



Medición de la fuerza muscular en adultos como predictor de extubación en Unidades de Cuidados Intensivos. Revisión narrativa

Measurement of muscular strength in adults as a predictor of extubation in intensive care units. Narrative review

Dra. Diana Carolina Zona-Rubio,* Dra. Ingrid Joana Rojas-López,*
Dra. Sol Angie Romero-Díaz,* Dr. Fabián Esteban Berrío-Molano,*
Dra. Paula Milena Buitrago-Florián,* Dra. Leidy Julieth Ávila-Velandia,*
Dra. Tatiana Carolina Barrantes-Granobles,* Dra. Lina Paola Suárez-Alba,*
Dra. Paula Alexandra Urrea-Morales,* Dra. Leidy Viviana Velásquez-Velásquez,*
Dr. Diego Alejandro Gutiérrez-González,* Dra. Ángela María Ramírez*

Citar como: Zona-Rubio DC, Rojas-López IJ, Romero-Díaz SA, Berrío-Molano FE, Buitrago-Florián PM, Ávila-Velandia LJ, et al. Medición de la fuerza muscular en adultos como predictor de extubación en Unidades de Cuidados Intensivos. Revisión narrativa. Rev Mex Anesthesiol. 2023; 46 (4): 263-267. <https://dx.doi.org/10.35366/112297>

RESUMEN. Introducción: uno de los principales efectos de la ventilación mecánica invasiva es la lesión de los músculos respiratorios, específicamente, sobre el diafragma en el que pueden ocurrir alteraciones estructurales y funcionales que modifican parcial o totalmente su función. Durante la ventilación mecánica se produce un proceso de atrofia por desuso de dicho músculo. Por ello la utilidad clínica de la medición de la fuerza muscular diafragmática es importante para conocer si el paciente tiene la capacidad de activar los mecanismos protectores de la vía aérea para lograr la extubación exitosa y el retiro del ventilador mecánico en el menor tiempo posible. **Objetivos:** describir la medición de la fuerza muscular como predictor de la extubación en las unidades de cuidados intensivos. **Material y métodos:** se realizó una revisión de la literatura, entre 2011 y 2022. **Resultados:** los pacientes que son sometidos a ventilación mecánica invasiva prolongada generalmente desarrollan una afección muscular diafragmática, lo que se convierte en una problemática para el proceso de extubación temprana, por lo cual es vital conocer los métodos de medición de fuerza muscular como predictor de extubación.

ABSTRACT. Introduction: one of the main effects of invasive mechanical ventilation is injury to the respiratory muscles, specifically the diaphragm. In which structural and functional alterations can occur that partially or totally modify its function. During mechanical ventilation, a process of disuse atrophy of said muscle occurs. Therefore, the clinical utility of measuring diaphragmatic muscle strength is important to know if the patient has the ability to activate the protective mechanisms of the airway to achieve successful extubation and removal of the mechanical ventilator in the shortest time possible. **Objective:** describe the measurement of muscle strength as a predictor of extubation in intensive care units. **Material and methods:** a literature review was carried out, carried out between 2011 and 2022. **Results:** patients who are subjected to prolonged mechanical ventilation generally develop a diaphragmatic muscle disorder, becoming a problem for the weaning, for it is important know the methods of measuring muscle strength.

Abreviaturas:

CCTR = The Cochrane Controlled Trials Register.
CPF = cough peak flow.
CVF = capacidad vital forzada.
Pdi = presión transdiafragmática.

UCI = unidad de cuidado intensivo.
VMNI = ventilación mecánica no invasiva.
VMIP = ventilación mecánica invasiva prolongada.

Palabras clave:

fuerza, diafragma, medición, predictor, extubación.

Keywords:

strength, diaphragm, measurement, predictor, extubation.

* Grupo de Investigación Cuidado Cardiorrespiratorio, Vicerrectoría de Investigación.

Universidad «Manuela Beltrán», Colombia.

Correspondencia:

Dra. Diana Carolina Zona-Rubio
E-mail: diana.zona@docentes.umb.edu.co

Recibido: 21-02-2022

Aceptado: 30-09-2022



INTRODUCCIÓN

La estancia hospitalaria es un indicador de eficiencia frente al adecuado aprovechamiento de una cama, agilidad y calidad en la prestación del servicio. Existe una relación directa entre este indicador y la ventilación mecánica invasiva prolongada (VMIP).

La VMIP genera altos porcentajes de infecciones, aumento en la estancia y costos hospitalarios. Debido a lo anterior, implementar protocolos de extubación temprana disminuye costos hospitalarios, riesgo de infecciones, desacondicionamiento físico⁽¹⁾ y tasa de mortalidad en las unidades de cuidados intensivos⁽²⁾.

Existen diferentes protocolos de extubación temprana, los cuales incluyen predictores tales como: reflejo tusígeno, índice de Tobin, test de fuga y medición de fuerza muscular⁽³⁾.

Actualmente, se conocen diferentes autores que han investigado sobre estos predictores; sin embargo, existen pocos estudios que evalúen el impacto de la medición de la fuerza muscular y el entrenamiento de los músculos respiratorios en el destete ventilatorio.

Uno de los principales músculos que se deben fortalecer para la extubación temprana es el diafragma, porque es el principal músculo inspiratorio, que moviliza de 60 a 70% del volumen corriente⁽⁴⁾.

En los pacientes con ventilación mecánica invasiva se encuentra una deficiencia cinética de este agonista, lo que provoca una disminución en el volumen corriente y en las capacidades pulmonares, esto altera la fisiología pulmonar y la capacidad ventilatoria espontánea, al prolongar el tiempo de intubación orotraqueal⁽⁵⁾.

Basados en esta problemática, surge la necesidad de realizar una revisión narrativa, enfocada en la medición de fuerza muscular como predictor de extubación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una revisión de la literatura utilizando los términos MeSH, DECS y palabras de texto libre: «fuerza», «diafragma», «medición», «predictor» y «extubación», en las bases de datos: MEDLINE, EMBASE, *The Cochrane Controlled Trials Register* (CCTR) y LILACS. Adicionalmente se incluyó literatura gris y documentos sugeridos por expertos o método de bola de nieve. Luego, se realizó un análisis bibliométrico mediante la herramienta SCOPUS, en la cual se introdujeron los términos MESH y DECS obtenidos a través de la estrategia de búsqueda PICOT correspondiente a cada eje temático.

Esta investigación tuvo como objetivo conocer el impacto de la medición de fuerza muscular como predictor de extubación. La búsqueda se basó en las siguientes situaciones: casos clínicos donde se utilizó la fuerza muscular como predictor de extubación, medición de la fuerza muscular, efectos sobre el

diafragma asociados al desacondicionamiento físico y soporte ventilatorio prolongado.

Criterios de inclusión: ensayos clínicos controlados aleatorizados, revisiones sistemáticas, metaanálisis, reportes de caso, casos y controles u otros tipos de diseño que demostraran una fuerte evidencia de este método, estudios en seres humanos mayores de 18 años, estudios realizados en unidad de cuidados intensivos, artículos publicados en los últimos 11 años (2011 y 2022), artículos cuya evaluación de calidad y riesgo de sesgo fuera óptima.

Criterios de exclusión: artículos en idiomas diferentes a español e inglés, artículos que no fueran de acceso libre o de los cuales sólo se encontrará disponible el resumen, estudios con conflicto de intereses.

RESULTADOS

Se realizó el tamizaje de artículos por título y resumen, con lo cual se obtuvieron 105, así se lograron desarrollar diferentes ejes temáticos, tales como:

Principales patologías

Dentro de las principales causas de ingreso a la unidad de cuidado intensivo (UCI) se encuentra la demanda de soporte ventilatorio invasivo, como consecuencia de su patología de base; sin embargo, la meta del equipo médico es retirar dicho soporte a la mayor brevedad posible, puesto que su instauración prolongada conlleva al paciente a tener complicaciones clínicas.

Específicamente, cuando se habla de la afectación de la fuerza muscular del diafragma y la ineficacia de la tos se descartan patologías de origen viral como el síndrome de Guillain-Barré, característico por su debilidad muscular, lo que conlleva una falla ventilatoria, requiere soporte ventilatorio invasivo por períodos prolongados y afecta la fuerza muscular diafragmática, la cual debe ser medida a diario como método de prevención y vigilancia de la evolución de la enfermedad⁽⁶⁾.

Asimismo, en la literatura se encuentra información sobre patologías como lesiones cerebrales, distrofia muscular facioescapulohumeral, las cuales producen debilidad muscular diafragmática y tos ineficiente, lo que lleva al paciente a una intubación orotraqueal. En estas patologías se debe utilizar la medición de la fuerza muscular diafragmática, para la adecuada prescripción del tratamiento, así se mitigará el riesgo de desencadenar dependencia ventilatoria⁽⁷⁾.

Por último, se resalta la medición diafragmática en las patologías respiratorias restrictivas, en las cuales se sugiere la aplicación de la presión positiva inspiratoria y presión negativa espiratoria con el fin de incrementar el *peak flow* de tos, con lo que se disminuyen las broncoaspiraciones y la extubación fallida⁽⁸⁾.

Consecuencias de la ventilación mecánica invasiva prolongada sobre el diafragma

La ventilación mecánica es un soporte terapéutico que reemplaza la función ventilatoria como consecuencia de falla respiratoria. Asimismo, incrementa el porcentaje de supervivencia en la unidad de cuidados intensivos⁽⁹⁾. Dentro de sus desventajas se pueden encontrar la disfunción diafragmática que se caracteriza por la presencia de atrofia y disfunción contráctil del diafragma⁽¹⁰⁾. Según las estadísticas, posterior a 12 horas de VM se encuentra una debilidad muscular, situación que aumenta significativamente la morbilidad y mortalidad de los pacientes en 30% cuando permanecen largos períodos en ventilación^(10,11).

Por esta razón, los objetivos principales al ventilar a un paciente son lograr asistencia y mantener en sedación consciente, lo cual disminuye la atrofia muscular⁽¹²⁾.

Métodos empleados para la medición

Para determinar la funcionalidad del diafragma, se debe conocer la morfología y cambios en su grosor, los cuales se ven afectados por la VMIP, lo que se relaciona directamente con aumento del tiempo de intubación. Este cambio fisiológico sólo se puede medir mediante ultrasonografía^(12,13).

Otro índice para evaluar es la presión muscular respiratoria/ actividad eléctrica diafragmática. La cual se implementó en los pacientes con VMIP, al establecer que la presión resultante de la oclusión de la vía aérea en espiración ayuda a evaluar cuantitativamente el esfuerzo de la musculatura⁽¹⁴⁾.

Teniendo en cuenta la relación existente entre la fuerza muscular y la tos, se encontraron los métodos de *peak flow* > 60 L/min, secreciones traqueales con un volumen aproximado de 2.5 mL/min y la capacidad de seguir órdenes, los cuales son predictores de una extubación exitosa⁽¹⁵⁾.

Los valores de *peak flow* pueden predecir fallo en la extubación y relacionarse con debilidad muscular diafragmática cuando se obtienen valores por debajo de los 60 L/min, esto aumenta considerablemente los factores de riesgo y las complicaciones para el paciente⁽¹⁶⁾.

Utilización de la fuerza muscular diafragmática como predictor de extubación

El diafragma tiene un grosor que disminuye 6% luego de 48 horas de ventilación mecánica⁽¹⁷⁾.

Existen diferentes mediciones que permiten evaluar el espesor de este músculo, tales como la ultrasonografía de hemidiafragma, donde se aplica presión soporte, logrando una predicción sobre la extubación. Aquellos pacientes que tienen un cambio de espesor en el diafragma durante el fin de la espiración > a 20% con niveles de presión de soporte de

5 a 10 cmH₂O predicen una extubación exitosa en un plazo de 48 horas después de instaurado el soporte ventilatorio⁽¹⁸⁾.

DISCUSIÓN

La ventilación mecánica se encuentra asociada con atrofia muscular, disfunción contráctil que genera una disfunción diafragmática⁽¹⁰⁾. En varios estudios se concluye que estas alteraciones se presentan a las 12 horas de intubación^(14,19,20). Esta conjetura se relaciona con los índices de morbilidad y mortalidad, según el Dr. Medrinal y colaboradores, 30% de los pacientes con estancia prolongada genera disfunción cinética del diafragma⁽¹⁰⁾.

La mayoría de los usuarios con ventilación prolongada se relacionan con alteraciones neurológicas, las cuales no sólo afectan el estado de conciencia, sino también el comportamiento del músculo, lo que impacta el tono, fuerza, sensibilidad, entre otros, y aumentan los días de estancia hospitalaria, así como la capacidad de extubación exitosa⁽²¹⁻²³⁾.

Partiendo de la importancia de una extubación temprana, se debe trabajar en parámetros de destete ventilatorio tales como: frecuencia respiratoria, volumen corriente y la presión inspiratoria máxima antes y después de la prueba de respiración espontánea⁽²⁴⁾. De la misma manera, se debe evaluar el estado de conciencia según Glasgow, estabilidad hemodinámica, bajos parámetros ventilatorios, adecuada perfusión tisular, fuerza muscular y manejo de secreciones.

Según Macintyre NR, el adecuado uso de los métodos y predictores de extubación permiten determinar el momento oportuno para el destete ventilatorio, con lo que se disminuye la estancia hospitalaria, lesiones pulmonares, delirium y mortalidad^(25,26).

Para una extubación exitosa se debe medir: tos efectiva, fuerza muscular tales como Pmax, Pgas y Pimax, índice de CROP (Mayor de 13) y esfuerzo inspiratorio cronometrado, este último se basa en la presión inspiratoria máxima y tiempo de oclusión requerida, las cuales pueden ayudar a determinar la capacidad de éxito o fracaso de la extubación⁽²⁷⁻²⁹⁾.

Smailes ST y colegas⁽³⁰⁾ afirman que el valor del *cough peak flow* (CPF) y de «las secreciones endotraqueales están directamente relacionadas con el resultado de la extubación, puesto que los pacientes con un CPF < 60 L/min tienen nueve veces más probabilidad de fallo de la extubación, en comparación con los que tienen un valor > 60 L/min, pacientes con abundantes secreciones tienen ocho veces más posibilidad de fallar la extubación».

Bellani G y su equipo⁽¹⁴⁾ implementaron el índice entre presión muscular respiratoria y actividad eléctrica del diafragma en los pacientes con VMIP bajo modos controlados, con esto se estableció que la presión resultante de la oclusión de la vía aérea en espiración ayuda a evaluar cuantitativamente el esfuerzo de la musculatura respiratoria. Un estudio retrospectivo

Llevado a cabo por Demoule y colaboradores⁽³¹⁾ concluyó que para medir el tiempo de conducción prolongado del nervio frénico se debe utilizar estimulación magnética cervical, de tal manera que se describió como un método confiable usado en pacientes críticos.

Kuriyama y colegas identifican que el test de fuga tiene una excelente especificidad, pero una sensibilidad moderada para predecir la obstrucción de la vía aérea postextubación⁽³²⁾.

Aunque, día a día se están explorando y reinventando aquellas maniobras que permiten hacer una medición objetiva de la tos, algunos autores siguen siendo muy conservadores. Miu T y su equipo, en su artículo «*Predictors of Reintubation in Critically Ill Patients*»⁽¹⁵⁾, describen que la capacidad de proteger la vía aérea superior y el aclaramiento de secreciones está indicado por tres factores: un *peak flow* de 60 L/min, secreciones traqueales con un volumen de aproximadamente 2.5 mL/min y la capacidad de seguir cuatro tareas (ojos abiertos, seguimiento con los ojos, agarrar con las manos y adherir la lengua) y éstas están directamente relacionadas con el aumento de las probabilidades de una extubación exitosa.

En las patologías restrictivas, la combinación de la técnica de insuflación-exuflación mecánica, cuyo objetivo es simular la tos, permite la liberación de la vía aérea artificial y el auto-destete de los pacientes, puesto que facilita la eliminación de secreciones y la reeducación del diafragma en el cumplimiento de esta función⁽²⁴⁾. También, como expone Macintyre, en su artículo «*The ventilator discontinuation process: An expanding evidence base*», la capacidad que tenga el paciente para poder proteger su vía aérea y realizar un adecuado manejo de sus secreciones son vitales para el éxito de la extubación. Para esto, los picos flujo debían ser mayores a 160 L/min en pacientes con lesión de la médula espinal⁽²⁵⁾.

Una de las complicaciones que se pueden presentar después de la extubación es la necesidad de reintubación con una prevalencia de 15%⁽²³⁾. Debido a lo anterior, la medición del flujo pico de tos antes de la extubación se considera como un predictor de reintubación, el cual permite cuantificar la fuerza de la tos y el éxito en ésta⁽²³⁾.

Jung y colaboradores, en 2020⁽³³⁾, listaron los siguientes tips para una extubación exitosa: evitar sedación innecesaria, reducir el uso de relajantes musculares, proteger el diafragma y evitar las lesiones musculares secundarias a la ventilación mecánica, pruebas diarias de respiración espontánea, al tomar en cuenta la estabilidad hemodinámica del paciente, utilización de protocolos estandarizados de extubación y lista de

chequeo, medición de la fuerza muscular, soporte postextubación y traqueotomía temprana. El adecuado control de los ítems relacionados puede disminuir los días de ventilación y la estancia hospitalaria.

Petrof y colegas evidencian que los pacientes en los que se implementa terapia farmacológica, encaminada a reducir la acción de vías de degradación proteica, estrategias de modulación diafragmática y electroestimulación se maximizan los efectos del paciente en UCI⁽³⁴⁾. Un desempeño muscular adecuado garantiza un apropiado mecanismo de tos postextubación, así lo evidencian Terzi y su equipo con la medición de la capacidad vital forzada (CVF), la cual predice con alta sensibilidad el fallo en la extubación y el requerimiento de terapia profiláctica como el uso de ventilación mecánica no invasiva (VMNI) o un asistente de tos⁽³⁵⁾.

Finalmente, para la valoración adecuada del desempeño muscular diafragmático como predictor de extubación, además de la valoración de fuerza y la toma de test y medidas, es importante contar con la participación del terapeuta como profesional especialista frente a la toma de decisiones frente al protocolo y proceso de extubación⁽³⁶⁾.

CONCLUSIONES

Existe baja evidencia frente a la medición de la fuerza muscular como predictor de destete ventilatorio; sin embargo, se puede afirmar que el uso prolongado de soporte ventilatorio se relaciona ampliamente con el desarrollo de enfermedades neuromusculares, por lo que es de vital importancia conocer los test y medidas aplicadas a la fuerza muscular, al obtener la presión y flujo en la vía aérea con la Pdi (presión transdiafragmática), electromiografía y asincronía ventilatoria primordialmente.

Asimismo, la ventilación mecánica invasiva conlleva a debilidad muscular respiratoria que puede aparecer a las 12 horas, lo que extiende el tiempo de estancia en la unidad de cuidado intensivo y la aparición de complicaciones en el paciente, por lo cual es importante emplear tempranamente predictores de extubación para evitar el daño muscular asociado y aplicar modos ventilatorios que permitan la asistencia respiratoria.

Finalmente, en las patologías neuromusculares y neurológicas se evidenció que el principal método para la medición de la tos es el *peak flow*, en el cual un valor > 160 L/min determina una buena capacidad tusígena y protección de la vía aérea, por lo que se considera un buen predictor de éxito para la extubación.

REFERENCIAS

1. Martín M, Ortiz G, Lara A, Pereira M, Rocha E, Gómez A. Medición de éxito y fracaso en extubación y su relación con los indicadores clínicos convencionales, en pacientes de Unidad de Cuidado Intensivo (UCI) en el Hospital Santa Clara de Bogotá. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*. 2009;9:145-150.
2. Monteiro S, Pessolano F, Suárez E, De Vito E. Función del diafragma durante la colocación de cargas sobre el abdomen en sujetos normales. *Medicina (Buenos Aires)*. 2012;72:98-102.
3. Castro A, Cortopassi F, Sabbag R, Bouscoulet L, Kumpel C, Ferreira E. Evaluación de la musculatura respiratoria en la predicción del resultado de la extubación de pacientes con ictus. *Archivos de Bronconeumología*. 2012;48:274-279.
4. Gómez W. Fundamentos de fisioterapia respiratoria y ventilación mecánica. 3a ed. Editorial El Manual Moderno Colombia, Bogotá, 2014.
5. Barwing J, Pedroni C, Olgemöller U, Quintel M, Moerer O. Electrical activity of the diaphragm (EAdi) as a monitoring parameter in difficult weaning from respirator: a pilot study. *Crit Care*. 2013;17:R182.
6. Karakurt Z, Fanfulla F, Ceriana P, Carlucci A, Grassi M, Colombo R, Karakurt S, Nava S. Physiologic determinants of prolonged mechanical ventilation in patients after major surgery. *J Crit Care*. 2012;27:221.e9-16.
7. Roquilly A, Cinotti R, Jaber S, Vourc'h M, Pengam F, Mahe PJ, et al. Implementation of an evidence-based extubation readiness bundle in 499 brain-injured patients. a before-after evaluation of a quality improvement project. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;188:958-966.
8. Bach JR, Sinquee DM, Saporito LR, Botticello AL. Efficacy of mechanical insufflation-exsufflation in extubating unweanable subjects with restrictive pulmonary disorders. *Respir Care*. 2015;60:477-483.
9. Chiappero GC. Ventilación mecánica. Libro del comité de neumología crítica de la SATI.: Médica Panamericana; 2008.
10. Medrinal C, Prieur G, Frenoy E, Quesada A, Poncet A. Respiratory weakness after mechanical ventilation is associated with one-year mortality—a prospective study. *Crit Care*. 2016;20:231.
11. Talber E, Smuder A, Kwon O, Sollanek K, Wiggs M, Powers S. Blockage of the ryanodine receptor via azumolene does not prevent mechanical ventilation-induced diaphragm atrophy. *PLoS One*. 2016;11:e0148161.
12. Goligher EC, Fan E, Herridge MS, Murray A, Vorona S, Brace D, et al. Evolution of diaphragm thickness during mechanical ventilation. Impact of inspiratory effort. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015;192:1080-1088.
13. Kim WY, Suh HJ, Hong SB, Koh Y, Lim CM. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: Influence on weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 2011;39:2627-2630.
14. Bellani G, Coppadoro A, Pozzi M, Bronco A. The ratio of inspiratory pressure over electrical activity of the diaphragm remains stable during ICU stay and is not related to clinical outcome. *Respiratory Care*. 2016;61:495-501.
15. Miu T, Joffe AM, Yanez ND, Khandelwal N, Dagal AH, Deem S, et al. Predictors of reintubation in critically ill patients. *Respir Care*. 2014;59:178-185.
16. Navalesi P, Frigerio P, Patzllaf AC. Prolonged weaning: from the intensive care unit to home. *Rev Port Pneumol*. 2014;20:264-272.
17. Grosu HB, Lee YI, Lee J, Eden E, Eikermann M, Rose KM. Diaphragm muscle thinning in patients who are mechanically ventilated. *Chest*. 2012;142:1455-1460.
18. Blumhof S, Wheeler D, Thomas K, McCool F. Change in diaphragmatic thickness during the respiratory cycle predicts extubation success at various levels of pressure support ventilation. *Lung*. 2016;194:519-525.
19. Hudson MB, Smuder AJ, Nelson WB, Wiggs MP, Shimkus KL, Fluckey JD, et al. Partial support ventilation and mitochondrial-targeted antioxidants protect against ventilator-induced decreases in diaphragm muscle protein synthesis. *PLoS One*. 2015;10:e0137693.
20. Goligher EC, Laghi F, Detsky ME, Farias P, Murray A, Brace D, et al. Measuring diaphragm thickness with ultrasound in mechanically ventilated patients: feasibility, reproducibility and validity. *Intensive Care Med*. 2015;41:642-649.
21. Wu X, Li C, Zhang B, Shen D, Li T, Liu K, Zhang HL. Predictors for mechanical ventilation and short-term prognosis in patients with Guillain-Barré syndrome. *Crit Care*. 2015;19:310.
22. Demoule A, Jung B, Prodanovic H, Molinari N, Chanques G, Coirault C, et al. Diaphragm dysfunction on admission to the intensive care unit. Prevalence, risk factors, and prognostic impact - a prospective study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;188:213-219.
23. Rodrigues AJ, Mendes V, Ferreira PEG, Xavier MAF, Augusto VS, Bassetto S, et al. Preoperative respiratory muscle dysfunction is a predictor of prolonged invasive mechanical ventilation in cardiorespiratory complications after heart valve surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2011;39:662-666.
24. Huang CT, Yu CJ. Conventional weaning parameters do not predict extubation outcome in intubated subjects requiring prolonged mechanical ventilation. *Respir Care*. 2013;58:1307-1314.
25. Macintyre NR. Evidence-based assessments in the ventilator discontinuation process. *Respir Care*. 2012;57:1611-1618.
26. Schellekens WJ, van Hees HW, Doorduyn J, Roesthuis LH, Scheffer GJ, van der Hoeven JG, et al. Strategies to optimize respiratory muscle function in ICU patients. *Crit Care*. 2016;20:103.
27. Tzani P, Chiesa S, Aiello M, Scarascia A, Catellani C, Elia D, et al. The value of cough peak flow in the assessment of cough efficacy in neuromuscular patients. A cross sectional study. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2014;50:427-432.
28. Montaña-Alonso EA, Jiménez-Saab NG, Vargas-Ayala G, García-Sánchez JL, Rubio-Sánchez ME, Reyna-Ramírez MJ, et al. Utilidad del índice CROP como marcador pronóstico de extubación exitosa. *Med Int Mex* 2015;31:164-173.
29. De Souza LC, Guimaraes FS, Lugon JR. The timed inspiratory effort: a promising index of mechanical ventilation weaning for patients with neurologic or neuromuscular diseases. *Respir Care*. 2015;60:231-238.
30. Smailes ST, McVicar AJ, Martin R. Cough strength, secretions and extubation outcome in burn patients who have passed a spontaneous breathing trial. *Burns*. 2013;39:236-242.
31. Demoule A, Morelot-Panzini C, Prodanovic H, Cracco C, Mayaux J, Duguet A, et al. Identification of prolonged phrenic nerve conduction time in the ICU: magnetic versus electrical stimulation. *Intensive Care Med*. 2011;37:1962-1968.
32. Kuriyama A, Jackson JL, Kamei J. Performance of the cuff leak test in adults in predicting post-extubation airway complications: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2020;24:640.
33. Jung B, Vaschetto R, Jaber S. Ten tips to optimize weaning and extubation success in the critically ill. *Intensive Care Med*. 2020;46:2461-2463.
34. Petrof BJ. Diaphragm weakness in the critically ill: basic mechanisms reveal therapeutic opportunities. *Chest*. 2018;154:1395-1403.
35. Terzi N, Lofaso F, Masson R, Beuret P, Normand H, Dumanowski E, et al. Physiological predictors of respiratory and cough assistance needs after extubation. *Ann Intensive Care*. 2018;8:18.
36. Cork G, Camporota L, Osman L, Shannon H. Physiotherapist prediction of extubation outcome in the adult intensive care unit. *Physiother Res Int*. 2019;24:e1793.