



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO**

---

---

FACULTAD DE MEDICINA  
SECRETARIA DE SALUD  
INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN  
Luis Guillermo Ibarra Ibarra  
ESPECIALIDAD EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN.  
***Mariana Palacios Agredano.***

**ACTIVACIÓN MUSCULAR DURANTE LA PRUEBA DE  
CONTROL DE TRONCO MEDIDO CON ELECTROMIOGRAFIA DE  
SUPERFICIE EN PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR.**

**T E S I S**  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MÉDICO ESPECIALISTA EN  
MEDICINA DE REHABILITACIÓN.

**P R E S E N T A:**  
*Mariana Palacios Agredano.*

PROFESOR TITULAR  
*Roberto Coronado Zarco.*

DIRECTOR DE TESIS  
*Jimena Quinzanos Fresnedo.*



Junio 2023; Ciudad de México.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**ACTIVACIÓN MUSCULAR DURANTE LA PRUEBA DE  
CONTROL DE TRONCO MEDIDO CON ELECTROMIOGRAFIA DE  
SUPERFICIE EN PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR.**

---

DR.(A) Roberto Coronado Zarco

PROFESOR TITULAR

---

DR.(A) Jimena Quinzaños Fresnedo

DIRECTOR DE TESIS

**ACTIVACIÓN MUSCULAR DURANTE LA PRUEBA DE  
CONTROL DE TRONCO MEDIDO CON ELECTROMIOGRAFIA DE  
SUPERFICIE EN PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR.**

---

DRA. MATILDE L. ENRÍQUEZ SANDOVAL  
DIRECTORA DE EDUCACIÓN EN SALUD

---

DR. HUMBERTO VARGAS FLORES  
SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN MÉDICA

---

DR. ROGELIO SANDOVAL VEGAGIL  
JEFE DEL SERVICIO DE EDUCACIÓN MÉDICA DE POSGRADO.

---

ING. VIRGINIA BUEYES ROIZ  
ASESOR METODOLOGICO

## INDICE.

|                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| AGRADECIMIENTOS.....             | Pag 5.  |
| RESUMEN .....                    | Pag 6.  |
| INTRODUCCIÓN .....               | Pag 7.  |
| OBJETIVOS. ....                  | Pag 9.  |
| HIPÓTESIS. ....                  | Pag 9.  |
| MARCO TEÓRICO.....               | Pag 10. |
| JUSTIFICACIÓN.....               | Pag 18. |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... | Pag 19. |
| MATERIAL Y MÉTODOS.....          | Pag 19. |
| METODOLOGÍA.....                 | Pag 19. |
| RESULTADOS.....                  | Pag 28. |
| ANÁLISIS.....                    | Pag 29. |
| DISCUSIÓN .....                  | Pag 34. |
| CONCLUSIÓN .....                 | Pag 40. |
| REFERENCIAS... ..                | Pag 40. |

## AGRADECIMIENTOS.

### A MIS PADRES Y HERMANO.

Les agradezco a mis padres y a mi hermano que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. Este logro se los dedico a ustedes.

### DRA. QUINZAÑOS.

Le agradezco muy profundamente por su dedicación y paciencia, no solamente para la elaboración de mi tesis, si no por haber sido una gran maestra y ejemplo a seguir durante estos 4 años de formación. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre.

### A VICKY.

Quiero agradecer de manera especial a Vicky, por toda la paciencia y tiempo dedicado, Sin tu apoyo este trabajo no hubiera sido posible.

### A MIS COMPAÑEROS.

Quiero agradecerles a todos mis compañeros de los cuales muchos de ellos se han convertido en mis amigos. Gracias por las horas compartidas, los trabajos realizados en conjunto y las historias vividas. Especialmente a todos aquellos que colaboraron en este proyecto.

## RESUMEN.

Este es un estudio observacional, comparativo y transversal, en donde se evaluaron a 36 sujetos con lesión medular que contaban con el diagnóstico de lesión medular traumática que estuvieron hospitalizados en el servicio de rehabilitación neurológica en el Instituto Nacional de Rehabilitación desde el periodo de abril del 2021 hasta diciembre del 2022, que habían concluido con su programa de rehabilitación intrahospitalaria. Mediante electromiografía de superficie, se registró la contracción muscular máxima y posteriormente la activación muscular durante la prueba de control de tronco de los siguientes músculos: esternocleidomastoideo, pectoral mayor, deltoides medio, fibras superiores, medias e inferiores de trapecio y dorsal ancho bilaterales.

Las alteraciones en el control postural dependen del grado y nivel de lesión, de tal forma que los individuos con lesiones medulares tienen un pobre control de tronco, con lo que se ven limitados muchos de los movimientos necesarios para la realización de las actividades de la vida diaria.

El objetivo de este estudio fue analizar la activación muscular en la ejecución de la prueba de control de tronco para individuos con lesión medular; donde se observó que los pacientes con lesión medular emplean la activación de músculos del tronco superior y de la cintura escapular, que normalmente son músculos no posturales, de manera compensatoria para realizar actividades que son dependientes de un adecuado control de tronco.

Se espera que la información reportada en este estudio sea de utilidad para el personal de salud encargado del manejo de este grupo poblacional, y se genere interés para continuar con esta línea investigación, para así finalmente tener una mayor comprensión sobre los patrones posturales compensatorios que emplea el pacientes con lesión medular, con el

objetivo de desarrollar terapias dirigidas que tengan un impacto positivo en la mejoría de control de tronco en el sujeto con lesión medular.

## INTRODUCCION.

La incidencia anual de lesión medular en todo el mundo es de entre 11,5 y 57,8 casos por millón de personas. Hay una distribución de edad bimodal, con la frecuencia más alta entre los 15 y los 29 años de edad y la segunda ocurre a los 65 años o más. (12)

El costo asociado con la atención de los pacientes con lesión medular puede oscilar entre 1.25 y 25 millones de dólares, pero los costos directos e indirectos de por vida promedian 1,6 millones de dólares para la paraplejia y 3 millones de dólares para la tetraplejia por individuo. (12)

Uno de los objetivos principales de la rehabilitación en pacientes con lesión medular, es recuperar tanta función y control de la musculatura como sea posible, esto para alcanzar un mayor grado de independencia en las tareas de la vida diaria. En este contexto los músculos del tronco son indispensables para la estabilización. (9)

En la lesión medular hay daño en las vías ascendentes y descendentes de la médula espinal, lo cual lleva a alteraciones en el sistema de control postural. Un adecuado control de tronco es de gran importancia para poder mantener la posición en sedestación, bipedestación y realizar marcha, así mismo, provee soporte para realizar movimientos voluntarios. Por lo tanto, en los pacientes con lesión medular con un mal control de tronco, el desempeño funcional y la independencia para las actividades de la vida diaria se ven profundamente afectadas. (6) Es por esto que tener un adecuado control de tronco, es uno de los principales objetivos a alcanzar.(6)

Una lesión medular a nivel cervical y/o torácico, provoca parálisis o paresia de los músculos del tronco, así como de las extremidades superiores e inferiores, (6) lo cual resulta en una estabilidad y fuerza muscular limitada por debajo del nivel de la lesión. (7)

Para compensar esta pérdida de estabilidad, los pacientes con lesión medular emplean una estrategia postural diferente, usando distintos músculos para restaurar el balance. (7) Utilizan músculos no posturales, como el dorsal ancho y el trapecio, los cuales pueden ser entrenados y mostrar resultados favorables. (6)

La evaluación del control del tronco es una herramienta muy útil empleada durante la rehabilitación de pacientes con lesión medular. Para este propósito, se desarrolló una escala clínica específica para evaluar el control de tronco en pacientes con lesión medular. (16)

La escala de control de tronco para pacientes con lesión medular es una herramienta útil tanto en la evaluación, como en el establecimiento de objetivos rehabilitatorios en estos pacientes. Es una prueba confiable y validada, con una alta estabilidad intra e inter evaluador. Cuenta con una especificidad del 92,2 % y una sensibilidad del 98 % para indicar que los individuos con una puntuación de 13 o más puntos tienen un control adecuado del tronco. Además, se demostró que esta prueba es sensible al cambio porque la probabilidad de tener un control de tronco adecuado aumenta 1.846 veces con cada punto que se incrementa en la prueba. (5)

Esta prueba es fácil y rápida de realizar, así como fiable y aplicable a cada tipo de paciente, independientemente de su nivel neurológico y tipo de lesión. (5) Ha demostrado ser predictiva tanto para la recuperación de la marcha como para el grado de independencia al realizar tareas de la vida diaria a un año de ocurrida la lesión, sin importar el tipo de lesión y el nivel neurológico. (16)

Las personas con una lesión medular aguda con un adecuado control del tronco, es decir un puntaje de 13 puntos o más de la prueba, tienen una mayor probabilidad de alcanzar la capacidad de realizar tareas diarias sin el apoyo de otra persona en comparación con aquellas que tienen un mal control del tronco inicialmente. (16)

El presente estudio tiene como objetivo describir mediante electromiografía de superficie, la activación muscular durante la realización de las actividades evaluadas en la escala de control de tronco en pacientes con lesión medular.

#### **HIPOTESIS PLANTEADA.**

Los pacientes con lesión medular emplean una estrategia postural diferente al individuo sano para lograr un adecuado control de tronco.

#### **OBJETIVO GENERAL.**

Describir mediante electromiografía de superficie, la activación muscular durante la realización de las actividades evaluadas en de la escala de control de tronco en pacientes con lesión medular

#### **OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- Medir mediante electromiografía de superficie, la activación muscular máxima y posteriormente la activación muscular registrada durante la realización de la prueba de control de tronco en pacientes con lesión medular,
- Asociar la activación de diferentes músculos con el rendimiento en la prueba de control de tronco.

- Ofrecer información que sustente la posibilidad de implementar un programa de rehabilitación individualizado y dirigido al reentrenamiento y/o fortalecimiento de músculos que puedan mejorar el control de tronco de manera compensatoria en pacientes con lesión medular.

## MARCO TEÓRICO.

La lesión medular traumática es una entidad neurológica que resulta en el desarrollo de déficits motores, sensoriales y autonómicos los cuales pueden ser permanentes o temporales. (1)

La incidencia de la lesión medular varía marcadamente entre los distintos ámbitos geográficos y en función del nivel de desarrollo de los distintos países. En los países desarrollados se ha producido un cambio epidemiológico caracterizado por una disminución global de la incidencia de las lesiones traumáticas, un aumento de la incidencia de lesiones incompletas y un aumento en el número de lesiones relacionadas con caídas en pacientes de edad avanzada. (2)

Los estándares internacionales para la clasificación neurológica de las lesiones de la médula espinal (ISNCSCI) son el sistema más ampliamente aceptado para la evaluación y clasificación de las deficiencias sensoriomotoras en pacientes con lesión de la médula espinal. (3)

La información obtenida del ISNCSCI se utiliza para guiar el desarrollo de programas de rehabilitación individualizados, predecir resultados, documentar la recuperación neurológica, y evaluar la eficacia de las intervenciones empleadas. (3)

El determinante más importante para conocer el pronóstico funcional a largo plazo es la integridad neurológica, la cual se basa en la definición de preservación a nivel sacro. La ISNCSCI define la lesión medular como neurológicamente completa cuando no hay evidencia de preservación sacra, es decir, de función sensorial y/o motora en el nivel sacro más bajo (ausencia de función sensorial en el dermatoma S4-S5, ausencia sensación de presión anal profunda, ausencia de contracción anal voluntaria). Si alguna de las previamente mencionadas se encuentra conservada, entonces el individuo se clasifica con una lesión medular incompleta. (4)

Después de que se tiene determinado si la lesión es neurológicamente completa o incompleta, se debe determinar la severidad de la lesión usando la clasificación de AIS, con grados de la A al E. (4)

Algunos estudios han demostrado la presencia de función motora residual por debajo de la lesión en pacientes con lesión medular torácica que clínicamente ha sido clasificada como completa. (9)

Los músculos del tronco inervados por los nervios espinales cervicales, torácicos y lumbares son críticos para mantener la estabilidad y movilidad del tronco y las extremidades, debido a que están involucrados en todos los movimientos que se requieren para mantener la postura en sedestación, bipedestación y durante la marcha. (6)

Una lesión medular a nivel cervical y/o torácico, provoca parálisis o paresia de los músculos del tronco, así como de las extremidades superiores e inferiores, (6) lo cual resulta en una estabilidad y fuerza muscular limitada por debajo del nivel de la lesión. (7)

Para compensar esta pérdida de estabilidad, los pacientes con lesión medular emplean una estrategia postural diferente, usando distintos músculos para restaurar el balance. (7)

Utilizan músculos no posturales, como el dorsal ancho y el trapecio, los cuales pueden ser entrenados y mostrar resultados favorables. (6)

La mayoría de las personas con lesión motora completa de la médula espinal por encima del nivel torácico medio, carecen de control volitivo del tronco y de la musculatura de la cadera, lo que puede conducir a inestabilidad espinal. La inestabilidad del tronco puede causar una basculación posterior pélvica, lo cual flexiona considerablemente la columna toracolumbar de manera compensatoria. Esto amplía la base de apoyo, aumenta la curvatura de la columna lumbar y puede así, de manera compensatoria, mejorar parcialmente el equilibrio y reducir el riesgo de caídas. (11).

Sin embargo, la adopción prolongada de tales posturas y otras estrategias compensatorias puede conducir a la producción de úlceras por presión, deformidades y dolor dorsal. (11).

Algunos estudios han demostrado que la estimulación eléctrica de los músculos erectores de la columna, glúteo mayor, oblicuos e iliopsoas podrían permitirles a los pacientes con lesión medular tener una postura más estable durante la sedestación y resistir a perturbaciones externas. (11)

Se ha descrito 3 sistemas de control de tronco: activo (músculos), pasivo (estabilizadores pasivos) y la unidad de control neural. (8)

Debido a la redundancia en el sistema neuromuscular y espinal, hay un gran conjunto de posibles patrones de activación muscular para mantener la estabilidad. Cada patrón de activación muscular puede afectar significativamente la magnitud y dirección de las cargas intervertebrales y, por lo tanto, la estabilidad espinal y central. (8)

Establecer si es posible activar los músculos del tronco se puede realizar con electromiografía de superficie. Los datos obtenidos con electromiografía de superficie han corroborado que las personas con paraplejia pueden adoptar otras estrategias alternativas para el control de tronco, las cuales involucran la activación de músculos de la parte superior del cuerpo que normalmente no se activan durante las tareas de sedestación y alcance. (9)

La contracción de los músculos del tronco superior que poseen inervación intacta después de una lesión medular torácica, puede llevar a una activación refleja de la musculatura localizada inferiormente. (9)

Además, el estiramiento de los músculos abdominales puede ser inducido por una contracción del diafragma; en este proceso otros desencadenantes están involucrados, por ejemplo, la activación muscular puede estar dirigida por acciones musculares heterónimas o incluso antagonicas a través de conexiones neuronales adoptadas con el tiempo para compensar el deterioro causado por la lesión medular. (9)

La importancia de los músculos profundos del tronco, el transverso abdominal y el multífido, ha sido particularmente enfatizado en el concepto de control de tronco. El transverso abdominal provee estabilidad anterior del Core, mientras que los multífidos provee un control dinámico de los movimientos segmentales intervertebrales. La co-contracción de estos dos músculos aumenta la presión intraabdominal, lo cual provee estabilidad y rigidez a la columna lumbar. (8)

La activación bilateral del músculo transverso abdominal otorga tensión a las estructuras fasciales de la región lumbar, lo cual puede modular la presión intraabdominal y comprimir la articulación sacroilíaca, por lo que cambios en la activación de este músculo, a través del

entrenamiento, puede generar cambios moderadamente positivos en la dinámica de la estabilidad espinal y por lo tanto en el control del tronco. (10)

El control del tronco se define como la capacidad de mantener el control postural del tronco, incluyendo mover y cambiar el centro de masa de lado a lado para liberar una extremidad y poder realizar una función particular, como alcanzar o agarrar. (5) Entre todas las pruebas clínicas para la evaluación del control del tronco solo unas pocas son específicas para pacientes con lesión medular. (5)

El control postural a su vez ha sido definido como la capacidad para mantener el equilibrio frente a perturbaciones internas o externas con el propósito de mantener el centro de la masa corporal dentro de la base de apoyo. (5)

La evaluación del control postural en pacientes con lesión medular es compleja porque la sedestación sin apoyo en estos pacientes implica ajustes posturales continuos. La evidencia de la eficacia de una intervención depende, entre otras cosas, del uso de un conjunto de instrumentos válidos y confiables que respondan al cambio y reflejen resultados clínicamente importantes. En la literatura, se han descrito algunas medidas, instrumentos y herramientas para evaluar la sedestación sin apoyo pacientes con lesión medular. (17)

La evaluación de la posición sentada sin apoyo evalúa la capacidad del individuo para mantener una postura (estática), para mantener el control del equilibrio durante los movimientos voluntarios (proactivo) y para recuperar el control después de una pérdida imprevista del equilibrio (reactivo) en una posición sentada sin soporte de las extremidades superiores. (17)

Una revisión sistemática tuvo como objetivo identificar instrumentos clínicos con propiedades de medición utilizadas para medir el equilibrio en sedestación sin apoyo en

sujetos con lesión medular. Según este estudio, la prueba de control tronco presentó las mejores propiedades de medición relacionadas con el dominio de fiabilidad en una población variable de personas con lesión medular (AIS A, B, C y D). (17)

La prueba de control del tronco se desarrolló originalmente para medir el equilibrio en sedestación sin apoyo en pacientes con lesión medular; sin embargo, recientemente la prueba ha demostrado que sus elementos son relevantes para evaluar el equilibrio necesario para lograr un adecuado rendimiento funcional y mayor grado de independencia en esta población. Así mismo, es una prueba simple, fácil, rápida de aplicar en entornos clínicos y aplicable a cada tipo de paciente, independientemente de su nivel neurológico y tipo de lesión. (17)

La escala de control de tronco para pacientes con lesión medular se divide en una evaluación estática y una dinámica, esta última evalúa a su vez el equilibrio dinámico para la realización de actividades con los miembros superiores.

La escala de control de tronco sugiere, con una especificidad del 92.2% y una sensibilidad de 98%, que los pacientes con una puntuación de 13 o más, tienen un control de tronco adecuado. Esta escala se puede aplicar a hombres y mujeres con lesión medular de cualquier tipo, nivel neurológico y etiología. (17)

Es de gran interés poder identificar cual es la musculatura que mantiene una inervación preservada por debajo del nivel de la lesión, sin embargo

La electromiografía de superficie es una técnica que mide de forma indirecta la actividad muscular, registrando el potencial eléctrico que es generado por la despolarización de la membrana externa de la fibra muscular. (20)

La electromiografía de superficie se utiliza comúnmente como una medida de resultado electrofisiológico en ensayos clínicos sobre neuro rehabilitación de individuos que viven con lesión medular, constituyendo un complemento informativo a las pruebas clínicas actuales al capturar el comando motor residual con mayor detalle. (15)

La electromiografía de superficie también se ha utilizado en la investigación del efecto del entrenamiento de posición y equilibrio. (15)

Las medidas objetivas para evaluar los movimientos activos del tronco, como la electromiografía de superficie, son muy valiosas pues nos ofrecen una guía objetiva para dirigir la rehabilitación de manera individualizada y así finalmente poder obtener mejores resultados funcionales, un mayor grado de independencia y, por lo tanto, una mejor calidad de vida.

Se observan diferencias en el uso de músculos posturales no solo entre sujetos con lesión medular torácica y sujetos sin lesión medular, sino que también entre grupos de sujetos de lesión medular torácica con diferentes niveles de pérdida de la función sensoriomotora. (18)

Estudios previos han utilizado la electromiografía de superficie en pacientes con lesión medular torácica baja para evaluar la pérdida de la función de los músculos erectores de la espina, así como la posterior restauración parcial de su función durante el proceso de rehabilitación, ya que estos músculos posturales participan de manera importante en el mantenimiento de una adecuada posición en sedestación erguida. (18)

Además, músculos no posturales como el dorsal ancho y las fibras ascendentes del trapecio, son utilizados para estabilizar el tronco en sujetos con lesión medular de manera

compensatoria, lo cual ha sido estudiado y monitorizado durante la aplicación de programas de rehabilitación clínica. Así mismo se han estudiado la activación muscular y la participación en el mantenimiento de la postura en sedestación de músculos de la cintura escapular, como el pectoral mayor y el serrato anterior. (18)

Los cambios en los patrones de actividad en estos músculos se estudiaron en varias condiciones de equilibrio perturbado durante la sedestación rehabilitación en pacientes con lesiones torácica. (18)

Parece que, aunque la lesión de la médula espinal sea completa, la restauración parcial de la función tiene lugar en el músculo erector de la columna. Varios autores han informado de que la restauración parcial de la función que se produce en las primeras etapas después de la lesión (de tres a seis semanas) está potencialmente asociada con "conexiones residuales de la médula espinal" en las llamadas lesiones "incompletas"; también se ha descrito su asociado a la recuperación de la conmoción cerebral espinal, la reducción del edema, la restauración de la perfusión capilar regional, la mejoría de la conducción axonal y la regeneración de axones. (18)

Se ha descrito que la activación del dorsal ancho estabiliza a la columna; así mismo, la activación muscular del pectoral mayor y del serrato anterior durante la restauración del equilibrio en sedestación en sujetos con lesión medular torácica alta, contribuye a la estabilización de la cintura escapular y previene la retracción de las escápulas causada por activación muscular a niveles más altos, específicamente del dorsal ancho y de las fibras superiores del trapecio. (18)

En la lesión torácica baja, la contribución de los erectores de la columna a nivel de L3 y a nivel de T9 tiene a mejorar lo cual contribuye en la restauración y el mantenimiento del equilibrio durante la sedestación, por lo cual la actividad muscular del dorsal ancho y de las

fibras ascendentes del trapecio es menos indispensable. Por el contrario, los pacientes con una lesión torácica alta dependen más del aumento de la actividad de los erectores espinales a nivel de T3 en combinación con un mayor uso del dorsal ancho y fibras ascendentes de trapecio y, en menor medida, del pectoral mayor. (18)

## JUSTIFICACIÓN.

La lesión de la médula espinal es una de las condiciones más devastadoras que afecta al bienestar físico, psicológico y socio económico de una persona.

El daño a los tractos ascendente y descendente de la médula espinal da lugar a una alteración en el sistema de control postural. Se sabe que el control postural efectivo es de suma importancia para la bipedestación y la marcha, así como para proporcionar apoyo a los movimientos voluntarios. (14)

Las alteraciones en fuerza y sensibilidad dependen del grado y el nivel de la lesión; por lo tanto, las personas con lesiones completas, torácicas o cervicales tienen un mal control del tronco. Debido a esto último, ellos están limitados en muchos de los movimientos necesarios para llevar a cabo las actividades de la vida diaria; por lo tanto, parte de los objetivos de la rehabilitación en personas con una lesión medular comprende la mejora en el control del tronco. (14)

La neurorehabilitación en la lesión medular es un campo complejo y dinámico donde los programas de atención se dirigen a la reparación y regeneración neuronal para fomentar la recuperación funcional. Si bien los algoritmos para la predicción de los resultados funcionales han mejorado significativamente, las terapias de rehabilitación deben dirigirse individualmente. (13)

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

¿Cómo es la activación de músculos no posturales durante la realización de las actividades evaluadas en de la escala de control de tronco en pacientes con lesión medular mediante electromiografía de superficie?

## MATERIALES Y METODOS.

Tipo de estudio: observacional, comparativo, transversal.

Universo de trabajo: Sujetos que contaban con el diagnóstico de lesión medular que estuvieron hospitalizados en el servicio de rehabilitación neurológica en el Instituto Nacional de Rehabilitación desde el periodo de abril del 2021 hasta diciembre del 2022, que habían concluido con su programa de rehabilitación intrahospitalaria.

### Criterios de inclusión.

- Cualquier sexo.
- Mayores de 18 años de edad.
- Sujetos con diagnóstico de lesión medular de cualquier nivel neurológico, tipo y severidad.
- Sujetos que aceptaron participar en el estudio.
- Sujetos que concluyeron su programa de rehabilitación intrahospitalaria.

### Criterios de exclusión.

- Sujetos con inestabilidad hemodinámica.
- Inestabilidad ósea en cualquier segmento.
- Sujetos que no toleren la colocación de electrodos.
- Hipertensión no controlada.

- Problemas ortopédicos que impidan la realización de la prueba.

#### Criterios de eliminación

- Que el paciente decida interrumpir la prueba.
- Reacción a los electrodos

No existe en la literatura ningún estudio similar por lo que se reclutaron todos los sujetos que cumplieran con los criterios de selección entre abril del 2021 hasta diciembre del 2022.

Se seleccionaron a pacientes que contaban con el diagnóstico de lesión medular traumática que estuvieron hospitalizados en el servicio de rehabilitación neurológica en el Instituto Nacional de Rehabilitación desde el periodo de abril del 2021 hasta diciembre del 2022, que habían concluido con su programa de rehabilitación intrahospitalaria.

Mediante electromiografía de superficie, se registró la contracción muscular máxima y posteriormente la activación muscular durante la prueba de control de tronco de los siguientes músculos: esternocleidomastoideo, pectoral mayor, deltoides medio, fibras superiores, medias e inferiores de trapecio y dorsal ancho bilaterales.

## METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE MOVIMIENTO

Para la lectura de la electromiografía de superficie (sEMG, por sus siglas en inglés) se utilizó un equipo Delsys Trigno con sensores Quattro e IM, la adquisición de señales fue por medio del software Nexus de Vicon®. Se grabó un archivo para cada prueba de manual muscular y para cada ítem de la prueba de control de tronco.

Posterior a la adquisición las señales de sEMG fueron procesadas para quitar ruido por artefactos y finalmente rectificadas, se fijó un umbral para definir el momento en el que

cada músculo se encontraba en fase on y off, para cada ítem de la prueba de control de tronco. De esto se obtuvo el tiempo en que cada músculo se mantuvo prendido y las veces que el músculo se prendió realizando cada uno de los ítems. Posteriormente la señal de sEMG fue normalizada utilizando como base el manual muscular previamente realizado.

Para el estudio, se identificaron los puntos motores de los siguientes músculos, siguiendo las recomendaciones dadas por la guía del SENIAM: esternocleidomastoideo, pectoral mayor, deltoides medio, fibras superiores, medias e inferiores de trapecio y dorsal ancho bilaterales. Se identificaron sus puntos motores y se colocaron electrodos de superficie sobre dichos puntos.

Una vez colocados los electrodos, se registró mediante electromiografía de superficie, la contracción muscular máxima alcanzada de cada uno de los músculos, esto con el objetivo de normalizar y poder comparar entre sujetos. Finalmente se realizó la prueba de control de tronco para pacientes con lesión medular y se registró la activación muscular generada durante la prueba.

#### COLOCACIÓN DE ELECTRODOS PARA ELECTROMIOGRAFÍA DE SUPERFICIE.

Se identificaron los puntos motores de los músculos a estudiar, basándonos en las recomendaciones dadas por las guías del SENIAM; se limpió la piel con alcohol y se colocaron los electrodos de superficie.

| MÚSCULO.                        | COLOCACIÓN DE ELECTRODO SEGÚN GUIAS SENIAM.                                  |
|---------------------------------|--|
| Trapezio, fibras transversales. | 50% distancia entre borde medial de la escapula y la 3era vertebra torácica. |
| Trapezio, fibras ascendentes.   | 2/3 de la distancia entre el borde escapular y la 8va vertebra torácica.     |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Trapezio, fibras descendentes. | 50% entre C7 y acromion.  |
| Deltoides medio.               | Porción más prominente del deltoides medio, ubicado entre el acromion y el epicóndilo lateral del codo. |
| Esternocleidomastoideo.        | Borde más prominente del esternocleidomastoideo.  |
| Pectoral mayor.                | 3 cm medial del borde axilar.   |
| Dorsal ancho.                  | 50% distancia entre apófisis vertebral y 3 cm debajo de borde inferior de escapula                      |

### PRUEBA DE CONTROL DE TRONCO PARA PACIENTES CON LESION MEDULAR.

La posición inicial para la prueba es con el paciente en sedestación con ambos pies apoyados sobre una superficie plana, con rodillas y caderas a 90° de flexión, sin apoyo para el tronco y con las manos sobre los muslos. La prueba consiste en la evaluación del control de tronco estático y dinámico.

El control estático es evaluado con 3 ítems que evalúan el mantenimiento de la postura en sedestación durante 10 segundos con variaciones de la postura de extremidades inferiores (cruzar una pierna por encima de la otra de manera alterna).

El control dinámico consiste en 10 ítems; 7 de los cuales parten de la posición inicial, uno de ellos para tocarse los pies y 6 ítems que evalúan el equilibrio dinámico para la realización de actividades con los miembros superiores, en los cuales se parte de la posición inicial y se solicita al paciente que toque una diana de la siguiente manera:

1. Colocar la diana en la línea media a la altura de la articulación glenohumeral a 10 cm de la punta de los dedos y pedirle que la toque con la mano derecha.
2. Mismo que 1. Pero con mano izquierda.

3. Colocar la diana a 45° hacia la derecha de la posición 1 y pedir que la toque con la mano derecha.
4. Mismo que 3 pero la diana se mueve a 45° a la izquierda.
5. Mismo que 3 con la mano izquierda.
6. Mismo que 4 con la mano izquierda.

En los 3 ítems restantes del control dinámico se parte de la posición en decúbito supino y se solicita al paciente lo siguiente:

- Acostarse en decúbito supino y volver a la posición inicial,
- Rodar al lado derecho.
- Rodar al lado izquierdo.

Para la puntuación se otorga 2 puntos si lo realiza sin apoyo, 1 punto si requiere apoyo de miembros superiores, o puntos si no realiza el ítem. A excepción de los ítems de rodamiento donde únicamente se otorga 1 punto si lo realiza o 0 puntos si no lo realiza.

#### DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO Y SUS ESCALAS DE MEDICIÓN.

| VARIABLE | DEFINICIÓN<br>CONCEPTUAL   | DEFINICIÓN<br>OPERACIONAL.                   | ESCALA DE MEDICIÓN.                  | UNIDADES.             |
|----------|--|--|--------------------------------------|-----------------------|
| Genero.  | Atributos sociales y las oportunidades asociadas a ser hombre o mujer. | Hombre o mujer                               | Cualitativa<br>Nominal<br>dicotómica | 1: hombre<br>2: mujer |
| Edad     | Tiempo transcurrido a partir del                                       | Edad de acuerdo con los años cumplidos en el | Cuantitativa discreta                | Años                  |

|                        |   |   |                              |                                      |
|------------------------|---|---|------------------------------|--------------------------------------|
|                        | nacimiento del individuo.   | momento de presentar lesión medular   |                              |                                      |
| Fecha del evento       | Momento en que sucede el accidente  | Día en que sucede el evento   | Cuantitativa continua        | Día / mes / año.                     |
| etiología              | Causa de la enfermedad.   | Si fue de origen traumático o no traumático   | Cualitativa dicotómica       | 1: Traumática<br>2: No traumática    |
| Tipo de lesión medular | Interrupción de las vías nerviosas que conectan el cerebro con el resto del organismo y que ocasionan una disfunción motora, sensitiva y autonómica. En el momento del diagnóstico. | <p>Escala de ASIA: A: Completa. No hay función motora o sensitiva preservada en segmentos sacros S4-S5</p> <p>B: Sensitiva incompleta Hay función sensitiva pero no hay función motora de 3</p> | Cualitativa ampliada nominal | 1: A<br>2: B<br>3: C<br>4: D<br>5: E |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  | <p>niveles por debajo del nivel motor ipsilateral (en cada lado del cuerpo).</p> <p>Aquí se incluyen músculos clave y no clave para la determinación. Para una escala C menos de la mitad de los músculos clave a partir del NN debe ser &gt; 3.</p> <p>D: Motora Incompleta. Con al menos la mitad (la mitad o más) de los músculos clave por</p> |  |  |
|--|--|--|--|--|

|   |   |  |                            |  |
|---|---|--|----------------------------|--|
|   |   | <p>debajo del nivel neurológico &gt;</p> <p>3. E: Normal.</p> <p>La función motora y sensorial son normales, el paciente previamente tuvo alguna alteración. Los reflejos pueden ser anormales</p> |                            |  |
| <p>Nivel neurológico de lesión medular Inicial.</p> | <p>Segmento más caudal de la médula espinal en la que la función motora y sensitiva es normal. En el Momento del diagnóstico.</p> | <p>Tetraplejía alta: C1, C2</p> <p>Tetraplejía baja: C3, C4, C5, C6, C7, C8</p> <p>Paraplejía alta: T1, T2, T3, T4, T5, T6</p> <p>Paraplejía</p>   | <p>Cualitativa ordinal</p> | <p>1: C1</p> <p>2: C2</p> <p>3: C3</p> <p>4: C4</p> <p>5: C5</p> <p>6: C7</p> <p>7: C8</p> <p>8: T1</p> <p>9: T2</p> <p>10: T3</p> <p>11: T4</p> <p>12: T5</p> <p>13: T6</p> <p>14: T7</p> |

|                    |  |   |                      |  |
|--------------------|--|---|----------------------|--|
|                    |  | <p>baja: T7, T8, T9, T10, T11, T12</p> <p>Lumbar: L1, L2, L3, L4, L5</p> <p>Sacro: S1, S2, S3, S4, S5</p> |                      | <p>15: T8</p> <p>16: T9</p> <p>17: T10</p> <p>18: T11</p> <p>19: T12</p> <p>20: L1</p> <p>21: L2</p> <p>22: L3</p> <p>23: L4</p> <p>24: L5</p> <p>25: S1</p> <p>26: S2</p> <p>27: S3</p> <p>28: S4</p> <p>29: S5</p> |
| Control de tronco. | capacidad para mantener el equilibrio frente a perturbaciones internas o externas con el propósito de mantener el centro de la masa corporal dentro de la base de apoyo. | Adecuado o inadecuado control de tronco   | Cuantitativa nominal | 13 puntos o más:<br>adecuado control de tronco.  |

|                       |  |  |  |  |
|-----------------------|--|--|--|--|
| Intentos              |  |  |  |  |
| Activación muscular.  |  |  |  |  |
| Tiempo de activación. |  |  |  |  |

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó estadística descriptiva con promedios y medidas de tendencia central para las variables cuantitativas y frecuencias y proporciones para las variables cualitativas. Con la finalidad de estudiar las asociaciones entre variables se aplicó la correlación de Pearson para las variables cuantitativas (edad, tiempo de evolución, tiempo transcurrido entre el inicio del padecimiento y la atención médica). Con la finalidad de estimar la relación entre las variables cualitativas se utilizó la Chi cuadrada (dicotómicas) o U de Mantel y Haenszel (politómicas). Finalmente, para determinar la asociación entre las variables cualitativas y las cuantitativas se utilizó ANOVA (politómicas) o t Student (dicotómicas) para comparar los promedios de las variables cuantitativas entre los grupos definidos por las variables cualitativas. Se considerará un índice de confiabilidad del 95% y un p significativa  $<0.05$ . Se utilizará el programa SPSS.

## RESULTADOS.

Se realizaron pruebas a 36 sujetos con lesión medular del Instituto Nacional de Rehabilitación.

Las tablas de resultados se exponen en el análisis.

## **ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.**

Se incluyeron 25 hombres y 11 mujeres, equivalentes al 69.4% y 30.6% del total de individuos. La media de edad fue de 37.63 años (DS: 15.014, rango: 18-84). En relación a la LM, el 22.2% (8 individuos) tuvieron una lesión cervical, el 27.8% (10 sujetos) una lesión torácica alta, el 30.6% (11) una lesión torácica baja, y el 16.7% (6) una lesión lumbar. En relación a la gravedad de la lesión en base al AIS, la mayoría tuvieron lesiones completas (58.3%, 21 sujetos), seguido por lesiones escala D (19.4%, 7 sujetos), B (13.9%, 5 sujetos) y C (5.6%, 2 sujetos).

El promedio en el SCIM-III fue de 41.55 (DS: 15.06, rango: 13-79) y el control de tronco tuvo una media de 17.89 (DS: 6.228, rango: 2-24).

Se comparo el patrón de activación muscular en base a el tipo de lesión y el nivel neurológico.

## **ANALISIS.**

Se comparó la activación muscular de los diferentes músculos evaluados en relación al nivel neurológico y al tipo de lesión. A continuación, se describen únicamente los resultados que fueron estadísticamente significativos

## **EVALUACIÓN POR AIS.**

Los sujetos con lesión medular AIS A mostraron una mayor activación muscular de los siguientes músculos, en los ítems de la prueba de control de tronco reportados a continuación, en comparación con los pacientes con lesión medular AIS B, C y D.

- **Trapezio superior derecho** al cruzar un miembro pélvico sobre el otro bilateralmente, rodar a la izquierda, tocar la diana colocada en la línea media con la mano derecha, tocar la diana colocada a 45° con la mano ipsilateral bilateralmente.
- **Trapezio superior izquierdo** al cruzar un miembro pélvico sobre el otro bilateralmente, acostarse en decúbito supino y volver a sedestación, tocar la diana colocada en la línea media y a 45° con la mano derecha, tocar la diana colocada a 45° con la mano contralateral bilateralmente.
- **Trapezio medio derecho** al acostarse en decúbito supino y volver a sedestación.
- **Trapezio inferior derecho** al cruzar el miembro pélvico izquierdo sobre el derecho.
- **Esternocleidomastoideo derecho** al cruzar un miembro pélvico sobre el otro bilateralmente, acostarse en decúbito supino y volver a sedestación, rodar a la izquierda y a la derecha.
- **Dorsal ancho derecho** al cruzar el miembro pélvico izquierdo sobre el derecho.
- **Dorsal ancho izquierdo** al cruzar el miembro pélvico izquierdo sobre el derecho y al rodar hacia a derecha.
- **Pectoral mayor derecho** al rodar hacia la derecha y tocar la diana colocada en la línea media con la mano derecha.
- **Pectoral mayor izquierdo** al tocar la diana colocada a 45° a la izquierda con la mano derecha.

En la tabla 1, se muestra en la primera columna el ítem de la escala de control de tronco evaluado, seguido de los músculos que, en dicho ítem, los sujetos con lesión medular AIS A, mostraron una mayor activación muscular en comparación con los pacientes con lesión medular AIS B, C y D.

Todos los resultados a continuación reportados fueron estadísticamente significativos.

| <b>Tabla 1.</b>  |                                   |          |
|--|-----------------------------------|----------|
| <b>Ítem.</b>   | <b>Musculo evaluado.</b>          | <b>P</b> |
| Cruzar el miembro pélvico derecho sobre el izquierdo.          | Trapezio superior derecho.        | 0.01     |
|  | Trapezio superior izquierdo.      | 0.02     |
|  | Esternocleidomastoideo derecho.   | 0.041    |
|  | Esternocleidomastoideo izquierdo. | 0.011    |
| Cruzar el miembro pélvico izquierdo sobre el derecho.          | Trapezio superior derecho.        | 0.002    |
|  | Trapezio inferior derecho         | 0.046    |
|  | Dorsal ancho derecho.             | 0.006    |
|  | Dorsal ancho izquierdo.           | 0.035    |
|  | Esternocleidomastoideo derecho.   | 0.00     |
| Acostarse en decúbito supino y volver a sedestación.           | Trapezio superior izquierdo.      | 0.019    |
|  | Esternocleidomastoideo derecho.   | 0.00     |
|  | Esternocleidomastoideo izquierdo. | 0.002    |
|  | Trapezio medio derecho.           | 0.045    |
| Rodar del lado derecho.  | Dorsal ancho izquierdo.           | 0.002    |
|  | Esternocleidomastoideo derecho.   | 0.050    |
|  | Pectoral mayor derecho.           | 0.050    |
| Rodar del lado izquierdo.                                      | Trapezio superior derecho.        | 0.035    |
|  | Esternocleidomastoideo derecho.   | 0.054    |
| Tocar la diana colocada en la línea media con la mano derecha. | Trapezio superior derecho.        | 0.004    |
|  | Trapezio superior izquierdo.      | 0.027    |
|  | Pectoral mayor derecho.           | 0.024    |

|   |                                   |       |
|---|-----------------------------------|-------|
| Tocar la diana colocada a 45° a la derecha con la mano derecha.     | Trapezio superior derecho.        | 0.030 |
|   | Trapezio superior izquierdo.      | 0.002 |
|   | Dorsal ancho derecho.             | 0.002 |
| Tocar la diana colocada a 45° a la derecha con la mano izquierda.   | Trapezio superior izquierdo.      | 0.027 |
| Tocar la diana colocada a 45° a la izquierda con la mano izquierda. | Trapezio superior derecho.        | 0.003 |
|   | Trapezio superior izquierdo.      | 0.038 |
| Tocar la diana colocada a 45° a la izquierda con la mano derecha    | Esternocleidomastoideo izquierdo. | 0.07  |
|   | Pectoral mayor izquierdo.         | 0.002 |

Para mantener el equilibrio en sedestación durante 10 segundos, los sujetos con lesión medular AIS B y D mostraron mayor activación muscular del dorsal ancho izquierdo (P=0.038) y del pectoral mayor derecho (P=0.022) en comparación con los pacientes con lesión A y C. Sin embargo, para esta misma acción, los sujetos con AIS C y D mostraron mayor activación muscular del trapecio superior derecho (P=0.02) y de trapecio superior izquierdo (P=0.001) en comparación con los pacientes con lesión A y B.

### **EVALUACIÓN POR NIVEL NEUROLOGICO.**

Los sujetos con tetraplejía mostraron una mayor activación muscular de los siguientes músculos, en los ítems de la prueba de control de tronco reportados a continuación, en comparación con los pacientes con paraplejía; como se reporta en la Tabla 2.

| Tabla 2.  |                            |       |
|---|----------------------------|-------|
| Ítem.   | Musculo evaluado.          | P     |
| Mantener el equilibrio en sedestación durante 10 segundos | Deltoides medio derecho.   | 0.041 |
| Acostarse en decúbito supino y volver a sedestación.      | Trapezio medio derecho.    | 0.032 |
| Rodar de lado derecho.                                    | Trapezio superior derecho. | 0.010 |
|   | Trapezio medio derecho.    | 0.052 |

|  |                              |       |
|--|------------------------------|-------|
|  | Trapezio medio izquierdo.    | 0.016 |
|  | Trapezio inferior derecho    | 0.005 |
|  | Deltoides medio derecho.     | 0.00  |
|  | Deltoides medio izquierdo.   | 0.010 |
|  | Trapezio inferior derecho.   | 0.08  |
|  | Trapezio inferior izquierdo. | 0.046 |
| Tocar la diana colocada en la línea media con la mano derecha.   | Deltoides medio izquierdo.   | 0.001 |
| Tocar la diana colocada en la línea media con la mano izquierda. | Deltoides medio.             | 0.000 |
|  | Pectoral mayor derecho.      | 0.000 |
| Diana colocada a 45° a la izquierda con la mano izquierda.       | Pectoral mayor izquierdo.    | 0.036 |

Los sujetos con paraplejia mostraron una mayor activación muscular de los siguientes músculos, en los ítems de la prueba de control de tronco reportados a continuación, en comparación con los pacientes con tetraplejia; como se reporta en la Tabla 3.

| Tabla 3.  |                                 |       |
|---|---------------------------------|-------|
| Ítem.   | Musculo evaluado.               | P     |
| mantener el equilibrio en sedestación durante 10 segundos | Dorsal ancho.                   | 0.014 |
| Cruzar miembro pélvico derecho sobre izquierdo.           | Dorsal ancho izquierdo.         | 0.020 |
| Miembro pélvico izquierdo sobre el derecho.               | Dorsal ancho izquierdo          | 0.020 |
|   | Dorsal ancho izquierdo.         | 0.027 |
|   | Deltoides medio derecho         | 0.005 |
| Acostarse en decúbito supino y volver a sedestación.      | Trapezio superior izquierdo.    | 0.026 |
|   | Esternocleidomastoideo derecho. | 0.032 |
| Rodar del lado izquierdo.                                 | Trapezio inferior derecho.      | 0.00  |

|   |                                 |       |
|---|---------------------------------|-------|
| Tocar la diana colocada en la línea media con la mano derecha.    | Pectoral mayor derecho.         | 0.026 |
| Tocar la diana colocada a 45° a la derecha con la mano izquierda. | Dorsal ancho izquierdo.         | 0.013 |
|   | Esternocleidomastoideo derecho. | 0.024 |
|   | Pectoral mayor derecho.         | 0.038 |
| Tocar la diana colocada a 45° a la izquierda con la mano derecha. | Trapezio medio izquierdo.       | 0.052 |

## DISCUSIÓN.

El AIS es la principal herramienta empleada para evaluar la función motora en sujetos con lesión medular; sin embargo, no puede evaluar el patrón de activación muscular del tronco. La electromiografía de superficie es un método no invasivo que permite evaluar de manera objetiva a estos grupos musculares. (24)

La musculatura del tronco es crítica para mantener las habilidades necesarias para controlar al tronco; múltiples estudios han demostrado previamente que, tras una lesión medular, se generan patrones de activación muscular compensatorios que involucran a la musculatura del tronco superior y de la cintura escapular para suplir a las funciones motoras perdidas. (24)

El presente estudio tuvo como objetivo registrar la activación muscular y la contribución de algunos músculos no posturales para llevar a cabo las actividades realizadas durante la prueba de control de tronco para pacientes con lesión medular.

Tras analizar nuestros resultados, pudimos comprobar que los sujetos con lesión medular realizan una contracción muscular voluntaria compensatoria de músculos no posturales, para suplir la actividad muscular perdida por debajo del nivel de la lesión y de esta manera poder llevar a cabo las distintas actividades evaluadas que son dependientes de un adecuado control de tronco. Además, se comprobó que el patrón de

esta activación muscular varía en función del grado y nivel neurológico de la lesión. En efecto, los sujetos con una lesión medular AIS A, activan al músculo trapecio y al esternocleidomastoideo de manera compensatoria para poder mantener la posición en sedestación. Y conforme la actividad a realizar se vuelve más compleja, se agrega la participación de otros músculos no posturales. Por ejemplo, al disminuir la base de sustentación en sedestación, es decir, se solicitó al sujeto cruzar un miembro pélvico sobre el otro, se registró la activación del dorsal ancho. Así mismo, durante los rodamientos se registró la activación muscular del pectoral mayor y para tocar la diana los sujetos emplearon tanto al pectoral mayor como al dorsal ancho.

No existen estudios previos que hayan comparado la activación muscular en relación con la gravedad de la lesión. Un estudio publicado en 2009, evaluó a un paciente con lesión medular AIS A, nivel neurológico T3 y documentó mediante electromiografía la activación de los siguientes músculos: recto abdominal, oblicuo abdominal interno y externo, transverso del abdomen, pectoral mayor, trapecio superior, dorsal ancho y erector de la columna. (21)

Los principales hallazgos de este estudio fueron, que dicho sujeto podía activar los músculos del tronco por debajo del nivel de la lesión, tanto de forma voluntaria como de manera refleja ante perturbaciones del equilibrio y que estas reacciones motoras son diferentes a las de los sujetos sin lesión medular, debido a que se involucran músculos no posturales como el pectoral mayor, el trapecio superior y el dorsal ancho. (21) Estos reportes coinciden con nuestros resultados, donde observamos la activación de los tres músculos previamente mencionados en los pacientes con lesiones medulares completas, al realizar actividades tanto dinámicas como estáticas de la prueba de control de tronco.

En nuestro estudio se realizó el análisis de activación muscular acorde al nivel neurológico, donde se observó que los sujetos con tetraplejia mostraron una mayor

activación muscular del deltoides medio para mantener el equilibrio en sedestación y del trapecio para pasar de decúbito supino a sedestación. Además, en los ítems que requieren tocar la diana se registró la activación del pectoral mayor. Un estudio publicado en 2017 concluyó que los individuos con lesiones medulares torácicas presentan mayores co-activaciones musculares de músculos no posturales, entre ellos se describe la activación del dorsal ancho y del trapecio para mantener el equilibrio en sedestación en pacientes con lesiones torácicas altas (23), lo cual es consistente con nuestros hallazgos.

Cabe mencionar que no existe literatura que haya reportado una muestra tan grande como la del presente estudio; además, en otros estudios, evaluaron actividades aisladas como el equilibrio en sedestación; a diferencia de nuestro estudio, en donde se utilizó una prueba clínica específica para evaluar el control de tronco con actividades tanto estáticas como dinámicas en pacientes con lesión medular.

Un metaanálisis publicado en 2016 realizó una revisión sistemática de la literatura publicada sobre patrones de activación muscular en pacientes con lesión medular medido mediante electromiografía de superficie; el cual reportó que existe evidencia de que la activación muscular es diferente entre sujetos con lesión medular y sujetos sanos; y que también es dependiente del nivel de la lesión. (24)

En este metaanálisis se identificaron dos estudios que compararon la actividad de los músculos del tronco en sujetos con lesión medular y sin lesión. (24) Uno de ellos, de *Lui et al*; observó que los sujetos con lesión medular mostraron mayores activaciones musculares del pectoral mayor y del serrato anterior que los controles durante la sedestación con apoyo (25). Lo cual coincide con nuestros hallazgos, donde observamos que, para mantener el equilibrio en sedestación, los sujetos con lesión medular ASI B y D, activaron al pectoral mayor.

Dos estudios más, de *Louis et al (26)* y el de *Chow et al. (28)*; coincidieron en que los pacientes con paraplejia mostraron mayor activación muscular del trapecio, pectoral mayor y dorsal ancho que los controles, durante la propulsión de una silla de ruedas. En nuestro estudio observamos que los sujetos con paraplejia presentaron activación de los 3 músculos previamente descritos para poder tocar la diana durante la prueba. Para poder realizar este ítem, el paciente debe poder inclinar el tronco hacia adelante y lateralmente manteniendo el equilibrio en sedestación, lo cual es una habilidad necesaria para el manejo de una silla de ruedas de manera independiente.

Así mismo, *Desroches et al.* Registraron la activación del pectoral mayor durante la flexión del tronco y del dorsal ancho al mantener el equilibrio en sedestación. (27) lo cual coincide con nuestros hallazgos como se ha descrito previamente.

En resumen, existen múltiples estudios publicados desde el 2003, que han empleado la electromiografía de superficie para evaluar los patrones de activación muscular en esta población. Y todos han llegado a la conclusión de que el nivel de activación muscular de los músculos del tronco superior y de la cintura escapular es mayor en los sujetos con lesión medular en comparación con los sujetos sanos; así mismo, el nivel de actividad muscular es diferente en las lesiones medulares torácicas altas y bajas.

Lo cual se pudo corroborar con nuestros resultados, donde observamos la activación muscular aumentada del trapecio, esternocleidomastoideo, pectoral mayor y dorsal ancho en los sujetos con lesión medular completa para realizar las actividades estáticas y dinámicas de la prueba de control de tronco. Además, al hacer el análisis por nivel neurológico, encontramos que los sujetos con tetraplejia muestran mayor activación del deltoides medio, trapecio y pectoral mayor.

Comprender el patrón de activación de los músculos del tronco probablemente se traducirá en el refinamiento de los programas de entrenamiento que tengan por objetivo mejorar el control de tronco en los sujetos con lesión medular.

Contamos con la expectativa de que se continúe en el futuro esta línea de investigación para ampliar el conocimiento sobre los distintos patrones posturales compensatorios que puede adoptar el sujeto con lesión medular; y así, de esta manera poder ofrecer estrategias más efectivas y mejor dirigidas que constituyan un componente esencial en los futuros programas de rehabilitación en este grupo poblacional; estrategias que generen un mayor impacto en la independencia y calidad de vida de estos individuos, lo cual será el reflejo de un mejor control de tronco.

Basándonos en nuestros resultados, proponemos que la rehabilitación debiese de estar dirigida al entrenamiento y fortalecimiento de la musculatura con inervación preservada, que potencialmente pueda, mediante el desarrollo de patrones de activación muscular compensatorio, suplir la pérdida de la acción de músculos posturales, para así contribuir al mantenimiento de un adecuado control de tronco.

Además, no hay que olvidar que existen intervenciones más novedosas como la estimulación eléctrica funcional; la cual tiene la capacidad de desencadenar contracciones en los músculos paralizados, al aplicar corrientes eléctricas en un nervio motor periférico mediante la colocación de electrodos en la superficie de la piel o implantados en el punto motor del músculo de interés. (29)

Mediante esta intervención se podrían usar los músculos no posturales ya descritos como centro activador que envíe la señal eléctrica hacia los músculos posturales del tronco, y de esta manera restaurar el balance muscular perdido.

## LIMITACIONES DEL ESTUDIO.

Dentro de las limitaciones encontradas en este estudio fue el número de señales que se deben evaluar por sujeto, para completar el análisis del mismo, es decir, por cada sujeto evaluado en el estudio se tienen que procesar 208 señales de electromiografía.

Por otro lado, la manera de realizar la evaluación del Ítem 4 no fue la adecuada, debido a que se utilizó el tirón en la señal de aceleración para encontrar los momentos en que el sujeto realiza los puntos clave de la actividad, y así evaluar los momentos activos de la señal de electromiografía, esta forma de evaluación no fue la ideal, por lo que los resultados no se pudieron obtener y se debe modificar la estrategia de evaluación.

Otra de las limitaciones que se pueden encontrar en este estudio es la ubicación y colocación de los sensores, donde pueden llegar a existir fallas debido a que los sensores se pueden caer, ya que los pacientes presentan sudoración, la cual despega la cinta con las que se adhiere el electrodo de superficie, por lo que la medición puede no encontrarse; en el mismo tema, debido a la naturaleza de la prueba, el paciente debe de acostarse y hacer movimientos que faciliten que se caigan los sensores debido a los movimientos que se realizan.

Falta el análisis temporal de la información, es decir, mientras se va cambiando el movimiento cómo se van activando los diferentes músculos. Esto se hará en un siguiente análisis de los resultados.

Limitaciones clínicas: se trata de una población hospitalaria, por lo que la validez externa puede estar comprometida. Falta población para tener mínimo 10 sujetos con tetraplejia completa, 10 con tetraplejia incompleta, 10 con paraplejia completa y 10 con paraplejia incompleta.

## CONCLUSIONES.

Mediante el uso de electromiografía de superficie se pudo medir y comparar de manera objetiva la activación de músculos no posturales del tronco superior y de la cintura escapular durante las actividades realizadas en la prueba de control de tronco. Los datos obtenidos a partir de esta medición corroboraron que los sujetos con lesión medular emplean estrategias posturales diferentes al sujeto sano para poder realizar dichas actividades, las cuales varían en función del grado y nivel de la lesión.

## REFERENCIAS.

- 1.- Fred F. Ferri, MD; Management of Inpatients with Spinal Cord Injury; Copyright ©2022. Elsevier.
- 2.- José María Domínguez Roldán, Juana María Barrera Chacón, Claudio García Alfaro y María José Zarco Periñán. Traumatismo raquímedular. Tratado de medicina intensiva; 2.ª Edición: Copyright © 2022 Elsevier España, S.L.U.
- 3.- Steven Kirshblum, MDa,b,c, Brittany Snider, DOa,b, Rüdiger Rupp, PhDd, Mary Schmidt Read, PT; Updates of the International Standards for Neurologic Classification of Spinal Cord Injury: 2015 and 2019.
- 4.- Wesley Chay, Steven Kirshblum, Predicting Outcomes After Spinal Cord Injury; Phys Med Rehabil; <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2020.03.003> pmr.theclinics.com., 2020 Elsevier Inc.
- 5.- J Quinzaños, A R Villa, A A Flores and R Pérez; Proposal and validation of a clinical trunk control test in individuals with spinal cord injury; International Spinal Cord Society; 2014.

- 6.- Goutam Singh, Sevda Aslan, Beatrice Ugiliweneza, Andrea Behrman; Contribution of trunk muscles to upright sitting with segmental support in children with spinal cord injury; Department of neurological surgery; 2020.
- 7.- Ingrid Kouwijzer, Mathijs van der Meer, Thomas E.J. Jansen; Effects of trunk muscle activation on trunk stability, arm power, blood pressure and performance in wheelchair rugby players with a spinal cord injury; The Journal of Spinal Cord Medicine; 2020.
- 8.- Olivera Knezevic, Dragan Mirkov; Trunk muscle activation patterns in subjects with low back pain; Faculty of sport and physical education, University of Belgrade; 2013.
- 9.- Anna Bjerkefors, Mark G. Carpenter, Andrew G. Cresswell, Alf Thorstensson; Trunk muscle activation in a persona with clinically compete thoracic spinal cord injury; Department of neuroscience , Karolinska Institutet; 2009.
- 10.- Daniel J. Southwell, Nicole F. Hills, Linda McLean, Ryan B. Graham; The acute effects of targetes abdominal muscle activation training on spine stability and neuromuscular control; Journal of NueroEngineering and Rehabilitation; 2016.
- 11.- Ronald J. Triolo, Stephanie Nogan Bailey, Michael E. Miller, Lisa M. Lombardo, Musa L. Audu; Effects of Stimulating Hip and Trunk Muscles on Seated Stability, Posture, and Reach After Spinal Cord Injury; Archives of Physical Medicine and Rehabilitation; 2013.
- 12.- Ryan Khanna, Richard D. Fessler, Laura Snyder y Richard G. Fessler; Spinal Cord Trauma; Bradley and Daroff's Neurology in Clinical Practice; 8th edition; 2022.

13.- Carl Moritz Zipser and Armin Curt; Rehabilitation of Acute Spinal Cord Injury; Youmans and Winn Neurological Surgery; chapter 345; 2023.

14.- Jimena Quinzaños; Effect of Kayak Ergometer Training in Trunk Control, Independence and Cardiovascular Health in Individuals with Spinal Cord Injury; 2018.

15.- Gustavo Balbinot, Matheus Joner Wiest, Guijin Li, Maureen Pakosh, Julio Cesar Furlan, Sukhvinder Kalsi-Ryan, José Zariffa; The use of surface EMG in neurorehabilitation following traumatic spinal cord injury: A scoping review; Clinical Neurophysiology; 2022.

16.- Jimena Quinzaños-Fresnedo, Paola C. Fratini-Escobar, Kievka M. Almaguer-Benavides, Ana Valeria Aguirre-Güemez, Aída Barrera-Ortíz, Ramiro Pérez-Zavala<sup>1</sup> Antonio Rafael Villa-Romero; Prognostic validity of a clinical trunk control test for independence and walking in individuals with spinal cord injury; The Journal of Spinal Cord Medicine; 2018

17.- Libak Abou, PT, MSc, Gabriel Ribeiro de Freitas, PT, MSc, Juliete Palandi, PT, MSc, and Jocemar Ilha, PT, PhD, Clinical Instruments for Measuring Unsupported Sitting Balance in Subjects with Spinal Cord Injury: A Systematic Review; Top Spinal Cord Inj Rehabil 2018.

18.- Seelen, Potten Drukker, Reulen; Development of new muscle synergies in postural control in spinal cord injured subjects; Spinal Cord Injury Unit, Hoensbroek, The Netherlands; 1998.

19.- Alex Trompeter; The management of traumatic spinal cord injury; British Orthopaedic Association, Elsevier Ltd; 2022.

20.- Luz Edith Perez Trejos, Lessby Gomez Salazar; Electromyographic analysis of trunk muscle activity during the Paralympic shot put; 2021.

- 21.- Bjerkefors, A., Carpenter, M., Cresswell, A., & Thorstensson, A. (2009). Trunk muscle activation in a person with clinically complete thoracic spinal cord injury. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 41(5), 390–392. doi:10.2340/16501977-0336.
- 22.- Aldo O. Perrotto M.D.; *Anatomical guide for the electromyographer, the limbs and trunk*; 5<sup>th</sup> edition; 2011.
23. Matija Milosevic, Hikaru Yokoyama; *Muscle synergies reveal impaired trunk muscle coordination strategies in individuals with thoracic spinal cord injury*; *Journal of electromyography and Kinesiology*; 2017.
24. Yi-Ji Wang, Jian-Ju Li; *Surface electromyography as a measure of trunk muscle activity in patients with spinal cord injury: a meta-analytic review*; *The journal of spinal cord medicine*; 2016.
25. Liu Y, Li J, Hua G. A comparative study of electromyographic activities during four activities of daily living between normal subjects and patients with C5 and C6 quadriplegia. *Chinese Journal of Rehabilitation Medicine*; 2008.
26. Louis N, Gorce P. Surface electromyography activity of upper limb muscle during wheelchair propulsion: influence of wheelchair configuration. *Clin Biomech*; 2010.
27. Desroches G, Ganong D, Nadeau S. Magnitude of forward trunk flexion influences upper limb muscular efforts and dynamic postural stability requirements during sitting pivot transfers in individuals with spinal cord injury. *J. Electromyogr Kinesiol*; 2013.

28. Chow JW, Millikan TA, Kinematic and electromyographic analysis of wheelchair propulsion on ramps of different slopes for young men with paraplegia. Arch Phys Med Rehabil, 2009.

29. Mua L Audu, Lisa M Lombardo; Aneuroprosthesis for control of seated balance after spinal cord injury; Journal of Neuroengineering and rehabilitation; 2015.