

# Electroestimulación en Músculos Rectos Abdominales Para el Aumento de la Capacidad Respiratoria Proporcional Para el Habla en Personas con Lesiones Medulares Cervicales.

MSc. Yanelly Real González, DrC. Nancy Pavón Fuentes, Lic. Anairis Rodríguez Martínez, Dr. Yunio Torres Cárdenas, DrC. Mayda López Hernández, Lic. Gabriel Martínez Rodríguez

## Resumen

Las lesiones medulares cervicales cursan con trastornos del sistema respiratorio caracterizados por: reducción de la capacidad vital, tos ineficaz, disminución del flujo espiratorio forzado y problemas del habla. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de la electroterapia en músculos abdominales sobre la capacidad respiratoria proporcional al habla en lesionados cervicales. Se estudiaron 60 personas con lesión medular cervical traumática crónica e insuficiencia respiratoria restrictiva; divididas en dos grupos: experimental (n=30) y control (n=30). Al control se le aplicó un programa de ejercicios logopédicos y al experimental se le aplicó electroterapia en músculos rectos abdominales previo a la sesión de ejercicios. Fueron evaluadas -antes y después del tratamiento- la capacidad vital forzada, flujo espiratorio forzado, tiempo máximo de fonación, lectura de palabras bisílabas, intensidad vocal e índice de discapacidad vocal. Todos los sujetos fueron similares antes de la intervención. Ambos grupos mostraron mejoría significativa en las variables estudiadas ( $p \leq 0.05$ ). Sin embargo, la utilización de electroestimulación incrementó significativamente la recuperación de la intensidad vocal ( $p = 0,0485$ ) y flujo espiratorio forzado ( $p = 0.0000$ ) y además mostraron correlación positiva [ $F(1, 28) = 7,5478, p < 0,01$ ]. Conclusiones: La electroterapia en músculos rectos abdominales resulta beneficiosa para el mejoramiento del flujo espiratorio forzado y la intensidad vocal. El flujo espiratorio forzado resultó ser factor predictor de la intensidad vocal.

**Palabras claves:** electroestimulación, función respiratoria, habla, lesión medular cervical, terapia logopédica, tetraplejía, voz.

## Abstract

Cervical spine injuries present with dysfunctions of the respiratory system characterized by: a reduction in forced vital capacity, ineffective cough, decreased peak expiratory and speech problems. Speech therapy intervention using an exercise program improves the intensity of the voice and fluency, the objective of this study was to determine the effect of electrotherapy in abdominal muscles on respiratory capacity proportional to speak in cervical injuries. We studied 60 people with chronic traumatic cervical spinal cord injury and restrictive breathing; they were divided in two groups: experimental (n = 30) and control (n = 30). Control group received speech therapy exercises and the experimental group received speech therapy and electrotherapy in abdominal muscles prior to the workout. Patients were assessed before and after application of the treatment with the following variables: forced vital capacity, peak expiratory flow, maximum phonation time, reading the words of two syllables, vocal intensity and rate of speech disabilities. Two groups showed significant improvement in speech therapy variables evaluated after treatment ( $p \leq 0.05$ ). However, the use of electrical stimulation significantly increased the recovery of variables: vocal intensity ( $p = 0.0485$ ) and peak expiratory flow ( $p = 0.0000$ ) and both variables showed positive correlation [ $F(1, 28) = 7.5478, p < 0.01$ ]. Conclusions: electrotherapy in abdominal muscles is beneficial for the improvement of peak expiratory flow and vocal intensity. Peak expiratory flow demonstrated to be a predictor of vocal intensity.

**Keywords:** electrotherapy, respiratory function, speech, cervical spinal cord injury, speech therapy, quadriplegia, voice.

Rev. Ecuat. Neurol. Vol. 23, N° 1-3, 2014

## Introducción

Las secuelas producidas por una lesión medular espinal (LME) traumática constituyen uno de los retos más importantes en la rehabilitación, por afectar a individuos jóvenes, originalmente en perfecto estado de salud.<sup>1</sup>

La LME tiene una incidencia anual reportada en un estudio de revisión realizado en 19 países de 25.5/millón/año. El trauma medular ocurre cuatro veces más frecuente en hombres que en mujeres y aproximadamente el 40.7% se producen en la región cervical.<sup>1,2</sup>

Centro Internacional de Restauración Neurológica (CIREN)  
Avenida 25 No. 15805 entre 158 y 160, Reparto Cubanacán,  
Municipio Playa, La Habana, Cuba.

Correspondencia  
MSc. Yanelly Real González  
Avenida 25 No. 15805 entre 158 y 160, Reparto Cubanacán,  
Municipio Playa, La Habana, Cuba. Centro Internacional de  
Restauración Neurológica (CIREN)  
Email: yanelly@neuro.ciren.cu

En Cuba no existen datos de la incidencia y prevalencia de la lesión medular traumática. Sin embargo, se conoce que de un total de 1368 casos atendidos entre 1995 y el 2000 en el Centro Nacional de Rehabilitación "Julio Díaz" de La Habana; el 23% corresponde a personas con lesiones de la médula espinal con edad media de 37.6 años; de ellos el 80% eran hombres.<sup>3</sup>

En las lesiones medulares cervicales (LMC) se afectan los procesos de inspiración y espiración, al producirse parálisis o paresia en los músculos primarios o accesorios que intervienen en esta función.<sup>4</sup> Como consecuencia del daño, las personas afectadas tienen una disminución en los volúmenes y capacidades pulmonares: capacidad vital forzada (FVC), flujo espiratorio forzado (PEF) y volumen de aire espirado en el primer segundo (FEV1);<sup>5</sup> lo que repercute en la comunicación oral, caracterizada en estos pacientes por dificultades en la fluidez verbal, disminución de los tiempos de fonación e hipofonía secundaria a la disminución del flujo y presión aérea.<sup>6,7</sup>

En el proceso de fonación intervienen las estructuras básicas de los sistemas respiratorios superior e inferior. La voz para el habla es producida principalmente durante la fase de espiración. Las funciones del habla-respiración mantienen un flujo de aire relativamente constante para vencer la resistencia que les ofrece la glotis cerrada (área entre las cuerdas vocales) y por tanto proporcionan la fuerza aerodinámica para la fonación. Para mantener una conversación con una intensidad normal son necesarias presiones subglóticas de 5-12 cm de H<sub>2</sub>O para mantener la fonación. Por tanto, del adecuado funcionamiento de la respiración dependerá en gran medida el estado del habla y la voz.<sup>8</sup>

La espiración resulta habitualmente una actividad pasiva que se produce por la elasticidad de los elementos que integran la caja torácica; la inspiración la garantiza esencialmente el diafragma. Sin embargo, tanto en la inspiración como en la espiración intervienen una serie de músculos primarios y accesorios.<sup>9</sup>

Además del diafragma, en la inspiración participan como músculos primarios los supracostales, intercostales externos e internos y como accesorios, el escaleno, esternocleidomastoideo, trapecio, serratos anterosuperiores y posterosuperiores, pectorales mayor y menor, dorsal ancho, extensores de la columna dorsal, y subclavio. En el acto de espiración intervienen como músculos primarios el oblicuo interno y externo, recto abdominal, intercostales internos posteriores, triangular del esternón y como accesorios el dorsal ancho, serrato postero-inferior, cuadrado lumbar e ilio-costal lumbar.<sup>9</sup>

La fonación se produce básicamente durante la espiración, donde los músculos abdominales están activos en todos los individuos al inicio de la fonación para el habla. Especial importancia para la producción de la voz reviste la actividad de los músculos abdominales, que tiran de la

caja costal hacia abajo y empujan la pared abdominal hacia dentro con la contracción.<sup>8</sup> Weismer, principal estudioso de la teoría respiración-habla reafirma la implicación de los músculos abdominales durante el habla.<sup>10</sup>

Las complicaciones respiratorias ocupan un lugar importante y cobran mayor envergadura por ser la primera causa de mortalidad en estas personas tanto en la etapa aguda como en la cronicidad.<sup>11</sup> Actualmente existen múltiples alternativas terapéuticas para mejorar las complicaciones respiratorias en estos casos. Entre ellas se encuentra la terapia física, la logopédica, la hidroterapia, la ventilación con presión positiva y la estimulación eléctrica.<sup>11,12</sup>

Las personas con lesiones medulares cervicales presentan dificultad para sostener suficientemente la fonación y comunicarse con eficacia, como consecuencia de la disminución en los volúmenes, capacidades y fuerza respiratoria. Por otro lado, muestran un incremento anormal de la tensión laríngea en el esfuerzo para mantener la locución normal. Por tanto, el trabajo respiratorio se convierte en factor imprescindible para el mejoramiento de los síntomas logopédicos en este grupo de personas.<sup>7,13</sup> Existen pocas investigaciones dirigidas a aumentar la capacidad respiratoria en personas con LMC como apoyo de la rehabilitación logopédica.

La tetraplejía es una condición secular compleja con importantes repercusiones en la calidad de vida de quienes la padecen y de su entorno social y familiar. Son muchos los sistemas que son afectados por el daño medular, por lo que es muy frecuente que presenten complicaciones de diversa índole. En la actualidad existen equipos interdisciplinarios que permiten el manejo de la patología y sus complicaciones.

El Centro Internacional de Restauración Neurológica (CIREN) de La Habana, Cuba, brinda sus servicios a personas con LMC mediante tratamiento neurorrehabilitador, intensivo y personalizado, conocido como Programa de Restauración Neurológica (PRN).<sup>14,15</sup>

En este programa interviene un equipo interdisciplinario compuesto por neurólogos, fisiatras, enfermeros, terapeutas ocupacionales, psicólogos, urólogos, terapeutas físicos, especialistas en medicina tradicional y logopedas. Estos últimos trabajan en la aplicación de procedimientos logopédicos para el mejoramiento de la función respiratoria proporcional para el habla en este grupo de personas.<sup>10,12</sup>

A pesar de la validez terapéutica y de los efectos positivos de los procedimientos utilizados<sup>12</sup> resulta necesario buscar otras vías o estrategias que permitan potenciar el efecto obtenido sobre el habla. En este sentido realizamos este trabajo cuyo objetivo fue determinar la efectividad de la aplicación de electroterapia de media frecuencia en músculos rectos abdominales como procedimiento acompañante de la terapia logopédica en el mejoramiento de la

capacidad respiratoria proporcional al habla en personas con lesiones medulares cervicales de causa traumática.

La electroterapia de media frecuencia (EE) es un agente físico de uso común en la rehabilitación<sup>16,17,18</sup> que dependiendo del esquema utilizado sirve tanto para la relajación muscular como para la re-educación y potenciación muscular. Constituye una aplicación segura y confortable para el tratamiento de las personas y existen evidencias científicas que justifican su implementación para el mejoramiento de la función respiratoria.<sup>16,19,20,21,22,11</sup>

### Material y Método

Se realizó un estudio experimental donde se incluyeron a 60 personas con lesiones medulares cervicales de causa traumática, atendidas por el departamento de Logopedia de la Clínica Raquimedular, Esclerosis Múltiple y Enfermedades Neuromusculares del CIREN en el período comprendido desde febrero de 2009 a febrero 2013.

La muestra fue dividida de manera aleatoria en dos grupos de 30 personas cada uno; al grupo control se le aplicaron procedimientos logopédicos convencionales en una sesión de una hora diaria por un ciclo de tratamiento (28 días) y al experimental se le aplicó adicionalmente electroterapia de frecuencia media en músculos rectos abdominales (antes de la aplicación del programa logopédico) como procedimiento acompañante.

Para la asignación de las personas a cada grupo se utilizó la función “aleatorio.entre” de Excel2007.

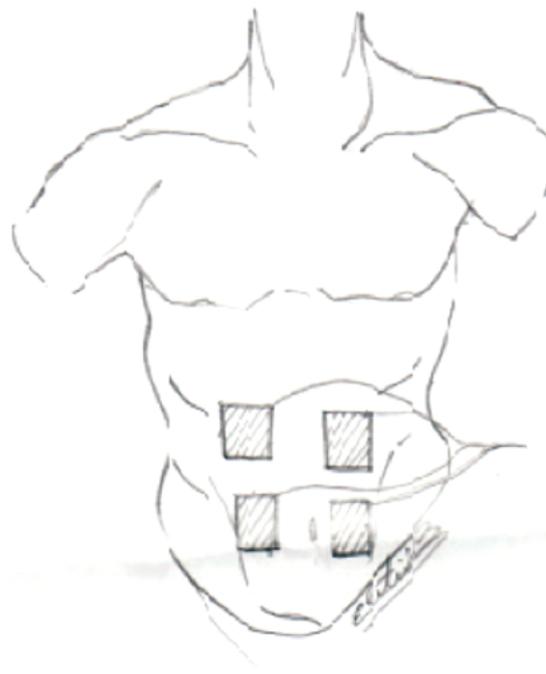
#### *Programa de rehabilitación logopédica empleado*

Todos los pacientes fueron sometidos a un programa de rehabilitación logopédica que comprende ejercicios físicos encaminados a:

- 1- Fortalecimiento de músculos respiratorios.
- 2- Ejercicios respiratorios
- 3- Ejercicios de control espiratorio.
- 4- Ejercicios de intensidad vocal
- 5- Ejercicios de ritmo y fluidez

#### *Estimulación Eléctrica de media frecuencia sobre músculos rectos abdominales:*

Los pacientes pertenecientes al grupo experimental fueron sometidos a electroterapia con corriente de media frecuencia, interferencial, usando el método bipolar con frecuencia portadora de 2500 Hz, amplitud de modulación de frecuencia (AMF) 25 Hz y espectro de frecuencia 20 Hz. La intensidad de la corriente que se aplicó se determinó a partir del umbral de respuesta para cada persona (contracción muscular visible). La electroterapia se aplicó durante 10 minutos previo a la realización del programa rehabilitador por 20 sesiones de tratamiento. Se utilizaron trenes de impulso 7/15 seg.



**Figura I.** Esquema de electroestimulación en los músculos rectos abdominales a pacientes con lesión medular cervical de origen traumático.

Electroterapia con corriente de media frecuencia, interferencial, método bipolar con frecuencia portadora de 2500 Hz, amplitud de modulación de frecuencia (AMF) 25 Hz y espectro de 20 Hz, 10 minutos diarios, 20 sesiones de tratamiento.

Cuatro electrodos superficiales, región abdominal, zona de proyección de los músculos rectos abdominales.

Para ello se utilizó el equipo Sonopuls 992+ (Enraf-Nonius, Holanda). Fueron ubicados cuatro electrodos superficiales en la región abdominal en la zona de proyección de los músculos rectos abdominales con electrodos planos medianos (cuadrados) y almohadillas hidrofílicas. (Figura 1).

*Se siguieron los criterios de inclusión y exclusión:*

**Criterios de inclusión:** Personas con lesiones medulares de origen traumático a nivel cervical; tiempo transcurrido entre la ocurrencia de la lesión y la internación en la institución inferior a diez años; tolerancia a la electroestimulación.

**Criterios de exclusión:** Presencia de signos indicativos de deterioro mental o de complicaciones psiquiátricas en el momento del estudio relacionadas o no con traumatismo; mal estado general; presencia de enfermedad cardiovascular, renal, hepática, diabetes, úlceras por presión que interfirieran con la realización de un programa terapéutico intensivo; presencia de enfermedades durante el período terapéutico; contraindicaciones para realizar la electroestimulación como: sangrados activos o agudos; personas con marcapasos, embarazos, hipotensión; personas sin respuesta muscular a la aplicación del estímulo eléctrico en la dosis prefijada en el estudio; negativa de

la persona a participar en la investigación y personas con insuficiencia respiratoria obstructiva o mixta.

Antes y después del tratamiento todos los pacientes fueron evaluados por especialistas del Laboratorio de Evaluación Integral Psicomotriz (LEIS) del CIREN, lo que garantizó la imparcialidad de las evaluaciones.<sup>23</sup> Las pruebas funcionales respiratorias se realizaron con la persona en posición de sentado y se utilizó el espirómetro computarizado INSPIROMETER INTERFACE PDD-301/s (HILLMED, USA).

*Las variables clínicas empleadas fueron:*

**Capacidad vital forzada (CVF):** Es el máximo volumen de aire espirado, con el máximo esfuerzo posible, partiendo de una inspiración máxima.<sup>9</sup>

**Flujo espiratorio forzado (PEF):** Se define como el máximo volumen/min de aire que puede ser expelido en una espiración forzada.<sup>9</sup>

**Tiempo máximo de fonación (TMF) (para los fonemas /a/ y /s/):** Tiempo máximo en que una persona puede sostener la fonación durante una espiración. Rango de referencia para el fonema /a/: Mujeres: 16.7 seg. a 25.7 seg. Hombres: 22 a 34.6 seg.<sup>13</sup>

**Lectura de palabras bisílabas:** Se considera la cantidad de palabras que el individuo podía leer con el uso de una espiración.

**Intensidad vocal:** Valoración de la intensidad (normal y baja).

**Discapacidad vocal:** Evaluada mediante la aplicación del Índice de discapacidad vocal (VHI-10).<sup>24</sup>

*Análisis estadístico:*

El comportamiento general de las variables estudiadas fue evaluado mediante el empleo de estadística descriptiva. En las comparaciones entre grupos y dentro de un mismo grupo antes y después de la aplicación del tratamiento rehabilitador se emplearon pruebas no paramétricas. En la comparación de las variables cuantitativas (antes y después) se utilizó el test de Wilcoxon para muestras pareadas. Se consideró diferencia significativa una *p* menor o igual a 0.05. La comparación entre grupo control y grupo experimental se realizó mediante la prueba U de Mann Whitney. Se establecieron correlaciones entre variables para evaluar la relación entre ellas.

El protocolo del estudio fue aprobado por el Comité de Ética Médica y el Consejo Científico del CIREN. Todas las personas incluidas dieron por escrito el consentimiento informado de participación en el estudio, se mantuvieron en anonimato los datos personales de cada persona tratada.

## Resultados

En todo el periodo fueron evaluados 61 pacientes portadores de lesiones medulares por el laboratorio de control motor del CIREN, de ellos fueron incluidos en el estudio

**Tabla 1.** Variables demográficas y clínicas en 60 personas con lesiones medulares cervicales.

Variables demográficas y clínicas	Control n=30	Experimental n=30
Género (%)	24 M (80%) 6 F (20%)	22 M (73.3%) 8 F (26.6%)
Edades, Media ± DS	36.3±14.04	32.2±9.5
Tiempo de evolución de la enfermedad en meses, Media ± DS	26,9±34,3	20,4±15,2
Etiología de la lesión medular		
Herida por arma de fuego (%)	10(33.36%)	4(13.3%)
Inmersión en aguas poco profundas (%)	6(20%)	5(16.6%)
Accidente tránsito (%)	14(46.6%)	21(70%)
Personas con nivel neurológico C3 (%)	1(10%)	6(20%)
Personas con nivel neurológico C4-C5 (%)	6(20%)	4(13.3%)
Personas con nivel neurológico C5-C6 (%)	18(60%)	15(50%)
Personas con nivel neurológico C6-C7 (%)	5(16.6%)	5(16.6%)

Inervación de los músculos respiratorios:

C3: Diafragma, escaleno, esternocleidomastoideo, trapecio

C4: Diafragma, escaleno, trapecio

C5: Diafragma, escaleno, serratos anterosuperiores, pectoral mayor, subclavio

C6: Escaleno, serratos anteroposteriores, pectoral mayor, dorsal ancho, subclavio

C7: Escaleno, serratos anteroposteriores, pectoral mayor, dorsal ancho

60 (asignando de manera aleatoria 30 pacientes por grupo). Un paciente fue excluido del estudio porque no fue posible determinar la intensidad de estimulación umbral.

Los pacientes incluidos en el estudio mostraron un predominio del sexo masculino (n=46) sobre el femenino (n= 14), lo cual se mantuvo una vez que los pacientes fueron asignados al grupo correspondientes dentro de la investigación. La edad media del grupo control fue de 36,3 ±14,04 años; mientras que en el grupo experimental fue de 32,2 ± 9,5. El tiempo de evolución se comportó de manera similar para ambos grupos de estudio, la media en el grupo control fue de 26,9±34,3 meses y en el grupo experimental 20,4±15,2 meses.

Las lesiones medulares cervicales en la totalidad de las personas incluidas se encontraban desde C3 hasta C7, distribuidas de la siguiente manera: los segmentos cervicales más afectados fueron los C5-C6 con 33 personas lo que representa el 55% del total. Seguido los C6-C7 y C4-C5 con 10 personas cada uno; representando el 16,6% de la muestra; los menos afectados fue el C3 7 personas, 11,6%. Estas características se mantuvieron en ambos grupos de estudio (Tabla 1). Sin embargo, al ser asignados los sujetos a los grupos de manera aleatoria en el grupo experimental hubo una mayor cantidad de personas con lesiones medulares a nivel del segmento cervical C3 (6 personas); mientras que en el grupo control 1 persona.

La causa de lesión medular cervical que se detectó como más frecuente en la muestra fue el accidente de tránsito correspondiéndose con el 58.3% del total de paciente incluidos (n= 35), le sigue en frecuencia la herida por arma de fuego (n= 14, 23,3%) y luego la inmersión en agua poco profundas (n= 11, 18,3%).

**Tabla II.** Variables de la capacidad respiratoria e índice de discapacidad vocal. Comparaciones antes y después

Variable	Grupo Control			Grupo Experimental		
	Inicial (X±DS)	Final (X±DS)	p*	Inicial (X±DS)	Final (X±DS)	p*
FVC	52.4 ± 17.9	57.7 ± 17.8	<b>0,000454</b>	49.8 ± 14.1	60.9 ± 14.1	<b>0,000011</b>
PEF	37.2 ± 14.03	42.2 ± 15.2	<b>0,021164</b>	36.3 ± 13.4	48.7 ± 13.3	<b>0,000051</b>
TMF/s/seg	10.6 ± 6.4	16.3 ± 6.6	<b>0,000007</b>	9.4 ± 5.2	17.5 ± 6.4	<b>0,000002</b>
TMF/a/seg	10.6 ± 5.9	15.9 ± 4.9	<b>0,000008</b>	8.7 ± 4.1	16.0 ± 4.9	<b>0,000002</b>
Lectura de palabras bislabas	21.2 ± 12.6	36.1 ± 15.3	<b>0,000003</b>	17.1 ± 8.6	37.2 ± 15	<b>0,000002</b>
H IV - 10	20,53 ± 10,12	12,40 ± 8,4	<b>0,000000</b>	24,50 ± 8,56	12,5 ± 6,88	<b>0,000000</b>

\*Test de Wilcoxon para muestras pareadas; significación: p ≤ 0.05

Los sujetos pertenecientes a ambos grupos experimentales no mostraron diferencias significativas para las variables clínicas estudiadas en la evaluación inicial (antes de la intervención terapéutica), por lo que consideramos que se trataba de una muestra homogénea.

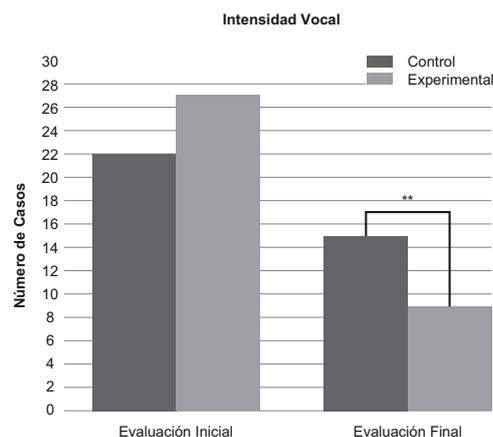
La aplicación del programa de ejercicios logopédicos (grupo control) fue capaz de inducir una mejoría significativa de las variables clínicas evaluadas. En la evaluación final (posterior al ciclo de tratamiento) se encontró que se modificaron significativamente la CVF (p=0.0004), PEF (p=0.0211), los TMF con /s/ (p=0.0000) y con /a/ (p=0.0000), la lectura de palabras bislabas (p=0.0000) y el Voice Handicap Index (p=0.0000). (Tabla 2)

De la totalidad de los pacientes del grupo control, 22 mostraban una intensidad vocal baja al inicio del estudio. La aplicación del programa de ejercicios logró disminuir el número de personas clasificadas con intensidad vocal baja a 15. (Gráfico 1)

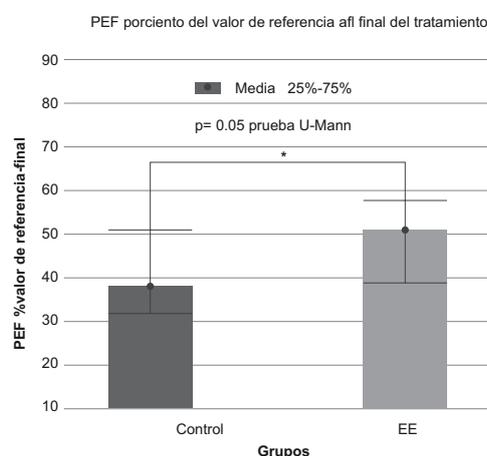
En el grupo experimental donde se aplicó EE como terapia acompañante en la rehabilitación logopédica también se encontró una mejoría significativa en las variables clínicas estudiadas al final del tratamiento con respecto a la evaluación inicial. (Tabla 2, Gráfico 1)

Para la mayoría de las variables estudiadas no se encontraron diferencias significativas entre el grupo control y el grupo experimental al final del tratamiento. Sin embargo, encontramos que el grupo experimental donde aplicamos EE en músculos rectos abdominales mostró una mejoría estadísticamente significativa con respecto al grupo control para la variable de PEF y para la intensidad vocal (Tabla 2, Gráficos 1 y 2)

Se demostró en el caso del grupo EE la existencia de una relación estadísticamente significativa entre las variables intensidad vocal y PEF (Análisis de regresión F (1,28)= 7,5478; p < 0,01), mostrándose que en la medida en que los porcentos de recuperación de la PEF eran mayores la intensidad vocal se hacía normal.



**Gráfico I.** Comparación entre los grupos para Intensidad vocal Baja después del uso de la EE



**Gráfico II.** Comparación entre los grupos para PEF después del uso de la EE

## Discusión

El comportamiento de las variables demográficas y las características clínicas de los pacientes incluidos en el estudio son similares a los reportados por otros autores con este mismo tipo de pacientes.<sup>1,2</sup> La mayoría de los estudios han sido realizados en personas relativamente jóvenes, con edades medias reportadas que oscilan entre 23 y 32 años.<sup>3</sup> La edad media de los pacientes incluidos en nuestro estudio estuvo en este rango, sin embargo se incluyeron pacientes con edades de hasta 50 años. Este mayor rango de edades presentes en nuestra muestra está relacionado con el hecho de que las personas incluidas en este estudio provenían de diferentes países, por lo que las diferencias observadas podrían atribuirse a que estos grupos son más heterogéneos, ya que no son representativos de la población de un país determinado.

Por otro lado, es necesario tener en consideración que las personas que son atendidas por nuestro grupo de trabajo se encuentran en la fase de cronicidad y los estudios epidemiológicos regularmente se realizan en estadios tempranos

de la lesión medular. No obstante, conforme han demostrado otros estudios, esta condición neurológica es más frecuente en hombres y en personas jóvenes, lo cual coincide con lo observado.<sup>2,6</sup>

En el grupo experimental hubo una mayor cantidad de personas con lesiones medulares a nivel del segmento cervical C3; el 20% y en el grupo control el 10% lo cual pudiera ser un sesgo favorable para el grupo control y desfavorable para el experimental.

Lesión de la médula espinal puede deteriorar la función motora respiratoria. Han sido empleados varios métodos para inducir la recuperación motora en el sistema respiratorio. Estos incluyen estrategias para iniciar la regeneración de los axones dañados, a re-inervación de músculos paralizados con injertos de nervios periféricos, utilizar vías neurales alternativas para inducir la función motora, y finalmente, iniciar mecanismos de plasticidad neural en la médula espinal para aumentar disparo de las neuronas motoras.

Numerosos estudios en animales de experimentación indican que el ejercicio puede mejorar la función motora por una forma de plasticidad neuronal inducida a través de serotonina, Factor Trófico Derivado del Cerebro, y la señalización del receptor de glutamato en la médula espinal.<sup>25,26</sup>

Con anterioridad nuestro grupo ha reportado que la aplicación del programa de rehabilitación logopédica del CIREN, permite incrementar tanto la intensidad vocal y los tiempos máximos de fonación.<sup>12</sup> En esta ocasión nuestros resultados vuelven a confirmar que la integración en un único programa de ejercicios de fortalecimiento de músculos respiratorios, de control de la intensidad, ritmo y fluidez verbal logra mejorías significativas en la capacidad respiratoria proporcional al habla.

En nuestro trabajo la activación de los músculos respiratorios abdominales mediante estimulación eléctrica logró mejorar la función respiratoria de estos pacientes. Nuestros resultados apoyan la ventaja de la utilización de la EE como terapia acompañante en la rehabilitación logopédica como método terapéutico, demostrando que una mayor eficiencia en la recuperación de los valores de PEF y en intensidad vocal. Aunque, el programa evaluado no ha sido reportado con anterioridad, nuestros resultados concuerdan con lo reportado por otros autores en relación con la estimulación eléctrica y la eficacia en la fuerza espiratoria.<sup>27</sup>

A pesar de que no fue posible demostrar que la EE como terapia acompañante de la rehabilitación logopédica induzca mejorías adicionales sobre la CVF y el TMF, si influye en la fuerza espiratoria; con ello en la intensidad vocal y en la tos lo cual beneficia a la persona con lesión medular cervical de causa traumática, por lo que recomendamos su uso para estos fines. No obstante, consideramos que es importante mantener un seguimiento de estos pacientes en el tiempo con vistas a evaluar si el efecto de la combinación de tratamientos se mantiene o si es necesario realizar más de una intervención con la EE.

## Conclusiones

La aplicación de electroestimulación en los músculos rectos abdominales durante la aplicación de la terapia logopédica resultó beneficiosa para el mejoramiento de la función respiratoria proporcional para el habla en las personas tratadas. Hasta donde conocemos, esta es la primera experiencia de rehabilitación de este tipo realizada en Cuba

## Referencias

1. Das S, Datta PP, Das M, Firdoush KA, Sardar T, y cols. Epidemiology of cervical spinal cord injury in eastern India: an autopsy-based study. *NZ Med J.* 2013; 28: 30-40.
2. Vafa Rahimi-Movaghar, Mohammad Kazem Sayyah, Hesam Akbari, Reza Khorramirouz, Mohammad R. Rasouli, Maziar Moradi-Lakeh y cols. Epidemiology of Traumatic Spinal Cord Injury in Developing Countries: A Systematic Review. *Neuroepidemiology* 2013; 41:65-85
3. Torres Delis D. Fisioterapia respiratoria en el lesionado medular. *Rev Cubana Ortop Traumatol.* 2001;15:1-2.
4. Schilero GJ, Spungen AM, Bauman WA, Radulovic M, Lesser M. Pulmonary function and spinal cord injury. *Respir Physiol Neurobiol.* 2009; 15: 129-41.
5. Aurora S, Flower O, Murray NP, Lee BB. Respiratory care of patients with cervical spinal cord injury: a review. *Crit. Care Resusc.* 2012; 64-73.
6. Tamplin J, Brazzale DJ, Pretto JJ, Ruehland WR, Buttifant M, Brown DJ, y cols. Assessment of breathing patterns and respiratory muscle recruitment during singing and speech in quadriplegia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2011; 250-6.
7. Tamplin Jeanette PhD, Baker Felicity PhD, Grocke D, Brazzale D, Pretto J, Ruehland, y cols. Effect of Singing on Respiratory Function, Voice, and Mood After Quadriplegia: A Randomized Controlled Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2013;94: 426-434
8. Morrison M, Rammage L. Tratamiento de los trastornos de la voz. Barcelona: Masson, SA, 1996; 16-20.
9. Kendell FP, McCreary EK. Músculos: pruebas y funciones, 2da Ed, Barcelona: Editorial JIMS 1985; 7: 262-267
10. Weismer G. Speech production, in *Handbook of Speech, Language and Hearing Pathology*, eds N. Lass, L. McReynolds, J. Northern and D. Yoder). St Louis, MO. Mosby Year Books;19: 257-318
11. García D, Castillo J, Castillo J. Complicaciones respiratorias de la tetraplejía: Una mirada a las alternativas terapéuticas actuales. *Rev.Chil.Enf. Respir* 2007; 23: 106-116
12. Real-González Y, López-Hernández M, Cabrera-Gómez JA, González-Murgado M, Díaz-Márquez R, Armentero-Herrera N. Eficacia del programa de rehabilitación respiratoria para personas con lesiones medulares cervicales. *Rev Mex. Neurociencias* 2008; 9(3):184-8

13. López Hernández M, Padín Hernández MC. Repercusión de la rehabilitación respiratoria en pacientes con lesiones medulares altas. *Rev Mex Neurociencias* 2002; 3(2): 93-5.
14. Centro Internacional de Restauración Neurológica. Disponible en: <http://www.ciren.cu>
15. Rodríguez Mutuberría L, Álvarez González L, López M, Bender del Busto Juan E, Fernández Martínez E, Martínez Segón S y cols. Efficacy and tolerance of a Neurological Restoration Program in stroke patients. *NeuroRehabilitation* 2011; 29:381-9.
16. Onders RP. Functional electrical stimulation: restoration of respiratory function. *Hand Clin Neurol.* 2012; 109:275-82
17. Martín Cordero Jorge E. Agentes Físicos terapéuticos. Editorial Ciencias Médicas, La Habana, Cuba 2008; 19: 257-318
18. González Roig J. Luis. Electroterapia. Generalidades. Disponible en: <http://www.sld.cu/sitios/rehabilitacion/temas.php?idv=823>
19. Jarosz R, Littlepage MM, Creasey G, McKenna SL. Functional electrical stimulation in spinal cord injury respiratory care. *Spinal Cord In Rehabil.* 2012; 18: 315-21.
20. McLachlan AJ, McLean AN, Allan DB, Gollee H. Changes in pulmonary function measures following a passive abdominal functional electrical stimulation training program. *J Spinal Cord Med.* 2013; 36(2):97-103
21. Lee BB, Boswell-Ruys C, Butler JE, Gandevia SC. Surface functional electrical stimulation of the abdominal muscles to enhance cough and assist tracheostomy decannulation after high-level spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2008; 31(1):78-82
22. RenataJarosz, Meagan M. Littlepage, Graham Creasey, Stephen L, McKenna. Functional Electrical Stimulation in Spinal Cord Injury Respiratory Care. *Spinal Cord In Rehabil.* 2012;18:315-321.
23. Sentmanat Belisón A. Sistema de neurorrehabilitación multifactorial intensiva: de vuelta a la vida. La Habana: Sangova; 2003; I: 19-25)
24. Núñez-Batalla F, Corte P, Senaris, B, Llorente, JL, Gorriz C, y Suárez C Adaptación y validación del índice de incapacidad vocal (VHI-30) y su versión abreviada (VHI-10) al español. *Acta Otorrinolaringológica Española* 2007; 58:386-392.
25. Farmer J, Zhao X, Van Praag H, Wodtke K, Gage FH, Christie BR. Effects of voluntary exercise on synaptic plasticity and gene expression in the dentate gyrus of adult male Sprague-dawley rats in vivo. *Neuroscience* 2004; 124:71-79.
26. Ivy AS, Rodríguez FG, García C, Chen MJ, Russo-Neustadt AA. Noradrenergic and serotonergic blockade inhibits BDNF mRNA activation following exercise and antidepressant. *Pharm Biochem Behav* 2003; 75:81-88.
27. Bell S, Shaw-Dunn J, Gollee H, Allan DB, Fraser MH, McLean AN. Improving respiration in patients with tetraplegia by functional electrical stimulation: an anatomical perspective. *Clin Anat.* 2007; 20(6):689-93