

Electroestimulación del músculo diafragma para el retiro temprano de la ventilación mecánica y seguimiento de los cambios en el grosor con ultrasonido

Raúl Ruiz Pérez,* Jorge Sosa Bolio,* Alfonso Chávez Morales,* Ma. Argentina Sandia Zerpa,* Antonio Hernández Bastida*

RESUMEN

El diafragma es una estructura músculo-aponeurótica que separa las cavidades pleural y peritoneal y provee la principal fuerza mecánica a la ventilación.

Del grupo de músculos respiratorios, este es el que mayor participación tiene en lograr el retiro de la ventilación mecánica; sin embargo, también la falta de integridad del mismo en cuanto a su trofismo, nutrición y conducción puede convertirse en el mayor de los problemas para el destete.

En este estudio llevamos a cabo la electroestimulación no invasiva del músculo diafragma para mejorar la conducción, así como atender su atrofia o hipotrofia, la cual es condicionada por múltiples factores, entre los que destacan fármacos, sepsis y ventilación mecánica *per se*.

En la unidad de terapia intensiva de la nueva torre quirúrgica del Hospital General de México, se realizó el estudio de tipo experimental, prospectivo, transversal y analítico, en una población de 23 pacientes ($n = 23$), correspondientes a un grupo etario entre 19 y 75 años de edad, con una media de 40 años, divididos en tres grupos: A, B, C, donde a los del grupo «A» se les aplicó terapia de electroestimulación del músculo diafragma, dos sesiones al día de 15 minutos cada una; en el grupo «B», tres sesiones al día de 15 minutos cada una, y en el grupo «C», cuatro sesiones al día de 15 minutos cada una. Cada impulso del electroestimulador fue de una intensidad de 10 hasta 300 mA, lo que se determinó con base en el grado de tolerancia del paciente, el cual se encontraba despierto, con RASS de 0 a -1 y cooperador, aun con tubo endotraqueal, pero que cumplió con todas las condiciones previamente para iniciar el retiro de la ventilación mecánica. Para la ubicación de los electrodos, nos basamos en los puntos de inserción anteriores y laterales para músculo diafragma, número de electrodos empleados (cuatro); previo a la electroestimulación, se tomó en cuenta la presión soporte inicial, así como el volumen corriente inspirado y el grosor del músculo diafragma, el cual se verificó con visión directa en apoyo con ultrasonido. Al final de la terapia, se tomaron en cuenta las mismas variables para observar diferencias.

Se obtuvieron resultados con una p significativa de 0.048 para el aumento del grosor del músculo diafragma a tres días en el grupo C (cuatro sesiones al día), con un intervalo de confianza de 95% en su límite inferior de 0.01 y límite superior de 1.65. Pero los resultados al observar la diferencia entre grupos en cuanto a la disminución de la presión soporte fueron aún más significativos ($p < 0.05$) para este mismo grupo a tres días de la terapia.

Palabras clave: Diafragma, electroestimulación, atrofia, ventilación mecánica.

SUMMARY

The diaphragm is a muscle-aponeurotic structure, which separates the pleural and peritoneal cavities and provides the main force of mechanical ventilation.

Among the group of respiratory muscles, this has the greater participation in achieving the withdrawal of mechanical ventilation; however, the lack of integrity in its trophism, nutrition and driving, can also become the greatest problems for weaning.

In this study we conducted the non-invasive electro-stimulation of the diaphragm muscle to improve conduction, as well as to treat its atrophy or hypotrophy, which is conditioned by various factors, including drugs, sepsis, and mechanical ventilation *per se*.

In the intensive therapy unit of the new surgical tower of the Hospital General de Mexico, we carried out this experimental, prospective, and cross-analytical study in a population of 23 patients ($n = 23$) aged between 19 and 75 years, with an average of 40 years, divided into three groups: A, B, and C; group «A» received electro-muscle stimulation of the diaphragm two 15-minute sessions per day; group «B», three 15-minute sessions per day, and group «C», four 15-minute sessions per day. Each impulse of the electro-stimulator had an intensity of 10 to 300 mA that was determined based on the grade of tolerance of the patient, who was awake, with RASS of 0 to -1 and cooperative, even with the endotracheal

tube, but that had previously met all the conditions to start the removal of the mechanical ventilation. We based the location of the electrodes on the anterior and lateral points of inclusion for diaphragm muscle, number of electrodes used (four); prior to the electro-stimulation, we considered the initial pressure support, as well as the inspired tidal volume and the thickness of the diaphragm muscle, which was verified with direct vision supported by ultrasound. At the end of the therapy, the same variables were taken into account for observed differences.

We obtained results with a p significant of 0.048 for the increase of the thickness of the diaphragm muscle in three days in group C (four sessions per day), with a range of confidence of 95% in its lower limit of 0.01 and upper limit of 1.65. However, the results when observing the difference between groups with regard to the decrease of the pressure support were even more significant ($p < 0.05$) for this same group after three days of therapy.

Key words: Diaphragm muscle, electro-stimulation, atrophy, mechanical ventilation.

RESUMO

O diafragma é uma estrutura músculo-aponeurótica que separa as cavidades pleural e peritoneal e fornece a principal força mecânica para a ventilação.

Entre o grupo de músculos respiratórios, este é o que tem maior participação na retirada da ventilação mecânica; no entanto, a falta de integridade do mesmo em quanto ao seu trofismo, nutrição e condução, podem se tornar os maiores problemas para o desmame.

Neste estudo realizamos a eletroestimulação não-invasiva do músculo diafragma para melhorar a condução, bem como para tratar sua atrofia ou hipotrofia, que é condicionada por vários fatores, incluindo medicamentos, sepsis e ventilação mecânica *per se*.

Na unidade de terapia intensiva da nova torre cirúrgica do Hospital General de México, realizamos este estudo experimental, prospectivo, transversal e analítico, em uma população de 23 pacientes ($n = 23$) com idade entre 19 e 75 anos, com uma média de 40 anos, divididos em três grupos: A, B e C; grupo «A» recebeu terapia de eletroestimulação do músculo diafragma, duas sessões por dia de 15 minutos cada uma; grupo «B», três sessões por dia de 15 minutos cada uma e grupo «C», quatro sessões por dia de 15 minutos cada uma. Cada impulso do eletroestimulador teve uma intensidade de 10 à 300 mA, que foi determinado com base no grau de tolerância do paciente, quem estava acordado, com RASS de 0 a -1 e cooperativo, mesmo com o tubo endotraqueal, mas que preenchia todas as condições prévias para iniciar a remoção da ventilação mecânica.

Para a localização dos eletrodos determinamos os pontos de inserção anteriores e laterais do músculo diafragma, número de eletrodos usados (quatro); antes da eletroestimulação, consideramos a pressão suporte inicial, o volume corrente inspirado e a espessura do músculo, que foi verificado com visão direta por ultra-som.

No final da terapia, as mesmas variáveis foram consideradas para observar as diferenças.

Obtivemos resultados com uma p significativa de 0.048 para o aumento da espessura do músculo diafragma em três dias no grupo C (quatro sessões por dia), com um intervalo de confiança de 95% no seu limite inferior de 0.01 e limite superior de 1.65.

No entanto, os resultados ao observar a diferença entre os grupos em relação à diminuição da pressão suporte foram ainda mais significativas ($p < 0.05$) para este mesmo grupo após três dias de terapia.

Palavras-chave: Diafragma, eletroestimulação, atrofia, ventilação mecânica.

INTRODUCCIÓN

Fisiología del diafragma

Es el músculo más importante de la ventilación. La contracción de sus fibras musculares provoca el descenso del centro frénico y aumenta el diámetro vertical del tórax, pero rápidamente este descenso se ve limi-

* Hospital General de México.

tado por las vísceras abdominales, que se encuentran contenidas por el tono muscular de la pared abdominal. A partir de ese momento, el centro frénico se convierte en un punto fijo y las fibras musculares actúan elevando las costillas inferiores, con lo que aumenta el diámetro transversal del tórax y el esternón, que se desplaza hacia adelante y arriba, actúa elevando las costillas superiores; estos movimientos generan presión subatmosférica en la cavidad torácica. Esta presión se mide colocando balones intraesofágicos y abdominales. La valoración del nervio frénico permite excluir la sección del mismo. Se estimula en el cuello y se evalúa con electrodo de superficie sobre el diafragma. El tiempo de conducción normal es de seis o 10 m/seg.

Para evaluar el diafragma, se recurre a la medición de tres fenómenos:

- 1) Cambios en la longitud o configuración: semiología, radiología y ecografía.
- 2) Por la fuerza generada: registros de presión en el tórax y en el abdomen.
- 3) Activación eléctrica: electromiograma diafragmático.

Efectos de la ventilación mecánica en los músculos respiratorios

El descanso de los músculos respiratorios es la mejor forma de revertir la fatiga, pero no hay que olvidar que el descanso excesivo genera atrofia. La inmovilización da fatiga y es una causa importante de disminución de su fuerza y resistencia. Investigaciones con músculo esquelético han mostrado que el desuso de las extremidades provoca una marcada disminución en la masa muscular; sin embargo, vale la pena aclarar que los músculos respiratorios se comportan de manera diferente a los demás grupos de musculatura esquelética, por lo que es difícil extrapolar estudios entre ellos.

El efecto del desuso tiene consecuencias en la síntesis proteica muscular, disminución del número de fibras, su diámetro y capacidad de generar fuerza; además, se han observado efectos en relación con los sistemas musculares enzimáticos que tienen que ver con la producción de energía, como es el caso de la vía glicolítica y la actividad oxidativa mitocondrial. Se ha observado un mejor compromiso de las fibras tipo I, que son más resistentes a la fatiga.

Estudios experimentales realizados en animales por el grupo del Dr. Anzuelo han mostrado cómo la ventilación controlada por 11 días puede alterar significativamente la capacidad del diafragma para generar fuerza y resistencia. La mayor parte de los reportes que evalúan la función del diafragma en pacientes sometidos a

ventilación mecánica han sido conducidos por periodos muy cortos, tanto como 48 horas, por lo que es difícil extrapolar conclusiones. Algunos trabajos sugieren que otro aspecto que puede influir en la atrofia es la longitud en la cual el músculo es inmovilizado, siendo mayor cuando se realiza con longitudes inferiores a la normal. Probablemente, esta sea la razón que hace que muchos reportes difieran en relación con los efectos de la VM sobre el diafragma.

Hablar de alternativas para el retiro de la ventilación mecánica es un tema que atrae la atención de muchos intensivistas, siendo prioritario el retiro temprano de la misma una vez que se ha resuelto el problema que llevó a su uso. Para esto, se han estudiado ampliamente múltiples acciones. La rehabilitación siempre ha sido parte fundamental de la recuperación de muchas funciones que en el paciente crítico sufren gran compromiso, como son la muscular, la respiratoria y la neurológica. La intención de este trabajo es aplicar a los pacientes de la terapia intensiva en ventilación mecánica la electroestimulación del músculo diafragma con el fin de facilitar el retiro temprano del apoyo mecánico ventilatorio (*Figura 1*). Como ya fue mencionado previamente, este músculo tiene gran importancia en la fisiología respiratoria; por lo tanto, si su función se ve comprometida, la dependencia al ventilador será prolongada y el riesgo de neumonías asociadas a la ventilación será mayor.



Figura 1. Electroestimulador nano estimulando el músculo diafragma para retiro temprano de la ventilación mecánica en un paciente crítico.

MATERIAL Y MÉTODOS

El instrumento de trabajo fue una cédula para recolección de datos, electroestimulador nano marca BioAura (Figura 2) y ultrasonido modelo Affiniti 70 G de marca Philips (Figura 3).

En este estudio se anotó en una hoja de registro de datos la información obtenida de nuestra hoja de valoración a partir de marzo de 2016 hasta febrero de 2017. Para la muestra, se tomaron en cuenta todos los pacientes de la terapia intensiva del Hospital General de México que fueron sometidos a ventilación mecánica



Figura 2. Electroestimulador nano trabajando en modalidad ventosa para activar los músculos respiratorios.



Figura 3. Transductor convexo sobre el punto a trabajar (entre el quinto y sexto espacio intercostal) para observar el músculo diafragma, con marca en dirección cefálica.

(Figura 4), con un rango de edad de 18 a 70 años, clasificación SOFA (*Sequential Organ Failure Assessment*) 0, 1, 2.

Criterios de inclusión

- Pacientes del Hospital General de México.
- Pacientes únicamente con apoyo de ventilación mecánica.
- Pacientes con problema resuelto que le haya llevado a ameritar ventilación mecánica.
- Edad igual o mayor a 18 años y hasta 70.
- SOFA 0-2.

Criterios de exclusión

- Edad menor o igual a 17 años.
- Edad mayor a 70 años.
- Secuelas de evento vascular cerebral.
- Pacientes con enfermedad neuromuscular.
- Pacientes con pérdida de la continuidad en pared abdominal o abdomen expuesto.
- Pacientes con pérdida de la continuidad en pared torácica o tórax expuesto.
- SOFA 3-4.
- Pacientes con quemadura de cualquier grado en la pared abdominal o tórax.

Criterios de eliminación

- Que surgiera una complicación que suspendiera la progresión.
- Pasar de SOFA 2 a 3.
- Muerte.

Los pacientes del grupo A fueron manejados con electroestimulación dos veces al día durante 15 minutos.



Figura 4. Electroestimulador nano en un paciente con RASS de 0, con apoyo de la ventilación mecánica.

Los pacientes del grupo B fueron manejados con electroestimulación tres veces al día durante 15 minutos.

Los pacientes del grupo C fueron manejados con electroestimulación cuatro veces al día durante 15 minutos.

En todos se realizó un registro con ultrasonido del grosor de músculo diafragma al inicio y a las 72 horas.

RESULTADOS

A continuación se muestran las tablas con resultados y gráficas obtenidas en el estudio:

DISCUSIÓN

El estudio se realizó en una población de 23 pacientes del Hospital General de México, correspondientes a un grupo etario entre 19 y 75 años de edad, con una media de 40 años.

El peso osciló entre 43 y 98 kilogramos (media: 70 kg) (*Cuadros 1 a 4*).

En cuanto al diagnóstico más frecuente en esta población estudiada, se encontró predominio de pacientes con sepsis de foco abdominal; el resto de los diagnósticos no tuvieron diferencia en cuanto a frecuencia de aparición, como lupus eritematoso sistémico, tromboembolia pulmonar, pancreatitis aguda y postoperados de craneotomía (*Cuadro 5*).

Se establecieron tres grupos de estudio: grupo A, a los cuales se les aplicaron dos sesiones diarias de elec-

troestimulación de 15 minutos cada una; grupo B, con tres sesiones diarias de electroestimulación de 15 minutos cada una; grupo C, con cuatro sesiones de electroestimulación de 15 minutos cada una, con seguimiento del grosor del músculo diafragma al inicio y después de la terapia de electroestimulación (*Figuras 5 y 6*).

Cuadro 3. Edades de los pacientes en el estudio.

	Edad			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	19	2	8.3	8.7
	20	3	12.5	13.0
	22	1	4.2	4.3
	24	1	4.2	4.3
	30	1	4.2	4.3
	31	2	8.3	8.7
	40	1	4.2	4.3
	42	1	4.2	4.3
	43	1	4.2	4.3
	46	1	4.2	4.3
	48	1	4.2	4.3
	50	1	4.2	4.3
	52	1	4.2	4.3
	53	1	4.2	4.3
	55	1	4.2	4.3
	56	1	4.2	4.3
	68	1	4.2	4.3
	71	1	4.2	4.3
	75	1	4.2	4.3
	Total	23	95.8	100.0
Perdidos	Sistema	1	4.2	
Total		24	100.0	

Cuadro 1. Medidas de tendencia central que concentra el total de pacientes válidos para el estudio.

Estadísticos	Frecuencias	
	grupo	
N	Válidos	23
	Perdidos	1
Media		0.96
Mediana		1.00
Moda		0 ^a
Dev. típica		0.825

Cuadro 2. Distribución del porcentaje de pacientes en cada uno de los grupos.

	Grupo	Porcentaje		
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válidos	Grupo A	8	33.3	34.8
	Grupo B	8	33.3	34.8
	Grupo C	7	29.2	30.4
	Total	23	95.8	100.0
	Perdidos	Sistema	1	4.2
Total		24	100.0	

Cuadro 4. Frecuencia del peso en la población de pacientes empleados en el estudio.

	Peso			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	42.00	1	4.3	4.3
	45.00	1	4.3	4.3
	47.00	1	4.3	4.3
	55.00	1	4.3	4.3
	62.00	1	4.3	4.3
	63.00	1	4.3	4.3
	64.00	1	4.3	4.3
	65.00	2	8.7	8.7
	66.00	1	4.3	4.3
	68.00	2	8.7	8.7
	70.00	1	4.3	4.3
	71.00	1	4.3	4.3
	74.00	1	4.3	4.3
	76.00	1	4.3	4.3
	77.00	2	8.7	8.7
	78.00	1	4.3	4.3
	87.00	1	4.3	4.3
	102.00	1	4.3	4.3
	119.00	1	4.3	4.3
	129.00	1	4.3	4.3
	Total	23	100.0	100.0

Cuadro 5. Diagnósticos de los pacientes empleados en el estudio y su frecuencia

		Diagnóstico				
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	
Válidos	Artritis reumatoide + falla cardiaca	2	8.7	8.7	8.7	
	Choque séptico + diabetes mellitus tipo 2 + infección de vías urinarias	1	4.3	4.3	13.0	
	Choque séptico + postoperado de carcinoma epidermoide de recto	1	4.3	4.3	17.4	
	Hemorragia subaracnoidea Fisher IV + intraparenquimatosa	1	4.3	4.3	21.7	
	Lupus eritematoso sistémico + probable hemorragia alveolar	1	4.3	4.3	26.1	
	Lupus eritematoso sistémico + hemorragia alveolar	1	4.3	4.3	30.4	
	Malformación arteriovenosa	1	4.3	4.3	34.8	
	Neumonía adquirida en la comunidad + EPOC + fibrilación auricular	1	4.3	4.3	39.1	
	Pancreatitis de origen biliar	1	4.3	4.3	43.5	
	Pancreatitis aguda	1	4.3	4.3	47.8	
	Politraumatizado + sepsis abdominal	1	4.3	4.3	52.2	
	Postoperada de nefrostomías	1	4.3	4.3	56.5	
	Postoperada de resección de Ca. epidermoide + colocación de injerto	1	4.3	4.3	60.9	
	Postoperado de laparotomía exploradora + choque séptico remitido	1	4.3	4.3	65.2	
	Postoperado de trasplante renal	1	4.3	4.3	69.6	
	Postoperado de clipaje de aneurisma	1	4.3	4.3	73.9	
	Postoperado de craneotomía + edema cerebral maligno	1	4.3	4.3	78.3	
	Postoperado de mandibulectomía	1	4.3	4.3	82.6	
	Sepsis de foco abdominal + politraumatizado	1	4.3	4.3	87.0	
	Estatus epiléptico	2	8.7	8.7	95.7	
	Tromboembolia pulmonar	1	4.3	4.3	100.0	
	Total		23	100.0	100.0	



Figura 5. Seguimiento del grosor del músculo diafragma con ultrasonido modelo Affiniti de Philips en una mujer de 43 años durante la terapia de electroestimulación. Modo bidimensional, con transductor convexo, profundidad de seis a 11 cm, ganancia de 44%, grosor del músculo diafragma: 0.351 cm.



Figura 6. Nuevamente modo convexo; obsérvese que la profundidad usada para la medición fue en todos los casos el mismo rango.

Cuadro 6. Descriptivo del Grosor inicial y posterior al empleo de la electroestimulación del músculo diafragma.

		Descriptivos							
		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Gros inicial	Grupo A	8	3.28	0.686	0.243	2.70	3.85	2	4
	Grupo B	8	3.28	0.781	0.276	2.62	3.93	2	4
	Grupo C	7	3.17	0.214	0.081	2.97	3.37	3	4
	Total	23	3.24	0.599	0.125	2.98	3.50	2	4
Gros final	Grupo A	8	3.61	0.579	0.205	3.13	4.10	3	4
	Grupo B	8	3.80	0.697	0.246	3.22	4.38	3	5
	Grupo C	7	4.44	0.597	0.226	3.89	4.99	4	5
	Total	23	3.93	0.696	0.145	3.63	4.23	3	5

Los resultados del seguimiento del grosor del músculo diafragma fueron los siguientes: en las diferencias de medias se mostró una p significativa en los resultados del grupo A contra C de hasta 0.048, esto al contar con la variable dependiente de grosor final, con un intervalo

de confianza de 95% en su límite inferior de 0.01 y límite superior de 1.65 (Cuadros 6 y 7).

De estos tres grupos, los que mostraron menos diferencias en sus resultados fueron los grupos A y B, con valor de p de 0.823; sin embargo, a pesar de no ser

Cuadro 7. Donde observamos la comparación del Grupo C con A y B en ganancia del grosor del músculo diafragma.

Comparaciones múltiples							
HSD de Tukey							
Variable dependiente	(I) grupo	(J) grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Gros inicial	Grupo A	Grupo B	0.000	0.313	1.000	-0.79	0.79
		Grupo C	0.104	0.324	0.945	-0.72	0.92
		Total	0.000	0.313	1.000	-0.79	0.79
	Grupo B	Grupo A	0.000	0.313	1.000	-0.79	0.79
		Grupo C	0.104	0.324	0.945	-0.72	0.92
		Total	-0.104	0.324	0.945	-0.92	0.72
Gros final	Grupo A	Grupo B	-0.188	0.314	0.823	-0.98	0.61
		Grupo C	-0.830*	0.325	0.048	-1.65	-0.01
		Total	0.188	0.314	0.823	-0.61	0.98
	Grupo B	Grupo A	0.188	0.314	0.823	-0.61	0.98
		Grupo C	-0.643	0.325	0.144	-1.47	0.18
		Total	0.830*	0.325	0.048	0.01	1.65
Grupo C	Grupo A	0.830*	0.325	0.048	0.01	1.65	
	Grupo B	0.643	0.325	0.144	-0.18	1.47	

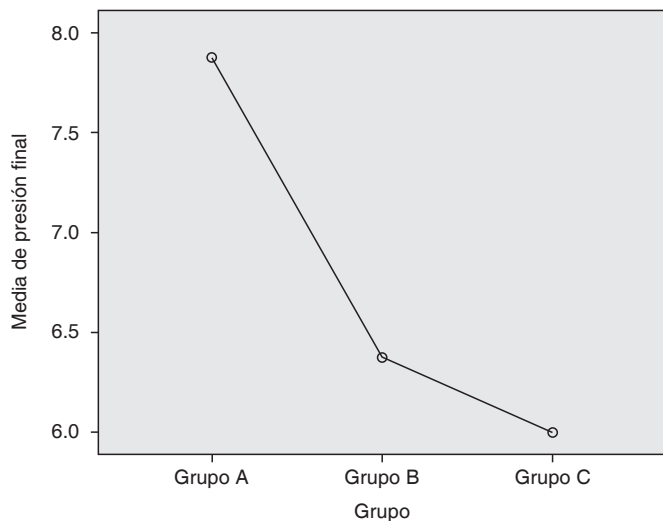
*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Cuadro 8. Presión soporte inicial y posterior al empleo de electroestimulación.

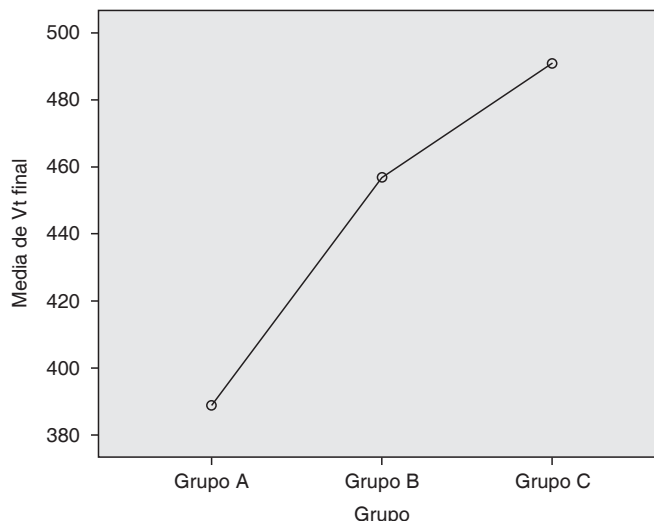
Descriptivos									
		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%			
						Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
Presión inicial	Grupo A	8	12.50	2.928	1.035	10.05	14.95	8	16
	Grupo B	8	13.63	2.615	0.925	11.44	15.81	8	16
	Grupo C	7	13.14	2.854	1.079	10.50	15.78	8	16
	Total	23	13.09	2.712	0.566	11.91	14.26	8	16
Presión final	Grupo A	8	7.88	0.641	0.227	7.34	8.41	7	9
	Grupo B	8	6.38	0.518	0.183	5.94	6.81	6	7
	Grupo C	7	6.00	0.000	0.000	6.00	6.00	6	6
	Total	23	6.78	0.951	0.198	6.37	7.19	6	9

Cuadro 9. Notese la ganancia de volumen inspirado de los pacientes después de la electroestimulación

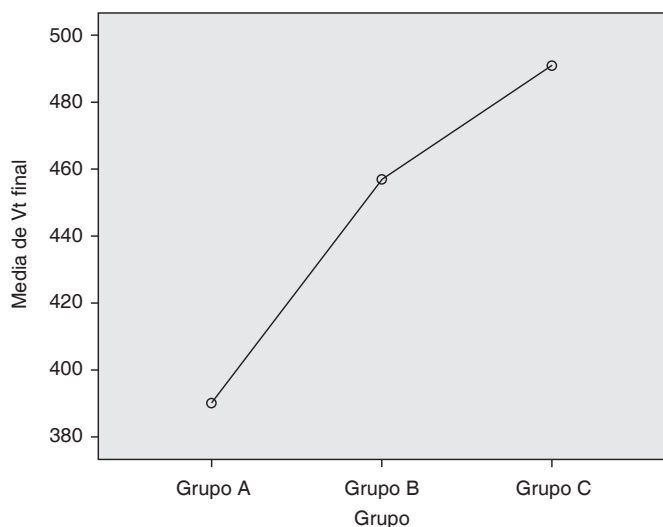
Descriptivos									
		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%			
						Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
Vt inicial	Grupo A	8	385.63	107.828	38.123	295.48	475.77	273	586
	Grupo B	8	409.13	189.780	67.097	250.47	567.78	278	870
	Grupo C	7	362.71	60.113	22.721	307.12	418.31	305	473
	Total	23	386.83	128.495	26.793	331.26	442.39	273	870
Vt final	Grupo A	8	390.13	103.985	36.764	303.19	477.06	295	586
	Grupo B	8	456.88	184.293	65.157	302.80	610.95	300	890
	Grupo C	7	490.86	79.801	30.162	417.05	564.66	403	650
	Total	23	444.00	133.410	27.818	386.31	501.69	295	890



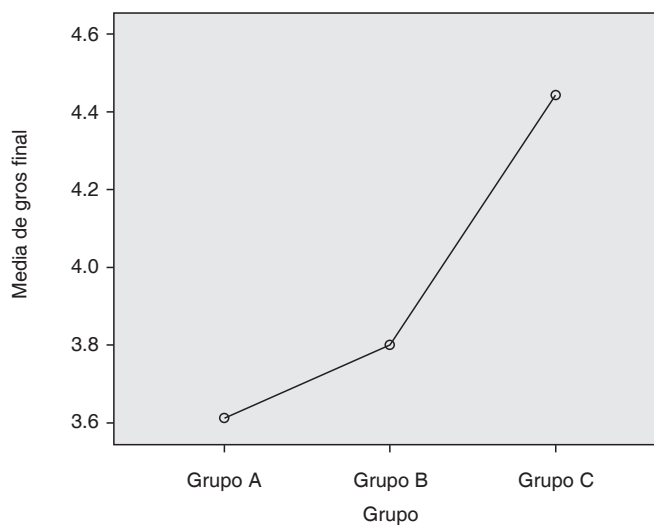
Gráfica 1. Media de presión soportada final. Obsérvese la caída de la misma para el grupo C que refleja la disminución del soporte.



Gráfica 3. Notese el incremento en el volumen inspirado, posterior a la electroestimulación.



Gráfica 2. Incremento en la media de Vt posterior a la electroestimulación.



Gráfica 4. Incremento en la media para grosor final en el Grupo C.

realmente significativos, se acercó a esto la diferencia entre los grupos B con C, con una p de 0.144.

En cuanto a la diferencia mostrada en el análisis de presión soportada al inicio y después de la terapia de electroestimulación, se encontró p de 0.000 entre el grupo A y grupo C, siendo de 0.318 entre B y C (Cuadros 8 y 9).

CONCLUSIONES

El uso de electroestimulación durante el destete de la ventilación mecánica sí demostró en este estudio llevar a cabo una disminución importante en la presión soportada, además de haber sido evidenciado por

ultrasonido el aumento en el grosor del músculo diafragma.

De los grupos analizados, el último, con más sesiones de electroestimulación, demostró resultados benéficos en el incremento del grosor del músculo diafragma, lo que se vio reflejado en la disminución de la presión soportada del ventilador (Gráficas 1 a 4).

En relación con lo comentado por otros autores que han estudiado la electroestimulación aplicada en el paciente enfermo crítico, podemos decir que no sólo es útil en los pacientes con enfermedades neuromusculares o polineuropatía del paciente crítico en el tema de la fuerza muscular para extremidades, sino también, a partir de este momento, contamos con bases para apli-

carla en el retiro temprano de la ventilación mecánica. Con ello, podremos disminuir las complicaciones de la misma por manejo prolongado y fallas en la progresión por atrofia o fatiga del músculo diafragma.

Resultó interesante observar los cambios en el grosor del músculo diafragma durante la terapia de electroestimulación, pero aún más, relacionarlos con la disminución de la presión soporte en los ventiladores, así como en otras variables ya no empleadas, como los valores gasométricos.

Agradecimientos

A mi jefe de servicio y a mis maestros por permitirme llevar a cabo este estudio y apoyarme en todo momento durante su desarrollo, para lograr el objetivo: «disminuir la estancia en terapia intensiva por dependencia del ventilador».

BIBLIOGRAFÍA

- Mayo P, Volpicelli G, Lerolle N, Schreiber A, Doelken P, Vieillard-Baron A. Ultrasonography evaluation during the weaning process: the heart, the diaphragm, the pleura and the lung. *Intensive Care Med.* 2016;42(7):1107-1117.
- Hodgson LE, Murphy PB. Update on clinical trials in home mechanical ventilation. *J Thorac Dis.* 2016;8(2):255-267.
- Zanforlin A, Bezzi M, Carlucci A, Di Marco F. Clinical applications of diaphragm ultrasound: moving forward. *Minerva Med.* 2014;105(5 Suppl. 1):1-5.
- Schepens T, Verbrugge W, Dams K, Corthouts B, Parizel PM, Jorens PG. The course of diaphragm atrophy in ventilated patients assessed with ultrasound: a longitudinal cohort study. *Critical Care.* 2015;19:422.
- Layachi L, Georges M, Gonzalez-Bermejo J, Brun AL, Similowski T, Morélot-Panzini C. Diaphragm pacing failure secondary to deteriorated chest wall mechanics: When a good diaphragm does not suffice to take a good breath in. *Respir Med Case Rep.* 2015;15:20-23.
- Di Mussi R, Spadaro S, Mirabella L, Volta CA, Serio G, Staffieri F, et al. Impact of prolonged assisted ventilation on diaphragmatic efficiency: NAVA versus PSV. *Crit Care.* 2016;20:1.
- Heunks LM, Doorduyn J, van der Hoeven JG. Monitoring and preventing diaphragm injury. *Curr Opin Crit Care.* 2015;21:34-41.
- Dos Santos LJ, de Aguiar LF, Bianchi T, Sachetti A, Dall'AA, da Silva NW, et al. Early rehabilitation using a passive cycle ergometer on muscle morphology in mechanically ventilated critically ill patients in the Intensive Care Unit (MoVe-ICU study): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 2015;16:383.
- Umbrello M, Formenti P, Longhi D, Galimberti A, Piva I, Pezzi A, et al. Diaphragm ultrasound as indicator of respiratory effort in critically ill patients undergoing assisted mechanical ventilation: a pilot clinical study. *Crit Care.* 2015;19:161.
- Hudson MB, Smuder AJ, Nelson WB, Wiggs MP, Shimkus KL, Fluckey JD. Partial support ventilation and mitochondrial-targeted antioxidants protect against ventilator-induced decreases in diaphragm muscle protein synthesis. *Plos One.* 2015;10(9):e0137693.

Correspondencia:

Raúl Ruiz Pérez
Calle Fresno Núm. 7,
Col. Bosques Ceylán,
Mun. Tlalnepantla, 54170, Estado de México,
Tel: 53680929
Cel.: 5519944391
E-mail: rui90210@gmail.com