



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA  
SECRETARIA DE SALUD  
INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN  
Luis Guillermo Ibarra Ibarra  
ESPECIALIDAD EN:  
***MEDICINA DE REHABILITACION***

**EFFECTO EN LA FUNCIONALIDAD, EL EQUILIBRIO DE TRONCO Y  
LA CONDICIÓN CARDIOVASCULAR DEL ENTRENAMIENTO CON  
ERGÓMETRO DE KAYAK EN PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR**

## TESIS

PARA OBTENER EL DIPLOMA DE  
MÉDICO ESPECIALISTA EN:  
***MEDICINA DE REHABILITACION***  
P R E S E N T A:

*DRA. CYNTHIA ELIZABETH CALDERON CAMPOS*

PROFESOR TITULAR

*DR. DAVID CHAVEZ ARIAS*

ASESOR

*DRA. JIMENA QUINZAÑOS FRESNEDO*



Ciudad de México

Febrero 2019



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.

---

**DRA. MATILDE L. ENRIQUEZ  
SANDOVAL**  
DIRECTORA DE EDUCACION EN  
SALUD

---

**DR. DAVID CHAVEZ ARIAS**  
PROFESOR TITULAR

---

**DRA. XOCHIQUETZAL  
HERNANDEZLOPEZ**  
SUBDIRECTORA DE EDUCACION  
MEDICA

---

**DR. ROGELIO SANDOVAL  
VEGA GIL**  
JEFE DEL SERVICIO DE  
EDUCACION MEDICA

---

**DRA. JIMENA QUINZAÑOS FRESNEDO**  
DIRECTOR DE TESIS

## CONTENIDO

### Resumen de la Tesis

- II. Antecedentes
- III. Justificación
- IV. Planteamiento del Problema
- V. Pregunta de Investigación
- VI. Hipótesis
- VII. Objetivos
  - a) Objetivo General
  - b) Objetivos Específicos
- VIII. Material y Método
  - a) Diseño del Estudio
  - b) Descripción del Universo de Trabajo
  - c) Criterios de Inclusión
  - d) Criterios de Exclusión

e) Criterios de Eliminación

f) Estimación del tamaño de la Muestra

g) Descripción de las Variables del estudio y sus escalas de medición

IX. Análisis Estadístico

X. Resultados y Análisis

XI. Discusión

XII. Conclusión

XIII. Referencias bibliográficas

DEDICATORIA

*A USTEDES QUE ESTAN CONMIGO EN ESTE TRAYECTO LLAMADO VIDA  
GRACIAS FAMILIA POR SER MI FUERZA Y APOYO.*

*A MIS PROFESORES QUE FUERON PARTE ESENCIAL EN MI  
FORMACION COMO MEDICO ESPECIALISTA.*

*LO QUE VALE LA PENA, NUNCA SERÁ FACIL.....*



## I. RESUMEN

**Título:** Efecto en la funcionalidad, el equilibrio de tronco y la condición cardiovascular del entrenamiento con ergómetro de kayak en pacientes con lesión medular.

Parte de los objetivos de la rehabilitación en individuos con lesión medular (LM) es la mejoría en el equilibrio de tronco, para lograr la independencia en las actividades de la vida diaria, prevenir complicaciones y en casos específicos, lograr la marcha. El entrenamiento en ergómetro de kayak puede mejorar el equilibrio de tronco en estos pacientes.

**Objetivo:** Determinar el efecto del entrenamiento en ergómetro de kayak en pacientes con LM en la funcionalidad, el equilibrio de tronco, la condición cardiovascular y la calidad de vida.

**Metodología:** Es un ensayo clínico aleatorio cegado para el evaluador y quien realizó el análisis de los datos. Se incluyeron pacientes del Instituto Nacional de Rehabilitación, con diagnóstico de lesión medular de cualquier etiología, con nivel neurológico por debajo de C8, de tres meses a un año de evolución que se asignaron al azar a dos grupos: Grupo control, con terapia convencional para mejoría en equilibrio de tronco, y; Grupo experimental con entrenamiento en

ergómetro de Kayak. Ambos entrenamientos fueron de 30 minutos 5 veces por semana durante 6 semanas.

Resultados: Se incluyeron 16 pacientes, 9 fueron asignados al grupo de entrenamiento con ergómetro de kayak y 7 al grupo control. Se demostró una mayor mejoría en el control de tronco y la independencia en el grupo experimental que en el grupo control. También se encontró una tendencia a que la función cardiovascular y la calidad de vida fueran mayores en el grupo experimental después del entrenamiento, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Conclusiones: El entrenamiento en ergómetro de kayak se acompaña de una mejoría en el control de tronco y la independencia en comparación con el entrenamiento convencional. Existe una tendencia a que también presenten mejoría en la condición cardiovascular y la calidad de vida, sin embargo, hace falta aumentar el tamaño de muestra.

## II.-ANTECEDENTES

La lesión medular (LM) es una alteración de la médula espinal que modifica no sólo la fuerza muscular y la sensibilidad, sino que genera un cambio en todos los sistemas del organismo <sup>1,2</sup>. A nivel mundial se calcula una incidencia de entre 13.1 a 52.2 por millón de habitantes<sup>3</sup>. En Estados Unidos de América se estima una incidencia anual de alrededor de 40 casos por millón de habitantes, o aproximadamente 12,000 nuevos casos anuales sin contar los que mueren en el sitio del accidente<sup>4</sup>. En México se calcula una incidencia anual de 18.1 por millón de habitantes y ocurre generalmente en hombres en edad productiva (16 a 35 años de edad)<sup>5</sup>.

El daño a las vías ascendentes y descendientes de la médula espinal tiene como consecuencia una alteración en el sistema de control postural<sup>6</sup>. Se sabe que un control eficaz de la postura es de suma importancia tanto para la bipedestación y la marcha<sup>7</sup> como para proveer de soporte a los movimientos voluntarios<sup>8,9</sup>. Las alteraciones en el control postural dependen del grado y nivel de lesión, de tal forma que los individuos con lesiones completas, torácicas o cervicales 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<sup>10,11</sup>. Es por esto que parte de los objetivos de la rehabilitación en individuos con lesión medular es

la mejoría en el equilibrio de tronco, para de esta forma lograr la independencia en las actividades de la vida diaria, prevenir complicaciones graves como úlceras por presión y deformidades neuromusculares y en casos específicos, lograr la marcha<sup>9-12</sup>.

Con la finalidad de abordar el problema del equilibrio de tronco en estos pacientes de forma integral, en un inicio nuestro equipo desarrolló una escala clínica de equilibrio de tronco debido a que no existían escalas de este tipo validadas en individuos con lesión medular<sup>13</sup>. Se logró demostrar que la prueba tiene una alta confiabilidad inter- e intra-observador (0.99 y 0.98 respectivamente). Además, se determinó que tiene una adecuada validez de contenido, de constructo y de criterio. En esta última se encontró que la prueba tiene una sensibilidad del 98% y especificidad del 92.2% para discriminar a los individuos con control de tronco adecuado o inadecuado. Sin embargo, falta determinar la sensibilidad al cambio de la prueba y proponer nuevos esquemas más objetivos y sensibles (instrumentados) para la evaluación del equilibrio de tronco de los individuos con lesión medular para lo cual se necesita otorgar un tratamiento enfocado en mejorar dicha función.

Por otro lado, los pacientes con lesión medular suelen tener un estilo de vida sedentario lo cual, aunado a las alteraciones en el sistema nervioso autónomo propias de la lesión, expone a las personas con lesión medular a un mayor riesgo de desarrollar condiciones crónico-degenerativas, como el síndrome metabólico y

enfermedades cardiovasculares, que actualmente son la principal causa de muerte en estos individuos<sup>14</sup>.

Es por esto que posterior a la rehabilitación inmediata es necesario mantener y mejorar la capacidad funcional obtenida durante este proceso. Así, resulta importante encontrar actividades de entrenamiento que desafíen la estabilización de la parte superior del cuerpo y el equilibrio sentado sin causar síntomas por sobreuso<sup>15-17</sup>.

El entrenamiento en kayak parece cumplir con estos criterios ya que implica la mayor parte de la musculatura superior, presenta altas demandas metabólicas e impone exigencias estrictas para el sistema de control de balance, debido a una compensación continua de las perturbaciones a la parte superior del cuerpo por el movimiento del aparato<sup>17</sup>. Previamente, se ha demostrado que el entrenamiento abierto en kayak de mar podría ser implementado con éxito en un grupo de parapléjicos y se acompaña de mejoras en fuerza y equilibrio en sedestación<sup>18</sup>.

Debido a la dificultad para controlar y ajustar el tiempo y el nivel de desafío de equilibrio experimentado por los participantes en etapas subagudas, es necesario utilizar un ergómetro de kayak, adicionando un módulo de equilibrio ajustable para el ergómetro, de tal forma que la demanda de equilibrio pueda ajustarse individualmente y aumentar progresivamente a medida que avanza el entrenamiento. En este sentido, Bjerkefors y Thorstensson, demostraron que el

entrenamiento en ergómetro de kayak en un grupo de personas con lesión medular se acompaña de mejorías en fuerza muscular de hombro y en varias pruebas funcionales de sillas de ruedas que exigen la estabilización del tronco y control de balance 19,20.

Estos estudios lograron demostrar un efecto positivo del entrenamiento en Kayak en pacientes con lesión medular, sin embargo, incluyen poblaciones pequeñas (10 y 12 individuos), con lesiones en etapa crónica y no evaluaron el efecto en equilibrio de tronco mediante una escala validada en esta población, ni sus efectos en la función cardiovascular y la independencia funcional.

Por otro lado, debido a que se desconoce la magnitud del efecto de la intervención sobre el control de tronco, se plantea el desarrollo de una herramienta para su valoración basado en técnicas cuantitativas propias de la estabilometría estática computarizada. Las técnicas cuantitativas son altamente precisas y sensibles al cambio y se utilizan de manera casi rutinaria para evaluar el balance. Sin embargo, no todas estas técnicas son factibles para aplicarse en la práctica clínica cotidiana debido a las instalaciones, recursos, tiempo y entrenamiento necesarios para operarlas.

## II.- JUSTIFICACIÓN

La LM es una patología frecuente que afecta el control postural debido a alteraciones en la fuerza, el tono muscular y en la sensibilidad<sup>1</sup>. Suele presentarse en hombres y mujeres jóvenes y causa una discapacidad importante y

permanente, por lo que representa un problema de salud pública<sup>3,4</sup>. Uno de los principales problemas que surgen de la lesión de la médula es la alteración en el equilibrio del tronco, que se acompaña de dificultad para la realización de las actividades de la vida diaria, además de problemas secundarios como dolor y formación de úlceras por presión<sup>9, 12</sup>. Por lo tanto, el estudio del control de tronco y su capacidad de entrenamiento, se convierte en una cuestión de gran relevancia para obtener una mejor base para la mejora de los programas de rehabilitación y calidad de vida en general, para estos pacientes<sup>13</sup>. Por otro lado, la lesión medular afecta la capacidad de ejercicio y actualmente la principal causa de muerte en esta población son las enfermedades cardiopulmonares<sup>14</sup>. El entrenamiento en ergómetro de Kayak parece una estrategia útil para mejorar el equilibrio de tronco y la condición cardiovascular en individuos con lesión medular. Sin embargo, a la fecha no se ha estudiado el efecto del entrenamiento en ergómetro de Kayak en individuos con lesión medular en el equilibrio de tronco con herramientas validadas para las personas con lesión medular, en la condición cardiovascular, en la independencia funcional y en la calidad de vida por lo que surge la necesidad de realizar el presente estudio.

#### IV.-PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La LM es causa de un pobre equilibrio y control de tronco, lo cual afecta de manera significativa la independencia funcional y la adecuada realización de las actividades de la vida diaria. Por otro lado, la principal causa de muerte en estos

individuos son las enfermedades cardiopulmonares, que podrían prevenirse con el ejercicio. Se ha estudiado el uso de Kayak en pacientes con lesión medular, sin embargo, no se ha estudiado su efecto en el equilibrio estático y dinámico de tronco, en la independencia funcional, en la calidad de vida y en la condición cardiovascular. De ahí que surge la siguiente pregunta de investigación:

V.- ¿Cuál es el efecto en la funcionalidad, el equilibrio de tronco y la condición cardiovascular del entrenamiento en ergómetro de kayak en pacientes con lesión medular?

## METODOLOGÍA

VI.- HIPÓTESIS (en los casos que corresponda)

El entrenamiento con un ergómetro de kayak mejorará la independencia funcional, el equilibrio de tronco y la condición cardiovascular en individuos con lesión medular.

El efecto del entrenamiento con un ergómetro de kayak en la independencia funcional, el equilibrio de tronco y la condición cardiovascular en individuos con lesión medular será mayor que el del entrenamiento del equilibrio de tronco convencional.

## V. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto del entrenamiento en ergómetro de kayak en pacientes con lesión medular en la funcionalidad, el equilibrio de tronco, la condición cardiovascular y la calidad de vida.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la validez, fiabilidad, error y sensibilidad de la medición instrumentada del equilibrio de tronco en sujetos con LM.
- Evaluar la existencia de efectos de piso/techo en la valoración instrumentada del equilibrio de tronco.
- Desarrollar herramientas computarizadas para evaluación del equilibrio de tronco fácilmente aplicables en la práctica clínica cotidiana, con tecnología de bajo costo, prácticas y sencillas para mejorar la exactitud y confiabilidad del análisis observacional. Estas herramientas pueden proporcionar, a aquellos centros de rehabilitación que no estén equipados con un laboratorio para análisis del movimiento, información suficiente para evaluar el control de tronco del individuo con LM.
- Propuesta de un programa piloto de rehabilitación del equilibrio de tronco en personas con LM.
- Difundir resultados preliminares en una reunión científica nacional.

- Formar recursos humanos con conocimiento de rehabilitación neurológica, análisis de movimiento e ingeniería biomédica.
- Fomentar de la cooperación multidisciplinaria.

## VIII.-MATERIAL Y MÉTODOS

### Tipo de estudio

Ensayo clínico aleatorio cegado para el evaluador y la persona que realice el análisis de los datos.

### Descripción del universo de trabajo.

Pacientes de la consulta externa y hospitalización del servicio de Lesión Medular del Instituto Nacional de Rehabilitación, con diagnóstico de lesión medular de cualquier etiología, con nivel neurológico por debajo de C8, de tres meses a un año de evolución.

## Definición del grupo control

Grupo A. Grupo control, manejo con terapia convencional para mejoría en equilibrio de tronco (ejercicios de neurofacilitación propioceptiva enfocados en control de tronco<sup>21</sup>) de 30 minutos 5 veces por semana durante 6 semanas.

## Criterios de inclusión (en los casos que corresponda)

- Edad mayor de 16 años
- Cualquier género
- Con diagnóstico clínico de lesión medular de cualquier tipo (completa e incompleta)
- Con diagnóstico clínico de lesión medular con nivel neurológico por debajo de C8 (que logren cargar el remo)
- Con tiempo de evolución entre tres meses y un año
- Con lesión de cualquier etiología
- Que cuente con carta de consentimiento informado.

## Criterios de eliminación (en los casos que corresponda)

- Inasistencia al 20% o más de las sesiones de entrenamiento.
- Inasistencia a las evaluaciones.
- Valoraciones incompletas.

- Fallecimiento del paciente.
- Que se agregue otra patología cardiovascular, ortopédica o neurológica que impida el entrenamiento.

Criterios de exclusión (en los casos que corresponda)

- Otro diagnóstico neurológico
- Alteración en los órganos de los sentidos
- Problema ortopédico que impida la realización del entrenamiento
- Alteraciones en las funciones mentales superiores
- Condición metabólica o cardiovascular que impidiera la realización del entrenamiento.

Tamaño de muestra (en los casos que corresponda)

Se utilizó el programa Epidat 4 para el cálculo del tamaño de muestra. Para una potencia del 80%, probabilidad de error alpha menor a 0.05 y considerando que en el trabajo de Grigorenko y colaboradores<sup>18</sup> se encontró una diferencia en la velocidad de desplazamiento frontal del CoP de 0.1m/s con una desviación estándar de 0.05m/s entre el grupo experimental y el control, entonces se

requieren 7 pacientes por grupo. Considerando un 20% de posibles pérdidas, entonces se reclutarán 9 pacientes por grupo.

Descripción de las variables de estudio, unidades de medida y escalas de medición

I. Variables clínicas y demográficas

I. Variables clínicas y demográficas	Definición Conceptual	Definición Operacional	Escala de Medición	Unidad/ Valores
Tipo de lesión medular	Según ASIA, con las modificaciones de la ISNCSCI18 A: completa, B: incompleta, preservación de la función	A, B, C, D, E	Cualitativa nominal	0= A 1=B 2=C 3=D 4=E

únicamente  
 sensitiva, C:  
 incompleta,  
 contracción anal  
 voluntaria o más  
 de la mitad de los  
 músculos clave  
 en <3, D:  
 incompleta, más  
 de la mitad de los  
 músculos clave  
 en >3, E:  
 recuperación total

Nivel neuroológico de lesión medular	Segmento más caudal de la médula espinal con función normal <sup>18</sup>	Cervical de C1 a C8  Torácica alta de T1 a T6  Torácica baja de T6 a T12  Lumbar  Sacra	Cualitativ a nominal	1= Cervical  2= Torácica alta  3= Torácica baja  4= Lumbar  5= Sacra
---	---	--	-------------------------	--

Tiempo de evolución de la lesión medular	Tiempo en días desde que se produjo la lesión medular al momento de la aplicación del cuestionario	Número de días	Cuantitativa continua	Días
Edad del paciente	Años que trascurren a partir de la fecha de nacimiento	Años cumplidos al momento de la aplicación del cuestionario	Cuantitativa discreta	Años
II. Variables de desenlace	Definición Conceptual	Definición Operacional	Escala de Medición	Unidad/ Valores
Prueba de equilibrio de tronco	Puntuación en la prueba de equilibrio de tronco <sup>26</sup>	Puntuación máxima alcanzada en la prueba de equilibrio de tronco	Cuantitativa discreta	Puntuación entre 0 y 24 puntos

SCIM (Spinal Cord Independence Measure)	Medición de la Independencia Funcional en lesionados medulares	Grado de independencia para realizar las actividades de autocuidado, control de esfínteres, transferencias, locomoción.	Cuantitativa discreta	Autocuidado=20 puntos Respiración y control de esfínteres=40 puntos Movilidad recámara y baño=10 Movilidad interior y aire libre:30
Alimentación	Puntuación en valoración SCIM	Asistencia total, uso de dispositivos, asistencia mínima o sin ayuda	Cuantitativa discreta	0=Asistencia total 1=Comida cortada con varios dispositivos 2=Comida cortada con un dispositivo, siendo incapaz de tomar un vaso 3=Comida cortada con un dispositivo, capaz de tomar un vaso

				4=Comida cortada sin ayuda de dispositivo, asistencia mínima
				5=Independiente en todas las tareas sin dispositivo.
Baño	Puntuación en valoración SCIM	Asistencia total, uso de dispositivo o sin ayuda	Cuantitativa discreta	0=Asistencia total
				1=Se enjabona una pequeña parte del cuerpo
				2=Se enjabona con ayuda de dispositivo sin llegar a partes distales
				3=Se enjabona sin ayuda de dispositivo, asistencia mínima en partes distales
				4=Baño independiente con dispositivos

				5=Independiente en todas las tareas sin dispositivo.
Vestido	Puntuación en valoración SCIM	Asistencia total, tarea con dispositivos, o sin ayuda	Cuantitativa discreta	<p>0=Asistencia total</p> <p>1=Viste parcialmente parte superior del cuerpo</p> <p>2=Viste y desviste independiente parte superior del cuerpo</p> <p>3=Asistencia mínima para vestirse parte superior o inferior del cuerpo</p> <p>4=Viste y desviste independiente con dispositivos</p> <p>5=Independiente en todas las tareas sin dispositivo.</p>

Aseo	Puntuación en valoración SCIM	Asistencia total, usa dispositivos o sin ayuda	Cantidad discreta	<p>0=Asistencia total</p> <p>1=Una tarea (lavarse manos)</p> <p>2=Algunas tareas con dispositivos requiere asistencia para ponerse y quitarse</p> <p>3=Algunas tareas con dispositivo no requiere asistencia</p> <p>4=Todas las tareas con dispositivo</p> <p>5=Independiente en todas las tareas sin dispositivo.</p>
Uso del baño	Puntuación en valoración SCIM	Asistencia total, asistencia, uso de dispositivos o sin ayuda	Cantidad discreta	<p>0=Asistencia total</p> <p>1=Desviste parte inferior del cuerpo</p> <p>2=Se limpia parcialmente y necesita</p>

				<p>asistencia para ajustar prendas</p> <p>3=Se limpia, necesita asistencia para ajustar prendas</p> <p>4=Independiente con dispositivo</p> <p>5=Independiente sin dispositivo</p>
Movilidad en cama	Puntuación en valoración SCIM	Asistencia total, movilidad parcial, libera presión	Cuantitativa discreta	<p>0=Asistencia total</p> <p>1=Movilidad parcial (voltea a un lado)</p> <p>2=Voltea a ambos lados sin liberar presión</p> <p>3=Libera presión acostado</p> <p>4=Gira en cama y se sienta sin asistencia</p> <p>5=Independiente en movilidad en cama,</p>

				libera presión en sedestación sin elevar el cuerpo  6=Libera presión en sedestación
Transferenci a cama-silla de ruedas	Puntuación en valoración SCIM	Asistencia total, asistencia parcia, independiente	Cuantitati va discreta	0=Asistencia total  1=Necesita parcialmente asistencia y/o supervisión  2=Independiente
Transferenci a silla de ruedas-baño- tina	Puntuación en valoración SCIM	Asistencia total, asistencia parcial, independiente	Cuantitati va discreta	0=Asistencia total  1=Necesita parcialmente asistencia y/o supervisión  2=Independiente
Transferenci a silla de ruedas- automóvil	Puntuación en valoración SCIM	Asistencia total, asistencia parcial, independiente	Cuantitati va discreta	0=Asistencia total  1=Necesita parcialmente asistencia y/o supervisión

				2=Independiente
Uso de escaleras	Puntuación en valoración SCIM	No puede, ayuda de pasamanos, ortesis, supervisión o sin ayuda	Cuantitativa discreta	<p>0=No puede subir o bajar escaleras</p> <p>1=Sube uno o dos escalones</p> <p>2=Sube y baja 3 escalones con ayuda</p> <p>3=Sube y baja 3 escalones con pasamanos, muleta y/o bastón</p> <p>4=Sube y baja por lo menos 3 escalones sin supervisión o soporte.</p>
Movilidad en interiores	Puntuación en valoración SCIM	Asistencia total, de auxiliares, ortesis o sin ayuda	Cuantitativa discreta	<p>0=Asistencia total</p> <p>1=Asistencia en silla ruedas manual</p> <p>2=Independiente en silla de ruedas manual</p>

				3=Camina con andadera
				4=Camina con muletas
				5=Camina con dos bastones
				6=Camina con un bastón
				7=Solo necesita ortesis de miembros inferiores
				8=Camina sin ayuda
Movilidad en distancias moderadas	Puntuación en valoración SCIM	Asistencia total, de auxiliares, ortesis o sin ayuda	Cuantitativa discreta	0=Asistencia total
				1=Asistencia en silla ruedas manual
				2=Independiente en silla de ruedas manual
				3=Camina con andadera
				4=Camina con muletas
				5=Camina con dos bastones
				6=Camina con un bastón

				7=Solo necesita ortesis de miembros inferiores
				8=Camina sin ayuda
Movilidad en exteriores	Puntuación en valoración SCIM	Asistencia total, de auxiliares, ortesis o sin ayuda	Cuantitativa discreta	0=Asistencia total 1=Asistencia en silla ruedas manual 2=Independiente en silla de ruedas manual 3=Camina con andadera 4=Camina con muletas 5=Camina con dos bastones 6=Camina con un bastón 7=Solo necesita ortesis de miembros inferiores 8=Camina sin ayuda
Frecuencia cardiaca	De acuerdo a la registrada por el dispositivo del	Expresada en número de latidos por	Frecuencia cardiaca	De acuerdo a la registrada por el dispositivo del monitoreo

	monitoreo de la FC o por el electrocardiógrafo de 12 derivaciones.	minuto registrados.		de la FC o por el electrocardiógrafo de 12 derivaciones.
Tensión arterial sistólica	De acuerdo a la registrada por el esfigomanómetro o aneroide con la técnica auscultatoria al establecerse la fase I de los ruidos de Korotkoff.	Esta expresada enmmHg registrados.	Tensión arterial sistólica	De acuerdo a la registrada por el esfigomanómetro aneroide con la técnica auscultatoria al establecerse la fase I de los ruidos de Korotkoff.
Tensión arterial diastólica	De acuerdo a la registrada por el esfigomanómetro o aneroide, con la técnica auscultatoria al desaparecer los	Esta expresada en mmHg registrados.	Tensión arterial diastólica	De acuerdo a la registrada por el esfigomanómetro aneroide, con la técnica auscultatoria al desaparecer los ruidos (fase V de Korotkoff).

	ruidos (fase V de Korotkoff).			
Control de Tronco	Estabilidad y movilidad del tronco y cabeza del sujeto	Aceleración de velocidad y frecuencia de oscilaciones del movimiento angular del tronco y cabeza del sujeto.	Cuantitativa continua	0-10 g; 0-500 °/seg y 0-10 Hz
Adaptación a la vida	Estrategias utilizadas para adaptarse a la vida normal en personas con lesión medular	Spinal Cord Lesion-related Coping Strategies Questionnaire (SCL CSQ-S)	Cualitativa ordinal	0-48

## IX.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO PROPUESTO

Se utilizó el programa SPSS 17. Se realizó estadística descriptiva con medidas de tendencia central para variables cuantitativas y proporciones para las cualitativas. Para determinar las diferencias entre los grupos, se realizó análisis de covarianza. Se consideraron los resultados estadísticamente significativos con una  $p < 0.05$ .

Selección de las fuentes, métodos, técnicas y procedimientos de recolección de la información.

Solo después de firmar una carta de consentimiento informado, los individuos fueron evaluados en el área de terapia física de Plasticidad Cerebral del Instituto Nacional de Rehabilitación en colchones con una altura de 50cm y un área de 2x2.5m. Se colocó un "Inertial measure unit" (IMU) en esternón sobre la apófisis xifoides y otro sobre el vértice craneal del sujeto. Los IMU se sujetaron siempre en la misma posición mediante uso de velcros sobre cinturones de polipropileno de 1/2 pulgada. Estos se auto calibraron automáticamente usando el algoritmo del fabricante de fusión de sensores de aceleración, velocidad angular, campo magnético terrestre y temperatura.

Durante la prueba clínica<sup>13</sup> de control de tronco se realizó simultáneamente la medición instrumentada mediante los IMU's. Los ítems 1,2,3 de control estático y los ítems 6,7 de control dinámico se repitieron tres veces, de manera intercalada y aleatoria, junto con el resto de ítems. Para evaluar confiabilidad y validez de las medidas arrojadas por los IMUs. La medición fue realizada por un médico

especialista en Medicina de Rehabilitación con posgrado en Rehabilitación Neurológica, un médico residente del cuarto año de la especialidad de Medicina de Rehabilitación, un ingeniero Biónico y una pasante en Ingeniería Biomédica, previamente entrenados para la aplicación de la prueba.

Las valoraciones se hicieron cerca del paciente para asistirlos en caso de que perdieran el equilibrio. Al término de la valoración de sujetos con LM se realizó la valoración de sujetos sanos para evaluar parte de la validez de constructo.

Definición de las unidades de observación

Pacientes con diagnóstico de lesión medular de cualquier etiología, con nivel neurológico por debajo de C8, de tres meses a un año de evolución.

## DESCRIPCIÓN DEL O DE LOS PROCEDIMIENTOS

Con los pacientes que acudieran a consulta externa u hospitalización del servicio de Lesión Medular que cumplieran con los criterios de inclusión y exclusión, se formaron dos grupos de entrenamiento. La asignación al grupo control o experimental se hizo al azar mediante sobres cerrados:

Grupo A. Grupo control, con terapia convencional para mejoría en equilibrio de tronco (ejercicios de neurofacilitación propioceptiva enfocados en control de tronco<sup>21</sup>) de 30 minutos 5 veces por semana durante 6 semanas.

Grupo B. Grupo experimental con entrenamiento en Kayak de 30 minutos 5 veces por semana durante 6 semanas.

La terapia convencional y el entrenamiento en Kayak fueron dirigidos por un mismo licenciado en terapia física entrenado en técnicas de neurofacilitación propioceptiva y en Kayak y con experiencia en el manejo de pacientes con lesión medular.

El entrenamiento en el ergómetro de kayak incluyó un calentamiento (precarga) de 3 minutos, entrenamiento (carga) de 3-5 intervalos con intensidad de media a alta de 2 a 4 minutos de duración y pausas entre 1 y 2 minutos entre las fases activas y 2 minutos de enfriamiento (poscarga) para un total de 30 minutos de tratamiento.

## X.-RESULTADOS

Se reclutaron 16 pacientes, de los cuales 9 se asignaron al grupo de entrenamiento en kayak y 7 al grupo de entrenamiento con FNP. Un paciente de cada grupo fue eliminado, el del grupo de entrenamiento porque fue sometido a un procedimiento quirúrgico de urgencia que le impidió continuar con el protocolo y el

del grupo control porque acudió a menos del 80% de las sesiones de entrenamiento. De los pacientes que continuaron en el estudio, los resultados se describen a continuación.

La edad promedio de los sujetos fue de 32.8 (DS9.2). La mayoría de los sujetos son hombres (64.3%). En relación con la lesión medular, todos tuvieron lesiones completas, y la mayoría presentaron lesiones torácicas baja (71.4%), seguidos por lesiones torácicas altas (28.6%). No se encontraron diferencias basales entre los grupos, como se muestra en la tabla 1

Tabla 1. Características basales

Variable	Experimental	Control	p
Edad	34	31.3	0.907
Tiempo de evolución	3	6.1	0.199
Nivel Neurológico (torácica baja)	62.5%	83.3%	0.58
Género (masculino)	66.7%	62.5%	0.657
Control de tronco inicial	16.37	17.83	0.155
Lisat-9 inicial	37.37	37.66	0.851

Mets inicial	4.96	5.37	0.335
VO2 inicial	16.65	18.16	0.074
SCIM-III inicial	57.7	48	0.538

Los resultados después del entrenamiento se muestran en la tabla 2. Se observa una diferencia estadísticamente significativa entre grupos para el control de tronco y el SCIM-III. En efecto, la puntuación en el control de tronco al final del entrenamiento es mayor en el grupo experimental que en el grupo control. En relación a las demás variables, los promedios son mayores en el grupo de entrenamiento en kayak, sin embargo, la diferencia no resultó ser estadísticamente significativa, pese a que antes del entrenamiento el grupo control parecía tener mayor puntuación en dichas variables.

Tabla 2. Resultados después del entrenamiento.

Variable	Experimental	Control	p
Control de tronco final	24	22.3	0.008
SCIM-III final	64.5	53	0.026
Lisat-9 final	42.25	39.1	0.402
Mets final	6.3	5.4	0.29
VO2 final	19.1	18.5	0.246

Se reclutaron 16 pacientes, de los cuales se asignaron al grupo de entrenamiento en kayak y 7 al grupo de entrenamiento con FNP. Un paciente de cada grupo fue eliminado, el del grupo de entrenamiento porque fue sometido a un procedimiento quirúrgico de urgencia que le impidió continuar con el protocolo y el del grupo control porque acudió a menos del 80% de las sesiones de entrenamiento. De los pacientes que continuaron en el estudio, los resultados se describen a continuación.

La edad promedio de los sujetos fue de 32.8 (DS9.2). La mayoría de los sujetos son hombres (64.3%). En relación a la lesión medular, todos tuvieron lesiones completas, y la mayoría presentaron lesiones torácicas baja (71.4%), seguidos por lesiones torácicas altas (28.6%). No se encontraron diferencias basales entre los grupos (Tabla 1).

Tabla 1. Características basales

Variable	Experimental	Control	p
Edad	34	31.3	0.907
Tiempo de evolución	3	6.1	0.199
Nivel Neurológico (torácica baja)	62.5%	83.3%	0.58
Género (masculino)	66.7%	62.5%	0.657

Control de tronco inicial	16.37	17.83	0.155
Lisat-9 inicial	37.37	37.66	0.851
Mets inicial	4.96	5.37	0.335
VO2 inicial	16.65	18.16	0.074
SCIM-III inicial	57.7	48	0.538

Después del entrenamiento se observa una diferencia estadísticamente significativa entre grupos para el control de tronco y el SCIM-III. En efecto, la puntuación en el control de tronco al final del entrenamiento es mayor en el grupo experimental que en el grupo control. En relación a las demás variables, los promedios son mayores en el grupo de entrenamiento en kayak, sin embargo, la diferencia no resultó ser estadísticamente significativa, pese a que antes del entrenamiento el grupo control parecía tener mayor puntuación en dichas variables (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados después del entrenamiento.

Variable	Experimental	Control	p
Control de tronco final	24	22.3	0.008
SCIM-III final	64.5	53	0.026
Lisat-9 final	42.25	39.1	0.402
Mets final	6.3	5.4	0.29

VO2 final	19.1	18.5	0.246
-----------	------	------	-------

## XI.- DISCUSIÓN

En el presente trabajo se logró demostrar que el entrenamiento en ergómetro de kayak se asocia con una mejoría en el control de tronco y la independencia en paciente con lesión medular por debajo de C8.

En un estudio anterior, Grigorenko et al. (2004) informaron que el entrenamiento de kayak en mar abierto podría ser implementado con éxito en un grupo de parapléjicos, esto debido a que una técnica experimental común para desafiar el control de equilibrio es proporcionar varios tipos de perturbaciones y registrar respuestas compensatorias<sup>28</sup>.

En el estudio (Thomas & Gorassini, 2005) se considera que una de las posibles causas de este beneficio se debe al entrenamiento relativamente exigente lo cual podría provocar un incremento de la unidad neuronal en las vías corticoespinal descendente a los músculos posturales del tronco, el cual, a su vez, puede inducir la activación de musculatura denervada o atrofiada. Ryersol et, al 2008 informó una estrecha relación entre el ejercicio físico del tronco en una superficie inestable, la capacidad sensorial, propiocepción y equilibrio.<sup>20</sup>

El equilibrio es una de las habilidades físicas más importantes para el paciente parapléjico, cuyo objetivo es vivir de forma independiente. Es por esto que

diversos estudios han evaluado el beneficio del entrenamiento con ergómetro de kayak en pacientes parapléjicos.

En un estudio (A. Bjerkefors, M. G. Carpenter, A. Thorstensson) evaluó la estabilidad dinámica de tronco en 10 pacientes con lesión medular que recibieron un entrenamiento similar a nuestro estudio con un periodo de calentamiento, intervalos de entrenamiento de (2-8 minutos) con (1-2 minutos) de descanso, así como la enseñanza en la técnica de remo durante las primeras sesiones, en un periodo de 10 semanas con una frecuencia de 3 veces por semana, a diferencia de nuestro estudio el entrenamiento se llevó a cabo sobre una plataforma inestable y se realizaron mediciones de aceleración y desaceleración durante el entrenamiento, se incluyeron pacientes con un tiempo de evolución mayor a 10 años, clasificados con lesiones medulares incompletas de acuerdo con la escala ASIA, encontrándose como resultado un efecto significativo para todas las respuestas cinemáticas.<sup>19,18</sup> En el presente trabajo, se logró demostrar una mejoría en la escala clínica de control de tronco, que incluye ítems para evaluar la cinemática del equilibrio de tronco de forma indirecta.

En el presente estudio, se logró además demostrar un efecto benéfico en la independencia funcional, medida a través del SCIM-III. A. Bjerkefors, A. Thorstensson 2006 evaluaron el efecto del entrenamiento con ergómetro de kayak, en pruebas funcionales (propulsión y traslados) realizadas en sillas de ruedas en pacientes con lesión medular que han recibido un tratamiento similar al del nuestro estudio, con resultados satisfactorios con respecto a la intensidad de propulsión y el equilibrio de tronco posterior al entrenamiento.<sup>19</sup>

Además del beneficio descrito en los estudios antes mencionados, en el entrenamiento en ergómetro de Kayak no se han reportado lesiones del hombro durante el mismo y las experiencias subjetivas positivas de la capacitación promueven una actividad adecuada para personas con SCI torácica<sup>28,29</sup>

Por otro lado, se ha demostrado que el ejercicio mejora la condición física y la salud cardiometabólica de los adultos con lesión medular crónica, Jan W. van der Scheer 2017<sup>28,29,30</sup>.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), se recomienda al menos 150 min de actividad aeróbica ó 75 min por semana de intensidad vigorosa además de ejercicios de fortalecimiento muscular dos veces por semana. En el presente trabajo, se desarrolló entonces un ejercicio suficiente para mejorar la condición cardiovascular según las guías de práctica clínica. <sup>28,29,30</sup>.

En efecto, nos basamos en las guías internacionales para la prescripción de ejercicio en pacientes adultos con lesión medular ISCOS 2017, la cual recomienda para los beneficios cardiorrespiratoria, en pacientes parapléjicos realizar al menos 20 minutos de ejercicio aeróbico de intensidad moderada a vigorosa 2 veces por semana y 3 series de ejercicios de fuerza para cada uno de los principales grupos musculares. Las recomendaciones establecidas para un beneficio cardiometabólico sugieren que los adultos con LME participen en al menos 30 minutos de intensidad aeróbica de intensidad moderada a vigorosa 3 veces por semana. <sup>28,29,30</sup>.

Sin embargo, no se encontró mejoría estadísticamente significativa en la condición cardiovascular, muy probablemente debido a que el tamaño de la muestra es insuficiente. Consideramos necesario continuar el reclutamiento y seguimiento de pacientes.

## XII.- LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y RECOMENDACIONES

El tamaño de la muestra es el principal factor por el que no se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa en el beneficio cardiovascular en pacientes que realizaron entrenamiento ergómetro de Kayak comparado con el grupo control.

Otra limitación es que se trata de una población hospitalaria, por lo que se podría tener un sesgo de selección, lo cual limita la validez externa del estudio.

Finalmente, no se ha evaluado el seguimiento para determinar si el efecto positivo continúa a través del tiempo.

## XIII.- CONCLUSION

Los pacientes con Lesión Medular, tratados en el Instituto Nacional de Rehabilitación, que recibieron entrenamiento en ergómetro de kayak, durante 30 sesiones, demostraron mejoras significativas en su independencia funcional, lo cual se relaciona con una mejor calidad de vida y equilibrio de tronco compara con el grupo colchón, además de promover una mejor condición física.

#### XIV.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Spinal Injury Association. International Standards for Neurological Classifications of Spinal Cord Injury. revised ed. Chicago, Ill: American Spinal Injury Association. 2000;1-23.
2. Taghi K. Functional walking ability of paraplegic patients: comparison of functional electrical stimulation versus mechanical orthoses. Eur J OrthopSurgTraumatol. 2013; 23:631-638
3. Lee BB, Cripps RA, Fitzharris M and Wing PC. The global map for traumatic spinal cord injury epidemiology: update 2011, global incidence rate.2014. Spinal Cord; 52: 110-116 .
4. National Spinal Cord Injury Statistical Center [<https://www.nscisc.uab.edu/>]. Birmingham, Alabama: Spinal Cord Injury Facts and Figures at a Glance. 2011. Disponible en:  
[https://www.nscisc.uab.edu/public\\_content/pdf/Facts%202011%20Feb%20Final.pdf](https://www.nscisc.uab.edu/public_content/pdf/Facts%202011%20Feb%20Final.pdf) [actualizado en Feb 2011; citado el 30 May 2011].
5. Estrada S, Carreón A, Parra MC, Ibarra C, Velasquillo C, Vacanti C, Belkind J. Lesión de medula espinal y medicina regenerativa. 2007. Salud pública Méx;49:437-444.

6. Macpherson JM, Fung J, Jacobs R. Postural orientation, equilibrium, and the spinal cord. 1997. *Adv Neurol.*; 72: 227.
7. Reft J and Hasan Z. Trajectories of target reaching arm movements in individuals with spinal cord injury: effect of external trunk support.. 2002. *Spinal Cord*; 40: 186-191.
8. Lyalka VF, Zelenin PV, Karayannidou A, Orlovsky GN, Grillner S and Deliagina TG. Impairment and recovery of postural control in rabbits with spinal cord lesions. 2005. *JN Physiol*; 94 (6): 677-690
9. Janssen-Potten Y, Seelen H, Drukker J and Reulen J. Chair configuration and balance control in persons with spinal cord injury. 2000. *Arch Phys Med Rehabil*; 81: 401-408.
10. Edgerton VR, de Leon RD, Tillakaratne NJ, Recktenwald MR, Hodson JA and Roy RR. Retraining the injured spinal cord. *J Physiol*. 2001; 533: 15-22.
11. Fredrickson, M. *Acute Spinal Cord Injury Management* . 2007 *J Trauma*; 62(6)S9.
12. Vernon W. MD, PHD, *Spinal Cord Medicine, Principles and Practice*. 2003. New York: Demos,; 3-13.
13. Quinzaños J, Villa A, Flores A, Pérez Z. Proposal and validation of a clinical trunk control test in individuals with spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2014; 52(6):449-54.

14. Bickenbach J, et al. International Perspectives on Spinal Cord Injury. 2013 WHO.
15. Seelen HA, Potten YJ, Drukker J, Reulen JP, Pons C. Development of new muscle synergies in postural control in spinal cord injured subjects. *J Electromyogr Kinesiol* 1998; 8:23–34.
16. Rice L, Smith I. Impact of the Clinical Practice Guideline for Preservation of Upper Limb Function on Transfer Skills of Persons With Acute Spinal Cord Injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2013;94:1230-46
17. Koppenhagen C. Patterns of Changes in Wheelchair Exercise Capacity After Spinal Cord Injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2013;94:1260-7
18. Grigorenko A. Sitting balance and effects of kayak training in paraplegics. *J rehabil med* 2004; 36: 110–116
19. Bjerkefors A, Carpenter M, G. Thorstensson A. Dynamic trunk stability is improved in paraplegics following kayak ergometer training. *Scand J Med Sci Sports* 2007; 17: 672–679
20. Bjerkefors A, Thorstensson A. Effects of kayak ergometer training on motor performance in paraplegics. *Int J Sports Med*. 2006 Oct;27(10):824-9.
21. Dietz V. Spinal Cord Lesion: Effects of and perspectives of treatment. 2001. *Neural Plasticity*; 8 (1-2): 83-90.
22. HEINE Optotechnik, Herrsching, Alemania) durante las sesiones de entrenamiento, mediante el método auscultatorio (Pickering TG, Hall JE, Appel LJ,

Falkner BE, Graves J, Hill MN, Jones DW, Kurtz T, Sheps SG, Roccella EJ.  
Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental  
animals: part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for  
professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the  
American Heart Association Council on High Blood Pressure Research.  
Circulation. 2005;111:697-716

23. Jetté M, Sidney K, Blümchen G. Metabolic equivalents (METS) in exercise  
testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity. Clin Cardiol  
1990;13:555-65

24. Myers J, Arena R, Franklin B, Pina I, Kraus E, McInnis K, et al.  
Recommendations for Clinical Exercise Laboratories. A scientific statement from  
de American Heart Association. Circulation. 2009;119:3144-3161

25. Zarco-Periñan MJ, Barrera-Chacón MJ, García-Obrero I, Mendez-Ferrer JB,  
Alarcon LE and Echevarria-Ruiz de Vargas C. Development of the Spanish version  
of the Spinal Cord Independence Measure version III: cross-cultural adaptation and  
reliability and validity study. 2014. Disabil Rehabil; 36(19): 1644-1651.

26. Post M, vanLeeuwen C, van Koppenhagen C, De Groot S. Validity of the  
Life Satisfaction Questions, the Life Satisfaction Questionnaire, and the Satisfaction  
With Life Scale in Persons With Spinal Cord Injury. Arch Phys Med Rehab. 2012;  
93: 1832-1836.

27. Grigorenko A, Bjerkefors A, Rosdahl H, Hultling C, Alm M, Thorstensson A.  
Sitting balance and effects of kayak training in paraplegics. J

Rehab Med 2004; 36: 110 – 116

28. Jan W. van der Scheer, PhD Kathleen A. Martin Ginis, PhD David S. Ditor, PhD, Victoria L. Goosey-Tolfrey, PhD Audrey L. Hicks, PhD Christopher R. West, PhD Dalton L. Wolfe, PhD Effects of exercise on fitness and health of adults with spinal cord injury *Neurology*® 2017;89:1–10

29. Sue Ann Sisto • Nick Evans Activity and Fitness in Spinal Cord Injury: Review and Update *Curr Phys Med Rehabil Rep* (2014) 2:147–157

30. Kathleen A, Martin Ginis, Jan W. van der Scheer, Amy E. Latimer-Cheung, Andy Barrow, Chris Bourne, Peter Carruthers, Marco Bernardi, David S. Ditor, Sonja Gaude, Sonja de Groot, Keith C. Hayes. Evidence-based scientific exercise guidelines for adults with spinal cord injury: an update and a new guideline *Spinal Cord* (2018) 56:308–321

