posiciones para observar la sinergia de los grupos musculares del core en cada uno de los sujetos para observar el comportamiento de estos.

Las señales correspondientes, se observan los cambios de voltaje (amplitud pico-pico) ante la posición, donde el eje “X” corresponde a la muestra en relación al tiempo y el eje “Y” al voltaje obtenido.

A continuación, se exponen las tres señales filtradas y normalizadas en un mismo sujeto ante la PPE (Figura 16) sobre el piso, La primera fila muestra los valores del músculo recto RA, la segunda corresponde al OE y la tercera al EE, en las cuales, se puede observar cómo los picos de voltaje oscilan entre sí, ante las distintas posiciones de tipo isométrica.

Figura 16

Registro de las señales normalizadas



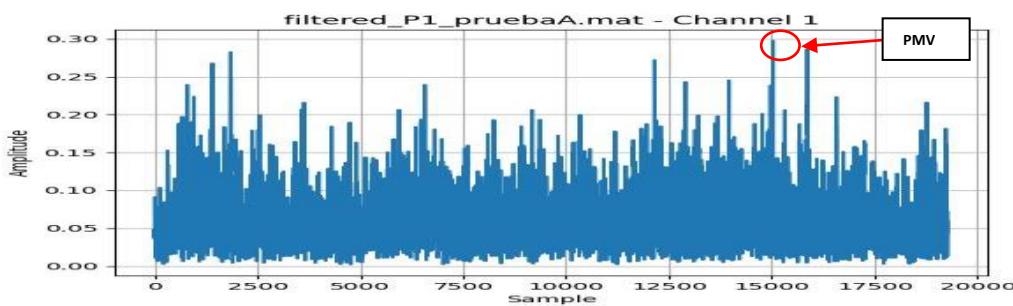
Nota: Señal de la actividad de conducción de los músculos recto abdominal (primera fila), oblicuo externo (segunda fila) y erector de la espina (tercera fila).

Fuente: Elaboración propia.

Dicha muestra se puede separar para un análisis más detallado (Figura 17), correspondiente a la primera fila representando al músculo recto abdominal: se observa que el pico máximo de voltaje (PMV) el cual se refiere a la medida máxima de la señal en un registro EMG, mismo que se ha dado en un tiempo distinto al inicio de la posición se observa como las tres señales trabajan en conjunto para mantener la acción muscular isométrica.

Figura 17

Expresión del pico máximo de voltaje en una señal.



Nota: Figura Correspondiente al bioseñal del músculo Recto Abdominal RA, con la detección del pico máximo de voltaje.

Fuente: Autoría propia

Según la “guía intermedia para aprender a interpretar la electromiografía”: Si el sujeto evaluado antes de empezar el movimiento, empieza su activación lejos del 0, puede significar que existe una hiperactivación innecesaria y que posiblemente ese músculo se vaya a fatigar antes que los demás

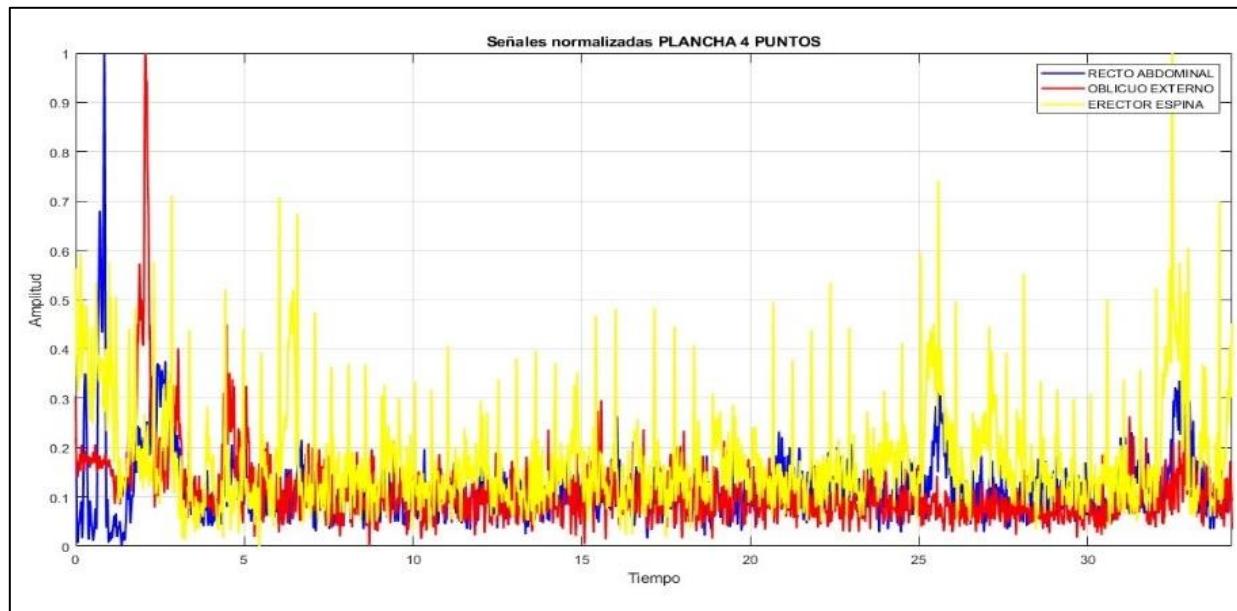
Este proceso se realizó en todas las muestras, tanto en la posición PPE (plancha prono extendida sobre el suelo), como en la posición PPES (plancha prono extendida con suspensión)

Para una mejor comprensión de las señales, se obtuvo el RMS (*Root Mean Square*), o valor cuadrático medio (Figura 20), el cual, es una medida estadística utilizada para calcular la magnitud promedio de un conjunto de valores, especialmente en el contexto de señales y ondas. En el caso de señales eléctricas, como la electromiografía (EMG), el RMS proporciona una manera de evaluar la potencia o la energía de la señal cuando

se contraponen las tres señales, es posible crear una comparativa visual, para así detectar cual músculo que ha predominado ante la posición, donde se observa la señal de un sujeto (s/nombre), ante la posición PPE donde, a pesar de existir un PMV en los músculos RA y OE al inicio del ejercicio, es el EE el cual permanece activo con mayor predominio el resto del ejercicio.

Figura 18

Root Mean Square (RMS) en la Posición de PPE



Nota: La Figura muestra las tres señales contrapuestas donde los músculos RA (color azul), OE (rojo) y EE (amarillo), se contraponen para observar la actividad eléctrica entre sí.

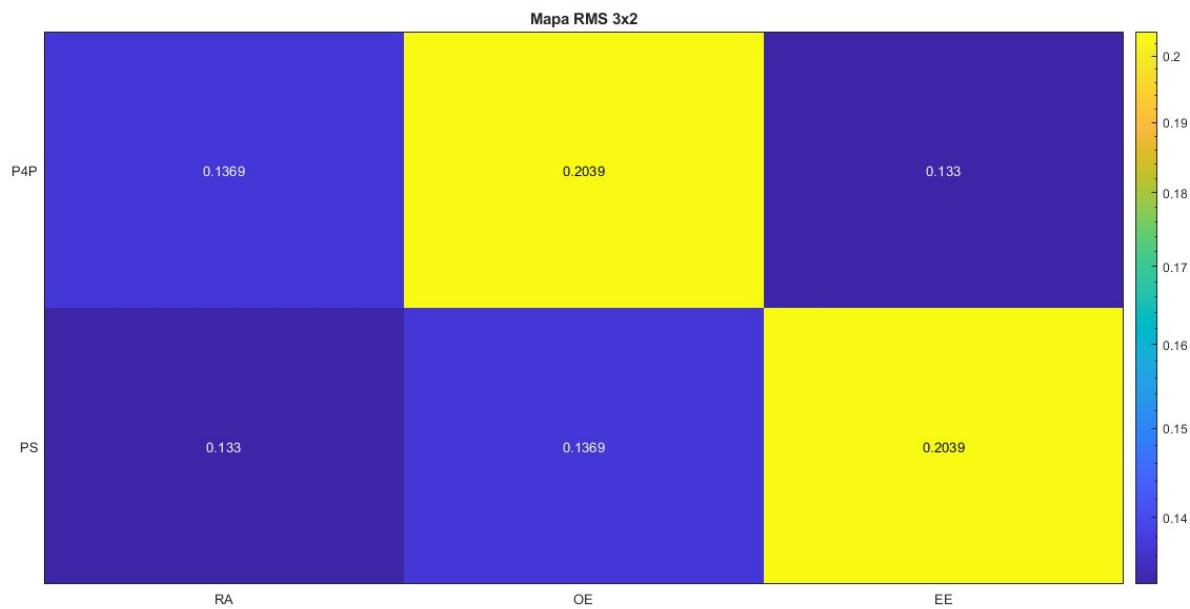
Fuente: Autoría propia

Dicho gráfico, permite identificar de manera visual el comportamiento de la señal eléctrica, facilitando su estudio en las distintas posturas, cabe mencionar que el RMS de las señales se realizó en ambos casos tanto en la primera posición PPE como en la segunda posición PPES en el mismo sujeto (Figura 20), donde se puede observar de manera más detallada la sinergia de los músculos evaluados.

Para finalizar el análisis de los datos obtenidos, se realizó un mapa de calor (Figura 21), el cual contiene los promedios de los picos máximos de voltaje (PMV) de todos los sujetos (media), clasificando a cada músculo, los cuales aparecen contrastados ante las dos posturas de plancha extendida sobre el suelo y plancha extendida en suspensión.

Figura 19

ejemplo de un mapa de calor (heatmap). Fuente: Elaboración propia



Nota: El mapa de calor muestra el contraste de ambas posturas y los músculos evaluados en estas, donde los colores más cálidos corresponden a los músculos con mayor grado de activación.

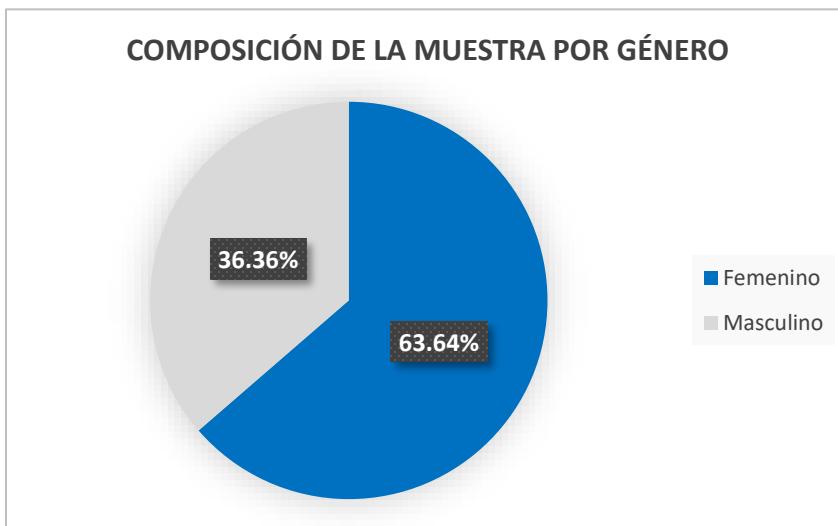
Fuente: Autoría propia.

VIII. RESULTADOS

Respecto a las variables sociodemográficas, se evaluaron un total de veinte y dos participantes (n=22) (Figura 22). De los cuales el 63.64 % (n=13) correspondieron al género femenino, y el 36.6% (n=7) correspondieron al género masculino.

Figura 20

Composición de la muestra por género.



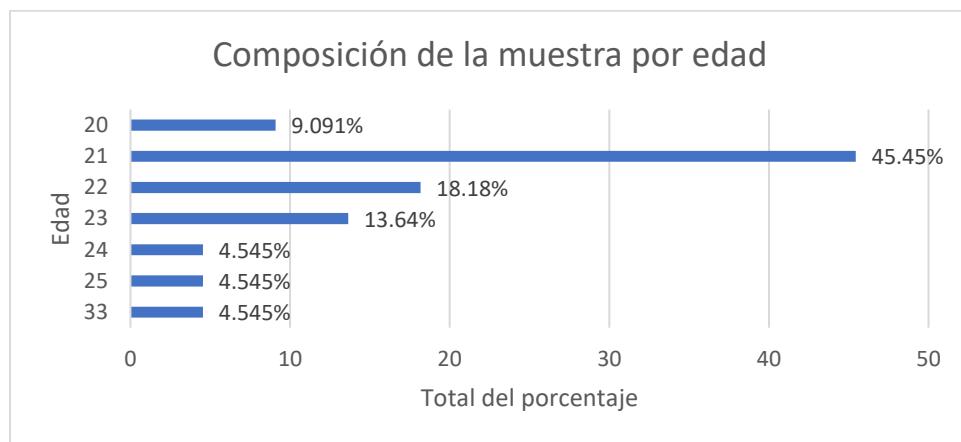
Nota: La Figura 20 muestra el porcentaje total de participantes según su género.

Fuente: Autoría propia.

Siguiendo con la presentación de resultados e identificación de las variables sociodemográficas, se presenta la composición de la muestra por edad de los participantes (Figura 23), mismas que oscilaron en un rango entre los 20 y 33 años de edad, donde el promedio fue de 22 ± 1 años de edad; con una moda de 21 años.

Figura 21

Composición de la muestra por edad.



Nota: el gráfico de barras horizontal muestra las edades de los participantes.

Fuente: Autoría propia.

A continuación, se presenta el IMC de los sujetos evaluados (Figura 22) el cual corresponde a un 45.5% (n=10) con peso normal, 45.5% (n=10) con sobrepeso y un 9.1% (n=2) con obesidad (Figura 24), dicho dato es relevante debido a la impedancia creada en los tejidos con relación al IMC de los evaluados.

Figura 22

Composición de la muestra por Índice de Masa Corporal (IMC) de los sujetos evaluados.

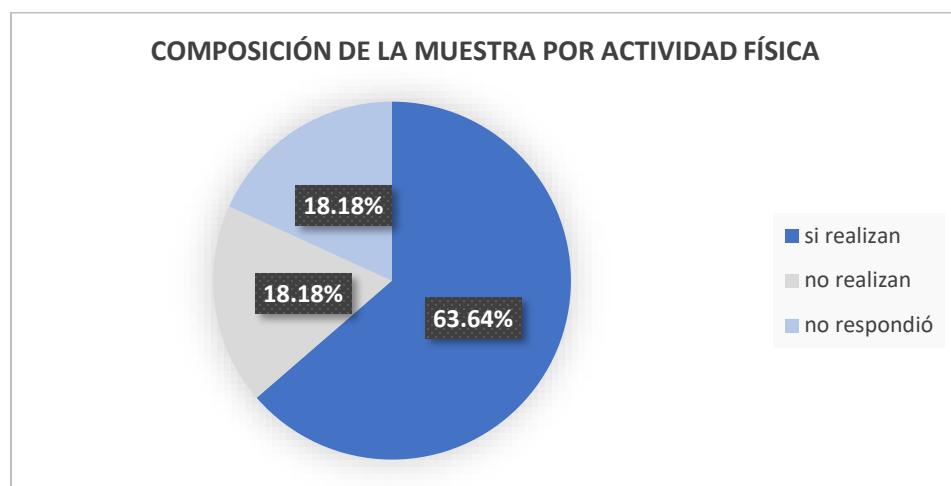


Nota: Representación de la muestra con relación al Índice de Masa Corporal, se destaca una moda entre el sobrepeso y el normopeso. Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar el porcentaje de los individuos que realizan actividad física (Figura 23), ya que esto facilita el entendimiento y correcto uso del aditamento de suspensión ES, donde la composición de la muestra por actividad física ha dado como resultado que el 63.6% (n=14) de los evaluados realizan actividad física, el porcentaje restante se representa por el 18.2% (n=4) que no realizan actividad física y finalmente otro 18.2% (n=4) sujetos que prefirieron no responder esa pregunta.

Figura 23

Composición de la muestra con relación a la actividad física.



Nota: representación del total de participantes que realizan actividad física.

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo con la actividad muscular en resistencia, los datos recolectados durante las pruebas ante las posturas de plancha prono extendida sobre el piso PPE, así como plancha prono extendida en suspensión PPES (Tabla 2). Donde el promedio de la resistencia a la PPE brindó un total de 51.00 segundos contrastado con la PPES con un total de 28.10 segundos, se expone la gran diferencia en resistencia a la posición, resultando así ser un 21.9 segundos, con relación al tiempo.

Tabla 2

Estadísticos descriptivos con relación a la resistencia (tiempo en segundos).

Tiempo Plancha Prono Extendida	Tiempo Plancha Prono Extendida en Suspensión
-----------------------------------	---

Media	51.0014	28.1014
Mediana	46.78	26.37
Moda	18.60 ^a	22.06
Desv. típ.	26.21021	7.47975
Mínimo	18.6	18.38
Máximo	120.88	42.79

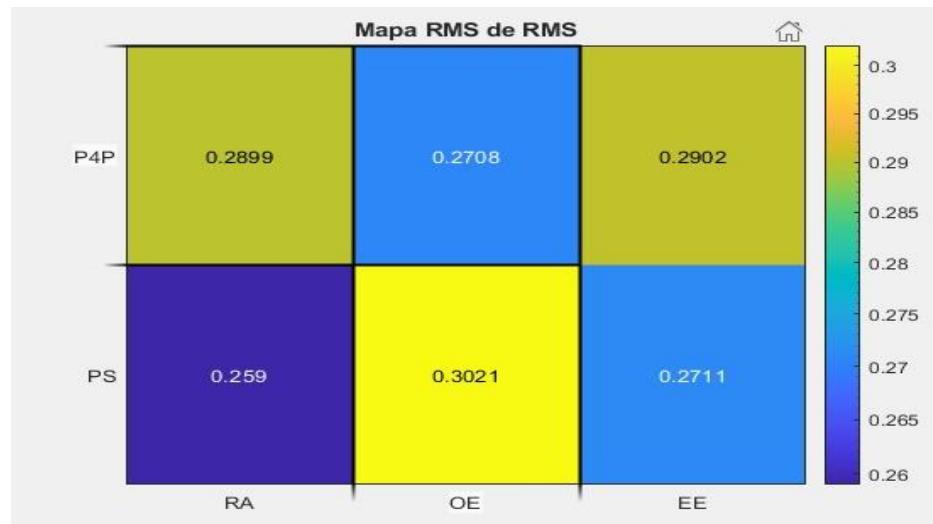
Nota: Estadístico descriptivo de la resistencia total de los participantes comparativa del tiempo total de resistencia de la posición PPE con un total de 51.0014 segundos vs PPES con un total de 28.1014 segundos.

Fuente Autoría propia.

Aunado a ello, con la intención de identificar diferencias en voltaje, una de las estrategias a realizar fue por medio de la señal obtenida de los 3 canales (RA, OE y EE) en ambas posiciones (PPE y PPES), misma que ha sido promediada por los PMV de cada una de las señales por sujeto. Resultando así, un *Root Mean Square RMS* (Figura 24), de cada uno de estos, es decir se calculó el valor cuadrático medio de otra serie de valores RMS y se registró por medio de un mapa de calor.

Figura 24

RMS de RMS en mapa de calor



Nota: El mapa de calor muestra los músculos con mayor activación en promedio, de los cuales destaca en primer lugar en la PPE el EE con 0.2902V vs la posición PPES el músculo OE con 0.3021V.

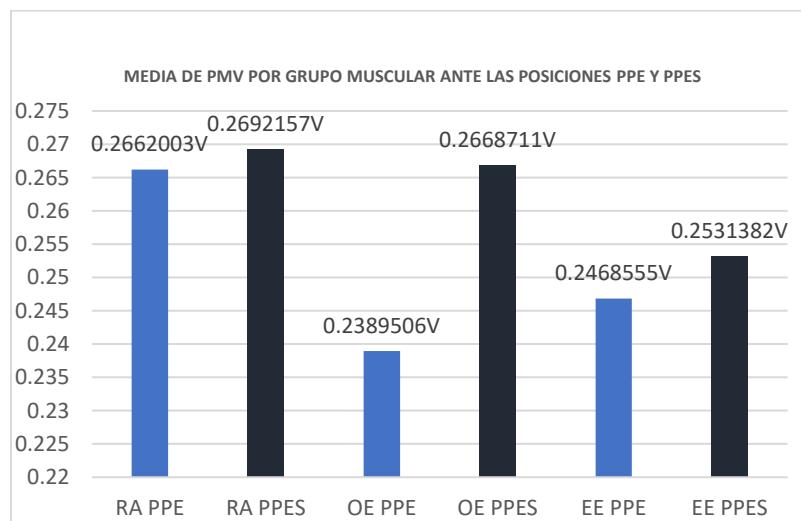
Fuente: Elaboración propia

Donde, se destaca con un color más cálido, a aquellos músculos que lograron un PVM alto. Tal es el caso, del músculo erector de la espina (EE), el cual su media fue de 0.2902V, resultando en primer lugar de activación muscular ante la posición de Plancha Prono Extendida sobre el suelo(PPE); en segundo lugar el músculo recto abdominal (RA) con un 0.2899V y finalizando así con el músculo oblicuo externo (OE) en tercer lugar con un 0.2708V. Demostrando así que el músculo superficial menor activo ante la posición isométrica es el OE, el cual es responsable de la respiración y cambios de posición tales como rotaciones y flexiones de tronco.

En contraste con dicha activación muscular ante la posición de plancha prono extendida con suspensión en el TRX®, el músculo con mayor grado de activación resultó ser el oblicuo externo (OE) con 0.3021V, seguido del erector de la espina (EE) con 0.2711V y en un tercer lugar el recto abdominal (RA). Es así como se muestra el promedio del PMV obtenido de los RMS (Figura 25), en los cuales cada grupo muscular es comparado ante dos posiciones Plancha Prono Extendida sobre el suelo (PPE) y Plancha Prono Extendida en Suspensión (PPES).

Figura 25

Media de PMV por grupo muscular ante las posiciones PPE y PPES



Nota: Comparativa de los músculos recto abdominal (RA), oblicuo externo (OE) y erector de la espina (EE) entre la PPE (columna color azul) vs la PPES (columna color negro).

En resumen, los resultados obtenidos en este estudio indican que la musculatura del core no se activa de manera conjunta en ninguna de las posiciones, sin embargo, es pertinente discutir las implicaciones de estos resultados, compararlos con estudios previos y considerar las posibles explicaciones para los patrones observados.

En aras de comprobar la hipótesis de este trabajo, la cual supone que la musculatura del core se activa sinérgicamente y con mayor intensidad en la Pancha Prono Extendida en Suspensión para mantener la contracción isométrica a diferencia de la Plancha Prono Extendida sobre el piso, se evaluaron los datos obtenidos de la media de voltaje de cada una de las señales obtenidas en cada uno de los músculos, mediante el test de Kolmogorov-Smirnov (KS). Para el análisis de la resistencia muscular sobre la posición de PPE vs PPES (Tabla 3), donde El valor p es igual a 0.001732, ($P (x \leq 0.5455) = 0.9983$). Esto significa que la probabilidad de error tipo I es pequeña: 0.001732 (0.17%). Es decir, contiene un alto nivel de significancia para la resistencia expresada en segundos.

Tabla 3

Relación entre el recto abdominal y las dos posiciones PPE VS PPES.

GI	Kolmogorov- Smirnov	P-value of Test
22	0.5455	0.00173

*Significancia **Muy significativo ***Alta significancia ≥ 0.05 No hay significancia

Nota: test de KS, en el cual se compararon dos distribuciones ambas muestras para el músculo recto abdominal (RA) entre la posición PPE y PPES.

Fuente: Autoría propia.

En cuanto a los datos obtenidos por medio la EMGS, relacionados con el PMV y el RMS, en términos generales, el promedio del test KS fue de 0.1818 ($P (x \geq 0.1818) = 0.1283$), para cada uno de los músculos (RA, OE y EE). Sin embargo, con el motivo de realizar una comparativa entre las dos posiciones PPE y PPES, se desarrolló dicho test, comparando cada grupo muscular entre ambas posturas. La relación de la evaluación del músculo RA expuesto ante ambas posiciones (Tabla 4), por medio del test KM donde se encontró un total de 0.1818 para el KS y un total de 0.8717 para el P. Value demostrando así que no existe diferencia significativa entre las dos posiciones del recto

abdominal, si bien es cierto hubo diferencia de medias entre los sujetos evaluados, estadísticamente no hay diferencia.

Tabla 4

Relación entre el Recto Abdominal y las dos posiciones PPE VS PPES. Fuente: Autoría propia.

GI	Kolmogorov- Smirnov	P-value of Test
22	0.1818	0.8717

*Significancia **Muy significativo ***Alta significancia $\geq .05$ No hay significancia

Nota: test de KS, en el cual se compararon dos distribuciones ambas muestras para el músculo Recto Abdominal (RA) entre la posición PPE y PPES.

Fuente: Autoría propia.

Por otro lado, en el análisis del grupo muscular OE ante las dos posiciones (Tabla 5) exponiendo de igual manera un 0.01818 para el test de KS y un 0.8717 total del P. Value donde se analiza que no hubo diferencia significativa entre las dos posiciones del Oblicuo externo.

Tabla 5

Relación entre el Oblicuo Externo y las dos posiciones PPE VS PPES

GI	Kolmogorov- Smirnov	P-value of Test
22	.01818	.08717

*Significancia **Muy significativo ***Alta significancia $\geq .05$ No hay significancia

Nota: test de KS, en el cual se compararon dos distribuciones ambas muestras para el músculo oblicuo externo (OE) entre la posición PPE y PPES.

Fuente: Autoría propia.

Por último, se analizó de igual manera mediante el mismo test de KS al grupo muscular EE en ambas posiciones (Tabla 6), donde se obtuvo lo siguiente obteniendo así 0.01818 de KS y un P. Value de 0.8717 demostrando de igual manera que no se encontró diferencia significativa entre las dos posiciones del erector de la espina.

Tabla 6

Relación entre el Erector de la Espina y las dos posiciones PPE VS PPES

GI	Kolmogorov- Smirnov	P-value of Test
22	.01818	.08717

*Significancia **Muy significativo ***Alta significancia $\geq .05$ No hay significancia

Nota: test de KS, en el cual se compararon dos distribuciones ambas muestras para el músculo Erector de la espina (EE) entre la posición PPE y PPES.

Fuente: Autoría propia.

IX. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio aportan información valiosa sobre la activación de la musculatura del core, obtenida y descrita de por la EMG gracias a la obtención del PMV, expuesto a dos posiciones diferentes de plancha, donde en ambos se evidenció su efecto sobre la resistencia muscular. Sin embargo, dados los resultados del análisis estadístico no se evidenciaron variaciones significativas en la activación de los músculos recto abdominal (RA), oblicuo externo (OE) y erector de la espina (EE) por medio de la señal mioeléctrica, pero sí en cuanto a la resistencia muscular ante la posición de PPE vs PPES.

Para los valores resultantes de la resistencia de las posturas PPE vs PPE, sin generar una diferencia entre géneros debido al tamaño de la muestra, resultó una media de 51 segundos para la PPE vs 28.1 segundos para la PPES donde, según Strand et al., (2014), el valor de la mediana resultante (percentil 50) fue de 110 segundos para los hombres y 72 segundos para las mujeres para la PPE. Evidenciando así que la muestra de esta tesis se encuentra por debajo de la media (Strand et al., 2014)

Adicionalmente, el análisis estadístico brindo datos como el valor p, que fue igual a 0.001732, ($P (x \leq 0.5455) = 0.9983$) donde mostró que dicha comparativa contiene un alto nivel de significancia para la resistencia expresada en segundos, tal como describe Behm et al., (2010) en el trabajo llamado *“the use of instability to train the core musculature”* menciona que:

El uso de ejercicios de equilibrio estático realizados mientras se está apoyado en dispositivos inestables podría considerarse un paso preliminar en la mejora del equilibrio, así como de la fuerza y resistencia de la musculatura del core, antes de implementar ejercicios de resistencia dinámicos y balísticos, como los levantamientos olímpicos.

Además, investigaciones previas han sugerido que la resistencia muscular es funcionalmente es más importante para la musculatura de soporte del core que la fuerza

muscular, por lo que las pruebas deberían centrarse en la resistencia (Knudson Duane, 1999).

Por otro lado, en relación a el efecto de la exposición ante las posturas, con apoyo del SEMG, al realizar un análisis directo sobre los datos obtenidos en el mapa de calor por medio del RMS, se observó que el músculo erector de la espina (EE) mostró la mayor activación en la posición de Plancha Prono Extendida (PPE), con un promedio de 0.2902V, donde el valor significativo del P. Value fue $((0.8717) P) \times 0.1818 = 0.1283$. Lo cual representa que no se encontró diferencia significativa entre las dos posiciones del erector de la espina. Esto sugiere que, en esta posición, la estabilidad y el soporte de la columna vertebral son funciones primordiales, lo que justifica la alta activación del EE. Este hallazgo concuerda con estudios previos que enfatizan la importancia del EE en la estabilización de la columna durante ejercicios isométricos.

El EE es seguido muy de cerca por el recto abdominal (RA) con 0.2899 V, sin embargo, su nivel de significancia del P. Value es igual a 0.8717 demostrando así que no existe diferencia significativa entre las dos posiciones del recto abdominal. Si bien es cierto, hubo discrepancia de medias entre los sujetos evaluados, estadísticamente no existe. No obstante, a diferencia del estudio de Tong et al., (2013), donde encontraron significancia entre las pruebas de rendimiento en la plancha donde la prueba de ANOVA de una vía reveló que los efectos principales de RA ($F (4,28) = 12.1$), ($P < 0.05$).

Por otro lado, esta tesis detectó que el oblicuo externo (OE) tuvo la menor activación en la posición PPE (0.2708V), lo que podría reflejar su rol secundario en esta postura específica, donde los movimientos de rotación y flexión son menos prominentes. Dando un resultado de significancia de 0.8717 se analiza que no hubo diferencia significativa entre las dos posiciones del oblicuo externo, a diferencia del estudio de Cugliari & Boccia, (2017a), donde encontraron niveles de significancia menor a ($p \leq 0.01$) en la actividad muscular eléctrica. Este resultado subraya la idea de que no todos los músculos del core coactivan de manera uniforme, dependiendo del tipo de ejercicio y su exigencia funcional.

En contraste, la activación muscular cambió notablemente en la posición de Plancha Prono Extendida con suspensión en el TRX®. En esta modalidad, el oblicuo externo (OE) presentó la mayor activación (0.3021 V), superando tanto al EE como al RA. Este cambio puede explicarse por la naturaleza dinámica de la posición en suspensión, que requiere un mayor esfuerzo para estabilizar el tronco y controlar el movimiento. La activación del OE en esta posición sugiere que, a pesar de ser un músculo superficial, su rol se vuelve crucial cuando se busca estabilidad en situaciones de inestabilidad, como ocurre en los ejercicios con TRX®.

Es así como, se ha descrito que los músculos superficiales del core, se activan para proporcionar estabilidad adicional durante actividades específicas de dirección y carga, con el fin de prevenir desplazamientos no deseados de la columna vertebral. Se destaca que todos los músculos del core deben ser coactivados desde todos los ángulos y direcciones para permitir que todas las capas de los músculos del core, tanto profundos como superficiales, estén físicamente interconectados, lo que mejora la estabilidad y rigidez de la columna vertebral a un mayor grado (Chan et al., 2020). Este hallazgo resalta la importancia de la variabilidad en la activación muscular según el tipo de ejercicio. La capacidad del OE para activarse de manera prominente en la posición de suspensión podría ser un indicativo de que, al reclutar más unidades motoras, este músculo asume un papel más relevante en la estabilización del core en ejercicios que desafían el equilibrio.

Los resultados sugieren que el diseño de programas de entrenamiento debe considerar estas diferencias en la activación muscular. Incorporar ejercicios que favorezcan la activación del oblicuo externo, como los que utilizan inestabilidad, puede ser beneficioso para mejorar la funcionalidad del core y la capacidad de realizar movimientos que impliquen rotaciones y cambios de posición.

X. CONCLUSIÓN

De acuerdo al análisis de los datos por medio de un mapa de calor, el cual promedia los PMV de cada una de las señales donde se obtuvo el RMS total. Es decir, el valor cuadrático medio de otra serie de valores RMS, se obtuvo el valor más alto del músculo erector de la espina (EE), el cual su media ha sido de 0.2902 V, resultando en primer lugar de activación muscular ante la posición de Plancha Prono Extendida sobre el suelo (PPE); en segundo lugar el músculo recto abdominal (RA) con un 0.2899 V y finalizando así con el músculo oblicuo externo (OE) en tercer lugar con un 0.2708 V. Demostrando así, que el músculo superficial con menor actividad ante la posición isométrica es el OE, el cual, es responsable de la respiración y cambios de posición tales como rotaciones y flexiones del tronco (Moore & Dalley, 2006).

Al respecto, la hipótesis de este trabajo, se rechaza, debido a los niveles de significancia obtenidos, mismos que son ≥ 0.5 , dado que se pensaba que la musculatura del core se activaba sinérgicamente y con mayor intensidad en la Pancha Prono Extendida en Suspensión para mantener la contracción isométrica a diferencia de la Plancha Prono Extendida sobre el piso, con ayuda de la Electromiografía de Superficie EMG.

Por otro lado, es importante destacar, que en cuanto a tiempo de resistencia obtenido al contrastar dichas posturas PPE vs PPES con un valor p es igual a 0.001732, ($P (x \leq 0.5455) = 0.9983$) encontrándose así una diferencia significativa. Como lo menciona (Behm et al., 2010) que los entornos de entrenamiento que desestabilizan pueden mejorar las adaptaciones neuromusculares y la especificidad del entrenamiento, al mismo tiempo proporcionan un estímulo de entrenamiento más variado y efectivo, con un impacto directo sobre el tiempo. A su vez, aquellos aditamentos en específico aquellos cuyos ejercicios están enfocados a las posiciones de plancha en suspensión, requieren generarán estímulos adecuados enfocados en los músculos RA y OE, según menciona (Chen et al., 2022).

Es así, que en términos generales los resultados de este estudio, ofrecen una visión sobre la activación muscular durante ejercicios de plancha en distintas posiciones, destacando así la importancia de adaptar el entrenamiento a las demandas específicas de cada ejercicio.

Cabe mencionar que este estudio presenta algunas limitaciones. Desde la medición de la actividad muscular, la cual se realizó en el lado dominante de los sujetos a evaluar, lo que puede no reflejar completamente las condiciones reales de ambas posiciones; hasta lo valioso que sería incluir una muestra más extensa en términos de sujetos, experiencia y condición física para generalizar los resultados.

Futuros estudios podrían explorar cómo la variabilidad en la activación muscular se relaciona con el rendimiento funcional en actividades deportivas específicas o en situaciones de la vida cotidiana. También sería pertinente investigar cómo la progresión en el entrenamiento de resistencia y la experiencia del sujeto pueden afectar la activación muscular en diferentes posiciones de plancha.

Es por ello, que la comprensión de estos patrones de activación puede guiar a entrenadores y fisioterapeutas en el diseño de programas que optimicen la fuerza y estabilidad del core, mejorando así el rendimiento y reduciendo el riesgo de lesiones.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera-castells, J., Buscà, B., Fort-vanmeerhaeghe, A., Montalvo, M., & Peña, J. (2018). Muscle activation in suspension training : a systematic review. *Sports Biomechanics*, 3141, 1–21. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1472293>
- Akuthota, V., Ferreiro, A., Moore, T., & Fredericson, M. (2008). *Core Stability Exercise Principles* (Vol. 7, Issue 1). <http://journals.lww.com/acsm-csmr>
- Barbado, D., Vera-García, Elvira, C. J. J. L. L., Hernández Sánchez, S., Recio, J. C., & J. L. L. Elvira. (2015). *Core stability: evaluación y criterios para su entrenamiento*. 8(3), 130–137. <http://scielo.isciii.es/pdf/ramd/v8n3/revision3.pdf>
- Barbero, M., Merletti, R., & Rainoldi, A. (2012). Atlas of Muscle Innervation Zones. In *Atlas of Muscle Innervation Zones*. Springer Milan. <https://doi.org/10.1007/978-88-470-2463-2>
- Behm, D. G., Drinkwater, E. J., Willardson, J. M., & Cowley, P. M. (2010). The use of instability to train the core musculature. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 35(1), 91–108. <https://doi.org/10.1139/H09-127>
- Bergas, J., & Liebana R., Santiado. (2010). *Entrenamiento en Suspensión*.
- Bliss, L. S., & Teeple, P. (2005). *Core Stability: The Centerpiece of Any Training Program* 1.
- Bliss, L., & Teeple, P. (2005). Core stability: The centerpiece of any training program. *Current Sports Medicine Reports*, 4(3), 179–183. <https://doi.org/10.1097/01.CSMR.0000306203.26444.4e>
- Body, F., & Workout, S. (n.d.). *Sling Training*.
- Bohannon, R. W., Steffl, M., Glenney, S. S., Green, M., Cashwell, L., Prajerova, K., & Bunn, J. (2018). The prone bridge test: Performance, validity, and reliability among older and younger adults. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 22(2), 385–389. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2017.07.005>
- Byrne, J. M., Bishop, N. S., Caines, A. M., Crane, K. A., Feaver, A. M., & Pearcey, G. E. P. (2014). Effect of Using a Suspension Training System on Muscle Activation During the Performance of a Front Plank Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(11), 3049–3055. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000000510>
- Cavalcanti Garcia M.A., & Vieira, T. M. M. (2010). Surface electromyography: Why, when and how to use it. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*.
- Chan, E. W. M., Hamid, M. S. A., Nadzalan, A. M., & Hafiz, E. (2020). Abdominal muscle activation: An EMG study of the Sahrmann five-level core stability test. *Hong Kong Physiotherapy Journal*, 40(2), 89–97. <https://doi.org/10.1142/S1013702520500080>

- Chen, Z. R., Tsai, W. C., Huang, S. F., Li, T. Y., & Song, C. Y. (2022). Classification of Plank Techniques Using Wearable Sensors. *Sensors*, 22(12).
<https://doi.org/10.3390/s22124510>
- Cugliari, G., & Boccia, G. (2017a). Core Muscle Activation in Suspension Training Exercises. *Journal of Human Kinetics*, 56(1), 61–71. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0023>
- Cugliari, G., & Boccia, G. (2017b). *Core Muscle Activation in Suspension Training Exercises*. 56(March), 61–71. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0023>
- Dataset biopac*. (n.d.).
- Dawes, J. (2017). *Complete guide to TRX* (Human Kinetics).
- Equipment, S. E. (n.d.). *THE ISOMETRICS / SUSPENSION TRAINER*.
- Harris, S., Ruffi, E., Brewer, W., & Ortiz, A. (2017). *MUSCLE ACTIVATION PATTERNS DURING SUSPENSION TRAINING EXERCISES*. 12(1), 42–52.
- Hibbs, A. E., Thompson, K. G., French, D. N., Hodgson, D., & Spears, I. R. (2011). Peak and average rectified EMG measures : Which method of data reduction should be used for assessing core training exercises? *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(1), 102–111. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2010.06.001>
- Jefatura de servicio de electromiografía y distrofia muscular. (2015). *Manual de operaciones EMG*.
- Kisner, C., & Colby, L. (2005). *Ejercicio terapéutico. Fundamentos y técnicas* (5ta. edici).
- Knudson Duane. (1999). *FUNDAMENTALS OF BIOMECHANICS* (3er ed.). Springer.
- Konrad, P. (2005). *The ABC of EMG A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography*. www.noraxon.com
- Kremer, J. M., & Mullins, M. (n.d.). *BSL Hardware guide*. www.biopac.com
- Li, X., Liu, H., Lin, K., Miao, P., Zhang, B., Lu, S., Li, L., & Wang, C. (2020). *Effects of Different Sling Settings on Electromyographic Activities of Selected Trunk Muscles : A Preliminary Research*. 2020.
- M. Bryne, J., Bishop, N. S., Caines, A. M., Crane, K. A., Feaver, A. M., & Pearcey, G. E. P. (2014). *Effect of using a suspension training system on muscle activation during the performance of a front plank exercise*. 28(11), 3049–3055.
<https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000510>
- M. Butowicz, C., Ebaugh, D. D., Noehren, B., & P. Silfi, S. (2016). *VALIDATION OF TWO CLINICAL MEASURES OF CORE STABILITY*. *The International Journal of Sports*

- Physical Therapy*, 11. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4739044/pdf/ijsp-11-15.pdf>
- Manzano, L. . (2011). *El entrenamiento de suspensión*. 42–47.
- McGill, S. M. (1991). *Electromyographic Activity of the Abdominal and Low Back Musculature During the Generation of Isometric and Dynamic Axial Trunk Torque : Implications for Lumbar Mechanics*.
- Mok, N. W., Yeung, E. W., Cho, J. C., Hui, S. C., Liu, K. C., & Pang, C. H. (2014). Core muscle activity during suspension exercises. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(2), 189–194. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.01.002>
- Mok, N. W., Yeung, E. W., Cho, J. C., Hui, S. C., Liu, K. C., & Pang, C. H. (2015). Journal of Science and Medicine in Sport Core muscle activity during suspension exercises. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(2), 189–194. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.01.002>
- Moore, K. L., & Dalley, A. F. (2006). *Anatomía con orientación clínica* (Panamericana, Ed.; Octava). Porrua.
- Navia, Francisco. (2012). *Entrenamiento funcional en suspensión TRX como método óptimo de ejercitación en adultos*. 61.
- Oliva-Lozano, J. M., & Muyor, J. M. (2020). Core Muscle Activity during Physical Fitness Exercises : A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph17124306>
- Oltra, V. (2015). *Entrenamiento del CORE : selección de ejercicios seguros y eficaces*.
- Panjabi, M. M. (1992). *The Stabilizing System of the Spine. Part I. Function, Dysfunction, and Enhancement*. <https://doi.org/10.1097/00002517-199212000-00001>
- Peña, Guillermo., Heredia, J. R., Donate, F. I., Mata Ordoñez, F., & Moral, S. (2015). *Revisión de los Métodos de Valoración de la Estabilidad Central (Core)*. <http://gse.com/es/evaluacion-deportiva/articulos/revision-de-los-metodos-de-valoracion-de-la-estabilidad-central-core-1426>
- Pinzón Ríos, I. D. (2017). *CORE: REVISIÓN DE LITERATURA, EVALUACIÓN Y ABORDAJE DESDE LA PERSPECTIVA FISIOTERAPEUTA*.
- Red cord Neural*. (n.d.). <https://healthing.es/magazine/que-es-redcord-neurac/>
- Richardson, C., Endolen Jull, G., & Toppenberg Ark Comerford, R. (1992). *Techniques for active lumbar stabilisation for spinal protection: A pilot study*.
- Rodríguez Jouvencel, M. (2020). *Fatiga muscular: Cuestiones previas. Principios de electromiografía de superficie* (DiazdeSantos).

- Segarra, V., Heredia, J. R., Peña, G., Sampietro, M., Moyano, M., Mata, F., Iisidro, F., Martín, F., & Silva-Grigoletto. (2014). Core y sistema de control neuro-motor: mecanismos básicos para la estabilidad del raquis lumbar. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 28(3), 521–529. <https://doi.org/10.1590/S1807-55092014005000005>
- Strand, S. L., Hjelm, J., Shoepe, T. C., & Fajardo, M. A. (2014). Norms for an isometric muscle endurance test. *Journal of Human Kinetics*, 40(1), 93–102. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0011>
- Tong, T. K., Wu, S., & Nie, J. (2013). Sport-specific endurance plank test for evaluation of global core muscle function. *Physical Therapy in Sport*, 15(1), 58–63. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2013.03.003>
- Vera-García, F., Moreno-Pérez, V., Hernández-Sánchez, S., Juan-Recio, C., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2014.02.004>
- Weiss, L. D., Weiss, J. M., & Silver, J. K. (2023). *EMG Guía básica para estudios de conducción nerviosa y electromiografía* (3rd ed.).
- Zemková, E. (2022). Strength and Power-Related Measures in Assessing Core Muscle Performance in Sport and Rehabilitation. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 13). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.861582>

VI. ANEXOS

ANEXO 1 Carta de consentimiento informado

Santiago de Querétaro, Querétaro a _____

Contacto:

Karen Casandra González Gutiérrez
Expediente: 129322
Cel. 4426607086
Correo: terapiaenmovimi@gmail.com

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Por medio de la presente hago valer que el o la que suscribe c._____ de ____ años de edad, declaro libre y voluntariamente que acepto participar en el estudio titulado: "Efectos a corto plazo del entrenamiento de suspensión en adultos jóvenes sanos", el cuál se desarrolla en la Facultad de enfermería de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Se me ha explicado que dicho estudio consiste en la toma de datos por medio de la electromiografía de superficie, la cual busca obtener información sobre la actividad eléctrica del músculo, dicho procedimiento es no invasivo, ya que se lleva a cabo con electrodos de superficie.

Consiste en la toma de la señal eléctrica de los músculos recto abdominal (RA), Oblicuo externo (OE), transverso abdominal (TA) y erector de la espina (EE). Dicha evaluación se realiza en dos tiempos y en dos tipos de ejercicios distintos.

El primero es la plancha prono y el segundo es la misma posición con los miembros inferiores en suspensión, llevando la contracción al fallo de la misma. En dicho estudio el riesgo potencial de presentar algún tipo de lesión es considerado mínimo.

Por lo cual, el sujeto de prueba debe presentarse

- A tiempo
- Con ropa cómoda (deportiva de preferencia)
- Rasurado previamente
- Sin cremas ni lociones untadas sobre la superficie a explorar
- Hidratado (tomar entre 700ml a 1lt de agua por lo menos 30 minutos previos a la sesión).

Es de mi conocimiento que estoy en libertad de abandonar el estudio cuando así lo considere adecuado. Que ni el abandono, ni la participación en el estudio influirán en mi relación profesional con los investigadores responsables; que estoy en libertad de solicitar información adicional acerca de los riesgos y beneficios, así como los resultados derivados de mi participación en este estudio.

Nombre y firma

ANEXO 2 Cuestionario

FICHA DE IDENTIFICACIÓN

FOLIO: _____

NOMBRE: _____ EDAD: _____

PESO: _____ TALLA: _____ IMC: _____ P.A. _____

Realizas ejercicio: SI/NO

veces por semana: _____ horas por día: _____

¿Ha realizado con anterioridad ejercicios de entrenamiento de suspensión? SI/NO

¿Presentas algún tipo de dolor o molestia en los últimos 6 meses? SI/NO

Describe (zona, intensidad, causa) _____