



TRABAJO FIN DE GRADO FISIOTERAPIA

**EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO
DE LA MUSCULATURA
RESPIRATORIA SOBRE LA
FUNCIÓN PULMONAR,
MUSCULAR Y LA TOLERANCIA
AL EJERCICIO EN EL ACCIDENTE
CEREBROVASCULAR: REVISIÓN
SISTEMÁTICA**

Alumno: Raúl Fabero Garrido

Tutor: Ibai López de Uralde Villanueva

ÍNDICE

ABREVIATURAS.....	4
RESUMEN.....	5
ABSTRACT	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Epidemiología e impacto socioeconómico	7
1.2. Deterioro general en el accidente cerebrovascular.....	8
1.2.1. Deterioro del sistema respiratorio	8
1.2.2. Deterioro del sistema cardiocirculatorio y muscular.....	9
1.3. Metabolorreflejo y mecanorreflejo	10
1.4. Entrenamiento de la musculatura respiratoria	11
1.4.1. Beneficios del entrenamiento de los músculos respiratorios	12
1.5. Justificación	13
1.6. Objetivos e hipótesis	14
2. METODOLOGÍA.....	15
2.1. Criterios de inclusión	15
2.1.1. Población	15
2.1.2. Intervención y grupo de comparación	15
2.1.3. Variables.....	16
2.1.4. Tipo de estudios	16
2.2. Estrategia de búsqueda:	17
2.3. Descripción de la selección y las características de los estudios.....	17
2.4. Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo.....	18
2.5. Análisis cualitativo	19
3. RESULTADOS	20
3.1. Descripción de la selección de estudios	20
3.2. Características de la población de los estudios	20
3.3. Características de los estudios	20

3.4.	Calidad de los estudios y riesgo de sesgo	21
3.5.	Resultados de la revisión sistemática	22
3.5.1.	Función de la musculatura respiratoria	23
3.5.2.	Función pulmonar.....	24
3.5.3.	Tolerancia al ejercicio.....	25
4.	DISCUSIÓN.....	26
4.1.	Función de la musculatura respiratoria	26
4.2.	Función pulmonar.....	28
4.3.	Tolerancia al ejercicio.....	29
4.4.	Fortalezas.....	31
4.5.	Limitaciones.....	31
4.6.	Implicaciones clínicas.....	32
5.	CONCLUSIÓN.....	33
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	34
7.	ANEXOS.....	40

ABREVIATURAS

- ✚ ACV: Accidente cerebrovascular.
- ✚ AVD: Actividades de la vida diaria.
- ✚ CO₂: Dióxido de carbono.
- ✚ CV: Capacidad vital.
- ✚ CVF: Capacidad vital forzada.
- ✚ ECCAs: ensayos clínicos controlados aleatorizados.
- ✚ EMI: Entrenamiento de la musculatura inspiratoria.
- ✚ EME: Entrenamiento de la musculatura espiratoria.
- ✚ EPOC: Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.
- ✚ FEM: Flujo espiratorio máximo.
- ✚ FEF_{25-75%}: Flujo espiratorio medio.
- ✚ NI: No intervención.
- ✚ MeSH: *Medical subject headings*.
- ✚ MET: Unidad metabólica.
- ✚ O₂: Oxígeno.
- ✚ PIM: Presión inspiratoria máxima.
- ✚ PEM: Presión espiratoria máxima.
- ✚ PM6M: Prueba de marcha de 6 minutos.
- ✚ RMI: Resistencia de la musculatura inspiratoria.
- ✚ VEMS: Volumen espiratorio máximo en el primer segundo.
- ✚ VO₂máx: consumo de oxígeno máximo.
- ✚ VVM: Ventilación voluntaria máxima.

RESUMEN

Introducción: El accidente cerebrovascular (ACV) es una de las patologías más discapacitantes de nuestra sociedad, donde la función pulmonar y la capacidad cardiorrespiratoria se ven deterioradas. Por ello, el entrenamiento de la musculatura respiratoria se ha incorporado dentro del tratamiento de manera reciente, como una buena herramienta para hacer frente a esos déficits.

Metodología: Se ha llevado a cabo una revisión sistemática en 7 bases de datos, incluyendo solo ensayos clínicos controlados aleatorizados de considerable calidad metodológica. Se analizaron los beneficios de los distintos tipos de entrenamiento según las fases de la enfermedad.

Resultados: Los 10 ensayos incluidos indican que el entrenamiento de la musculatura respiratoria es eficaz para mejorar la fuerza y resistencia de esta musculatura, además de la capacidad vital forzada y el flujo espiratorio máximo. El entrenamiento combinado (inspiratorio/espiratorio) se muestra como el más eficaz. Los pacientes crónicos se pueden beneficiar de esta intervención, pero la evidencia para los agudos todavía es contradictoria.

Discusión: El bajo riesgo de sesgo detectado en los estudios incluidos sugiere que los hallazgos de esta revisión son los más fiables de los descritos hasta la fecha. Sin embargo, la escasa literatura de calidad no permite establecer conclusiones firmes para algunas de las variables.

Conclusión: El entrenamiento de la musculatura respiratoria, sobre todo el combinado, es eficaz para mejorar la función tanto pulmonar como de la musculatura respiratoria en sujetos con ACV. Se necesita más investigación para seguir conociendo el alcance de este tipo de intervención en estos pacientes.

Palabras clave: Entrenamiento de musculatura respiratoria, Ictus, Rehabilitación.

ABSTRACT

Background: The stroke is one of the most disabling diseases in our society, which impairs lung function and cardiorespiratory capacity in patients. For this reason, respiratory muscle training has recently been incorporated into treatment as a good tool to deal with these deficits.

Methods: A systematic review of 7 databases has been carried out, including only randomized controlled clinical trials with considerable methodological quality. The PEDro scale and Cochrane risk of bias were conducted. The benefits of the different training modalities were analyzed according to the stages of the disease.

Results: The 10 included trials suggests that respiratory muscle training is effective improving strength and endurance of respiratory musculature and other outcomes as the forced vital capacity and peak expiratory flow. Combined training (inspiratory and expiratory) training seems to be the most effective modality. Chronic patients can benefit from this intervention, but the evidence for the acute ones is still contradictory.

Discussion: The low risk of bias detected in the included studies suggests that these findings are the most reliable of those described to date. Nevertheless, the scarce good-quality literature prevents drawing conclusions in some outcomes.

Conclusion: Respiratory muscle training (and especially the combined one) is effective to improve both lung and respiratory muscle function in stroke patients. More research is needed to further understand the scope of this type of intervention in these patients.

Key words: Respiratory muscle training, Stroke, Rehabilitation.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Epidemiología e impacto socioeconómico

El accidente cerebrovascular (ACV) o ictus es una patología de primera prioridad en salud pública. Según la *American Stroke Association*, se define como “un bloqueo en el flujo de sangre de las arterias que nutren el cerebro”, o también como “un sangrado que ocurre dentro del cerebro o en las membranas que lo rodean”, produciendo generalmente una hemiparesia contralateral al hemisferio cerebral dañado¹. Representa la segunda causa de muerte a nivel mundial y la primera en producir discapacidad². En España, los últimos datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística reportaron un total de 427.721 personas fallecidas a lo largo del 2018, de las cuales 120.859 muertes se produjeron a causa del aparato circulatorio, situándose a la cabeza el ictus³. Según la Sociedad Española de Neurología, el ACV es la tercera causa de muerte en España (la segunda en mujeres), suponiendo el 21,86% de las enfermedades cardiovasculares y el 6,18% del total de muertes⁴. Anualmente se producen en torno a unos 72.000 nuevos casos y ya hay más de 650.000 personas afectadas en España, con su consecuente carga social y económica tanto para el paciente como para su entorno familiar, elevando el coste de los cuidados a una media de 27.711 € al año, compartido entre los servicios sanitarios y la propia familia⁴.

Desde la perspectiva de la rehabilitación, el ACV es un gran generador de discapacidad, tanto física como cognitiva. Dos de cada tres personas con ictus acaban teniendo secuelas, muchas de ellas incapacitantes⁴. Se ha comprobado que los sujetos que han padecido un ACV tienen una peor percepción de la salud, achacada especialmente a limitaciones en la realización y participación de las actividades de la vida diaria (AVD), en comparación con los pacientes que presentan secuelas de accidentes laborales o de tráfico, tumores u otras enfermedades crónicas⁴. De hecho, el 59,1% de los pacientes tienen problemas para la realización de las AVD y un 62,4% reporta problemas de movilidad⁴. Según las estimaciones de la Organización Mundial de la Salud, y teniendo en cuenta que para el año 2050 las personas mayores de 65 años representarán el 46% del total de la población mundial, se podría prever que casi la mitad de la población sería susceptible de sufrir un ACV⁵. Por ello, es lógico pensar que cualquier tipo de intervención que repercuta en una mejor calidad de vida de los pacientes que han sufrido un ACV resultará positiva a nivel social, así como a nivel particular, es decir tanto para el individuo como para su entorno familiar. Además, la mortalidad por ACV ha disminuido notablemente en los últimos años, lo que deja un número cada vez más alto de supervivientes con mayor probabilidad de recurrencia. También debe destacarse que, debido al envejecimiento habitual de quienes sufren esta patología, existe mayor probabilidad de que ocurran complicaciones asociadas de importante gravedad, lo que generará un importante impacto sanitario⁴.

1.2. Deterioro general en el accidente cerebrovascular

La clínica de los ACV es muy heterogénea, dependiendo en gran medida del área afectada por la lesión. Generalmente, sucede una hemiplejía que afecta al componente motor y sensorial⁶. Además, sistemas como el del equilibrio, la coordinación y la propiocepción también resultan afectados negativamente, pudiendo coexistir dichas afectaciones con trastornos a otros niveles, como el cognitivo, emocional, comportamental o perceptivo⁶. Adicionalmente, estos pacientes van a sufrir un marcado desacondicionamiento cardiorrespiratorio debido a que su consumo de oxígeno máximo (VO_2 máx) es un 53% menor comparado con personas sedentarias sanas de igual sexo y edad⁷. En este sentido, las personas sedentarias utilizan 10.5mL de O_2 /kg/min (3 unidades metabólicas (METS)) en AVD de tipo ligeras, como actividades domésticas o paseos y 17.5mL de O_2 /kg/min (5 METS) en AVD intensas, como el trabajo pesado, la jardinería o la marcha rápida⁶. En contraste, los pacientes que han sufrido un ACV, por norma general, alcanzan un VO_2 máx de solo 13.6 ± 4 mL de O_2 /kg/min⁷, es decir 3 ± 1 METS. Este hecho implica que las AVD de tipo ligeras no pueden ser mantenidas en el tiempo volviéndose insostenibles, mientras que las AVD de tipo intenso resultan impracticables debido al coste energético que suponen para esta población. Además, se ha demostrado que los pacientes que han sufrido un ACV acaban trabajando a lo largo del día al 40-50% de su capacidad cardiorrespiratoria máxima produciéndoles una gran fatiga⁶.

1.2.1. Deterioro del sistema respiratorio

El desacondicionamiento físico al que se hace referencia, comienza con la aparición del daño cerebral, entre otros motivos por la afectación de la vía cortico-diafragmática⁸. En consecuencia, ocurre un enlentecimiento de la transmisión nerviosa que se focaliza sobre todo a nivel central, puesto que la velocidad del impulso nervioso del nervio frénico permanece conservada⁸. El diafragma se encarga de la entrada del 60-70% del aire que entra a los pulmones⁸ y por ello, la hemiparesia de ese músculo va afectar al correcto funcionamiento de la mecánica ventilatoria. Ramos et al⁹ encontraron una disminución en los parámetros de la función muscular respiratoria en estos pacientes, representada por valores de presión inspiratoria máxima (PIM) y presión espiratoria máxima (PEM) más bajos con respecto a los valores normativos por sexo y edad. También se ha apreciado que el diafragma parético posee un menor espesor con respecto al no afecto, siendo ambos menos gruesos comparados con sujetos sanos¹⁰. Sin embargo, en sujetos que han padecido un ACV no solo la función de la musculatura respiratoria se ve deteriorada, sino que también la función pulmonar está mermada. De hecho, parámetros como la capacidad vital (CV), la capacidad vital forzada (CVF), el flujo espiratorio máximo (FEM) y el volumen espiratorio máximo en el primer segundo (VEMS) se encuentran disminuidos con respecto a los valores de normalidad^{8,10}, sugiriendo la presencia de un patrón restrictivo.

Aunque el pulmón del lado no parético funcione correctamente, el desequilibrio ventilación/perfusión del otro pulmón va a aumentar el efecto "cortocircuito pulmonar", en el

cual la sangre venosa no va a saturarse completamente de oxígeno (O_2) por la presencia de alveolos que no están correctamente ventilados¹¹. Esto produce una mezcla entre sangre venosa empobrecida y sangre arterial que sí ha realizado un adecuado intercambio gaseoso, resultando de esta manera en una sangre arterial hipoxémica⁸. Para tratar de recuperar los niveles de O_2 normales, los centros respiratorios recurren a un incremento de la frecuencia respiratoria, lo que conduce a una hipocapnia a causa de las grandes cantidades de dióxido de carbono (CO_2) que se pierden a través de la hiperventilación⁸. Como los niveles de O_2 van a seguir sin poder recuperarse, la hiperventilación se perpetuará en el tiempo, desembocando en una alcalosis metabólica con descensos en los niveles plasmáticos de bicarbonato, mediada por el sistema tampón carbonato-bicarbonato⁸. Estos hechos son de especial relevancia, ya que la hipocapnia es un potente vasoconstrictor, pudiéndose limitar el aporte de sangre a zonas que la demanden, como por ejemplo la musculatura de los miembros al realizar las AVD⁸. Por otro lado, la hiperventilación conlleva que la espiración se vuelva activa, requiriendo la contracción de los músculos espiratorios⁸. Por consiguiente, hasta un 30% del gasto cardíaco se destina a la musculatura respiratoria, imposibilitando el abastecimiento de las demandas requeridas de O_2 a nivel periférico. Todo ello, supone una disminución del $VO_{2m\acute{a}x}$ en estos sujetos⁸, resultando en una disminución de sus capacidades funcionales.

1.2.2. Deterioro del sistema cardiocirculatorio y muscular

Además de los cambios en el sistema respiratorio, existen otros sistemas que explican esa reducción drástica de la capacidad cardiorrespiratoria tras padecer un ACV. El último estudio que valoró estas maladaptaciones desde un punto de vista fisiológico, indicó que a nivel cardiovascular los miembros paréticos experimentan una reducción del flujo sanguíneo debido a un deterioro vasodilatador⁶. Este hecho puede atribuirse a carencias de la función endotelial donde se libera menos óxido nítrico, así como a un deterioro de la arquitectura vascular que vuelve menos flexible el vaso^{6,12}. Tras un ACV muchos pacientes desarrollan hipertensión arterial, cuyo origen puede derivar de mecanismos biológicos asociados al óxido nítrico, aunque éstos aún no han sido comprendidos por completo⁶. Adicionalmente, tras el ACV ocurre una falta de control del sistema nervioso autónomo, que es el encargado de controlar la frecuencia cardíaca y de dirigir la sangre a las distintas partes del cuerpo, entre otras funciones, dando como resultado un menor gasto cardíaco y un menor $VO_{2m\acute{a}x}$ comparado con adultos sanos de igual sexo y edad⁶. También existe un deterioro a nivel muscular tras el daño cerebral, quedando patente una reducción de la fuerza, la movilidad y el control motor, así como una mayor proporción de grasa intramuscular, lo que favorece la fatiga y una mayor resistencia a la insulina⁶. Con el tiempo aparece atrofia muscular, más visible en músculos grandes^{6,12}, y una mayor proporción de fibras tipo II respecto a las tipo I, lo que predispone un mayor gasto energético y una fatiga precoz⁶. Esta atrofia muscular puede explicar en parte la reducción del $VO_{2m\acute{a}x}$ ¹². Además, se ha demostrado una menor capilaridad por fibra, lo que conlleva un menor aporte energético a los músculos y un mayor tiempo para que los sustratos

lleguen a las mitocondrias, todo ello se traduce en una menor eficiencia del sistema muscular⁶. En base a todo lo expuesto, estos pacientes reducen significativamente sus niveles de actividad física, conduciendo a una descondicionamiento e intolerancia al ejercicio, que a su vez contribuyen a reducir aún más su actividad física. De este modo, los pacientes se ven envueltos en un círculo vicioso que puede conllevar secuelas mentales, físicas y sociales.

1.3. Metabolorreflejo y mecanorreflejo

El metabolorrelejo y el mecanorrelejo son dos procesos que ocurren de manera fisiológica en la musculatura estriada cuando se somete a altas cargas de ejercicio físico^{13,14}. Es imprescindible el conocimiento de estos dos reflejos para poder contemplar el alcance que puede tener el entrenamiento de la musculatura respiratoria en todo tipo de sujetos.

Para explicar estos reflejos partimos de la existencia de fibras aferentes mielinizadas tipo III y no mielinizadas tipo IV que se proyectan desde toda la musculatura esquelética (incluido el diafragma) hacia centros supraespinales del tronco encefálico (involucrados en el control cardiorrespiratorio) e incluso más arriba, al cerebelo, al hipotálamo y a la corteza somatosensorial, con el objetivo de informar sobre la situación mecánica y metabólica de los músculos¹³⁻¹⁵. Cuanto mayores sean los depósitos de sustancias derivadas del metabolismo en el músculo, lactato especialmente, o mayor sea su movimiento, mayores serán las aferencias hacia los centros reguladores cardiovasculares supraespinales de las fibras tipo IV o III, respectivamente^{13,14,16}. Si aumentan los impulsos nerviosos de las fibras III y IV, estos centros superiores elevan el tono simpático y así se genera una vasoconstricción generalizada mediada por noradrenalina, que conlleva un justificado aumento de la presión arterial^{13,16}. Además, el corazón aumenta su frecuencia de latido debido a la liberación de adrenalina por parte de las glándulas suprarrenales¹³. De este modo, el tono simpático aumenta más con las aferencias de las fibras no mielinizadas que con el de las mielinizadas, por lo que las repercusiones sobre el sistema nervioso simpático del mecanorrelejo son menores que el del metabolorrelejo¹⁶.

La fuerza del diafragma tiene una alta correlación con la sensación de fatiga, y además, uno de los mayores limitantes para la actividad de este músculo es el flujo de sangre que le llega desde la arteria frénica¹³. En este sentido, un estudio donde sometieron a sujetos sanos se sometieron a realizar ejercicio conectados a ventilación mecánica para generar una descarga de trabajo en el diafragma, evidenció que este músculo requiere en AVD de tipo moderado un 7-10% del $VO_2máx$ ¹⁷, correspondiendo con un 15-16% del gasto cardíaco¹³. De esta manera, podría pensarse que, al aumentar el tono simpático central a causa del metabolorrelejo respiratorio, la vasoconstricción generalizada también podría producirse en los vasos de los músculos inspiratorios, limitando su aporte sanguíneo y acelerando su propia fatiga¹³. Sin embargo, se ha detectado que esos vasos responden más a los estímulos vasodilatadores que a los vasoconstrictores, debido a una menor proporción de alfa-adrenorreceptores en su pared

vascular¹³. Por ello, durante el metabolorreflejo existe una predilección natural para irrigar los músculos respiratorios, que limita aún más el aporte sanguíneo de la musculatura periférica. La consecuencia de todo ello es un peor rendimiento y la aparición de fatiga precoz, lo que limita la actividad que se esté llevando a cabo¹³. Como era de esperar estos reflejos también aparecen en población patológica, donde se ha demostrado que durante el ejercicio existe una excitación exagerada de las fibras tipo III y IV^{14,18}. Aunque todavía no existen estudios explicando el metabolorreflejo y el mecanorreflejo en ACV, no hay razones para pensar que no se de en estos pacientes debido a que las AVD les suponen una alta carga de trabajo⁶.

El entrenamiento de la musculatura respiratoria puede explicar el retraso en la aparición del metabolorreflejo y mecanorreflejo respiratorio como ya se ha constatado previamente¹⁹, permitiendo una mejor capacidad cardiorrespiratoria al no restringir de manera temprana el flujo de sangre a los miembros que están ejercitándose. Desde una orientación más fisiológica, se ha demostrado que se produce un menor acúmulo de productos metabólicos intracelulares gracias a una depuración más rápida de los mismos, disminuyendo los estímulos provenientes no solo de fibras tipo IV metabolosensibles sino también de las tipo III mecanosensibles, que se activan también por estos detritus¹⁶. Además, existe un fenómeno de adecuación frente a la exposición continuada que sufren las fibras III y IV, que es capaz de reducir los impulsos aferentes al sistema nervioso central ante una misma concentración de estímulo¹⁶. De esta manera, se eleva el umbral al que aparece el metabolorreflejo, permitiendo un mayor consumo de O₂ a nivel periférico y así una mayor desenvoltura en las AVD. Por consiguiente, las adaptaciones provocadas tras un correcto programa de entrenamiento pueden influir en el metabolismo energético de los músculos respiratorios, ganando en eficiencia y provocando una menor demanda de O₂¹⁶. Este hecho permite redirigir la sangre sobrante hacia la musculatura periférica que es donde realmente se necesita para realizar las AVD, permitiendo al sujeto de manera indirecta una mayor participación y calidad de vida¹³.

1.4. Entrenamiento de la musculatura respiratoria

El entrenamiento de la musculatura respiratoria empezó a utilizarse en jóvenes sanos en 1970, por Leith y Bradley²⁰. Inicialmente, se empleó con una orientación más deportiva con el fin de mejorar el rendimiento de los deportistas, siendo este campo en el que se ha investigado en mayor profundidad. Cada vez es más utilizada la realización de planes de entrenamiento de los músculos respiratorios dirigidos, principalmente, a la mejora de la capacidad aeróbica, bien para un aumento de la calidad de vida en enfermos²¹ o para la mejora del rendimiento físico en personas sanas²². Los músculos respiratorios son de naturaleza estriada y por esa razón pueden entrenarse en términos de fuerza y resistencia²³. Existen distintos tipos de dispositivos diseñados para oponer resistencia, los cuales son utilizados en el entrenamiento de la musculatura respiratoria (Véase Figura 1):

- ✚ Dispositivos de carga resistiva: La resistencia viene dada por un orificio a través del cual debe pasar el aire que se inspira o espira. Su diámetro es variable con el objetivo de entrenar a distintas intensidades, donde los diámetros más reducidos implican una mayor intensidad. El problema de estos aparatos radica en que la resistencia es flujo dependiente, por esta razón suelen llevar un mecanismo de retroalimentación para indicar al sujeto el flujo óptimo con el que debe realizar el ejercicio²³.
- ✚ Dispositivos de umbral: La resistencia viene dada por el paso del aire a través de una válvula que se abre a una presión adaptable mediante la tensión de un muelle o resorte. La ventaja de estos aparatos sobre los anteriores radica en que ofrecen siempre la misma resistencia, independientemente del flujo del aire²³. Actualmente, estos dispositivos son los más empleados por la sencillez a la hora de pautar cargas y la facilidad de uso, ya que el sujeto no necesita estar atento a ninguna retroalimentación²⁰.
- ✚ Dispositivos de hiperpnea isocápnica voluntaria: Requieren de respiraciones consecutivas y profundas por parte del sujeto que pueden durar hasta 15 minutos. Para prevenir mareos por hipocapnia el aparato devuelve parcialmente el aire respirado, manteniendo estables los niveles de CO₂. Son el tipo de dispositivos menos frecuentes del mercado y con los que menos estudios se han realizado²³.

1.4.1. Beneficios del entrenamiento de los músculos respiratorios

En la revisión de Shei et al¹⁹ quedan recogidos todos los beneficios ergogénicos y fisiológicos que ha reportado este tipo de entrenamiento en población sana. Entre ellos destaca la mejora en la economía energética de la musculatura respiratoria, reduciéndose la actividad de los músculos inspiratorios a la vez que se mantiene una adecuada ventilación pulmonar¹⁹. Además, el entrenamiento de los músculos respiratorios favorece la aparición de más fibras musculares tipo I, así como el engrosamiento de las tipo II en la musculatura inspiratoria, por lo que aumenta la resistencia a la fatiga y la capacidad para generar mayores diferencias de presión¹⁹. Quizás el elemento más relevante que identificaron Shei et al¹⁹ en su revisión, fue que se redujo la sensación de fatiga en la musculatura periférica y el disconfort respiratorio que conlleva el ejercicio físico en personas sanas. En gran parte, este hecho puede explicarse por el retraso en la aparición del metabolorreflejo y mecanorreflejo respiratorio como bien queda explicado en el apartado 1.4.

Todas estas mejoras obtenidas a través del entrenamiento de la musculatura respiratoria concuerdan perfectamente con las carencias y necesidades que expresan los pacientes con ACV, desde la arquitectura muscular hasta el incremento de los volúmenes pulmonares y de la calidad de vida. Además, la elevación del umbral al que se desencadena el mecanorreflejo y, sobre todo, el metabolorreflejo, representa el factor clave que permite justificar la inclusión del entrenamiento de la musculatura respiratoria como parte de las intervenciones dirigidas a mejorar la funcionalidad, participación y calidad de vida de estos pacientes. En este sentido, ya

se han estudiado los efectos del entrenamiento de musculatura respiratoria en otras patologías como la insuficiencia cardíaca²⁴, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)²¹ o tetraplejia²⁵, reportándose mejoras en variables referentes a la función pulmonar como la CVF, el VEMS o el FEM²⁵, así como en la fuerza de la musculatura respiratoria^{21,24,25}, la tolerancia al ejercicio^{21,24}, la disnea^{21,24} o la calidad de vida²¹. Al igual que ocurre con las mejoras que aparecen en sujetos sanos, los beneficios encontrados con esta modalidad de entrenamiento en población enferma podrían resultar muy relevantes para mejorar las necesidades que presentan los pacientes con ACV.

1.5. Justificación

En los últimos años se han publicado revisiones de la literatura relativas al entrenamiento de los músculos respiratorios en pacientes que han sufrido un ACV. La más actual data de 2018 y fue dirigida por Menezes et al.², quienes se focalizaron en la efectividad de distintos enfoques terapéuticos para mejorar la función respiratoria en pacientes tras un ACV. Esta revisión concluyó que el entrenamiento de la musculatura respiratoria mejoraba la PIM, la PEM, la CVF, el VEMS y el FEM, además de la disnea y los niveles de actividad en sujetos con ACV. Otra revisión sistemática fue la de Gomes-Neto et al.²⁶, en la cual se presentan los efectos del entrenamiento de los músculos respiratorios en pacientes con ACV, indicando resultados similares a los de Menezes et al.².

Ninguna revisión de las publicadas previamente se ha realizado con exhaustividad. Por un lado Menezes et al.² analizaron estudios en los que los sujetos padecían insuficiencia cardíaca concomitante con el ACV, lo que podría sesgar sus resultados debido a la heterogeneidad de su muestra. Además incluyen ensayos de una calidad metodológica inadecuada, por lo que también pudieron estar sesgando sus resultados. Por otro lado, en la revisión de Gomes-Neto et al.²⁶ la literatura que incluyeron en cada una de sus variables es escasa, oscilando entre 4 y 2 estudios. Además, solo valoraron la PIM, la PEM, el VEMS y la tolerancia al ejercicio. Por todo lo expuesto, y debido a que en los últimos años se han publicado diversos ensayos que profundizan en los efectos del entrenamiento de musculatura respiratoria en pacientes que han sufrido un ACV, se considera relevante realizar una síntesis exhaustiva de los estudios de mejor calidad para examinar cuáles son los efectos reales aportados por esta intervención. Una mejor comprensión y caracterización de los efectos, tanto a nivel muscular como de tolerancia al ejercicio del entrenamiento de los músculos respiratorios en los pacientes con ACV, es esencial para mejorar la inclusión de esta terapia dentro del tratamiento convencional de estos pacientes, y así reducir potencialmente al mínimo las consecuencias de la disfunción respiratoria en esta población.

En lo personal, he escogido este tema por varias razones. En primer lugar, porque el entrenamiento de los músculos respiratorios es un tema de gran actualidad, por lo que me gustaría conocer en profundidad el alcance de sus efectos. En segundo lugar, escogí esta

enfermedad por su alta prevalencia y la facilidad de poder aplicar estos conocimientos en un futuro próximo. Por último, se decidió llevar a cabo una revisión sistemática debido a mi interés en el ámbito investigador, de esta manera, he pretendido cuidar al máximo todos los aspectos metodológicos, con el fin de vivir una aproximación lo más real posible a este campo.

1.6. Objetivos e hipótesis

La revisión sistemática que se presenta en este trabajo tuvo como objetivo principal revisar, resumir y evaluar de manera rigurosa la evidencia existente referente a los efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria en pacientes con ACV sobre la función de la musculatura respiratoria, la función pulmonar y la tolerancia al ejercicio. Adicionalmente, como objetivos secundarios se examinaron los efectos del entrenamiento exclusivo de la musculatura inspiratoria (EMI), de la musculatura espiratoria (EME) y de su combinación (EMI+EME), al igual que los efectos en las distintas fases de la enfermedad (aguda/subaguda y crónica) siempre que fue posible.

La hipótesis alternativa propuesta fue que el entrenamiento de los músculos respiratorios produciría mejoras en la función de la musculatura respiratoria, la función pulmonar y la tolerancia al ejercicio en estos pacientes. Además, se hipotetizó que el EMI combinado con el EME resultaría más efectivo, existiendo mejoras similares tanto en los pacientes que se enfocan en fase aguda/subaguda como en crónica tras haber sufrido un ACV.

2. METODOLOGÍA

La presente revisión sistemática se realizó de acuerdo con la declaración PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analysis*)²⁷. Esta declaración consta de una lista de verificación de 27 elementos y un diagrama de flujo de cuatro fases, resultando útil en la presentación de informes sistemáticos²⁷.

2.1. Criterios de inclusión

Los criterios de selección utilizados en esta revisión se basan en aspectos metodológicos y clínicos estructurados mediante el empleo de una estrategia PICO (ver Tabla 1): 1) Población, 2) Intervención, 3) Comparación, 4) “Outcomes” (resultados/variables de interés), y 5) “study types” (tipos de estudios). A continuación, se detallan en profundidad los aspectos necesarios en cada uno de estos apartados para considerar la inclusión de un estudio en esta revisión sistemática.

2.1.1. Población

Los pacientes de los estudios seleccionados debían haber sufrido un ACV. Adicionalmente, no se establecieron límites con respecto a la edad, sexo y/o el tiempo transcurrido desde el ACV de los pacientes. Sin embargo, estudios cuya muestra estuvo constituida por pacientes con ictus que sufrían otras patologías concomitantes fueron excluidos, ya que la presencia de múltiples patologías podría suponer alta variabilidad/heterogeneidad de la muestra y alterar los resultados.

2.1.2. Intervención y grupo de comparación

Los estudios incluidos en esta revisión debían comparar el entrenamiento de musculatura respiratoria con un control pasivo. Se consideró como control pasivo cuando no hubo intervención o recibieron un placebo (p. ej. dosis de entrenamiento por debajo de la necesaria para producir un efecto). También se incluyeron estudios que compararon la adición del entrenamiento de los músculos respiratorios a otra intervención (p. ej. tratamiento rehabilitador neurológico convencional) frente a la aplicación aislada de esta última como grupo control. Fue indispensable que ese entrenamiento del grupo control se pautara idénticamente en el grupo experimental para así determinar el efecto específico del entrenamiento de los músculos respiratorios.

Respecto al entrenamiento de la musculatura respiratoria, solo se incluyeron estudios que especificaran el protocolo de intervención, indicando periodicidad y cargas de trabajo para así poder valorar si se cumplían los requisitos mínimos para poder lograr un efecto entrenamiento. En esta línea, los criterios mínimos establecidos para considerar que existió un entrenamiento adecuado de la musculatura respiratoria fueron los siguientes: 1) EMI y EME de manera conjunta o independiente; 2) entrenamiento con cargas iguales o superiores al 30% de la PIM o

PEM, considerándose cargas inferiores a dicho porcentaje como intervención placebo por no producir suficientes adaptaciones fisiológicas^{23,26,28}. Las cargas pudieron mantenerse estables o aumentar progresivamente; y 3) empleo de dispositivos que generen una resistencia adecuada, excluyéndose los incentivadores de flujo/volumen por no oponer una resistencia capaz de producir adaptaciones fisiológicas.

2.1.3. Variables

Las variables de interés establecidas para esta revisión fueron la función de la musculatura respiratoria, la tolerancia al ejercicio, y la función pulmonar. Todos los estudios incluidos debieron incluir al menos una de estas variables. No se estableció ninguna variable principal puesto que se busca conocer todo el abanico de efectos del entrenamiento de los músculos respiratorios.

La variable función de la musculatura respiratoria englobó el examen de la fuerza y de la resistencia muscular, además de cambios en la estructura del diafragma como principal músculo de la respiración. La fuerza de la musculatura respiratoria se valoró con la PIM y/o la PEM, puesto que son medidas que representan la contracción voluntaria máxima mediante las presiones alcanzadas en la boca. La resistencia de la musculatura inspiratoria (RMI) debió evaluarse mediante la capacidad de inspirar contra cargas progresivamente incrementadas, o bien mediante el número de respiraciones que se puede soportar una carga predeterminada. El examen mediante ecografía para valorar los cambios en el grosor del diafragma al final de la espiración (reposo) y de la inspiración forzada (contracción), se consideró una medida indirecta de la valoración de su fuerza.

El estado de la función pulmonar se determinó mediante los siguientes parámetros espirométricos forzados: VEMS, CVF, y FEM. Todos ellos debieron ser evaluados mediante espirometría forzada siguiendo unos protocolos adecuados de exploración²⁹.

Por último, la tolerancia al ejercicio valora la capacidad del sistema cardiopulmonar del paciente. De este modo, en esta revisión sistemática, las pruebas de esfuerzo cardiopulmonar llevadas a cabo mediante cicloergometría, así como mediante test submáximos validados [p. ej la prueba de marcha de 6 minutos (PM6M)], fueron instrumentos aceptados para la medición de esta variable.

2.1.4. Tipo de estudios

Solo se incluyen ensayos clínicos controlados aleatorizados (ECCAs), descartándose estudios cuasiexperimentales, series de casos, revisiones y/o presentaciones en conferencias. Se decidió incluir exclusivamente artículos con una adecuada calidad metodológica, ya que la inclusión de artículos de dudosa calidad podría sesgar los resultados de la revisión sistemática³⁰. Por lo tanto, los artículos incluidos debieron obtener una puntuación igual o superior a 5 en la escala PEDro tal y como marcan las recomendaciones³¹.

2.2. Estrategia de búsqueda:

Para identificar los artículos potenciales, se realizó una búsqueda exhaustiva en las siguientes bases de datos: MEDLINE (desde 1948 hasta abril de 2020), PEDro (desde 1999 hasta abril de 2020), SciELO (desde 1998 hasta abril de 2020), MEDES (desde 2001 hasta abril de 2020), la Biblioteca Cochrane (desde 1992 hasta abril de 2020), CINAHL (desde 1982 hasta abril de 2020) y Web of Science (desde 1950 hasta abril de 2020). La última consulta realizada fue el 28 de abril de 2020. Se activó una alarma para detectar la publicación de nuevos estudios. En aquellos casos en los que fue necesario confirmar u obtener información adicional sobre una publicación, se contactó con sus autores vía e-mail. La búsqueda se llevó a cabo por dos revisores independientes con idénticos métodos/criterios de búsqueda. Las discrepancias fueron resueltas por consenso con la ayuda de un tercer revisor.

La estrategia de búsqueda para detectar ECCAs relevantes fue realizada según las recomendaciones de Russell-Rose et al³². Se emplearon *medical subject headings* (términos MeSH) siempre que fuera posible y operadores booleanos (*AND*, *OR* o *NOT*). Para las búsquedas en castellano se buscaron descriptores en ciencias de la salud. El término MeSH aceptado para esta intervención es "*Breathing Exercises*", sin embargo, no se ha utilizado puesto que es un término muy inespecífico e incluye otros muchos tipos de entrenamiento. Se prefirió emplear términos no-MeSH como: 1) "*Inspiratory muscle training*", 2) "*respiratory muscle training*" y 3) "*respiratory muscle exercise*". Igual ocurre con los términos en castellano, siendo el que más hace referencia al tema de la revisión "ejercicio terapéutico", sin embargo, es un término muy amplio, por lo que no se utilizó. Para ello, se emplearon términos como: 1) "entrenamiento de musculatura inspiratoria", 2) "entrenamiento de musculatura respiratoria" y 3) "ejercicio de musculatura respiratoria". Además, se emplearon filtros, como los propuestos por Haynes et al³³ para identificar ECCAs con una sensibilidad del 99% y una especificidad del 97%. De este modo, la ecuación de búsqueda fue la siguiente: $((clinical[Title/Abstract] AND trial[Title/Abstract]) OR clinical\ trials\ as\ topic[MeSH\ Terms] OR clinical\ trial[Publication\ Type] OR random*[Title/Abstract] OR random\ allocation[MeSH\ Terms] OR therapeutic\ use[MeSH\ Subheading]) AND (randomized\ controlled\ trial[Publication\ Type] OR (randomized[Title/Abstract] AND controlled[Title/Abstract] AND trial[Title/Abstract])) and (("respiratory\ muscle\ training" OR "inspiratory\ muscle\ training" OR "respiratory\ muscle\ exercise") AND ("stroke" or "cerebrovascular\ accident") NOT "Heart\ failure")$). La ecuación de búsqueda fue modificada para adaptarse a las distintas bases de datos. Por último, para detectar estudios que no hubiesen sido detectados por la ecuación de búsqueda, se revisaron las referencias de todos los artículos incluidos en esta revisión y en revisiones sistemáticas anteriores sobre esta materia.

2.3. Descripción de la selección y las características de los estudios

El análisis de la información de los estudios potencialmente seleccionables fue realizado respetando las recomendaciones Cochrane³⁰. En primer lugar, dos revisores independientes

evaluaron el título y resumen de los estudios identificados en la búsqueda. Los artículos potencialmente seleccionables y aquellos con información insuficiente en el título y resumen fueron obtenidos a texto completo para un examen exhaustivo. Para esta segunda fase del análisis, se siguieron las recomendaciones propuestas por Furlan et al³⁴ para garantizar la obtención de la información más relevante de cada publicación, y así poder determinar con exactitud cuales cumplían los criterios de selección establecidos en esta revisión sistemática. Todas las discrepancias fueron resueltas por consenso con la ayuda de un tercer revisor³⁴.

2.4. Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo

La evaluación de la calidad metodológica de los estudios se realizó siguiendo los criterios de la escala PEDro, la cual ha demostrado ser un instrumento fiable para analizar la calidad de los ECCAs en fisioterapia^{35,36}. La escala PEDro contiene 11 ítems, de los cuales únicamente el primero valora la validez externa, mientras que los 10 restantes se focalizan en el análisis de la validez interna del estudio evaluado. Los ítems son valorados con un punto cuando el estudio cumple el criterio metodológico evaluado. El resultado final sobre la calidad metodológica de un estudio se obtiene mediante la suma de los ítems dirigidos a evaluar la validez interna (ítems 2-11) siendo 10 la máxima puntuación. Dependiendo del valor obtenido en la escala, la calidad metodológica de los estudios fue categorizada de la siguiente manera: excelente (9-10 puntos), buena (6-8 puntos), justa/aceptable (4-5 puntos) y pobre (< 4 puntos)³⁶. Conforme con las recomendaciones propuestas por Cochrane, se analizó el riesgo de sesgo de los ECCAs incluidos en esta revisión³⁰. La evaluación del riesgo de sesgo de los estudios permite determinar el grado de credibilidad de sus resultados y, por consiguiente, la fiabilidad de las conclusiones de esta revisión. Este instrumento fue creado por "The Cochrane Collaboration"³⁰ y consta de 6 dominios. La última categoría se refiere a "otros sesgos" y, siguiendo las recomendaciones de la guía, se decidió desglosar en la valoración concreta de criterios que podrían haber afectado a los resultados, como fueron: 1) desequilibrio inicial entre grupos; 2) financiación o conflicto de intereses; 3) finalización inadecuada del estudio; y 4) sesgo de medición/recogida de datos. Para cada criterio, el riesgo de sesgo se catalogó como alto, bajo o incierto, registrándose los motivos de dicha clasificación³⁰. La clasificación de riesgo de sesgo incierto solo se asignó cuando no pudo obtenerse la información, a pesar de haber contactado a los autores vía e-mail.

Para incrementar la fiabilidad y validez de las calificaciones, 2 revisores adiestrados en el uso de las escalas y la interpretación de los diferentes criterios evaluaron la calidad metodológica y el riesgo de sesgo de forma independiente. El grado de acuerdo entre los 2 revisores en ambas escalas se determinó mediante el estadístico de kappa, conforme la siguiente clasificación: acuerdo excelente ($\kappa = 0.81-1.00$); acuerdo sustancial/bueno ($\kappa = 0.61-0.80$); acuerdo moderado ($\kappa = 0.41-0.60$); acuerdo débil ($\kappa = 0.21-0.40$); y acuerdo pobre ($\kappa \leq 0.20$)³⁷. Las discrepancias fueron resueltas por consenso con la ayuda de un tercer revisor.

2.5. Análisis cualitativo

El análisis cualitativo se realizó para determinar la calidad de evidencia de los efectos obtenidos con el entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre los diferentes resultados de interés. Teniendo en cuenta que los estudios presentaron características clínicas y metodológicas homogéneas, se empleó el modelo de clasificación propuesto por Furlan et al³⁴, por lo que la calidad de evidencia de los hallazgos fue categorizada de la siguiente manera:

- ✚ Evidencia de alta calidad: al menos el 75% de los ensayos no presentan limitaciones en el diseño del estudio, muestran resultados consistentes, directos y precisos, y además no son sospechosos de sesgo de publicación. Este nivel de evidencia sugiere que el desarrollo de nuevas investigaciones no modificará la dirección de efecto establecido.
- ✚ Evidencia de moderada calidad: no se cumple 1 criterio de los requeridos para considerar la evidencia de alta calidad. Los resultados establecidos a partir de evidencia moderada calidad es probable que varíen con el desarrollo de nuevas investigaciones.
- ✚ Evidencia de baja calidad: no se cumplen 2 criterios de los requeridos para considerar la evidencia de alta calidad. Los resultados establecidos a partir de evidencia baja calidad es muy probable que varíen con el desarrollo de nuevas investigaciones.
- ✚ Evidencia de muy baja calidad: no se cumplen 3 criterios de los requeridos para considerar la evidencia de alta calidad. Se sugiere no confiar en ese resultado.

3. RESULTADOS

3.1. Descripción de la selección de estudios

Se identificó un total de 254 estudios potenciales, de los cuales 215 fueron obtenidos mediante la búsqueda realizada en las diferentes bases de datos, y 39 fueron identificados mediante el análisis de referencias dentro de los mismos y en revisiones sistemáticas. Tras la primera fase de análisis de la información proporcionada en el título y resumen, se excluyeron 213 estudios por motivos de duplicidad e incumplimiento de los criterios de selección. Por tanto, en la segunda fase se revisaron en profundidad 41 artículos a texto completo, descartándose 25 de ellos por no satisfacer los criterios de inclusión y 6 por presentar una calidad metodológica inferior a 5 puntos en la escala PEDro. De este modo, finalmente 10 estudios cumplieron todos los criterios requeridos y fueron incluidos en la presente revisión. Para más información, en la Figura 2 se presenta el diagrama de flujo conforme las pautas establecidas en la declaración PRISMA. Adicionalmente, en la Tabla 2 se muestran las características específicas de los 10 estudios incluidos, proporcionando datos epidemiológicos e información detallada de las intervenciones, las variables examinadas y los resultados obtenidos en cada uno de ellos.

3.2. Características de la población de los estudios

Todos los pacientes incluidos habían sufrido un ACV, sin especificarse en ningún estudio la etiología y/o la localización concreta de dicha lesión, y sin presencia de patologías concomitantes. La suma total de los pacientes de los estudios incluidos en esta revisión fue de 463, presentando 21 y 109 pacientes los estudios con menor³⁸ y mayor³⁹ tamaño muestral. Aproximadamente, la mitad de los pacientes se encontraron en fase aguda/subaguda cuando recibieron la intervención (n = 232; 50.11%; < 3 meses desde ACV), mientras que al resto de pacientes se les aplicó el entrenamiento transcurridos 3 o más meses desde el ACV (n = 231; 49.89%). Respecto a las variables sociodemográficas, cabe destacar que la edad media de los pacientes fue de 62.49 años, así como que todos los estudios incluyeron pacientes de ambos sexos, siendo el 49.52% de la muestra total mujeres (ver Tabla 2). Por último, la media de retiros y/o abandonos en los estudios fue del 22.03%, oscilando entre el 0%⁴⁰ y el 33.8%⁴¹ de la muestra inicialmente aleatorizada.

3.3. Características de los estudios

De los 10 estudios finalmente incluidos, 7 de ellos³⁹⁻⁴⁵ valoraron los efectos producidos sobre las diferentes variables de interés empleando un protocolo de entrenamiento de la musculatura respiratoria junto a un programa de rehabilitación convencional en comparación con la aplicación aislada de este último. Los 3 estudios restantes^{28,38,46}, evaluaron la eficacia del entrenamiento de la musculatura respiratoria frente a un placebo o la no intervención. Es importante recalcar que se llevó a cabo un EMI en 5 estudios^{38,40,42,43,46}, mientras que en los otros 5 ensayos realizaron un programa de entrenamiento combinado (EMI+EME)^{28,39,41,44,45}.

Únicamente el estudio de Kulnik et al⁴⁶ aplicó de manera aislada un EME, siendo este comparado con el EMI, así como frente un placebo como control. Además, la gran mayoría de los estudios no reportaron efectos adversos relacionados con el entrenamiento de la musculatura respiratoria, siendo solo descritos en 2 de ellos. Concretamente, en el estudio de Kulnik et al⁴⁶ un paciente presentó fatiga y dolor de cabeza provocado por el entrenamiento de los músculos respiratorios, mientras que en el estudio de Menezes et al²⁸ otro paciente reportó un dolor en el pecho presuntamente provocado por el esfuerzo del entrenamiento.

Los protocolos de entrenamiento de los músculos respiratorios de los ECCAs presentaron cierto grado de heterogeneidad. La duración del entrenamiento en la mayoría de los estudios osciló entre los 20-40 minutos, exigiéndose su realización en una sesión, o bien repartiéndose en dos sesiones espaciadas a lo largo del día de entrenamiento^{28,39-41,45}. Respecto a la frecuencia, prácticamente la totalidad de los estudios realizaron el entrenamiento entre 5 y 7 días a la semana^{28,38-42,45,46}, excepto los ensayos de Jung et al.⁴³ y Lee et al.⁴⁴, donde los pacientes entrenaron 3 veces por semana. Además, la mayoría de los estudios optaron por un entrenamiento de 6 semanas de duración^{40,42-45}, siendo 3^{39,41} y 8^{28,38} semanas el tiempo mínimo y máximo de aplicación del programa. En términos generales, los protocolos implicaron la ejecución de 5 series de unas 5-10 repeticiones, con 1 minuto de descanso entre series. Las cargas empleadas para el entrenamiento fueron de al menos el 30% de la PIM/PEM de cada paciente, alcanzándose como máximo un valor de carga del 60% de la PIM^{40,45} y del 75% de la PEM⁴⁵. En algunos estudios, se mantuvo un porcentaje constante durante todo el estudio^{28,38,42-44,46}, pero es importante mencionar que la carga se reajustó semanalmente en función de la PIM/PEM mejorada de cada paciente. Otros ensayos optaron por un incremento progresivo semanal de la carga^{39-41,45}, generalmente dependiente de la tolerancia del paciente. Las cargas fueron aplicadas mediante el empleo de dispositivos de válvula umbral, salvo en el estudio desarrollado por Cho et al.⁴² donde se utilizó un dispositivo con válvula de resistencia (PowerBreath K5; POWERbreathe International Ltd. Sotham, Warckshire, UK). Por último, destacar que el entrenamiento fue supervisado en 5 estudios^{39-42,44}, mientras que en los otros 5 se realizó en el domicilio de los pacientes sin supervisión^{28,38,43,45,46}. En la Tabla 3 se presenta una descripción en detalle del protocolo específico aplicado en cada estudio.

3.4. Calidad de los estudios y riesgo de sesgo

En la Tabla 4 y Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos en la escala PEDro de los estudios incluidos y excluidos por no presentar una adecuada calidad metodológica (< 5 puntos). La concordancia en la evaluación de los estudios entre ambos revisores fue excelente, ya que se obtuvo un valor de 0.83 en el índice de kappa. La valoración final evidenció que la mayor parte de los ECCAs fueron de buena calidad metodológica^{38-44,46}, existiendo solo un estudio de calidad aceptable/justa⁴⁵ y otro de excelente calidad²⁸. De este modo, la puntuación media obtenida en la escala PEDro por los estudios incluidos en la presente revisión sistemática fue de 6.9 ± 1.29 , oscilando en un rango de 5 a 9 puntos.

En la Figura 3 se muestra el riesgo de sesgo global de los estudios incluidos en la revisión, mientras que en la Figura 4 puede observarse el riesgo para cada estudio de manera independiente. En términos generales, la probabilidad de sesgo de selección fue baja, ya que el 80% de los estudios utilizaron métodos apropiados de aleatorización^{28,39-42,44-46} y ocultamiento de la asignación^{28,38-42,44,46}. Además, en todos los estudios^{28,38-46} el evaluador desconocía el grupo de asignación de los pacientes por lo que el sesgo de selección se consideró bajo. En la mayoría de estudios los pacientes, y especialmente los terapeutas, no pudieron ser cegados debido a la dificultad de satisfacer este criterio en intervenciones que implican la realización de ejercicio⁴⁷. Sin embargo, se consideró bajo el riesgo de sesgo de realización en todos los estudios^{28,38-46}, debido a la objetividad de las variables de interés seleccionadas para esta revisión sistemática, y a que existe evidencia demostrando que tras un tratamiento placebo se observan peores resultados o una ausencia de cambios significativos en estas variables de interés⁴⁸⁻⁵⁰. Los sesgos por resultados incompletos y por publicación selectiva fueron los que presentaron mayor probabilidad de alterar los resultados, encontrándose que en tan solo el 60%^{28,38,40,42-44} y el 40%^{28,38,39,41} de los estudios fueron calificados de bajo riesgo, respectivamente. Al menos el 80% de los estudios presentó un bajo riesgo de sesgo por desequilibrio inicial entre grupos^{38-44,46} y/o por la medición/recogida inadecuada de los datos^{28,38-43,45,46}, por lo que es improbable que estos aspectos repercutiesen en los resultados de los estudios. Solo un estudio reportó alto riesgo de sesgo por conflicto de interés³⁹, aunque en 3 de ellos el riesgo fue incierto por falta de información^{40,43,44}. Por último el sesgo por finalización inadecuada del estudio fue improbable en el 70%^{28,38-42,46} de los estudios, siendo alto en 2 de ellos^{44,45}, e incierto en el desarrollado por Jung et al.⁴³. En resumen, prácticamente la totalidad de los estudios mostró un riesgo de sesgo bajo en el 80% de los criterios evaluados. El estudio con mayor probabilidad de riesgo de sesgo fue el desarrollado por Liaw et al.⁴⁵, observándose un riesgo alto en 4 de los criterios evaluados, y el estudio de Jung et al.⁴³, puesto que el 50% de los sesgos evaluados se catalogaron como inciertos por falta de información.

3.5. Resultados de la revisión sistemática

Los resultados de esta revisión se presentan de forma independiente para cada una de las variables de interés descritas en la metodología. Es importante recordar que la función de la musculatura respiratoria se determinó en base a la fuerza de los músculos involucrados en la respiración (valorada indirectamente mediante la PIM y la PEM), a su resistencia, así como a cambios en la estructura/grosor del diafragma, considerándose esta última una medida de la hipertrofia del músculo. Por último, matizar que la calidad de la evidencia solo fue presentada para aquellas situaciones en las que el análisis del factor concreto a explorar contó con al menos 3 estudios. En caso contrario se optó por describir los hallazgos para una libre interpretación del lector.

3.5.1. Función de la musculatura respiratoria

3.5.1.1. Presión Inspiratoria Máxima

En base a los resultados, existe evidencia de moderada calidad respecto a que el entrenamiento de los músculos respiratorios resulta eficaz en la mejora inmediata post-intervención de la PIM en pacientes que han sufrido un ACV (9 estudios^{28,38-42,44-46}; n = 430). A pesar de la consistencia de los resultados de prácticamente la totalidad de los ECCAs, la evidencia de este hallazgo no se considera de alta calidad debido a que más del 25% de los estudios presentó un alto sesgo de publicación selectiva. Además, la mejora de la PIM post-intervención fue independiente de la modalidad empleada para el entrenamiento de los músculos respiratorios, existiendo evidencia de calidad moderada cuando se aplicó un EMI exclusivamente (4 estudios^{38,40,42,46}; n = 151) y de alta calidad cuando se realizó un EMI combinado con un EME (5 estudios^{28,39,41,44,45}; n = 252). La diferencia en la calidad de la evidencia radica en que el 50% de los estudios que aplicó un EMI tuvo alto riesgo de sesgo de publicación, mientras que más del 75% de los estudios donde se aplicó un EMI combinado con un EME mostró resultados consistentes y bajo riesgo de sesgo. Únicamente el estudio de Kulnik et al.⁴⁶ valoró el efecto en la PIM del EME, encontrando que dicho entrenamiento no es superior a un placebo. Respecto a los resultados obtenidos en función del tiempo transcurrido desde el ACV, existe evidencia de calidad moderada avalando que el entrenar la musculatura respiratoria resulta eficaz para mejorar la PIM en pacientes con ACV en fase crónica (6 estudios^{28,38,40,42,44,45}; n = 198). Por el contrario, en pacientes con ACV en fase aguda/subaguda, la evidencia sobre el efecto del entrenamiento de los músculos respiratorios en el incremento de la PIM es contradictoria (3 estudios^{39,41,46}; n = 232).

En el seguimiento a los 3 meses, existe evidencia de moderada calidad demostrando que el entrenamiento de la musculatura respiratoria no resulta una intervención eficaz que para incrementar la PIM (3 estudios^{28,41,46}; n = 155). No obstante, al evaluar específicamente los efectos del EMI combinado con el EME, la escasa evidencia disponible muestra resultados contradictorios^{41,51}.

3.5.1.2. Presión Espiratoria Máxima

La eficacia del entrenamiento de los músculos respiratorios para provocar un mayor incremento post-intervención en la PEM frente a un control pasivo es contradictoria (7 estudios^{28,39-41,44-46}; n = 379). En el análisis exhaustivo, se observa una evidencia de calidad moderada sobre el hecho de que la aplicación de un programa de entrenamiento exclusivo de la musculatura inspiratoria o de la espiratoria no provoca cambios en la PEM. En contraposición, evidencia de alta calidad muestra que el EMI combinado con el EME sí resulta una intervención eficaz para incrementar la PEM (5 estudios^{28,39,41,44,45}; n = 252). En pacientes con ACV tanto en fase aguda/subaguda como crónica, la eficacia de entrenar los músculos respiratorios para mejorar la PEM, sin atender a la modalidad de entrenamiento, presenta resultados contradictorios. Sin embargo, la aplicación de un programa de EMI combinado con EME produce mejoras en la

PEM conforme evidencia de baja calidad [ACV en fase aguda/subaguda (3 estudios^{39,41,46}; n = 232), ACV en fase crónica (4 estudios^{28,40,44,45}; n = 147)]. Además, los resultados obtenidos por Kulnik et al.⁴⁶ y Sutbeyaz et al.⁴⁰ en pacientes con ACV en fase aguda/subaguda y crónica respectivamente, reflejaron que el entrenamiento aislado de la musculatura inspiratoria o espiratoria resulta ineficaz para producir cambios en la PEM [ACV agudo/subagudo (1 estudio⁴⁶; n = 82), ACV crónicos (1 estudio⁴⁰; n = 45)].

En el seguimiento a los 3 meses una evidencia de moderada calidad muestra que el entrenamiento de la musculatura respiratoria no es una intervención eficaz para incrementar la PEM (3 estudios^{28,41,46}; n = 155). Únicamente 2 estudios valoraron los efectos en la fuerza de la musculatura espiratoria producidos por el entrenamiento combinado de la musculatura inspiratoria y espiratoria, reportándose resultados contradictorios^{28,41}.

3.5.1.3. Resistencia de la Musculatura Inspiratoria

Evidencia de calidad moderada establece que el entrenamiento de la musculatura respiratoria, con independencia de la modalidad (EMI o EMI+EME), resulta eficaz para incrementar la resistencia de la musculatura inspiratoria en pacientes con ACV en fase crónica al finalizar la intervención (3 ensayos^{28,38,42}; n = 89). Concretamente, 2 estudios aplicaron un EMI^{38,42} y un tercer estudio realizó un EMI combinado con EME²⁸. A pesar de que los 3 estudios tuvieron resultados consistentes respecto a la eficacia del entrenamiento para la mejora de la resistencia muscular inspiratoria, la calidad de la evidencia se consideró moderada debido al alto riesgo de sesgo de publicación en el estudio de Cho et al.⁴².

3.5.1.4. Grosor del Diafragma

Con una evidencia de baja calidad (3 estudios⁴²⁻⁴⁴; n = 96), el entrenamiento de la musculatura respiratoria genera un incremento del espesor del diafragma del lado parético en contracción superior al obtenido con un control pasivo en pacientes con ACV en fase crónica a corto plazo (post-intervención). En contraposición, existe evidencia de calidad muy débil respaldando la ineficacia del entrenamiento de los músculos respiratorios en estos pacientes para incrementar el espesor del diafragma del lado no afecto en contracción (3 estudios⁴²⁻⁴⁴; n = 96). De los 3 estudios que evaluaron el grosor del diafragma, 2 aplicaron un EMI^{42,43} y uno un EMI combinado con EME⁴⁴, mostrando resultados consistentes en el lado parético, pero no en lado sin afectación. Además, es importante destacar que estos estudios tuvieron algunas limitaciones en su metodología, motivo por el cual la calidad de la evidencia resultó afectada. Por último, mencionar que el espesor del diafragma del lado parético en reposo no se modificó a corto plazo con el entrenamiento de la musculatura respiratoria (evidencia de calidad baja) (3 estudios⁴²⁻⁴⁴; n = 96).

3.5.2. Función pulmonar

Existe evidencia de baja calidad determinando que el entrenamiento de la musculatura respiratoria no modifica el VEMS post-intervención en pacientes con ACV en fase crónica (4

estudios^{40,43-45}; n = 135). Concretamente, 2 estudios aplicaron un protocolo de EMI combinado con EME^{44,45} sin encontrar diferencias en esta variable, y otros 2 estudios mostraron resultados contradictorios con la realización de un EMI en exclusividad^{40,43}. Además, evidencia de muy baja calidad reporta que entrenar la musculatura respiratoria en pacientes con ACV en fase crónica produce mejorías significativas post-intervención en la CVF y el FEM frente a un control [CVF (3 estudios^{40,43,45}; n = 102), FEM (3 estudios^{40,43,44}, n = 111)]. De nuevo, se aplicó un EMI en dos de los artículos con resultados contradictorios en ambas variables^{40,43}. Sin embargo, los artículos que aplicaron un EMI combinado con EME encontraron mejoras significativas (un artículo para la CVF⁴⁵ y otro para la FEM⁴⁴). Respecto a la relación VEMS/CVF, dos estudios con algunas limitaciones metodológicas^{43,45}, concluyeron que el EME era una intervención ineficaz en la modificación de esta variable post-intervención en pacientes con ACV en fase crónica. Adicionalmente, el estudio de Sutbeyaz et al.⁴⁰ reportó mejorías significativas con el EMI en el flujo espiratorio medio (FEF_{25-75%}), la ventilación voluntaria máxima (VVM), y la CV. En contraposición, Lee et al.⁴⁴ no observaron ningún cambio en la CV con el EMI combinado con EME.

3.5.3. Tolerancia al ejercicio

Existe calidad de evidencia moderada demostrando que el entrenamiento de la musculatura respiratoria no mejora la tolerancia al ejercicio post-intervención en pacientes con ACV en fase crónica (4 estudios^{28,38,40,42}; n = 134). En esta misma línea, Menezes et al.²⁸ reportaron que el entrenamiento conjunto de los músculos inspiratorios y espiratorios tampoco mejoró la tolerancia al ejercicio a los 3 meses en estos pacientes. Destacar que la tolerancia al ejercicio fue evaluada mediante la potencia alcanzada en una prueba de ergometría (cicloergómetro) en 2 de los estudios^{38,40}, mientras que en los otros dos restantes se examinó contabilizando los metros recorridos tras una prueba submáxima (PM6M)^{28,42}.

4. DISCUSIÓN

El principal hallazgo de esta revisión es que el entrenamiento de la musculatura respiratoria resulta eficaz para mejorar la función de la musculatura respiratoria, en términos de fuerza y resistencia, así como ciertos parámetros de la función pulmonar como la FEM o la CVF en pacientes que han sufrido un ACV. Dentro de las modalidades de entrenamiento debería aplicarse el EMI combinado con el EME, ya que parece ser la intervención con mayores beneficios en estos pacientes. Además, existe una mayor evidencia constatando esos efectos en pacientes en fase crónica, mientras que para aquellos que se encuentran en fase aguda/subaguda todavía no se pueden establecer conclusiones claras.

Para observar el efecto del entrenamiento de los músculos respiratorios sobre las variables estudiadas, se han podido establecer distintas subcategorías en este trabajo, dependiendo del tipo de intervención (EMI o EMI+EME), de la fase del ACV (aguda/subaguda o crónica), y del seguimiento realizado (corto o largo plazo). Además, es la primera vez que se recopila toda la evidencia existente referente al espesor del diafragma y a la RMI, siendo también la primera revisión que contempla la inclusión únicamente de estudios con adecuada calidad metodológica, lo que dota de mayor rigor y credibilidad a las conclusiones establecidas. Adicionalmente, la presente revisión incluye la evaluación del riesgo de sesgo más completa realizada hasta la fecha en esta materia, siendo la única que valora los 6 criterios tradicionales además de analizar otros 4 más dentro del apartado "otros sesgos". La relevancia de este hecho, sumado al bajo riesgo de sesgo detectado en la mayoría de los criterios, sugiere que las afirmaciones que aquí se exponen se encuentran muy próximas a la realidad, aportando la rigurosidad que se buscaba.

4.1. Función de la musculatura respiratoria

En general el entrenamiento de la musculatura respiratoria es eficaz para producir mejoras en la PIM y la PEM (evidencia alta), en la RMI (evidencia moderada), y en el espesor del diafragma parético en contracción (evidencia baja). De los 9 ensayos^{28,38-42,44-46} que se refieren a estas variables, 6 de ellos^{28,38,39,41,42,44,45} las consideran como principales, lo que orienta a estos estudios a encontrar específicamente diferencias en ellas. Este hecho incrementa aún más la validez de las afirmaciones que se exponen en este trabajo, ya que concuerdan con los resultados de revisiones previas en pacientes que han sufrido un ACV^{2,26}, así como con los obtenidos en población sana²² y en otras poblaciones patológicas^{18,21,24,52}. Además, existen estudios que certifican que individuos con ACV con menos de 70 cmH₂O de PIM tienen una tasa de supervivencia del 62% en comparación con una tasa del 93% para aquellos situados por encima de los 70 cmH₂O⁵³. De esta manera, el entrenamiento de la musculatura respiratoria podría ser una intervención eficaz incluso para mejorar la supervivencia de pacientes que han sufrido un ACV. El entrenamiento combinado de la musculatura inspiratoria

y espiratoria (EMI+EME) apunta a ser la intervención más efectiva, obteniendo los resultados más favorables y las evidencias más consistentes. Este hecho puede deberse a que durante un ejercicio de gran intensidad se ha demostrado una fatiga tanto de los músculos inspiratorios como espiratorios, pudiendo desencadenar ambos el metabolorreflejo⁵⁴. De este modo, resulta fácil esperar un mayor efecto del entrenamiento combinado al producir adaptaciones fisiológicas en ambos grupos musculares. Siguiendo esta línea cabe destacar que el EMI parece influir solo en la musculatura inspiratoria, ya que es capaz de mejorar la PIM pero no la PEM.

A través de la observación de los protocolos, encontramos que los estudios pautan una mayor carga para el EME⁴⁵ que para el EMI^{39,41,45}. Este hecho podría explicarse debido a la actividad y la fuerza de los músculos espiratorios que, ayudados por un parénquima pulmonar que elásticamente tiende a cerrarse, pueden superar la fuerza de los músculos inspiratorios⁵⁵. En contraposición, la investigación empírica ha demostrado que los valores de la fuerza inspiratoria son mayores que los de la fuerza espiratoria⁹, por lo que quizás deberían comenzar a pautarse cargas más altas para el EMI que para el EME. Respecto a este tema comentar que en los últimos años se está observando un aumento en las cargas prescritas tanto para el EMI como para el EME^{28,45}. Sin embargo, esta corriente no se aprecia en los artículos seleccionados dentro de esta revisión, pero sí en los excluidos por baja calidad metodológica donde, sobre todo a partir del 2015, se ha comenzado a pautar cargas de hasta el 80% de la PIM y PEM⁵⁶⁻⁵⁹. Dicha tendencia se está observando en otras patologías como la insuficiencia cardíaca, donde incluso ya existen meta-análisis comparando el entrenamiento de alta intensidad (por encima del 60% de la PIM o PEM) con el de baja intensidad, indicando de manera preliminar que con altas intensidades ocurren mayores adaptaciones y mejoras, sin ello suponer un aumento de eventos adversos⁶⁰. Al aplicar una técnica nueva en una población, como ha ocurrido con el entrenamiento de los músculos respiratorios en pacientes con ACV, es recomendable empezar por cargas bajas debido a que se desconoce cómo reaccionarán los pacientes y sus efectos adversos. Tras demostrarse que es una técnica segura a cargas bajas en sujetos con ACV^{40,41,43}, recientemente se están aumentando las intensidades para tratar de optimizar las adaptaciones fisiológicas derivadas del entrenamiento de esta musculatura^{28,45,56-59}. Finalmente, una moderada evidencia sugiere que el entrenamiento respiratorio no es capaz de mejorar la PIM en el ACV en fase aguda/subaguda pero sí en crónica. Por ello, se necesita mayor investigación para consolidar esta afirmación puesto que hasta ahora solo 3 estudios la respaldan^{39,41,46}, mostrando solo 2 de ellos^{39,41} mejoras en la PIM.

Con respecto al mantenimiento de los efectos a largo plazo existe una evidencia moderada de que no siguen incrementándose los valores de la PIM y del PEM, sin embargo, sí parecen mantenerse tras el protocolo de entrenamiento con respecto a la valoración inicial. Este hecho sugiere una estabilización de las adaptaciones mayor que la encontrada en otra musculatura, cuyo rendimiento comienza a empeorar a las 2-4 semanas tras el cese del entrenamiento⁶¹.

Los 3 estudios que respaldan esta afirmación realizaron un seguimiento a medio plazo de 3 meses^{28,41,46}, por lo que se necesitan más estudios con un mayor periodo de seguimiento para poder determinar cuánto tiempo se mantienen esas mejoras y, en base a ello, ser más precisos a la hora de pautar tratamientos.

Otro de nuestros hallazgos hace referencia al efecto del entrenamiento de los músculos respiratorios con respecto a la RMI y los espesores diafragmáticos, sin embargo, todavía no existen artículos que valoren estas variables en ACV en fase aguda/subaguda, por lo que las conclusiones en estos campos se dirigen a sujetos crónicos. El análisis de la RMI y de los espesores diafragmáticos resulta novedoso para pacientes que han sufrido un ACV y, hasta donde llega nuestro conocimiento, todavía no ha sido recopilado en otras revisiones de otras patologías. Refiriéndonos a la hipertrofia muscular, se ha detectado un incremento del grosor diafragmático del lado parético en contracción, lo que indica una mejor capacidad contráctil. Teniendo en cuenta que en pacientes con ACV existe un menor espesor en el diafragma del lado afecto¹⁰, todo parece indicar que el entrenamiento de los músculos respiratorios es útil para favorecer que ambos diafragmas alcancen un espesor similar, indicando una función más igualitaria entre ellos. Éste hallazgo podría indicar una reducción del efecto “cortocircuito pulmonar”, ya que la responsable de este fenómeno es la función deteriorada del diafragma parético⁸. Para comprobar esta hipótesis serían necesarios estudios que valorasen la presión arterial de O₂ en sangre tras el entrenamiento. Por otro lado, resulta coherente que se aprecie un aumento de la PIM junto con un aumento del espesor diafragmático puesto que no dejan de ser dos medidas que reflejan la fuerza inspiratoria. Aun así, la evidencia que existe para respaldar los cambios a nivel diafragmático es de baja a muy baja calidad, por lo que se necesitan más estudios para obtener conclusiones más sólidas.

4.2. Función pulmonar

En cuanto a la función pulmonar comentar que todos los estudios que miden este tipo de variables emplearon pacientes con ACV en fase crónica^{40,43-45}, impidiéndonos interpretar el comportamiento de las mismas en pacientes en fase aguda/subaguda. La presente revisión encontró mejoras en la CVF y en el FEM, en consonancia con los resultados que encontraron Menezes et al² y Gomes-Neto et al²⁶ en esta materia. Sin embargo, para el VEMS no existe un acuerdo tan claro con la literatura previa puesto que no se encontraron mejoras en esta revisión. Esta discordancia puede radicar en que en las revisiones previas^{2,26} los resultados con mayor efecto en favor del entrenamiento de los músculos respiratorios fueron encontrados en los estudios de calidad metodológica más pobre y con probablemente mayor riesgo de sesgo, siendo precisamente esos estudios eliminados en la presente revisión. En consonancia con nuestros resultados, otras poblaciones (sanos, lesionados medulares o insuficiencia cardíaca) mostraron hallazgos muy diversos, no alcanzando conclusiones claras con respecto a la función pulmonar^{18,22,24}. En definitiva, tanto para el ACV como para esas otras patologías^{18,22,24} existe todavía poca literatura valorando ese tipo de variables (en torno a 2-4 artículos por

revisión), hecho concordante con el criterio de este trabajo de calificar de mala o muy mala la evidencia en lo que concierne a las variables de la función pulmonar, impidiendo establecer aún conclusiones claras.

Una posible explicación para la mejora de la FEM es su relación directamente proporcional con la PEM⁸, que se ve mejorada con el entrenamiento de los músculos respiratorios. Probablemente los beneficios en la CVF se deban a la mejor capacidad contráctil del diafragma tras el entrenamiento (reflejado con el espesor diafragmático en contracción), implicando una mayor volumen de aire captado al inspirar. El EMI combinado con el EME ha mostrado ser superior al EMI en exclusividad para mejorar variables como la CVF o el FEM^{44,45}, hallazgo también encontrado por otros autores en lesionados medulares al comparar estas dos mismas intervenciones¹⁸. Esta afirmación es plausible puesto que la diferencia entre el EMI aislado y el entrenamiento combinado radica en las mayores adaptaciones que ocurren en la musculatura espiratoria por parte del entrenamiento combinado, como bien ha demostrado esta revisión con alto nivel de evidencia a través de las mejoras en la PEM. Con respecto al VEMS, este depende del retroceso elástico del pulmón y de la resistencia de las vías aéreas⁶². La falta de mejora en este parámetro indicaría que esos dos factores no se modifican, hecho que es concordante con los efectos directos del entrenamiento de la musculatura respiratoria, que se centran sobre todo a nivel de esa musculatura. La disparidad encontrada en los resultados de los 4 estudios que investigaron sobre el VEMS podría explicarse a través de las diferencias significativas en el índice de masa corporal de los grupos, factor que se ha visto capaz de modificar el VEMS⁶³. Aun así, los resultados para el VEMS son todavía preliminares y podrían cambiar con próximas investigaciones. Por otro lado, las mejoras observadas en variables como el FEF_{25-75%} o la VVM son respaldadas solo por un estudio⁴⁰ por lo que su evidencia es todavía muy débil. En conclusión, aunque se ha demostrado que el entrenamiento de la musculatura respiratoria es eficaz a la hora de mejorar la fuerza y resistencia de esa musculatura, no es posible correlacionarlo con la función pulmonar, tal y como se ha propuesto anteriormente⁵².

4.3. Tolerancia al ejercicio

La presente revisión reporta mejoras no significativas en la tolerancia al ejercicio, que sí lo fueron en las dos revisiones previas^{2,26} en esta materia. Se puede apreciar que de nuevo en las otras revisiones^{2,26} los estudios que reportan mayores beneficios son los de peor calidad metodológica, pudiendo reportar resultados sesgados. Nuestros hallazgos concuerdan con los obtenidos en pacientes con esclerosis múltiple⁵², esclerosis lateral amiotrófica⁵² y lesión medular¹⁸, pero son discordantes con los detectados en población sana²², EPOC²¹ o insuficiencia cardíaca²⁴. De hecho, en patologías como el infarto agudo de miocardio o la insuficiencia cardíaca existe una correlación directa entre la PIM y el VO₂máx⁶⁴, hecho que no puede extrapolarse a pacientes con ACV. Parece existir una característica clave para determinar si el entrenamiento de los músculos respiratorios va a tener trascendencia en la

tolerancia al ejercicio o no, y es el origen de la patología, pareciendo que todas las enfermedades que conllevan un deterioro neurológico no incrementan su tolerancia al ejercicio. Este hecho quizás se deba a que la capacidad cardiorrespiratoria puede quedar oculta tras el deterioro neurológico, sea cual sea la patología. De tal modo que, mientras que no se recuperen esos daños no se podrá mejorar la capacidad cardiorrespiratoria, por ejemplo: un sujeto con hemiparesia que apenas puede adelantar la pierna afecta por mucho que aumente su tolerancia al ejercicio, ésta no se verá reflejada en una PM6M. Por el contrario, en la EPOC o en la insuficiencia cardíaca el daño producido por la patología afecta directamente al sistema cardiorrespiratorio, por lo que el entrenamiento de los músculos respiratorios podría mostrarse como un arma terapéutica rehabilitadora, y no compensatoria. En este sentido, los sujetos sanos podrían realizar actividades que fatiguen su musculatura respiratoria dando lugar al metabolorreflejo, que ha demostrado retrasarse gracias al entrenamiento de la musculatura respiratoria, mejorando así la tolerancia al ejercicio¹⁶. Además, los sujetos con peor capacidad cardiorrespiratoria se benefician más de este tipo de entrenamiento que los menos deteriorados⁵⁴, y eso explicaría por qué Sutbeyaz et al.⁴⁰ fueron los únicos en mostrar mejoras en la tolerancia al ejercicio. Otra explicación plausible reside en que la mejora en la eficiencia energética de la musculatura respiratoria hace que se requiera menos sangre para trabajar, lo que permite distribuirla a otras partes donde es necesaria, mejorando por tanto el VO_2 máx. El escaso tamaño de esta mejora puede reflejar que el volumen de sangre que se dirige a nivel periférico es pequeño, sin embargo, no existen estudios en esta dirección en pacientes que hayan sufrido un ACV, lo que podría ser una interesante línea de investigación.

Respecto a la valoración de la tolerancia al ejercicio, estudios recientes han demostrado que las pruebas de esfuerzo cardiopulmonares progresivas, como son las empleadas con el cicloergómetro, no son capaces de producir el metabolorreflejo a pesar de ser válidas, puesto que el tiempo que los sujetos permanecen por encima del 85% del VO_2 máx (intensidad a la comienza la fatiga respiratoria) es insuficiente⁵⁴. Por ello, se consideran más eficaces pruebas submáximas de carga constante⁵⁴, como la PM6M, ya que la deambulación en pacientes con ACV presenta aproximadamente el doble de consumo energético⁴². De este modo, probablemente esta prueba sea capaz de alcanzar una intensidad suficiente como para comprometer al sistema respiratorio y desencadenar este reflejo. Por todo ello, sería recomendable realizar ensayos en el futuro que valoraran la tolerancia al ejercicio mediante una prueba de carga continua a alta intensidad, ya que posiblemente sería el método de evaluación más efectivo para desvelar mejoras en la capacidad cardiorrespiratoria en pacientes que hayan sufrido un ACV.

Con respecto al mantenimiento de los efectos sobre la capacidad cardiorrespiratoria, el ensayo de Menezes et al.²⁸ ha sido el único en realizar un seguimiento a los 3 meses, donde se obtuvieron datos sorprendentes al ver que mientras el grupo control se mantuvo sin mejoras en todas las mediciones, el experimental seguía incrementando los metros caminados en la

PM6M. La consistencia metodológica de este ECCA hace difícil pensar que sus resultados puedan tener algún sesgo por lo que sería conveniente seguir estudiando ese comportamiento a largo plazo, ya que quizás esas adaptaciones continúan produciéndose incluso tras el entrenamiento.

4.4. Fortalezas

Las fortalezas de esta revisión radican en la consistencia de las conclusiones obtenidas gracias a la exhaustividad metodológica llevada a cabo. La exclusión de los estudios de menos de 5 puntos en la escala PEDro es el criterio de calidad más exigente propuesto para esta materia. La puntuación media obtenida en dicha escala fue de 6.9 puntos, que es la más alta vista hasta ahora, implicando indirectamente un menor riesgo de sesgo, por lo que probablemente puedan ser los resultados más fiables vistos en este campo de estudio. Con respecto al riesgo de sesgo, son destacables las discordancias encontradas en comparación con la valoración realizada por Menezes et al², especialmente en el cegamiento de participantes y terapeutas. El conocimiento actual respalda que las variables que se valoraron en esta revisión tuvieron poco riesgo de sesgo, aunque los terapeutas y participantes conocieran la asignación de los pacientes⁴⁸⁻⁵⁰. Por ejemplo, parece poco plausible que la medición de variables tan objetivas como son los espesores diafragmáticos o las variables espirométricas pueda sesgarse, independientemente de si el paciente conoce o no a qué grupo pertenece. Sin embargo, en la revisión de Menezes et al² se analizaron variables de naturaleza subjetiva, como la disnea. En ella, el conocimiento de la asignación del paciente por parte del evaluador podría sugerir respuestas estereotipadas en el sujeto evaluado, sesgando así sus respuestas y por tanto los resultados. Esta razón podría explicar que Menezes et al² calificaran este ítem de alto riesgo de sesgo. Adicionalmente, la homogeneidad por sexo entre todos los ensayos (prácticamente al 50%) y la similitud en el número de pacientes en fase aguda/subaguda y crónica incluidos en esta revisión (232 a 231 sujetos, respectivamente) facilita la extrapolación de los resultados.

4.5. Limitaciones

La mayor limitación encontrada en esta revisión es la escasa literatura de calidad existente en esta materia, con tan solo 10 ECCAs. Además, algunos de los estudios presentaron una muestra reducida, limitando por tanto la confiabilidad en sus resultados. De hecho, muestras tan reducidas podrían incluir por azar a sujetos con características específicas, diferentes a las de la mayoría de los pacientes que han sufrido ACV, pudiendo dichas características presentar alguna implicación en las variables de interés valoradas en la presente revisión. Por otro lado, la heterogeneidad en los protocolos de entrenamiento y los distintos instrumentos de medición empleados en algunas variables (p. ej. las de tolerancia al esfuerzo o RMI), tampoco permite una comparación directa entre resultados, necesiéndose investigar cuál es el protocolo de entrenamiento más efectivo. Además, la efectividad del entrenamiento frente a otro tratamiento activo no pudo ser valorada debido a que prácticamente no existen estudios que indaguen en esta cuestión. De este modo, se necesitan futuros ensayos para consolidar la evidencia del

entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre la función pulmonar y la tolerancia al ejercicio en pacientes que hayan sufrido un ACV, puesto que son los campos donde menos se ha investigado. Dicho conocimiento será fundamental para establecer las pautas de los tratamientos individualizados y obtener los mejores resultados clínicos en estos pacientes.

4.6. Implicaciones clínicas

A raíz de esta revisión se desprenden varias implicaciones clínicas. En base a la evidencia, se recomienda el uso de dispositivos para el EMI combinado con el EME para obtener las mayores mejoras en los sujetos con ACV en fase aguda/subaguda o crónica, ya que el entrenamiento aislado (EMI o EME) parece tener menores efectos. La incorporación de este entrenamiento como complemento dentro del tratamiento convencional podría suponer mejoras adicionales en la función muscular y respiratoria, así como en la funcionalidad de estos pacientes. Además, queda demostrado que se trata de una modalidad de entrenamiento que puede realizarse de forma segura en el domicilio del paciente, sin necesidad de supervisión de un fisioterapeuta. De este modo, podría resultar una intervención eficaz sin requerir de desplazamientos, o recursos materiales/personales necesarios en otros programas de entrenamiento. Esta ventaja, también podría favorecer la adherencia y permitir emplear el tiempo presencial de las sesiones clínicas en la consecución de otros objetivos que requieran de presencialidad. Al demostrarse que es un entrenamiento seguro, se recomiendan cargas más altas (hasta del 80% del PIM y PEM) con el objetivo de maximizar los beneficios⁵⁶⁻⁵⁹. Aunque habitualmente se pautaban mayores intensidades a los músculos espiratorios, los inspiratorios han demostrado ser más fuertes⁹, por lo que se les debería pautar mayor carga.

5. CONCLUSIÓN

La presente revisión sistemática sugiere que el EMI combinado con el EME es la intervención más eficaz para pacientes que hayan sufrido un ACV, mejorando la función de la musculatura respiratoria con una alta evidencia para la fuerza de los músculos respiratorios, moderada para la RMI y baja para el espesor diafragmático del lado afecto en contracción. Evidencia de muy baja calidad apunta a que el entrenamiento de los músculos respiratorios es una intervención eficaz para mejorar parámetros de la función pulmonar como son la FEM y la CVF, pero se necesitan más estudios para confirmar estos hallazgos. Con una evidencia moderada, la tolerancia al ejercicio parece solo mejorar en los pacientes más desacondicionados. Todos estos beneficios han sido constatados para pacientes con ictus en fase crónica. Sin embargo, para los agudos/subagudos la evidencia todavía es incipiente, por lo que los resultados deben ser interpretados con cautela para dicha condición.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. American stroke association. ¿Qué es un accidente cerebrovascular? [Internet]. American stroke association. 2020 [citado 26 de febrero de 2020].
2. Menezes KKP, Nascimento LR, Avelino PR, Mota Alvarenga MT, Teixeira-Salmela LF. Efficacy of interventions to improve respiratory function after stroke. *Respir Care*. 2018;63(7):920-33.
3. Instituto nacional de Estadística. Mortalidad por causas 2018: España y Comunidades autónomas [Internet]. Instituto Nacional de Estadística. 2019 [citado 29 de febrero de 2020].
4. Sociedad Española de Neurología. El atlas del ictus en España 2019 [Internet]. 2019 [citado 29 de febrero de 2020]. p. 1-55.
5. Federación Española del ictus. Código Ictus [Internet]. Federación Española del Ictus. 2017 [citado 29 de febrero de 2020].
6. Billinger SA, Coughenour E, MacKay-Lyons MJ, Ivey FM. Reduced cardiorespiratory fitness after stroke: Biological consequences and exercise-induced adaptations. *Stroke Res Treat*. 2012;1-11.
7. Smith AC, Saunders DH, Mead G. Cardiorespiratory fitness after stroke: A systematic review. *Int J Stroke*. 2012;7(6):499-510.
8. Khedr EM, El Shinawy O, Khedr T, Aziz Ali YA, Awad EM. Assessment of corticodiaphragmatic pathway and pulmonary function in acute ischemic stroke patients. *Eur J Neurol*. 2000;7(3):323-30.
9. Ramos SM, da Silva DM, Buchaim DV, Buchaim RL, Audi M. Evaluation of respiratory muscular strength compared to predicted values in patients with stroke. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(3):1-9.
10. Kim MK, Lee KB, Cho J, Lee WH. Diaphragm thickness and inspiratory muscle functions in chronic stroke patients. *Med Sci Monit*. 2017;23:1247-53.
11. Petersson J, Glenn RW. Gas exchange and ventilation-perfusion relationships in the lung. *Eur Respir J*. 2014;44(4):41.
12. Oyake K, Baba Y, Ito N, Suda Y, Murayama J, Mochida A, et al. Cardiorespiratory factors related to the increase in oxygen consumption during exercise in individuals with stroke. *PLoS One*. 2019;14(10):1-17.

13. Sheel AW, Boushel R, Dempsey JA. Competition for blood flow distribution between respiratory and locomotor muscles: Implications for muscle fatigue. *J Appl Physiol.* 2018;125(3):820-31.
14. Lalande S, Cross TJ, Keller-Ross ML, Morris NR, Johnson BD, Taylor BJ. Exercise Intolerance in Heart Failure: Central Role for the Pulmonary System. *Exerc Sport Sci Rev.* 2020;48(1):11-9.
15. Katayama K, Saito M. Muscle sympathetic nerve activity during exercise. *J Physiol Sci.* 2019;69(4):589-98.
16. Witt JD, Guenette JA, Rupert JL, McKenzie DC, Sheel AW. Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. *J Physiol.* 2007;584(3):1019-28.
17. Dominelli PB, Render JN, Molgat-Seon Y, Foster GE, Romer LM, Sheel AW. Oxygen cost of exercise hyperpnoea is greater in women compared with men. *J Physiol.* 2015;593(8):1965-79.
18. Lemos JR, da Cunha FA, Lopes AJ, Guimarães FS, do Amaral Vasconcellos FV, dos Santos Vigário P. Respiratory muscle training in non-athletes and athletes with spinal cord injury: A systematic review of the effects on pulmonary function, respiratory muscle strength and endurance, and cardiorespiratory fitness based on the FITT principle of exercise. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2019;1:1-13.
19. Shei RJ. Recent advancements in our understanding of the ergogenic effect of respiratory muscle training in healthy humans: A systematic review. *J Strength Cond Res.* 2018;32(9):2665-76.
20. Kulnik ST. Should we train respiratory muscles after stroke? *Neurology.* 2015;85(7):560-1.
21. Beaumont M, Forget P, Couturaud F, Reyckler G. Effects of inspiratory muscle training in COPD patients: A systematic review and meta-analysis. *Clin Respir J.* 2018;12(7):2178-88.
22. Karsten M, Ribeiro GS, Esquivel MS, Matte DL. The effects of inspiratory muscle training with linear workload devices on the sports performance and cardiopulmonary function of athletes: A systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport.* 2018;34:92-104.
23. Göhl O, Walker DJ, Waltersbacher S, Langer D, Spengler CM, Wanke T, et al. Respiratory muscle training: State-of-the-Art. *Pneumologie.* 2016;70(1):37-48.
24. Wu J, Kuang L, Fu L. Effects of inspiratory muscle training in chronic heart failure patients: A systematic review and meta-analysis. *Congenit Heart Dis.* 2018;13(2):194-

- 202.
25. Boswell-Ruys CL, Lewis CRH, Wijesuriya NS, McBain RA, Lee BB, McKenzie DK, et al. Impact of respiratory muscle training on respiratory muscle strength, respiratory function and quality of life in individuals with tetraplegia: A randomised clinical trial. *Thorax*. 2020;75(3):279-88.
 26. Gomes-Neto M, Saquetto MB, Silva CM, Carvalho VO, Ribeiro N, Conceição CS. Effects of Respiratory Muscle Training on Respiratory Function, Respiratory Muscle Strength, and Exercise Tolerance in Patients Poststroke: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016;97(11):1994-2001.
 27. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Altman D, Antes G, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Med*. 2009;6(7):1-6.
 28. Menezes KKP, Nascimento LR, Ada L, Avelino PR, Polese JC, Mota Alvarenga MT, et al. High-Intensity Respiratory Muscle Training Improves Strength and Dyspnea Poststroke: A Double-Blind Randomized Trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2019;100(2):205-12.
 29. Graham BL, Steenbruggen I, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, Hallstrand TS, et al. Standardization of spirometry 2019 update an official American Thoracic Society and European Respiratory Society technical statement. *Am J Respir Crit Care Med*. 15 de octubre de 2019;200(8):E70-88.
 30. Higgins J, Sally G. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. Version 5.1.0. *Cochrane Collab*. 2012;(March):199-255.
 31. Armijo-Olivo S, Da Costa BR, Cummings GG, Ha C, Fuentes J, Saltaji H, et al. PEDro or Cochrane to assess the quality of clinical trials? A meta-epidemiological study. *PLoS One*. 2015;10(7):1-14.
 32. Russell-Rose T, Chamberlain J. Expert Search Strategies: The Information Retrieval Practices of Healthcare Information Professionals. *JMIR Med Informatics*. 2017;5(4):1-11.
 33. Haynes RB, McKibbon KA, Wilczynski NL, Walter SD, Werre SR. Optimal search strategies for retrieving scientifically strong studies of treatment from Medline: Analytical survey. *BMJ*. 2005;330(7501):1179-82.
 34. Furlan AD, Malmivaara A, Chou R, Maher CG, Deyo RA, Schoene M, et al. 2015 updated method guideline for systematic reviews in the Cochrane Back and Neck Group.

- Spine . 2015;40(21):1660-73.
35. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro Scale for Rating Quality of Randomized Controlled Trials. *Phys Ther.* 2003;83(8):713-21.
 36. Bhogal SK, Teasell RW, Foley NC, Speechley MR. The PEDro scale provides a more comprehensive measure of methodological quality than the Jadad scale in stroke rehabilitation literature. *J Clin Epidemiol.* 2005;58(7):668-73.
 37. McHugh ML. Interrater reliability: The kappa statistic. *Biochem Medica.* 2012;22(3):276-82.
 38. Britto RR, Rezende NR, Marinho KC, Torres JL, Parreira VF, Teixeira-Salmela LF. Inspiratory muscular training in chronic stroke survivors: A randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011;92(2):184-90.
 39. Messaggi-Sartor M, Guillen-Solà A, Depolo M, Duarte E, Rodríguez DA, Barrera M-C, et al. Inspiratory and expiratory muscle training in subacute stroke. *Neurology.* 2015;85(7):564-72.
 40. Sutbeyaz ST, Koseoglu F, Inan L, Coskun O. Respiratory muscle training improves cardiopulmonary function and exercise tolerance in subjects with subacute stroke: A randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2010;24(3):240-50.
 41. Guillén-Solà A, Messaggi Sartor M, Bofill Soler N, Duarte E, Barrera MC, Marco E. Respiratory muscle strength training and neuromuscular electrical stimulation in subacute dysphagic stroke patients: A randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2017;31(6):761-71.
 42. Cho JE, Lee HJ, Kim MK, Lee WH. The improvement in respiratory function by inspiratory muscle training is due to structural muscle changes in patients with stroke: a randomized controlled pilot trial. *Top Stroke Rehabil.* 2018;25(1):37-43.
 43. Jung J-H, Kim N-S. Effects of Inspiratory Muscle Training on Diaphragm Thickness, Pulmonary Function, and Chest Expansion in Chronic Stroke Patients. *J Korean Soc Phys Med.* 2013;8(1):59-69.
 44. Lee K, Park D, Lee GC. Progressive Respiratory Muscle Training for Improving Trunk Stability in Chronic Stroke Survivors: A Pilot Randomized Controlled Trial. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2019;28(5):1200-11.
 45. Liaw M-Y, Hsu C-H, Leong C-P, Liao C-Y, Wang L-Y, Lu C-H, et al. Respiratory muscle training in stroke patients with respiratory muscle weakness, dysphagia, and dysarthria – a prospective randomized trial. *Medicine.* 2020;99(10):1-10.

46. Kulnik ST, Birring SS, Moxham J, Rafferty GF, Kalra L. Does respiratory muscle training improve cough flow in acute stroke? Pilot randomized controlled trial. *Stroke*. 2015;46(2):447-53.
47. Day SJ, Altman DG. Blinding in clinical trials and other studies. *BMJ*. 2000;321(7259):504.
48. Joyce DP, Jackevicius C, Chapman KR, McIvor RA, Kesten S. The Placebo Effect in Asthma Drug Therapy Trials: A Meta-Analysis. *J Asthma*. 2000;37(4):303-18.
49. Shei RJ, Chapman RF, Gruber AH, Mickleborough TD. Inspiratory muscle training improves exercise capacity with thoracic load carriage. *Physiol Rep*. 2018;6(3):1-12.
50. Turner LA, Mickleborough TD, McConnell AK, Stager JM, Tecklenburg-Lund S, Lindley MR. Effect of inspiratory muscle training on exercise tolerance in asthmatic individuals. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(11):2031-8.
51. De Menezes KKP, Nascimento LR, Polese JC, Ada L, Teixeira-Salmela LF. Effect of high-intensity home-based respiratory muscle training on strength of respiratory muscles following a stroke: a protocol for a randomized controlled trial. *Brazilian J Phys Ther*. 2017;21(5):372-7.
52. Ferreira GD, Costa ACC, Plentz RDM, Coronel CC, Sbruzzi G. Respiratory training improved ventilatory function and respiratory muscle strength in patients with multiple sclerosis and lateral amyotrophic sclerosis: systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy*. 2016;102(3):221-8.
53. Faustini Pereira J, Galant L, Rossi D, Telles da Rosa L, Garcia E, de Mello Brandão A, et al. Functional Capacity, Respiratory Muscle Strength, and Oxygen Consumption Predict Mortality in Patients With Cirrhosis. *Can J Gastroenterol Hepatol*. 2016;2016:1-6.
54. Illi SK, Held U, Frank I, Spengler CM. Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: A systematic review and meta-analysis. *Sport Med*. 2012;42(8):707-24.
55. Escolar JDD, Escolar A. Lung hysteresis: A morphological view. *Histol Histopathol*. 2004;19(1):159-66.
56. Jo MR, Kim NS. Combined respiratory muscle training facilitates expiratory muscle activity in stroke patients. *J Phys Ther Sci*. 2017;29(11):1970-3.
57. Jo MR, Kim NS. The correlation of respiratory muscle strength and cough capacity in stroke patients. *J Phys Ther Sci*. 2016;28(10):2803-5.

58. Jung J-H, Kim N-S. The effect of progressive high-intensity inspiratory muscle training and fixed high-intensity inspiratory muscle training on the asymmetry of diaphragm thickness in stroke patients. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(10):3267-9.
59. Jung NJ, Na SS, Kim SK, Hwangbo G. The effect of the inspiratory muscle training on functional ability in stroke patients. *J Phys Ther Sci.* 2017;29(11):1954-6.
60. Gomes Neto M, Ferrari F, Helal L, Lopes AA, Carvalho VO, Stein R. The impact of high-intensity inspiratory muscle training on exercise capacity and inspiratory muscle strength in heart failure with reduced ejection fraction: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* 2018;32(11):1482-92.
61. Sousa A, Neiva H, Gil M, Izquierdo M, Rodríguez-Rosell D, Marques M, et al. Concurrent Training and Detraining: The Influence of Different Aerobic Intensities. *J Strength Cond Res.* 2019;40(12):747-55.
62. Katz S, Arish N, Rokach A, Zaltzman Y, Marcus EL. The effect of body position on pulmonary function: A systematic review. *BMC Pulm Med.* 2018;18(1).
63. Melo LC ost., Silva MA layd. M da, Calles AC arolin. do N. Obesity and lung function: a systematic review. *Einstein (Sao Paulo).* 2014;12(1):120-5.
64. Cipriano GFB, Cipriano G, Santos F V., Chiappa AMG, Pires L, Cahalin LP, et al. Current insights of inspiratory muscle training on the cardiovascular system: A systematic review with meta-analysis. *Integr Blood Press Control.* 2019;12:1-11.
65. Kim J, Park JH, Yim J. Effects of respiratory muscle and endurance training using an individualized training device on the pulmonary function and exercise capacity in stroke patients. *Med Sci Monit.* 2014;20:2543-9.
66. Oh D, Kim G, Lee W, Shin MMS. Effects of inspiratory muscle training on balance ability and abdominal muscle thickness in chronic stroke patients. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(1):107-11.

7. ANEXOS

Figura 1. Dispositivos empleados para el entrenamiento de la musculatura respiratoria.



Figura 2. Diagrama de flujo conforme las pautas establecidas en la declaración PRISMA.

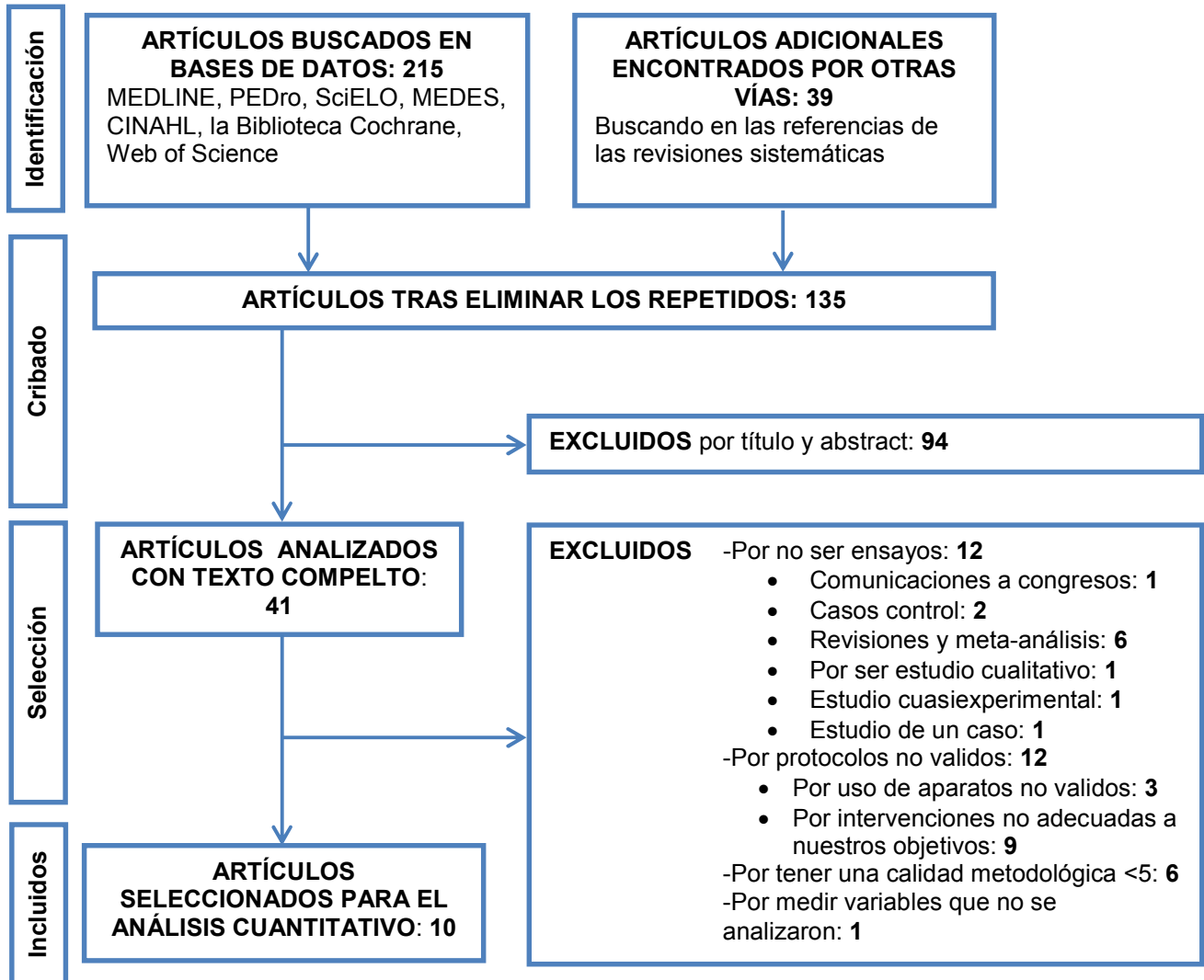


Figura 3. Gráfico del riesgo de sesgo.

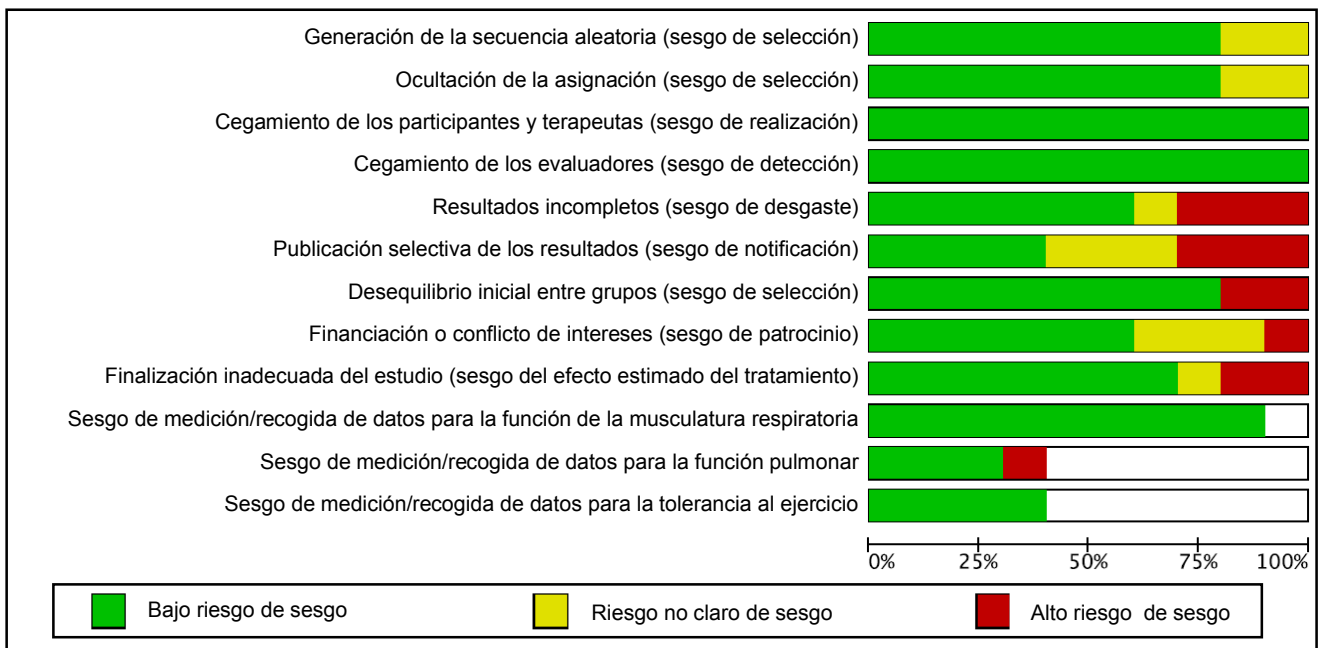


Figura 4. Resumen del riesgo de sesgo.

	Generación de la secuencia aleatoria (sesgo de selección)	Ocultación de la asignación (sesgo de selección)	Cegamiento de los participantes y terapeutas (sesgo de realización)	Cegamiento de los evaluadores (sesgo de detección)	Resultados incompletos (sesgo de desgaste)	Publicación selectiva de los resultados (sesgo de notificación)	Desequilibrio inicial entre grupos (sesgo de selección)	Financiación o conflicto de intereses (sesgo de patrocinio)	Finalización inadecuada del estudio (sesgo del efecto estimado del tratamiento)	Sesgo de medición/recogida de datos para la función de la musculatura respiratoria	Sesgo de medición/recogida de datos para la función pulmonar	Sesgo de medición/recogida de datos para la tolerancia al ejercicio
Britto 2011	?	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Cho 2018	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+		+
Guillén-Solà 2017	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+		
Jung 2013	?	?	+	+	+	?	+	?	?		+	
Kulnik 2015	+	+	+	+	?	-	+	+	+	+		
Lee 2019	+	+	+	+	+	?	+	?	-	+	-	
Liaw 2020	+	?	+	+	-	-	-	+	-	+	+	
Messaggi-Sartor 2015	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+		
Menezes 2019	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+		+
Sutbeyaz 2010	+	+	+	+	+	?	+	?	+	+	+	+

Tabla 1. Criterios de selección empleando la estrategia PICO.

Diseño <ul style="list-style-type: none">• Ensayo clínico controlado aleatorizado
Participantes <ul style="list-style-type: none">• Pacientes que han sufrido un ACV• Sin limitaciones por edad, sexo o tiempo desde el ACV
Intervenciones <ul style="list-style-type: none">• Entrenamiento de musculatura respiratoria para mejorar la fuerza y resistencia muscular (incluyendo músculos inspiratorios y/o espiratorios) a través de dispositivos de umbrales de presión o dispositivos resistivos inspiratorios
Variables <ul style="list-style-type: none">• Fuerza de la musculatura respiratoria (inspiratoria/espiratoria)• Resistencia de la musculatura inspiratoria• Espesor diafragmático• Función pulmonar• Tolerancia al ejercicio
Comparaciones <ul style="list-style-type: none">• Entrenamiento de la musculatura respiratoria (inspiratoria/espiratoria) versus control• Entrenamiento de la musculatura inspiratoria versus control• Entrenamiento de la musculatura espiratoria versus control

Tabla 2 Características de los ECCAs incluidos.

Estudios	Pacientes (incluidos, edad, sexo)	Duración del ACV	Diseño del estudio e intervenciones	Variables	Resultados clave
Britto et al. 2011 ³⁸	N = 21 54 años 48% mujeres	>9 meses	ECCA Exp1: EMI Control: EMI placebo	<u>Función muscul. resp:</u> PIM, RMI <u>Función pulmonar:</u> - <u>Tolerancia al ejercicio:</u> Cicloergómetro (Potencia)	<u>Función muscul. resp:</u> El EMI generó mejoras significativas en la PIM y la RMI en comparación con el placebo <u>Función pulmonar:</u> - <u>Tolerancia al ejercicio:</u> El EMI no resultó una intervención eficaz en la mejora de la potencia alcanzada en la cicloergometría, reportando valores similares a los obtenidos con el placebo
Cho et al. 2018 ⁴²	N = 30 50.15 años 52% mujeres	>3 meses	ECCA Exp1: EMI+RC Control: RC	<u>Función muscul. resp:</u> PIM, RMI, espesor diafragmático en contracción y reposo <u>Función pulmonar:</u> - <u>Tolerancia al ejercicio:</u> PM6M	<u>Función muscul. resp:</u> el EMI mostró un incremento significativo en la PIM, la RMI, el espesor del diafragma afecto en contracción respecto al grupo control <u>Función pulmonar:</u> - <u>Tolerancia al ejercicio:</u> ambos grupos presentaron una distancia caminada en el PM6M similar, no existiendo diferencias significativas entre ellos
Guillén-Solà et al. 2017 ⁴¹	N = 41 69 años 38.7% mujeres	>1 y <3 semanas	ECCA Exp1: EMI+EME+RC Control: RC	<u>Función muscul. resp:</u> PIM, PEM <u>Función pulmonar:</u> - <u>Tolerancia al ejercicio:</u> -	<u>Función muscul. resp:</u> La adición de EMI+EME a un programa de RC provocó un mayor incremento post-intervención en la PIM y la PEM que la aplicación aislada de RC. Sin embargo, a los 3 meses no se observaron diferencias entre ambos grupos <u>Función pulmonar:</u> - <u>Tolerancia al ejercicio:</u> -

Tabla 2 Características de los ECCAs incluidos (continuación).

Jung et al. 2013 ⁴³	N = 33 59 años 56.67% mujeres	>6 meses	ECCA Exp1: EMI+RC Control: RC	<u>Función musc. resp:</u> Espesor diafragmático en contracción y reposo <u>Función pulmonar:</u> CVF, VEMS, FEM, VEMS/ CVF <u>Tolerancia al ejercicio:</u> -	<u>Función musc. resp:</u> El grupo que incluyó el EMI obtuvo un mayor incremento en el espesor del diafragma (lado parético y lado no afecto) en contracción que la intervención control <u>Función pulmonar:</u> El EMI incrementó significativamente el FEM comparado con la intervención control. No se observaron diferencias significativas entre ambos grupos para la VEMS y la CVF <u>Tolerancia al ejercicio:</u> -
Kulnik et al. 2015 ⁴⁶	N = 82 64.44 años 39.75% mujeres	<2 semanas	ECCA Exp1: EMI Exp2: EME Control: EMI+EME placebo	<u>Función musc. resp:</u> PIM, PEM <u>Función pulmonar:</u> - <u>Tolerancia al ejercicio:</u> -	<u>Función musc. resp:</u> Todos los grupos mostraron resultados similares en la mejora de la fuerza de los músculos respiratorios al finalizar las intervenciones. Además, a los 3 meses tampoco se encontraron diferencias entre los grupos <u>Función pulmonar:</u> - <u>Tolerancia al ejercicio:</u> -
Lee et al. 2019 ⁴⁴	N = 33 59.16 años 52% mujeres	>6 meses	ECCA Exp1: EMI+EME+RC +Estabilización de tronco Control: RC+ Estabilización de tronco	<u>Función musc. resp:</u> PIM, PEM, espesor diafragmático en contracción y reposo <u>Función pulmonar:</u> FEM, VEMS, CV <u>Tolerancia al ejercicio:</u> -	<u>Función musc. resp:</u> El EMI+EME incrementó significativamente la PIM, la PEM, y el espesor del diafragma en el lado afecto en contracción en comparación con el grupo que recibió el tratamiento control <u>Función pulmonar:</u> La aplicación de EMI+EME provocó mejorías significativas respecto al grupo control únicamente en el FEM <u>Tolerancia al ejercicio:</u> -

Tabla 2 Características de los ECCAs incluidos (continuación).

Liaw et al. 2020 ⁴⁵	N = 31 62.84 años 61.29% mujeres	>6 meses	ECCA Exp1: EMI+EME+RC Control: RC	<u>Función muscul. resp:</u> PIM, PEM <u>Función pulmonar:</u> CVF, VEMS, FEF _{25-75%} , VEMS/CVF <u>Tolerancia al ejercicio:</u> -	<u>Función muscul. resp:</u> La adición del EMI+EME a un programa de RC mejoró significativamente la fuerza de la musculatura inspiratoria en comparación con la aplicación aislada de la RC. Sin embargo, la suma de EMI+EME a la RC no supuso un mayor beneficio de la fuerza de la musculatura espiratoria <u>Función pulmonar:</u> respecto al grupo control, la adición de EMI+EME a un programa de RC resultó efectiva para incrementar la CVF, pero no para la mejora de la VEMS o el FEF _{25-75%} <u>Tolerancia al ejercicio:</u> -
Messaggi-Sartor et al. 2015 ³⁹	N = 109 65.5 años 42.12% mujeres	<3 semanas	ECCA Exp1: EMI+EME+RC Control: EMI+EME placebo +RC	<u>Función muscul. resp:</u> PIM, PEM <u>Función pulmonar:</u> - <u>Tolerancia al ejercicio:</u> -	<u>Función muscul. resp:</u> El EMI+EME fue significativamente más efectivo para mejorar la PIM y la PEM que el placebo <u>Función pulmonar:</u> - <u>Tolerancia al ejercicio:</u> -
Menezes et al. 2019 ²⁸	N = 38 63.5 años 58% mujeres	>3 meses y <5 años	ECCA Exp1: EMI+EME Control: EMI+ EME placebo	<u>Función muscul. resp:</u> PIM, PEM, RMI <u>Función pulmonar:</u> - <u>Tolerancia al ejercicio:</u> PM6M	<u>Función muscul. resp:</u> El EMI+EME resultó ser una intervención eficaz para el incremento de la PIM, la PEM y la RMI, como se deduce de las diferencias significativas observadas al compararse con una intervención placebo. Además, estas mejoras significativas se mantuvieron a medio plazo (3 meses) <u>Función pulmonar:</u> - <u>Tolerancia al ejercicio:</u> No existieron diferencias significativas entre los grupos en la distancia caminada en el PM6M

Tabla 2 Características de los ECCAs incluidos (continuación).

Sutbeyaz et al. 2010 ⁴⁰	N = 45 61.83 años 46.67% mujeres	>3 y <12 meses	ECCA Exp1: EMI+RC Control: RC	<u>Función musc. resp:</u> PIM, PEM <u>Función pulmonar:</u> CVF, VEMS, FEM, CV, FEF _{25-75%} , VVM <u>Tolerancia al ejercicio:</u> Cicloergómetro (potencia)	<u>Función musc. resp:</u> la adición del EMI al programa de RC generó un incremento significativo en la PIM, pero no en la PEM, en comparación con el obtenido por la RC <u>Función pulmonar:</u> en comparación con el grupo control, el grupo que incluyó EMI mejoró significativamente la CVF, VEMS, CV, FEF _{25-75%} , y la VVM. Sin embargo, ambos grupos mostraron resultados similares en la FEM <u>Tolerancia al ejercicio:</u> el grupo que administró EMI obtuvo un mayor incremento de la potencia alcanzada en la cicloergometría respecto al grupo control
------------------------------------	--	----------------	--	--	--

ACV: Accidente cerebrovascular. CV: Capacidad vital. CVF: Capacidad vital forzada. ECCA: ensayo clínico controlado aleatorizado. EMI: Entrenamiento de la musculatura inspiratoria. EME: Entrenamiento de la musculatura espiratoria. FEM: Flujo espiratorio máximo. FEF_{25-75%}: Flujo espiratorio medio. PIM: Presión inspiratoria máxima. PEM: Presión espiratoria máxima. RMI: Resistencia de la musculatura inspiratoria. PM6M: Prueba de marcha de los 6 minutos. VEMS: Volumen espiratorio máximo en el primer segundo. VVM: Ventilación voluntaria máxima.

Tabla 3. Protocolos de entrenamiento de los estudios incluidos.

Estudios	Modalidad	Intensidad	Tiempo/Repeticiones	Frecuencia (veces por semana)	Duración (semana)	Supervisión	Instrumento
Britto et al. 2011 ³⁸	EMI vs. Placebo	30% del PIM, siendo reajustado cada semana	35 min al día (6 series de 5 min cada una, con 1 min de descanso entre ellas)	5	8	No	Dispositivo de válvula umbral (Philips Respironics Health Scan Products, 908 Pompton Avenue, Cedar Grove, New Jersey 07009)
Cho et al. 2018 ⁴²	EMI vs. NI	30% del PIM, siendo reajustado cada semana	3 series de 30 respiraciones, con descanso de 1 min entre series	5	6	Sí	Dispositivo de válvula resistiva (PowerBreath K5; POWERbreathe International Ltd. Sotham, Warckshire, UK)
Guillén-Solà et al. 2017 ⁴¹	EMI+EME vs. NI	Inicio al 30% de su PIM y PEM, y se eleva 10cmH ₂ O cada semana	2 sesiones diarias de 5 series de 10 repeticiones. 1 min de descanso entre series	5	3	Sí	Dispositivo de válvula umbral (Orygen Dual Valve; Forumed SL, Barcelona, Catalonia, Spain)
Jung et al. 2013 ⁴³	EMI vs. NI	30% PIM, siendo reajustado cada semana	20 min al día (5 min de calentamiento+ 10 min de trabajo +5 min de enfriamiento)	3	6	No	Dispositivo de válvula umbral (Philips Respironics Health Scan Products, 908 Pompton Avenue, Cedar Grove, New Jersey 07009)
Kulnik et al. 2015 ⁴⁶	EMI vs. Placebo	50% del PIM, siendo reajustado cada semana	5 series de 10 repeticiones, con 1 min de descanso entre series	7	4	No	Dispositivo de válvula umbral (Philips Respironics Health Scan Products, 908 Pompton Avenue, Cedar Grove, New Jersey 07009)
	EME vs. Placebo	50% del PEM, siendo reajustado cada semana	5 series de 10 repeticiones, con 1 min de descanso entre series	7	4	No	Dispositivo de válvula umbral (Philips Respironics Health Scan Products, 908 Pompton Avenue, Cedar Grove, New Jersey 07009)

Tabla 3. Protocolos de entrenamiento de los estudios incluidos (continuación).

Lee et al. 2019 ⁴⁴	EMI+EME vs. NI	30% del PIM y PEM, siendo reajustado cada semana	20 min en total (5 series de 10-15 repeticiones. 1 min de descanso entre series)	3	6	Sí	Dispositivo de válvula umbral (Philips Respironics, Andover, MA)
Liaw et al. 2020 ⁴⁵	EMI+EME vs. NI	EMI progresaba por tolerancia del 30% al 60% del PIM EME progresaba por tolerancia del 15% al 75% del PEM	De 1 a 2 sesiones diarias. (EMI: 6 series de 5 repeticiones; EME: 5 series de 5 repeticiones. 1-2 min de descanso entre series)	5	6	No	Dispositivo de válvula umbral (Dofin Breathing Trainer; DT 11 or DT 14 GaleMed Corporation)
Messaggi-Sartor et al. 2015 ³⁹	EMI+EME vs. Placebo	Comienzo a 30% del PIM y PEM, en progresión según tolerancia (10 cm H ₂ O cada semana según tolerancia)	2 sesiones diarias de 5 series/10 repeticiones. 1-2 min de descanso entre series	5	3	Sí	Dispositivo de válvula umbral (Orygen Dual Valve; Forumed SL, Barcelona, Catalonia, Spain)
Menezes et al. 2019 ²⁸	EMI+EME vs. Placebo	50% de su PIM y PEM, siendo reajustado cada semana	2 sesiones al día de 20 min cada una (4 series de 4 minutos separadas unas de otras 1 minuto)	7	8	No	Dispositivo de válvula umbral (Orygen Dual Valve; Forumed SL, Barcelona, Catalonia, Spain)
Sutbeyaz et al. 2010 ⁴⁰	EMI vs. NI	Del 40% del PIM en progresión hasta el 60% del PIM	2 sesiones diarias de 15 min cada una	6	6	Si	Dispositivo de válvula umbral (Philips Respironics Health Scan Products, 908 Pompton Avenue, Cedar Grove, New Jersey 07009)

EMI: Entrenamiento de la musculatura inspiratoria. EME: Entrenamiento de la musculatura espiratoria. NI: No intervención. PIM: Presión inspiratoria máxima. PEM: Presión espiratoria máxima.

Tabla 4. Escala PEDro de los estudios incluidos.

Ítems escala PEDro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
Britto et al. 2011 ³⁸	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	8
Cho et al. 2018 ⁴²	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	6
Guillén-Solà et al. 2017 ⁴¹	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	6
Jung et al. 2013 ⁴³	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	6
Kulnik et al. 2015 ⁴⁶	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	7
Lee et al. 2019 ⁴⁴	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	6
Liaw et al. 2020 ⁴⁵	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	5
Messaggi-Sartor et al. 2015 ³⁹	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	8
Menezes et al. 2019 ²⁸	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
Sutbeyaz et al. 2010 ⁴⁰	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	8
	Media										6,9

1- Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos. 2- La asignación fue oculta. 3- Los grupos fueron similares al inicio en relación con los indicadores de pronóstico más importantes. 4- Todos los sujetos fueron cegados. 5- Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados. 6- Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados. 7- Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos. 8- Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar". 9- Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave. 10-El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave.

Tabla 5. Escala PEDro de los estudios excluidos por tener < 5 puntos.

Ítems escala PEDro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
Jo et al. 2016 ⁵⁷	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	3
Jo et al. 2017 ⁵⁶	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	3
Jung et al. 2015 ⁵⁸	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
Jung et al. 2017 ⁵⁹	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3
Kim et al. 2014 ⁶⁵	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	4
Oh et al. 2016 ⁶⁶	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	4

1- Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos. 2- La asignación fue oculta. 3- Los grupos fueron similares al inicio en relación con los indicadores de pronóstico más importantes. 4- Todos los sujetos fueron cegados. 5- Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados. 6- Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados. 7- Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos. 8- Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar". 9- Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave. 10-El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave.