



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

FACULTADE DE CIENCIAS DA SAÚDE

**MAESTRADO EN ASISTENCIA E INVESTIGACIÓN SANITARIA
ESPECIALIDADE: INVESTIGACIÓN CLÍNICA
Curso académico 2021-2022**

TRABALLO DE FIN DE MAESTRADO

**Uso de la electroestimulación abdominal en el
entrenamiento de la musculatura respiratoria en
lesionados medulares.**

Fabio Hernández Guedes

21 de junio de 2022

Relación de directores del Trabajo de Fin de Máster.

María Sobrido Prieto. Universidade da Coruña.

Contenido

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS:	VIII
1-INTRODUCCIÓN:	1
1.1. La lesión medular:	1
1.2. Complicaciones respiratorias:	2
1.3. Entrenamiento de la musculatura respiratoria:	3
1.4. Electroestimulación:	4
1.5. Parámetros de aplicación:	4
2.-PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:	6
3-METODOLOGÍA:	6
3.1.-Criterios de elegibilidad:	6
3.2.-Estrategia de búsqueda y eliminación de duplicados:	6
3.3.-Selección de estudios:	7
3.4.- Establecimiento de variables:	7
4.-RESULTADOS:	9
4.1.- Resultados de las revisiones sistemáticas:	9
4.2.- Resultados de las investigaciones:	11
4.- DISCUSIÓN:	16
4.1. Número y calidad de los estudios incluidos:	16
4.2. Eficacia de la técnica:	18
4.3. Colocación y número de electrodos:	18
4.4. Parámetros de estimulación:	19
4.5. Cambios en las variables respiratorias:	20
4.6. Limitaciones del estudio y propuestas de mejora:	22
5. CONCLUSIONES:	24

BIBLIOGRAFÍA:.....	25
ANEXOS	29
Anexo 1: Estrategia de búsqueda	29

Índice de tablas:

Tabla 1: Clasificación de la lesión medular ¹ :.....	2
Tabla 2. Tipo de estudio, modalidad de electroestimulación, colocación de los electrodos y parámetros de aplicación:	11
Tabla 3: Variables respiratorias medidas en los estudios experimentales:.....	12

RESUMEN.

Introducción. La lesión medular es un problema de salud con grandes repercusiones respiratorias, principal causa de morbimortalidad. El entrenamiento de la musculatura respiratoria (EMR) permite mejorar la función respiratoria y disminuir el riesgo de problemas asociados. La electroestimulación funcional (EEF) consiste en la aplicación de estímulos eléctricos destinados a la contracción muscular. El objetivo de este estudio es determinar la eficacia de la electroestimulación como método de entrenamiento de la musculatura respiratoria en lesionados medulares.

Métodos. Se realizó una revisión sistemática. Para ello se llevo a cabo una búsqueda en las principales bases de datos en ciencias de la salud, y se seleccionaron revisiones sistemática y estudios experimentales de los últimos 5 años que investiguen la aplicación de la EEF en la musculatura respiratoria en lesionados medulares. Se localizaron un total de 4 estudios. Las principales variables de estudio fueron la colocación de los electrodos, parámetros de aplicación (amplitud, duración y frecuencia) y variables respiratorias (FVC, FEV₁, V_C, PEM, P_{es}, P_{ga}, CPF, PEF, MVV, V_t).

Resultados. La colocación de los electrodos es muy heterogénea, así como los parámetros de aplicación. Aunque en algunos casos los datos son contradictorios o poco claros, las variables respiratorias medidas presentan en su gran mayoría cambios significativos: FVC (7%), PEM (30%), CPF (55%), PEF (23%).

Conclusiones. La EEF parece mejorar la función respiratoria en los lesionados medulares. Sin embargo, la escasez de estudios y los tamaños muestrales nos obligan a tomar estos datos con cautela. Se requiere de una estandarización de los parámetros de colocación y de las variables medidas para disminuir la variabilidad entre estudios y así facilitar la comparación de resultados.

Palabras claves: lesión medular, electroestimulación, músculos respiratorios, función pulmonar.

ABSTRACT.

Introduction. Spinal cord injury is a health problem with great respiratory repercussions, the main cause of morbidity and mortality. Respiratory muscle training (RMT) improves respiratory function and reduces the risk of associated problems. Functional electrostimulation (FES) consists of the application of electrical stimuli to provoke muscles contractions. The aimed of this study is to determine the efficacy of electrostimulation as a method of training the respiratory muscles in spinal cord injuries.

Methods. A systematic review was performed. For this, a search was carried out in the main databases in health sciences, and systematic reviews and experimental studies of the last 5 years that investigate the application of FES in the respiratory muscles in spinal cord injuries were selected. A total of 4 studies were located. The main study measures were electrode placement, application parameters (amplitude, duration, and frequency), and respiratory variables (FVC, FEV1, VC, PEM, Pes, Pga, CPF, PEF, MVV, Vt).

Results. The placement of the electrodes is very heterogeneous, as well as the application parameters. Although, in some cases the data are contradictory or unclear, the vast majority of the respiratory variables measured show significant changes: FVC (7%), PEM (30%), CPF (55%), PEF (23%).

Conclusions. FES appears to improve respiratory function in spinal cord injured patients. However, the scarcity of studies and the sample sizes force us to take these data with caution. Standardization of placement parameters and measured variables is required to reduce variability between studies and thus facilitate comparison of results.

Keywords: spinal cord injury, electrostimulation, respiratory muscles, respiratory function.

RESUMO.

Introdución. A lesión medular é un problema de saúde con grandes repercusións respiratorias, principal causa de morbilidade e mortalidade. O adestramento dos músculos respiratorios (RMT) mellora a función respiratoria e reduce o risco de problemas asociados. A electroestimulación funcional (FES) consiste na aplicación de estímulos eléctricos dirixidos á contracción muscular. O obxectivo deste estudo é determinar a eficacia da electroestimulación como método de adestramento dos músculos respiratorios nas lesións medulares.

Métodos. Realizouse unha revisión sistemática. Para iso levouse a cabo unha busca nas principais bases de datos en ciencias da saúde, e seleccionáronse revisións sistemáticas e estudos experimentais dos últimos 5 anos que investigan a aplicación da FES nos músculos respiratorios nas lesións medulares. Localizáronse un total de 4 estudos. As principais variables do estudo foron a colocación dos electrodos, os parámetros de aplicación (amplitude, duración e frecuencia) e as variables respiratorias (FVC, FEV1, VC, PEM, Pes, Pga, CPF, PEF, MVV, Vt).

Resultados. A colocación dos electrodos é moi heteroxénea, así como os parámetros de aplicación. Aínda que nalgúns casos os datos son contraditorios ou pouco claros, a gran maioría das variables respiratorias medidas presentan cambios significativos: FVC (7%), PEM (30%), CPF (55%), PEF (23%).

Conclusións. O EPS parece mellorar a función respiratoria en pacientes lesionados na medula espiñal. Porén, a escaseza de estudos e o tamaño das mostras obríganos a tomar estes datos con cautela. A estandarización dos parámetros de colocación e das variables medidas é necesaria para reducir a variabilidade entre estudos e facilitar así a comparación de resultados.

Palabras clave: lesión medular, electroestimulación, músculos respiratorios, función pulmonar.

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS:

ASIA	American Spinal Injury Association
CPF	Cough Peak Flow
EEF	Electroestimulación Funcional
EMR	Entrenamiento de Músculos Respiratorios
FEV ₁	Forced Exhaled Volumen in 1 s
FVC	Forced Vital Capacity
PEF	Peak Espiratory Flow
PEM	Presión Espiratoria Máxima
P _{es}	Presión Esofágica
P _{ga}	Presión Gástrica
V _c	Capacidad Vital

1-INTRODUCCIÓN:

1.1. La lesión medular:

La lesión medular es un daño producido en la médula espinal que puede causar alteraciones motoras y sensitivas. Puede generarse por una compresión, rotación, hiperflexión o hiperextensión, siendo estas últimas las más comunes.

En España, la incidencia de lesión medular traumática es de unos 30 nuevos casos por millón de habitantes. Cada año se producen en torno a 1000 casos nuevos. Las causas son básicamente dos; o bien por accidentes (traumatismos, caídas, etc.) o de origen clínico (30%), consecuencia de distintas enfermedades como tumores, aracnoiditis u otras congénitas como el mielomeningocele. La mayor parte de las lesiones ocurren entre los 16 y los 45 años.^{1,2}

En torno al 90% de las lesiones traumáticas requieren de soporte respiratorio y cerca del 40% son dependientes de la ventilación mecánica. Se denomina tetraplejía cuando el nivel de lesión es cervical (C1-C8) y existe pérdida de la función sensitiva y motora originando trastornos en las cuatro extremidades, tronco y órganos pélvicos. En las lesiones C1-C2 toda la musculatura respiratoria es ineficaz, en niveles C3-C4 la parálisis del diafragma es bilateral y la respiración depende de los músculos accesorios. Por tanto, aquellos que presenten una lesión completa a nivel motor por encima de C5 requerirán la ayuda de la ventilación mecánica.^{3,4}

De acuerdo a la escala ASIA (American Spinal Injury Association), la lesión medular se clasifica en 5 grados, en función de las alteraciones sensitivomotoras producidas por la lesión:¹

Tabla 1: Clasificación de la lesión medular¹:

Grado de lesión.	Implicaciones
Grado A	Lesión completa, por lo que no hay preservación motora ni sensitiva.
Grado B	Lesión incompleta. No hay función motora, pero se preserva sensibilidad por debajo del nivel de la lesión
Grado C	Lesión incompleta. Se preserva la función sensitiva, y en menor medida la función motora.
Grado D	Lesión incompleta. Sensibilidad normal pero ligera afectación motora.
Grado E	Normalidad neurológica. Se conservan las funciones motoras y sensitivas.

1.2. Complicaciones respiratorias:

Para permitir una respiración correcta, los músculos respiratorios se contraen con el fin de permitir la entrada y la salida del aire, ya sea de manera forzada o no. El principal músculo inspiratorio es el diafragma, cuyas raíces espinales nacen entre las vértebras C3-C5. Su contracción crea un aumento de la presión negativa intrapulmonar que permite la entrada del aire al interior de los mismos. Sin embargo, la espiración suele ser un proceso pasivo, es decir, la propia capacidad elástica del parénquima pulmonar y de todo el tórax causa la salida del aire apenas sin esfuerzo muscular. No obstante, para realizar espiraciones forzadas, como por ejemplo una tos, se requiere de una fuerte contracción de los músculos de la región abdominal, que son los principales músculos espiratorios. Además de los ya mencionados, existen otros denominados músculos accesorios que colaboran en el proceso, pero cuyo aporte es mucho menor.

El nivel de lesión, por tanto, influirá en la afectación de unos grupos musculares u otros. Por lo general, cuánto más craneal sea el nivel de lesión, mayor afectación

funcional. Asimismo, factores de riesgo o patologías previas al evento, pueden causar un mayor deterioro de la función respiratoria. Estas complicaciones son una fuente de morbimortalidad en estos pacientes.

En la fase aguda de la lesión, el patrón respiratorio se caracteriza por una hiperinsuflación pulmonar asociada al esfuerzo inicial de la musculatura respiratoria. No obstante, a largo plazo, se produce una pérdida de volumen pulmonar y una disminución de la capacidad distensible del parénquima y de la pared torácica, lo cual aumenta el riesgo de atelectasias. Además, la ineficacia de la tos aumenta el riesgo de padecer neumonías y otros procesos infecciosos de la vía respiratoria.

El patrón respiratorio predominante es el restrictivo, caracterizado por valores reducidos de FVC, V_c ... Estas pérdidas de volumen pulmonar causan una hipoxia generalizada. Las principales manifestaciones en estos pacientes son la disnea, pérdida de la eficacia tusígena, entre otras, causando dificultades en sus quehaceres diarios.^{4,5}

1.3. Entrenamiento de la musculatura respiratoria:

Para mejorar la función pulmonar, la musculatura respiratoria puede entrenarse. El entrenamiento de la musculatura respiratoria (EMR) se realiza a través de métodos de impedancia y sistemas umbrales, con el objetivo de mejorar la fuerza y resistencia de los mismos. Asimismo, otra forma de entrenamiento es el canto, que requiere de respiraciones rápidas y controladas, estimulando los músculos respiratorios eficaz y sincrónicamente⁶.

Revisiones previas^{6,7} demuestran que el EMR aumentan la V_c , FVC, MIP y MVV, así como la PEM. De esta forma, la mejora de fuerza y resistencia, permiten una mayor capacidad tusígena, aumentando la eficacia de la tos voluntaria y favoreciendo el drenaje de secreciones, disminuyendo el riesgo de infecciones y otras complicaciones respiratorias. Además, permite aumentar la distensibilidad alveolar y del tórax, y como consecuencia, la ventilación pulmonar.

1.4. Electroestimulación:

La electroestimulación funcional (EEF) consiste en aplicar estímulos eléctricos a un nervio o músculo concreto. Pueden aplicarse sobre la piel con unos electrodos cutáneos, a nivel medular o en ramas nerviosas en particular. Estos últimos requieren de un proceso quirúrgico para su implantación, por lo que los sistemas cutáneos son menos invasivos y más simples de configurar e implementar. Estos dispositivos emiten impulsos que activan las ramas nerviosas intramusculares y las fibras musculares, lo cual genera fuertes contracciones musculares.^{8,9}

Los programas suelen estar preestablecidos y los parámetros pueden manipularse para producir los patrones de contracciones adecuados y encontrar el efecto que deseamos lograr. Comúnmente, para entrenar la resistencia, se programan contracciones rápidas y repetidas durante un tiempo prolongado. Si se quiere fortalecer, se establece pocas contracciones, utilizando estimulación de alta frecuencia para garantizar la fuerza más alta posible. Debemos tener en cuenta, que, a diferencia de una contracción normal, mediante la electroestimulación no se reclutan ordenadamente las fibras. Trabajar con las intensidades tolerables más altas nos permitirá maximizar la intensidad de las contracciones, ya sea para trabajar la fuerza, como la resistencia.⁹

De este modo, la electroestimulación aísla y trabaja músculos concretos, por lo que no requiere de grandes esfuerzos respiratorios, lo cual podría ser aplicado a los pacientes con lesión medular.⁹

Sin embargo, no contamos con evidencia que respalde la aplicación conjunta de EEF y ejercicios específicos para entrenar la musculatura respiratoria.

1.5. Parámetros de aplicación:

Para aplicar la electroestimulación, debemos tener en cuenta una serie de parámetros:¹⁰

- *Intensidad.* Cantidad de energía necesaria para provocar la contracción muscular a través de la activación de las fibras nerviosas. La cantidad máxima aplicable dependerá de la tolerancia del paciente, ya que grandes intensidades causan contracciones dolorosas. En lesionados medulares con afectación sensitiva, se puede aplicar intensidades mayores ya que la sensación dolorosa estará disminuida.
- *Frecuencia.* Número de estímulos por unidad de tiempo. Aplicando mayores frecuencias podremos lograr cambios mayores de fuerza y resistencia a la fatiga. En función de nuestros objetivos, se deberán aplicar unas u otras. Frecuencias bajas estimulan en mayor medida las fibras musculares lentas, mientras que frecuencias y medias potencian las fibras más fuertes y potentes.
- *Duración.* Determina el tiempo durante el cual se mantendrá la contracción muscular. Debemos tener en cuenta, que aplicar duraciones prolongadas con frecuencias elevadas puede propiciar la aparición de fatiga y calambres musculares debido a la contracción prolongada de las fibras musculares.

2.-PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:

En pacientes con Lesión Medular, ¿es eficaz el uso de la electroestimulación para fortalecer la musculatura respiratoria?

Objetivos:

- Objetivo general:

Conocer la eficacia de la electroestimulación como método de entrenamiento de la musculatura respiratoria en pacientes con lesión medular.

- Objetivos específicos:

- Determinar la colocación de los electrodos más eficaz
- Conocer los parámetros para el trabajo de esta musculatura
- Conocer los cambios producidos en las variables respiratorias

3-METODOLOGÍA:

3.1.-Criterios de elegibilidad:

- Pacientes adultos con lesión medular
- Intervención: electroestimulación en musculatura respiratoria
- Tipos de estudios: revisiones sistemáticas y estudios experimentales publicados en los últimos 5 años en inglés y español

3.2.-Estrategia de búsqueda y eliminación de duplicados:

Con el fin de localizar la información científica más relevante, en febrero de 2022 se llevó a cabo una búsqueda en las principales bases de datos internacionales (Puede. Scopus y Web of Science). La estrategia completa está disponible en el [anexo 1](#).

Todos los resultados fueron descargados en el gestor de referencias zotero. Tras la eliminación de los resultados obtenemos un total de 659 elementos.

3.3.-Selección de estudios:

La selección de estudios se llevó a cabo en 3 fases; lectura por título, resumen y texto completo. El total de estudios incluidos fue de 4.

3.4.- Establecimiento de variables:

Con el fin de conocer la efectividad de esta técnica se valorarán las diferentes variables:

- Colocación y número de electrodos.
- Parámetros para el trabajo de esta musculatura:
 - Amplitud. Se mide en mA e indica la intensidad de la corriente.
 - Duración. Se mide en μ s e informa acerca del tiempo de acción del impulso eléctrico.
 - Frecuencia. Se mide en Hz e indica las veces que se aplica la corriente por unidad de tiempo.
- Cambios en las variables respiratorias:
 - Forced Vital Capacity (FVC). Volumen de aire espirado en una maniobra forzada tras una inspiración hasta capacidad pulmonar total. Permite medir la fuerza de la musculatura respiratoria en general y se mide en L.
 - Forced Exhaled Volumen in 1s (FEV_1). Volumen de aire espirado en el primer segundo de una maniobra forzada. Mide la fuerza de la musculatura espiratoria en L.
 - Capacidad vital (V_C). Volumen total de aire espirado pasivamente tras una inspiración máxima hasta capacidad pulmonar total. Se mide en L/s y nos permite conocer la fuerza de los músculos inspiratorios.

- Presión Espiratoria Máxima (PEM). Presión máxima que los músculos espiratorios son capaces de ejercer. Se usa para medir la fuerza de los músculos espiratorios. Se mide en cmH₂O.
- Presión esofágica (P_{es}) y presión gástrica (P_{ga}). Se usan para medir la presión que ejerce la pleura durante la contracción de los músculos espiratorios. Se mide en cmH₂O.
- Cough Peak Flow (CPF). Flujo máximo exhalado durante la tos. Mide la fuerza con la que el paciente puede toser. Se mide en L/s y permite medir la fuerza de la musculatura espiratoria.
- Peak Espiratory Flow (PEF). Flujo máximo exhalado desde capacidad pulmonar total durante una maniobra forzada. Se mide en L/s y permite medir la fuerza de la musculatura espiratoria.
- Maximal Voluntary Ventilation (MVV). Volumen total de aire espirado durante 12 segundos de respiración rápida y profunda. Se mide en L/min y permite comprobar la integridad del sistema respiratorio y neuromuscular.
- Volumen Tidal (V_t). Cantidad de aire que entra y sale de los pulmones durante la respiración si realizar ningún esfuerzo adicional. Se mide en ml y mide la capacidad del diafragma para introducir el aire.

4.-RESULTADOS:

4.1.- Resultados de las revisiones sistemáticas:

Se ha localizado una revisión sistemática¹¹. Los resultados de las variables estudiadas fueron:

- La colocación. Aunque con resultados heterogéneos, todos estimulan el recto del abdomen y/o los músculos oblicuos, principales músculos espiratorios. Por ejemplo, autores como Cheng et al.¹² coloca 4 electrodos solo en el recto del abdomen, mientras que otros^{16,18} colocan 8 anterolateralmente y otros^{15,17} emplean 4 abarcando principalmente los oblicuos.
- Parámetros para el trabajo de la musculatura:
 - Amplitud. La amplitud máxima media obtenida es de 100mA (100-450mA). Sin embargo, parece haber cierta variabilidad de unos estudios a otros; Algunos¹²⁻¹⁴ comienzan con valores bajos (1-30mA), mientras que otros autores¹⁵ emplean una menor progresión (50-100mA).
 - Duración del pulso. La duración media es de 259 μ s (25-400 μ s). Las duraciones usadas en los diversos estudios son muy heterogéneas, como se observa en la desviación estándar que acompaña a la media. En el caso de McLachlan et al.¹⁸ emplea una duración de tan solo 50 μ s, mientras que otros^{13,16} usan duraciones de 300-400 μ s.
 - Frecuencia. La frecuencia empleada es de 50Hz. Más allá de los datos globales, cabe indicar que todos los estudios incluidos aportan el mismo dato.
- Variables respiratorias de interés. Se han investigado a corto plazo:
 - FEV₁. Solo Bulter et al.¹⁵ encontró efectos significativos (38,5%).

- FVC. No se reportaron efectos positivos en la fase aguda.
- PEM. Solo Linder et al.¹⁶ encuentra un aumento del 119%.
- Pes y Pga. Bulter et al.¹⁵ y McBain et al.¹⁷ reportan cambios significativos del 343 y 102% respectivamente, aunque solo esos dos estudios miden estas variables y las diferencias entre estudios en cuanto a las mediciones son muy dispares.
- CPF. Aumenta significativamente con el uso de la electroestimulación abdominal en un 30,7%.

A largo plazo:

- FVC. Aumenta progresivamente en un 7% después del entrenamiento.
- FEV₁. No se observaron aumentos significativos.
- La capacidad vital (Vc). Aumentó significativas tras la intervención. Los efectos a largo plazo no parecen claro Cheng et al.¹² reporta un aumento de ambos grupos hasta 6 meses después, mientras que McBain et al.¹⁷ describe disminuciones tras 6 semanas post intervención.
- PEM. Cheng et al.¹² observó cambios significativos (30%) mientras que McLachlan et al.¹⁸ no. El efecto combinado tampoco demostró cambios.
- PEF. El efecto combinado del tratamiento aborda un efecto significativo (SMD=0.526, p-valor= 0.026) aunque los resultados reportados por los diferentes autores tras el cese de la intervención son dispares.

4.2.- Resultados de las investigaciones:

Tabla 2. Tipo de estudio, modalidad de electroestimulación, colocación de los electrodos y parámetros de aplicación:

	Tipo	Modalidad	Colocación	Amplitud	Frecuencia	Duración
Haviv et al.¹⁹	Pre-post (n=14)	FES	8 electrodos en músculos abdominales, por encima y debajo del ombligo	Corriente constante a 240 mA	100 Hz	Pulsos cuadrados de 200 μ s durante 500 ms
Laghi et al.²⁰	Pre-post (n=10)	FES	4 electrodos en configuración anterior y 8 electrodos en configuración anterolateral	Corriente desde umbral hasta un 100mA	50 Hz	Pulsos de 250 μ s, de 1s de duración
Liebscher et al.²¹	Pre-post A prospective, single centre proof-of-concept study (n=15)	AFES	8 electrodos Configuración Anterolateral	Estimulación máxima de 126mA	30Hz	Duración máxima del pulso 540 μ s

Abreviaciones: AFES (Abdominal Functional Electrical Estimulation); FES (Functional Electrical Stimulation)

Tabla 3: Variables respiratorias medidas en los estudios experimentales:

	FVC	FEV1	Pga	Pes	PEM	PEF	CPF	MVV	V _c	VT
Haviv et al.¹⁹	3.01 ± 0.11 (3,5%)	-	-	-	-	Sin asistencia= 5.42 ± 1.55, cuidador= 6.77 ± 1.93, cuidador-FES = 6.60 ± 1.79, self-FES = 6.83 ± 2.01, PEF-sniff-controller = 6.57 ± 1.94	-	70.89 ± 6.57 (9.3%)	-	
Laghi et al.²⁰	-	-	Durante Flujo Espiratorio Pico (20.7±2.4 / 47.2±5.1 / 55.6±8.3). ΔPga máxima durante la exhalación (23.2±2.5 / 64.5±8.4 / 70.7±9.5)	Durante Flujo Espiratorio Pico (28.7±2.7 / 13.4±3.6 / 44.7±6.6). ΔPes máxima durante la exhalación (36.6 ± 4.1 / 30.7± 5.8 / 68.3±8.6)	-	5.2 ± 0.4/ 4.2 ± 0.5/ 5.9 ± 0.4	-	-	-	
Liebscher et al.²¹	-	-	-	-	-	-	86,2 ± 16	-	-	0,67 7 ± 0,50

Abreviaciones: FES (Functional Electrical Stimulation)

Se han localizado 3 estudios¹⁹⁻²¹. Los autores concluyen que:

- Colocación de los electrodos. En los 3 estudios se usa una configuración muy similar. Los electrodos son colocados en la región anterolateral del abdomen, abarcando tanto músculos abdominales como oblicuos. Solo Laghi et al.²⁰ comparó las diferencias entre una configuración anterior con 4 electrodos y una configuración anterolateral con 8. En su caso, se obtuvieron mejores resultados con el uso de 8 electrodos, con diferencias en las mediciones de 22,6 cmH₂O en el incremento máximo del P_{ga} y de 20 cmH₂O en el incremento máximo del P_{es}.

- Parámetros para el trabajo de esta musculatura:
 - Amplitud. La media de la amplitud máxima empleada es de 150mA. Sin embargo, hay una gran variabilidad entre estudios. Haviv et al.¹⁹ es el único que aplica una corriente constante, mientras que los otros dos estudios^{20,21} aplican corrientes que varían en función de la tolerabilidad del paciente, hasta intensidades máximas de 100 y 126mA.

 - Duración del pulso. La duración del pulso media empleada es de 330µs. Los valores de la duración del pulso también son muy heterogéneos. Con una media de 330 µs, Haviv et al.¹⁹ y Laghi et al.²⁰ emplean valores similares (200 y 240 µs respectivamente), mientras que Liebscher et al.²¹ usa una duración muy superior (540 µs).

 - Frecuencia. La frecuencia media empleada es de 60 Hz. Mientras que Haviv et al.¹⁹ emplea frecuencias altas (100Hz), Laghi et al. y Liebscher et al.^{20,21} usan frecuencias mucho inferiores (50 y 30 Hz respectivamente).

- Cambios en las variables respiratorias:
 - FVC. Solo el estudio de Haviv et al.¹⁹ mide esta variable, encontrando un aumento del 3,5%. Aunque significativo (p-valor=0.051), los autores lo describen como un efecto marginal.
 - FEV₁. Ninguna investigación seleccionada tiene en cuenta esta variable.
 - V_C. Ninguna investigación seleccionada tiene en cuenta esta variable.
 - PEM. Ninguna investigación seleccionada tiene en cuenta esta variable.
 - P_{es}. Laghi et al.²⁰ es el único que considera la medición de esta variable, obteniendo mejores resultados con la combinación de la electroestimulación y la tos (44.7 ± 6.6 de incremento en el PEF y 68 ± 8.6 en espiración).
 - P_{ga}. Laghi et al.²⁰ es el único que considera la medición de esta variable, obteniendo mejores resultados con la combinación de la electroestimulación y la tos (55.6 ± 8.3 de incremento en el PEF y 70.7 ± 9.5 en espiración).
 - CPF. Liebscher et al.²¹ encuentra una diferencia significativa (p-valor=0.03) del 54,75% cuando emplean la intensidad de estimulación máxima tolerable. El resto de estudios no contemplan la medición de esta variable.
 - PEF. La media total es de 5,94 L/s. Haviv et al.¹⁹ miden esta variable en función de los diferentes métodos para la inducción de la tos: sin asistencia; con espiraciones asistidas manualmente por un

fisioterapeuta; espiración asistida por FES activada por el cuidador; espiración asistida por FES autoactivada y activación automática a través del sistema Sniff-Controller-FES. Este último fue el que demostró un mayor incremento de la media ($23 \pm 27\%$) respecto a las otras formas de electroestimulación. Sin embargo, Laghi et al.²⁰ mide esta variable en 3 situaciones diferentes, tos sin asistencia, espiración pasiva sin electroestimulación y estimulación junto con una tos solicitada. Esta última obtuvo mejores resultados con 8 electrodos, pasando de 5.1 ± 0.6 L/s a 6.3 ± 0.5 L/s ($p = 0.018$), obteniendo un aumento del 23%.

- MVV. Solo Haviv et al.¹⁹ mide esta variable, encontrando un aumento del 9,5%, aunque no estadísticamente significativo.
- V_t. Liebscher et al.²¹ no encuentra diferencias significativas con el uso de las diferentes intensidades que aplica.

4.- DISCUSIÓN:

4.1. Número y calidad de los estudios incluidos:

El objetivo de nuestro estudio ha sido conocer la eficacia de la electroestimulación como método de entrenamiento de la musculatura respiratoria en pacientes con lesión medular.

4 estudios fueron seleccionados. Aunque en la revisión sistemática¹¹ incluida se analizaron un total de 14 estudios, esta fue publicada en 2016 y sus criterios de inclusión eran más laxos. Ambas causas (obsolescencia y criterios de selección), nos llevó a una actualización del estudio. Desde entonces, solo 4 artículos han cumplido con nuestros criterios de selección, lo que denota lo poco estudiado que está esta intervención en la población. Esto puede deberse a diversos motivos. En primer lugar, la electroestimulación es un procedimiento fisioterapéutico que ha tenido su mayor aplicación en el ámbito de la rehabilitación musculoesquelética, siendo nula su aplicación en la práctica clínica en fisioterapia respiratoria. Por otro lado, el delicado estado de salud que presentan los pacientes tras una lesión puede no ser indicativo para realizar este tipo de intervenciones y, finalmente, puede ser una técnica innovadora que no ha sido estudiada en profundidad. Por lo tanto, es necesario la creación de nuevos equipos de investigación especializados. Actualmente, el único investigador que sigue esta línea de investigación y ha publicado al respecto es EJ McCaughey, autor de la revisión sistemática¹¹ incluida en nuestro estudio.

Con respecto a la calidad de los estudios, si bien el nivel de evidencia es alto²² son varias las limitaciones localizadas:

- El tamaño muestral es escaso. Esto puede deberse al establecimiento de criterios de inclusión algo estrictos. La lesión medular presenta cuadros clínicos muy heterogéneos y cada vez más, el tipo más común de lesión es la incompleta. Por tanto, los estudios con lesiones completas¹⁹ tendrán un menor acceso a la muestra. Asimismo, la mayoría de estudios se limitan a muestras con un tipo determinado de lesión según la escala

ASIA¹ . Por otro lado, solo incluyen pacientes con un nivel de lesión cervical, cuando aquellos que presenten lesiones torácicas también tendrán afectación abdominal. También, debemos tener en cuenta que no todos los hospitales cuentan con unidades especializadas, por lo que tener una población de estudio suficiente puede ser complicado. Pero, por otro lado, establecer criterios rigurosos favorece conocer los efectos en un colectivo con unas características muy definidas.

- Las mediciones que se toman en cada estudio son muy dispares. Para cuantificar los cambios en las variables emplean mediciones distintas. Esto denota la falta de unanimidad a la hora de valorar la capacidad de la musculatura respiratoria. Se sabe que hay mediciones más precisas y empleadas en la práctica clínica, como son las variables espiro métricas (FVC, FVE₁) o la PEM¹⁸, en la mayoría de los casos usan instrumentos de medida más accesibles y menos fiables. Debemos tener en cuenta que los objetivos de los estudios experimentales¹⁹⁻²¹ incluidos son diferentes a los nuestros. Sin embargo, la medición de estas variables no es imprescindible para dar respuestas a sus hipótesis. Por tanto, recomendamos la estandarización de las variables respiratorias, haciendo empleo de las accesibles y precisas.

Asimismo, respecto a la revisión sistemática¹¹ extraer conclusiones rigurosas resulta difícil debido a la baja validez externa de los estudios; En primer lugar, las variables se analizan con datos extraídos de muy pocos estudios. Algunas presentan intervalos de confianza muy amplios y por lo general, el tamaño muestral de los estudios es escaso. Por otro lado, la variabilidad en cuanto a los parámetros, disposición de electrodos y tiempo de aplicación originan un problema de heterogeneidad en cuanto a la intervención.

Es por ello que, aunque los métodos de análisis son correctos, los resultados deben ser tenidos en cuenta con las limitaciones ya comentadas. Los propios autores

remarcan la necesidad de la realización de más ensayos clínicos para conocer más en profundidad el alcance de la intervención.

Por otro lado, lograr una estandarización de la técnica o la creación de protocolos ayudaría, en gran medida, a reducir los problemas de heterogeneidad de los estudios. Como consecuencia, este tipo de metaanálisis sería capaz de extraer conclusiones más fiables y aplicables a la práctica clínica. Lo mismo ocurre con los estudios experimentales incluidos.

4.2. Eficacia de la técnica:

Los resultados de nuestra revisión sistemática son positivos. A pesar de las carencias mencionadas anteriormente, la aplicación de la electroestimulación parece mejorar la fuerza y resistencia de los músculos espiratorios.

Sin embargo, extraer conclusiones rigurosas sobre la aplicación de la intervención no es posible. En primer lugar, el número de estudios es escaso, por lo que la técnica debe ser más investigada para disponer de más datos con lo que poder sacar conclusiones con una base más sólida.

4.3. Colocación y número de electrodos:

Algunos¹² solo colocan los electrodos sobre la región anterior, otros sobre la región lateral y otros abarcan ambas regiones^{16,18}. Sin embargo, McCaughey et al.²³ comparando diferentes posiciones para aplicar la electroestimulación abdominal, llegaron a la conclusión que la configuración posterolateral del abdomen produce aumentos significativos mayores en presiones pleurales medidas a través de la P_{es} y P_{ga} que haciendo uso de las posiciones empleadas comúnmente. Además, recomiendan el uso estandarizado de esta posición como la óptima y aplicable a la práctica clínica. Este resultado, indica que la colocación empleada en los estudios de nuestro trabajo no permite el desempeño completo de la intervención, ya que en ninguno de los casos se usa esta configuración.

Los autores usan entre 4 y 8 electrodos y los disponen sobre los músculos abdominales y/o oblicuos. Laghi et al.²⁰ fue el único que comparó los resultados obtenidos con 4 y 8 electrodos, encontrándose mayores incrementos con el uso de 8. Esto indica que aplicar la electroestimulación en una región más amplia aumenta el efecto de la intervención.

4.4. Parámetros de estimulación:

- Amplitud. De media, los autores usan entre 100-150mA. Sin embargo, la intensidad con la que se aplica la electroestimulación es muy diferentes en los estudios. La gran mayoría aplican intensidades progresivas, mientras que otros fijan un valor fijo¹⁹. A mayor intensidad aplicada, mayor será el estímulo de los músculos, pero debemos tener en cuenta que la intensidad será más o menos tolerable en función del sujeto y del grado de lesión. Aquellos sujetos que preserven mayor sensibilidad por debajo del nivel de lesión sentirán en mayor medida la estimulación
- Duración del pulso. Algunos¹⁸ hacen uso de duraciones más cortas de aplicación, mientras que la gran mayoría emplean duraciones más largas. Las duraciones de pulso deben estar correctamente seleccionadas ya que, una frecuencia elevada de impulso muy duraderos puede propiciar la aparición de fatiga prematura. Por ello, duraciones en torno a los 300µs deberían ser suficientes para lograr un buen estímulo muscular.
- Frecuencia. Es muy heterogénea. En la revisión sistemática, la frecuencia del pulso media de todos los estudios que incluye la misma. Sin embargo, en los estudios experimentales existe mayor variabilidad, aunque Laghi et al.²⁰ emplea la misma frecuencia, y otro una muy cercana²¹, Haviv et al.¹⁹, emplea el doble de la frecuencia media que el resto. Debemos tener en cuenta que, en función de la frecuencia empleada, se estimularán un tipo u otro de fibras musculares. Frecuencias de 50Hz estimulan principalmente las fibras de tipo

Ila. Estas presentan una capacidad de contracción rápida y por sus capacidades aeróbicas son más resistentes a la fatiga que las de tipo IIb. Por lo tanto, potenciar estas fibras va a permitir generar al paciente una mayor capacidad para generar fuerza en la tos y, al mismo tiempo, evitar la aparición prematura de la fatiga muscular. No obstante, otros autores estimulan fibras más explosivas, pero mucho más fatigable, como es el caso de Haviv et al.¹⁹, el cual, con su intervención favorecerá la estimulación de las fibras de tipo IIb. Estas fibras tienen un perfil más anaeróbico, y por ende, desarrollan más potencia, aunque son fatigables muy fácilmente.

4.5. Cambios en las variables respiratorias:

En primer lugar, no se reportaron efectos positivos en la fase aguda de la lesión en la FVC. No obstante, a largo plazo, parece aumentar los valores. De los estudios experimentales, solo Haviv et al.¹⁹ tuvo en cuenta su medición y sus hallazgos son definidos como marginales por los propios autores. Del mismo modo, respecto a la V_C , solo la revisión sistemática contempla la variable y los resultados extraídos no son claros. Los cambios son significativos, aunque después se describen disminuciones tras el cese de la intervención, mientras que otros autores describen un mantenimiento de los valores. Estas variables relacionadas con la cantidad de aire que entra en los pulmones tienen especial interés debido a su relación directa con complicaciones respiratorias originadas por un bajo volumen pulmonar. Un aumento de las mismas podría ayudar a disminuir la aparición de complicaciones respiratorias como las atelectasias, las cuales son muy comunes en estos pacientes.

Respecto al FEV_1 , solo los estudios incluidos en la revisión sistemática contemplan esta variable. Aun así, solo un autor¹⁵ encuentra efectos significativos a corto plazo. El resto de estudios o no recogen esta variable o no hay diferencias significativas.

A corto plazo, la PEM presenta un aumento significativo tras la aplicación de la intervención, aunque solo un autor de la revisión sistemática incluida encuentra estas diferencias. Sin embargo, a largo plazo, los hallazgos son contradictorios. Algunos¹² encuentran que aumenta sustancialmente entre los 3 y 6 meses, aunque los cambios no son significativos a los 6 meses. Otro autor¹⁸ observa gran variabilidad respecto a las mediciones de esta variable. En el metaanálisis, el efecto combinado no resulta significativo, por lo tanto, los cambios no son claros.

Solo Laghi et al.²⁰ estudia la electroestimulación sobre las P_{es} y P_{ga} . En él se comparan diferentes estímulos para comparar los cambios respecto a dichas presiones. Los resultados obtenidos apuntan a que, en estos pacientes, las presiones pleurales inducidas por las contracciones de la musculatura espiratoria son mayores durante la tos asistida con la electroestimulación. Esto indica que una combinación de ambas podría ser efectiva como método coadyuvante para otras técnicas usadas en fisioterapia respiratoria.

La electroestimulación aumenta significativamente la CPF en todos los estudios incluidos en nuestro trabajo. Sin embargo, la PEF presenta una gran variabilidad, mientras que algunos autores reportan cambios tras la intervención, otros señalan un decrecimiento tras el abandono del entrenamiento. Esto podría indicar que para mantener valores altos de PEF, sería necesario continuar con un entrenamiento continuado. Debemos tener en cuenta que estos valores están directamente relacionados con la capacidad tusígena de los pacientes y, por ende, la capacidad para poder expulsar las secreciones de manera autónoma. Por otro lado, en los estudios experimentales incluidos Haviv et al.¹⁹ encuentra que el uso de la electroestimulación asistiendo la tos presenta un efecto significativo. Lo mismo sucede con los resultados encontrados en el estudio de Laghi et al.²⁰, el cual revela un efecto similar. Esto significa que aplicar la intervención como asistencia a la tos aumenta el flujo espiratorio y, por lo tanto, facilitaría la expulsión de las secreciones respiratorias. Una revisión narrativa²⁴ publicada en 2019 abala estos resultados y

llega a la misma conclusión que nosotros, es decir, la aplicación de la intervención podría ser útil para el manejo fisioterapéutico de estos pacientes.

Solo Haviv et al.¹⁹ mide la MVV, un variable poco usada en la práctica clínica y la cual no cambia con la intervención. Por otro lado, El volumen tidal medido únicamente en el estudio de Liebscher et al.²¹ no presenta cambios, por lo que la aplicación de la electroestimulación no

4.6. Limitaciones del estudio y propuestas de mejora:

El principal objetivo de la electroestimulación en esta intervención es la de mejorar la función respiratoria y, principalmente, aumentar la capacidad tusígena. Sin embargo, los estudios experimentales incluidos en este estudio tienen otros objetivos, aunque midan variables directamente relacionadas.

La aplicación de la EEF debe ser estudiada en mayor profundidad con el objetivo de mejorar la función respiratoria y disminuir las complicaciones asociadas. Son necesarios estudios experimentales con mayor rigor metodológico. Para ello, sería importante la investigación de la técnica con un grupo control, con muestras aleatorizadas y tamaños muestrales mayores a los de los estudios incluidos en nuestro trabajo. Solo un estudio de la revisión bibliográfica presentaba grupo control y 3 de ellos empleó la aleatorización.

Por otro lado, cegar la intervención sería posible ya que, por un lado, los pacientes podrían recibir otro tipo de electroestimulación destinada a otro fin, como puede ser el uso de corrientes analgésicas como alternativa, y por otro, los investigadores podrían estar cegados a la intervención permitiendo en exclusiva el cambio de la intensidad y no de los otros parámetros.

Asimismo, una de las grandes limitaciones de nuestro estudio es la gran cantidad de variables diferentes que son medidas para determinar lo mismo. Es necesario que los futuros estudios tengan en cuenta este factor y hagan uso de las variables

más próximas a la práctica clínica habitual y más fiables. Como ejemplo, solo algunos estudios recogidos en la revisión sistemática incluida miden la PEM, siendo esta una medición muy sensible, confiable y no invasivo para evaluar la función de la musculatura respiratoria.⁶

De este modo, se podría disminuir en gran medida el empleo de tanta variedad y centrar los cambios en las más empleadas. Así, futuros metaanálisis tendrían más fácil la extracción de resultados basados en estudios que miden lo mismo.

También, para permitir una mayor comparación, los futuros estudios que investiguen la intervención deberían emplear protocolos estandarizados. Asimismo, los tiempos de aplicación son dispares, en la mayoría de estudios recogidos en la revisión sistemática incluida aplica programas de 4 semanas con tiempo variables de seguimiento post intervención. Determinar las dosis de tratamiento y valorar los cambios a muy largo plazo sería una forma de comprobar los cambios en variables que requieren de mayores dosis de tratamiento para lograr un cambio significativo, así como observar la duración del efecto.

El grado de gravedad de pacientes es muy heterogénea, lo cual dificulta la comparación de los resultados. La lesión medular es una patología que presenta una gran variabilidad, por lo que determinar que grupos se beneficiarían en mayor medida podría ser útil para aumentar la potencia de la intervención y aplicarla a dichos grupos.

5. CONCLUSIONES:

- La aplicación de la electroestimulación en la musculatura espiratoria parece mejorar la función respiratoria y aumentar la capacidad tusígena en pacientes con lesión medular.
- Son necesarios nuevos grupos de investigación especializados que realicen estudios experimentales aleatorizados, enmascarados, con grupo control y mayor tamaño muestral para obtener, con mayor determinación, resultados certeros acerca de la efectividad de la intervención.
- La estandarización de los parámetros y las dosis son necesarios para disminuir la variabilidad entre estudios, así como la medición de variables más accesibles y estandarizadas para la aplicación en la práctica clínica.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Venkatesh K, Ghosh SK, Mullick M, Manivasagam G, Sen D. Spinal cord injury: pathophysiology, treatment strategies, associated challenges, and future implications. *Cell Tissue Res.* 2019;377(2):125-51.
2. Hospital Nacional de Paraplégicos [Internet] Toledo; Hospital Nacional de Parapléjicos [Internet]. [citado 11 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://hnparaplejicos.sanidad.castillalamancha.es/es/pacientes/lesion-medular/preguntas-mas-frecuentes/lesion-medular>
3. Schreiber AF, Garlasco J, Vieira F, Lau YH, Stavi D, Lightfoot D, et al. Separation from mechanical ventilation and survival after spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intens Care.* 2021;11:149.
4. Galeiras Vázquez R, Ferreiro Velasco ME, Mourelo Fariña M, Montoto Marqués A, Salvador de la Barrera S. Actualización en lesión medular aguda postraumática. Parte 1. *Med Intensiva.* 2017;41(4):237-47.
5. Galeiras Vázquez R, Rascado Sedes P, Mourelo Fariña M, Montoto Marqués A, Ferreiro Velasco ME. Respiratory Management in the Patient with Spinal Cord Injury. *BioMed Res Int.* 2013;2013:e168757.
6. Wang X, Zhang N, Xu Y. Effects of Respiratory Muscle Training on Pulmonary Function in Individuals with Spinal Cord Injury: An Updated Meta-analysis. *BioMed Res Int.* 24 de febrero de 2020;2020:e7530498.
7. Tamplin J, Berlowitz DJ. A systematic review and meta-analysis of the effects of respiratory muscle training on pulmonary function in tetraplegia. *Spinal Cord.* 2014;52(3):175-80.

8. Berlowitz DJ, Tamplin J. Respiratory muscle training for cervical spinal cord injury. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;(7):CD008507.
9. Luo S, Xu H, Zuo Y, Liu X, All AH. A Review of Functional Electrical Stimulation Treatment in Spinal Cord Injury. *Neuromolecular Med.* 2020;22(4):447-63.
10. Pombo M, Rodríguez J, Brunet X, Requena B. Electrostimulation, training and periodization. 1^a ed. Barcelona: Paidotribo; 2004. p 11-39.
11. McCaughey EJ, Borotkanics RJ, Gollee H, Folz RJ, McLachlan AJ. Abdominal functional electrical stimulation to improve respiratory function after spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *Spinal Cord.* 2016;54(9):628-39.
12. Cheng PT, Chen CL, Wang CM, Chung CY. Effect of neuromuscular electrical stimulation on cough capacity and pulmonary function in patients with acute cervical cord injury. *J Rehabil Med.* 2006;38(1):32-6.
13. Gollee H, Hunt KJ, Allan DB, Fraser MH, McLean AN. A control system for automatic electrical stimulation of abdominal muscles to assist respiratory function in tetraplegia. *Med Eng Phys.* 2007;29(7):799-807.
14. Langbein WE, Maloney C, Kandare F, Stanic U, Nemchausky B, Jaeger RJ. Pulmonary function testing in spinal cord injury: effects of abdominal muscle stimulation. *J Rehabil Res Dev.* 2001;38(5):591-7.
15. Butler JE, Lim J, Gorman RB, Boswell-Ruys C, Saboisky JP, Lee BB, et al. Posterolateral surface electrical stimulation of abdominal expiratory muscles to enhance cough in spinal cord injury. *Neurorehabil Neural Repair.* 2011;25(2):158-67.

16. Linder SH. Functional electrical stimulation to enhance cough in quadriplegia. *Chest*. 1993;103(1):166-9.
17. McBain RA, Boswell-Ruys CL, Lee BB, Gandevia SC, Butler JE. Abdominal muscle training can enhance cough after spinal cord injury. *Neurorehabil Neural Repair*. 2013;27(9):834-43.
18. 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.
19. Haviv L, Friedman H, Bierman U, Glass I, Plotkin A, Weissbrod A, et al. Using a Sniff Controller to Self-Trigger Abdominal Functional Electrical Stimulation for Assisted Coughing Following Cervical Spinal Cord Lesions. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng Publ IEEE Eng Med Biol Soc*. 2017;25(9):1461-71.
20. Laghi F, Maddipati V, Schnell T, Langbein WE, Tobin MJ. Determinants of cough effectiveness in patients with respiratory muscle weakness. *Respir Physiol Neurobiol*. 2017;240:17-25.
21. Liebscher T, Schauer T, Stephan R, Prilipp E, Niedeggen A, Ekkernkamp A, et al. Breathing-synchronised electrical stimulation of the abdominal muscles in patients with acute tetraplegia: A prospective proof-of-concept study. *J Spinal Cord Med*. 2016;39(6):628-37.
22. Oxford Centre for Evidence-Based Medicine: Levels of Evidence (March 2009) — Centre for Evidence-Based Medicine (CEBM), University of Oxford [Internet]. [citado 15 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.cebm.ox.ac.uk/resources/levels-of-evidence/oxford-centre-for-evidence-based-medicine-levels-of-evidence-march-2009>

23. McCaughey EJ, Boswell-Ruys CL, Hudson AL, Gandevia SC, Butler JE. Optimal electrode position for abdominal functional electrical stimulation. *J Appl Physiol.* 2018;125(4):1062-8.

24. McCaughey EJ, Butler JE, McBain RA, Boswell-Ruys CL, Hudson AL, Gandevia SC, et al. Abdominal Functional Electrical Stimulation to Augment Respiratory Function in Spinal Cord Injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil.* 2019;25(2):105-11.

ANEXOS

Anexo 1: Estrategia de búsqueda

PubMed:

("Electric Stimulation Therapy"[Mesh] OR Electrostimul* OR Electroestimul* OR "Electrical Stimulation" OR "Electrical Nerve Stimulation" OR "EMS" OR "transcutaneous electrical diaphragmatic stimulation" OR TEDS) AND ("Spinal Cord Injuries"[Mesh] OR "Spinal Cord" [TITLE] OR "Quadriplegia"[Mesh] OR Quadriplegi* OR "Tetraplegi*") AND (Respir* OR Lung* OR breath* OR Pulmon*) AND (Muscle* OR Abdomin* OR "Abdomen"[mEsh] OR Abdomin*)

- Filtros: no superior a 5 años y en español e inglés.
- Resultados: 445

Scopus:

Title ("Electric Stimulation" OR Electrostimulat* OR "Electrical Stimulation" OR "transcutaneous electrical diaphragmatic stimulation" OR TEDS) AND ("Spinal Cord" OR quadriplegi* OR tetraplegi*) AND (Respir* OR Lung* OR breath* OR Pulmonar* OR Abdomin*)

- Filtros: no superior de 5 años y en inglés y español)
- Resultados: 172

Web of Science:

Title ("Electric Stimulation" OR Electrostimulat* OR "Electrical Stimulation" OR "transcutaneous electrical diaphragmatic stimulation" OR TEDS) AND ("Spinal Cord" OR quadriplegi* OR tetraplegi*) AND (Respir* OR Lung* OR breath* OR Pulmonar* OR Abdomin*)

- Filtros: no superior de 5 años y en inglés y español.
- Resultados: 178