

# Utilización de ventilación percusiva intrapulmonar como terapia de higiene bronquial mecánica en pacientes pediátricos críticos

## *Use of Intrapulmonary Percussive Ventilation as Mechanical Bronchial Hygiene Therapy in Critical Pediatric Patients*

Simonassi Julia Inés<sup>1</sup>, Canzobre María Tatiana<sup>1</sup>

Recibido: 08/20/2021  
Aceptado: 04/03/2022

### Correspondencia

Simonassi Julia Inés  
Servicio de kinesiología. Hospital Nacional de pediatría Juan P. Garrahan. Combate de los pozos 1881, CABA, Argentina.  
E-mail:  
jsimonassi@garrahan.gov.ar  
juliasimonassi@gmail.com

### RESUMEN

La ventilación percusiva intrapulmonar (VPI) es una técnica de higiene bronquial mecánica (THBM) de alta frecuencia, que favorece la movilización de secreciones y es considerada como alternativa para la resolución de atelectasias.

Estudio de serie de casos, prospectivo, observacional y descriptivo que se llevó a cabo entre el 1 de agosto del 2019 y el 31 de diciembre del 2019. Se incluyeron todos los pacientes menores de 18 años, con soporte ventilatorio que recibieron al menos una sesión de VPI dentro de terapia intensiva.

El objetivo primario de nuestro estudio es describir las características de la población en la que se utilizó un equipo domiciliario de VPI como THBM en la UCIP. De manera secundaria describiremos la metodología de implementación del dispositivo y sus resultados.

**Resultados:** Se incluyeron 18 pacientes y se realizaron 48 sesiones de VPI. El principal motivo para la realización de VPI fue el diagnóstico de atelectasia (83,3%). El tratamiento se realizó tanto en pacientes con VMI (ventilación mecánica invasiva) (55,6%) como en pacientes con soporte no invasivo (44,4%), ya sea VMNI (ventilación mecánica no invasiva) o CNAF (cánula nasal de alto flujo). En el 53,3% de los pacientes, se evidenció resolución radiográfica de la atelectasia, entre los cuales, el 75% solo requirió entre una y dos sesiones para resolverlas. No se observaron complicaciones graves.

**Conclusión:** Este estudio permite describir la población en la cual se implementa VPI a la vez que presenta una herramienta que podría ser de utilidad para la resolución de atelectasias.

**Palabras claves:** Ventilación percusiva intrapulmonar; Atelectasia pulmonar; Pediatría; Fisioterapia respiratoria; Terapia de higiene bronquial

### ABSTRACT

Intrapulmonary percussive ventilation (IPV) is a high-frequency mechanical bronchial hygiene technique (MBHT) that favors secretion clearance and is considered an alternative to the resolution of atelectasis.

This is a prospective, observational and descriptive case series study conducted between August 1<sup>st</sup>, 2019 and December 31<sup>st</sup>, 2019. The study included patients younger than 18 years on ventilatory support who received at least one session of IPV in the intensive care unit.

The primary objective of our study was to describe the characteristics of the population in whom we used a home IPV device as MBHT in the PICU. On a secondary level, we will describe the methodology for using this device and its results.

<sup>1</sup> Servicio de kinesiología, Hospital Nacional de pediatría Juan P. Garrahan, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

**Results:** 18 patients were included; 48 IPV sessions were done. The main reason for doing IPV was the atelectasis diagnosis (83.3%). The treatment was carried out both in patients on IMV (invasive mechanical ventilation) (55.6%) and in patients with non-invasive support (44.4%), whether it was NIMV (non-invasive mechanical ventilation) or HFNC (high-flow nasal cannula). 53.3% of the patients showed radiographic resolution of atelectasis, where 75% only required between one and two sessions to resolve it. No severe complications were observed.

**Conclusion:** This study allows us to describe the population receiving IPV and presents a tool that could be useful for the resolution of atelectasis.

**Key word:** Intrapulmonary percussive ventilation; Pulmonary atelectasis; Pediatrics; Respiratory physiotherapy; Mucus clearance

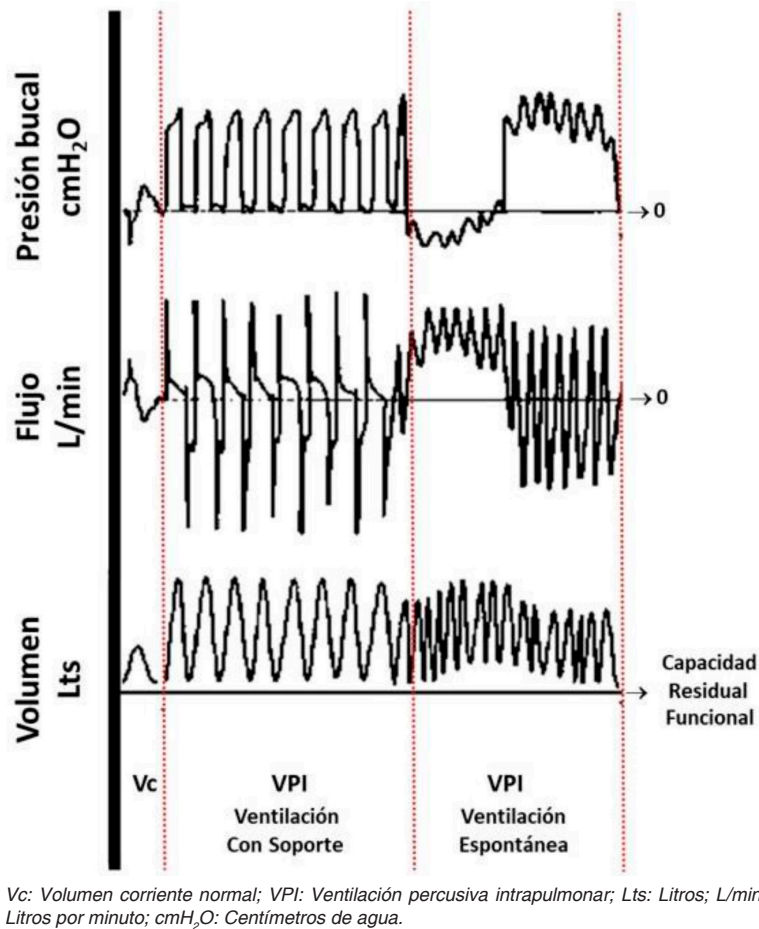
## INTRODUCCIÓN

El paciente pediátrico presenta ciertas características anatómo-fisiológicas que favorecen el desarrollo de complicaciones respiratorias, entre las cuales se destacan la estrechez de las vías aéreas, la baja capacidad residual funcional y la falta de desarrollo de ventilación colateral<sup>1</sup>. La internación en la unidad de cuidados intensivos pediátricos (UCIP) y, sobre todo, el uso de ventilación mecánica agregan varios factores que, de alguna manera, favorecen su aparición<sup>2, 3</sup>. Además, la analgesia y la sedación que se utiliza durante el soporte ventilatorio, desempeñan un papel relevante, ya que alteran los mecanismos protectores de la vía aérea<sup>4</sup>. Por otro lado, las complicaciones propias de la estadía en UCIP, como, por ejemplo, la debilidad muscular adquirida y la inmovilidad, predisponen a la retención de secreciones con el consecuente desarrollo de atelectasias lo cual empeora aún más la situación<sup>5</sup>.

La fisioterapia respiratoria (FR) es un conjunto de técnicas que colaboran con el aclaramiento (*clearance*) mucociliar, lo que favorece la eliminación de secreciones retenidas en los pacientes con dificultades para su manejo<sup>6</sup>. Dentro de estas técnicas, se encuentran las del grupo de “alta frecuencia”, que son aquellas que generan oscilaciones de bajo volumen en alta frecuencia durante la fase espiratoria y pueden ser producidas tanto de forma pasiva como activa. Estas pueden ser implementadas de forma manual, a través de dispositivos pasivos como el Flutter<sup>®</sup> o Acapella<sup>®</sup>, o de forma mecánica, como lo son el compresor torácico de alta frecuencia (Vest<sup>®</sup>), el oscilador torácico de alta frecuencia (The Hayek oscillator<sup>®</sup>) y la ventilación percusiva intrapulmonar (VPI)<sup>7</sup>. Esta última es una técnica de higiene bronquial

mecánica (THBM) en donde se combinan un flujo alto, cónico y pulsátil con volúmenes corrientes bajos entregados a frecuencias elevadas. Esto provoca un gradiente de presión positiva transpulmonar, que favorece el reclutamiento alveolar y el barrido de secreciones a través del aumento del flujo espiratorio<sup>8</sup> (Figura 1). En líneas generales podemos describir dos equipos disponibles de VPI en el mercado. Los dispositivos de uso hospitalario son neumáticos y cuentan con la posibilidad de incorporar oxígeno (O<sub>2</sub>) en altas concentraciones e, incluso, algunos se combinan con entrega de aerosoles y presión continua en la vía aérea (CPAP)<sup>9</sup>. En cambio, los domiciliarios son eléctricos y solo entregan VPI sin otros recursos adicionales. El rango de frecuencias con el que trabajan estos dispositivos es de 1,7-5 Hz, con presiones que pueden ir desde 10 cmH<sub>2</sub>O hasta 40 cmH<sub>2</sub>O y su implementación suele realizarse en sesiones que pueden durar entre 15 y 20 min<sup>10, 11</sup>. Puede aplicarse a través de una máscara, nasal u oronasal, una pieza bucal o directamente conectada a la vía aérea artificial con ventilación mecánica o sin esta. La mayor ventaja de la implementación de VPI en pacientes pediátricos es su capacidad de lograr un excelente acople con la ventilación espontánea, sin necesidad de colaboración por parte del paciente y con muy buena tolerancia<sup>7, 12, 13</sup>.

Varios autores demostraron la efectividad de la VPI en diferentes poblaciones de pacientes pediátricos<sup>14, 15</sup> e, incluso, describieron que la VPI es tan efectiva como las técnicas convencionales de higiene bronquial en pacientes con fibrosis quística.<sup>16</sup> Sin embargo, cuando nos detenemos a revisar las publicaciones en relación con la utilización de VPI en el área de UCIP podemos observar la escasez de evidencia en este campo. El único ensayo clínico aleatorizado (ECA) es el estudio en el cual



**Figura 1.** Esquema gráfico de las curvas de flujo, volumen y presión durante los tiempos inspiratorios y espiratorios con la implementación de VPI. Las presiones se ilustran medidas en la boca.

se demostró que el uso de VPI es un tratamiento seguro y efectivo para la resolución de atelectasias en pacientes pediátricos en ventilación mecánica<sup>17</sup>.

Si bien la evidencia a favor del uso de FR en UCIP es en algunos escenarios controvertida, existen estudios que respaldan el uso de VPI en pacientes pediátricos críticos<sup>18, 19</sup>. Aun así, hasta el momento, el número de publicaciones sobre este tema a nivel mundial es escaso y no hallamos estudios realizados en América Latina<sup>12, 17, 20</sup>. Por lo tanto, el objetivo primario de nuestro estudio es describir las características de la población en la que se utilizó un equipo domiciliario de VPI como THBM en la UCIP. De manera secundaria describiremos la metodología de implementación del dispositivo y sus resultados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio de serie de casos, prospectivo, observacional y descriptivo que se llevó a cabo en el hospital de pediatría Juan P. Garrahan de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, en el período comprendido entre el 1 de agosto del 2019 y el 31 de diciembre del 2019.

Se incluyeron todos los pacientes menores de 18 años, con soporte ventilatorio que recibieron al menos una sesión de VPI dentro de terapia intensiva.

Para este estudio, se diseñó una ficha de registro electrónica con acceso privado desde los dispositivos móviles de los investigadores. En esta se registraron variables demográficas como género, edad en meses, peso y también aquellas relacionadas con el diagnóstico de base: presencia de algún tipo de condición crónica compleja (CCC), causa de soporte ventilatorio, fue FRA tipo 1 o tipo 2 y tipo de soporte ventilatorio inicial.<sup>21</sup> Además, se registraron variables relacionadas con la VPI: indicación de VPI (atelectasia, hipersecreción,

hipoxemia), duración del tratamiento, parámetros de cada sesión, relación I/E, rango de presión, cantidad de ciclos (número de fracciones de tiempo que se hicieron dentro de cada sesión), utilización en línea o de forma independiente, tipo de soporte ventilatorio que requería el paciente al inicio de cada sesión: ventilación mecánica invasiva (VMI), ventilación mecánica no invasiva (VMNI), cánula nasal de alto flujo (CNAF) o membrana de oxigenación extracorpórea (ECMO). También se registró, la utilización de O<sub>2</sub> adicional durante el tratamiento, complicaciones, parámetros clínicos y de resultado durante cada sesión.

Se utilizaron, para este estudio, equipos de VPI domiciliarios, *The Impulsator® de Percussionair (Sandpoint, Idaho, Estados Unidos)* (Figura 2) con circuitos *Phasitron® (Sandpoint, Idaho, Estados Unidos)*. Los parámetros utilizados a criterio y conocimiento del fisioterapeuta según el objetivo y tolerancia del paciente fueron: frecuencia de 90 ciclos/min, 180 ciclos/min y 250 ciclos/min, relación I/E 1:1, 2:1 y 3:1 y un rango de presión máxima de 10-40 cmH<sub>2</sub>O<sup>22, 23</sup>. En el caso de implementarse en línea, se realizó en modo asistido controlado por presión (PCV) y presión positiva al final de la espiración (PEEP) mayor a cero<sup>24</sup>. Al inicio de cada sesión se posicionó al paciente en decúbito dorsal con la cabecera de la cama elevada a 30°; en los casos en que se presentó un descenso en la saturación arterial de O<sub>2</sub> por debajo de 88%, se suspendió el ciclo correspondiente y se reevaluó posteriormente continuar con el tratamiento según tolerancia clínica. Cuando se repitió el evento, se decidió suspender la sesión. Con respecto a la duración de cada sesión, se estipuló un máximo de 20 min y, en los pacientes con atelectasia, la frecuencia de sesiones fue de, al menos, dos por día, con una distribución de una o

dos sesiones en el turno entre las 8-16 h y otra, según el criterio del fisioterapeuta a cargo, por guardia entre las 16-24 h. En los pacientes con hipersecreción, se adaptó la VPI a la planificación de su higiene bronquial según el criterio del profesional.

Por su distribución asimétrica, las variables continuas se expresan como medianas y rangos intercuartiles (RQ) y las variables categóricas, como frecuencias y porcentajes. Para el análisis de los datos, se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS® Macintosh, versión 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, EE.UU.).

Dado que es un estudio observacional no se solicitó consentimiento informado. Durante todo el proceso se garantizó la confidencialidad de los datos y la preservación de la identidad de los pacientes, a través de la codificación numérica de la identidad de los pacientes.

## RESULTADOS

Se incluyeron 18 pacientes, el 33% de género femenino con una mediana de 13,5 (4,75 - 54) meses de edad y de 10 (5-13,5) kg de peso (Tabla 1).

El 66,7% de los pacientes tenía una CCC en el ingreso al estudio; el diagnóstico más frecuente fue el de enfermedad neuromuscular (27,8%) y el motivo del requerimiento de soporte ventilatorio fue falla respiratoria aguda (FRA) tipo 1 en el 72,5% de los casos. Se realizaron en total 48 sesiones de VPI (Tabla 2).

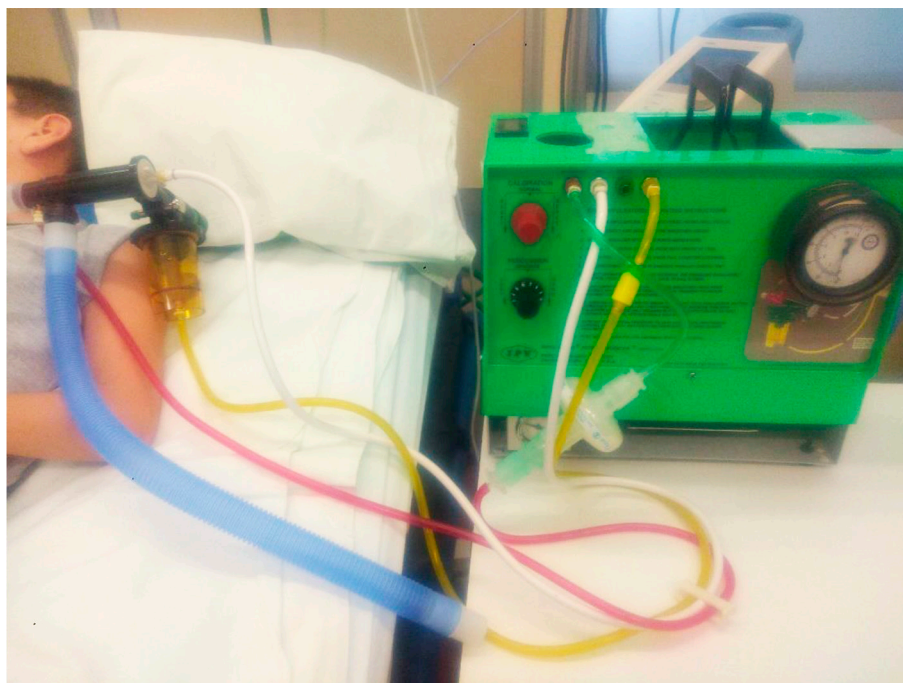


Figura 2. *The Impulsator®*.

**TABLA 1.** Características de los sujetos al inicio del estudio

Variables	n = 18
Género, fem n (%)	6 (33)
Edad, mediana (RIQ), meses	13,5 (4,75-54)
Peso, mediana (RIQ), kg	10 (5-13,5)
Condición crónica compleja n (%)	
– Respiratoria	6 (33,3)
– Neuromuscular	5 (27,8)
– Oncológico	1 (5,6)
– Sin CCC	6 (33,3)
Diagnóstico n (%)	
– Enfermedad neuromuscular	5 (27,8)
– Infección respiratoria aguda baja	4 (22,2)
– Crisis asmática/BOR	3 (16,7)
– SDRAp	2 (11,1)
– Hernia diafragmática	2 (11,1)
– Displasia bronco pulmonar	1 (5,6)
– Síndrome inhalatorio	1 (5,6)
Causa de soporte ventilatorio n (%)	
– FRA Tipo 1	13 (72,2)
– FRA Tipo 2	5 (27,8)
Vía aérea artificial n (%) TET	10 (55,6)
Soporte ventilatorio n (%)	
– ECMO/VM	1 (5,6)
– VMI	9 (50)
– VMNI	6 (33,3)
– CNAF	2 (11,1)

Referencias. RIQ: Rango intercuartílico; CCC: Condición crónica compleja; BOR: Bronquitis Obstructiva Recurrente; SDRAp: Síndrome de distrés respiratorio agudo pediátrico; FRA: Falla respiratoria aguda; TET: Tubo endotraqueal; ECMO: Membrana de oxigenación extracorpórea; VMI: Ventilación mecánica invasiva; VMNI: Ventilación mecánica no invasiva; CNAF: Cánula nasal de alto flujo.

Sobre el total de los pacientes, el 38,9% recibió una sesión; otro 38,9%, dos; y el 22,2% restante, tres o más. El principal motivo para la realización de VPI fue el diagnóstico de atelectasia (83,3%) y el resto por hipersecreción e hipoxemia. El tratamiento se realizó tanto en pacientes con VMI (55,6%) como en pacientes con soporte no invasivo (44,4%), ya sea VMNI o CNAF. En el 58,4% de las sesiones, los pacientes estaban recibiendo algún tipo de asistencia ventilatoria no invasiva. Y, en el 22,9%, el tratamiento se realizó en línea con el ventilador. En el paciente que se encontraba en ECMO, no se realizó la VPI en línea.

La mediana de duración de cada sesión fue de 20 min, en el 85,4% de las veces en un solo ciclo

de forma continua. Con respecto a la forma de implementación de la VPI para su programación se utilizó una relación I/E 3:1 en el 59,9% de las sesiones; en el 89,6%, la presión máxima fue menor de 30 cmH<sub>2</sub>O; y, en el 43,7% de las sesiones, se requirió incrementar el O<sub>2</sub> durante el tratamiento. El 80% de los pacientes que tuvieron sesiones con un rango de presión máxima de 30-40 cmH<sub>2</sub>O se hallaban en VMI con tubo endotraqueal.

En el 53,3% de los pacientes, se evidenció resolución radiográfica de la atelectasia, entre los cuales el 75% solo requirió entre una y dos sesiones para resolverlas. La relación saturación/fracción inspirada de O<sub>2</sub> (SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>) mejoró en el 14,6% de las sesiones.



**TABLA 2.** Modalidad de uso de la VPI en las 48 sesiones

Variables	n = 48
Soporte ventilatorio, n (%)	1 (2,1)
– ECMO/VMI	18 (37,5)
– VMI	26 (54,2)
– VMNI	2 (4,2)
– CNAF	1 (2,1)
– AA	18 (37,5)
En línea con la VM, n (%)	20 (20-20)
Duración minutos, mediana (RIQ)	6 (33,3)
Ciclos n (%)	
– 1 ciclo	41 (85,4)
– 2 ciclos	4 (8,3)
– 3 ciclos	3 (6,3)
Relación I/E n (%)	
– 1:1	13 (27,1)
– 2:1	5 (10,4)
– 3:1	3 (6,3)
– Combinación 1:1 y 3:1	27 (53,6)
Rangos de presión máxima n, (%)	
– 10-20 cmH <sub>2</sub> O	26 (54,2)
– 20-30 cmH <sub>2</sub> O	17 (35,4)
– 30-40 cmH <sub>2</sub> O	5 (10,4)
Oxígeno durante el tratamiento n (%)	
– No requirió aumento	27 (56,3)
– Aumento moderado	7 (14,6)
– Aumento máximo	14 (29,2)

Referencias. RIQ: Rango intercuartílico; CCC: Condición crónica compleja; ECMO: Membrana de oxigenación extra corpórea; VMI: Ventilación mecánica invasiva; VMNI: Ventilación mecánica no invasiva; CNAF: Cánula nasal de alto flujo; VM: Ventilación mecánica; I/E: Inspiración/expiración; TTO: Tratamiento.

En el 6,3% de las sesiones, no se logró cumplir con el tiempo de tratamiento pautado debido a desaturaciones. Aun así, dos de los tres pacientes que presentaron esta complicación resolvieron la atelectasia.

## DISCUSIÓN

El presente estudio nos permitió describir la población en la cual se implementa VPI en el ámbito de un centro de referencia para toda Latinoamérica. Además, nos demostró que es factible utilizar equipos domiciliarios de VPI en UCIP, dado que

son eficaces con un número acotado de sesiones para la resolución de atelectasias.

Las características demográficas de nuestro estudio fueron similares a las de Morgan y cols. con pacientes en su mayoría del género masculino, el 63% con una mediana de edad de 2 años y una mediana de peso de 14 kg<sup>20</sup>. Similar al grupo de Deakins que reportó una mediana de edad de 3,1 años<sup>17</sup>.

La CCC de origen neurológico es una característica que condiciona la capacidad del paciente para la eliminación eficiente de secreciones. En nuestro estudio este grupo de pacientes requirió VPI, al igual que todos los pacientes incluidos en el estudio

de Bidwala y cols. que se vieron beneficiados con menos infecciones anuales, uso de antibióticos y esteroides<sup>13</sup>.

Birkkrant y cols. propusieron que se realicen más investigaciones con la intención de hallar las patologías que más se podrían beneficiar con el uso de esta técnica y describir más complicaciones durante su implementación; en concordancia con esto nosotros aportamos variedad de diagnósticos, pacientes con CCC y sanos, con soporte invasivo y no invasivo, y algunas complicaciones menores<sup>25</sup>.

El mayor problema que representa la implementación de fisioterapia respiratoria en la población pediátrica es principalmente la falta de colaboración e irritabilidad frente a diferentes estímulos. Por este motivo, la VPI podría presentarse como una buena alternativa frente a otras técnicas en niños pequeños, ya que prescinde de la colaboración de los pacientes. La programación individualizada de la percusión y la frecuencia que se selecciona es en general bien tolerada, ya que no requieren coordinación con el paciente; por el contrario, se acopla a su ritmo respiratorio<sup>17, 22, 25</sup>. Incluso, es una buena alternativa de higiene bronquial en aquellos pacientes menores de un año que padecen reflujo gastroesofágico como se demostró en el estudio Lievens y cols<sup>26</sup>.

La mayoría de los trabajos no presentaron ningún evento adverso<sup>12, 13, 16, 17, 27</sup>. Solo Morgan y Homnick describieron un episodio de neumotórax y una leve hemoptisis, respectivamente<sup>20, 28</sup>. A diferencia de estos, nosotros tuvimos tres eventos leves de desaturación que se resolvieron inmediatamente luego de la interrupción del tratamiento. Algunos estudios de laboratorio permiten interpretar que la VPI en términos de las presiones que se utilizan, representaría un bajo riesgo de provocar barotrauma, sobre todo en pacientes pediátricos con VMI<sup>29</sup>. Ciertos autores observaron el *fenómeno de atenuación de la presión*, donde, frente a similar presión inspiratoria máxima comparada con el modo PCV, la presión media de la vía aérea en un sistema con VPI es mucho menor. Esto podría deberse a la forma de la curva de presión y al efecto de las percusiones sobre la geometría pulmonar, lo que produciría una caída en la presión alveolar<sup>30, 31</sup>. Otro dato relevante observado por Smallwood es que el porcentaje de atenuación de la presión es inversamente proporcional al tamaño del tubo, que llega hasta el 60% en el tubo 3.0. Esta observación favorece su aplicación en la población neonatal y pediátrica<sup>29</sup>.

Según Deakins la implementación de la VPI en línea en pacientes que recibieron ventilación mecánica invasiva es un tratamiento seguro y eficaz para la resolución de atelectasias de la misma manera que lo observado en nuestra población. Sin embargo, consideramos que nuestra serie de casos aporta información en este sentido principalmente en relación con la diversidad de esta THBM en pacientes con diferentes situaciones clínicas y necesidades ventilatorias<sup>17</sup>.

En el trabajo de Rivera Cano y cols., se implementó esta técnica como VMNI en pacientes con bronquiolitis no respondedores a CPAP, pero no se utilizó como THBM. Sobre el uso de VPI en pacientes con ECMO solo pudimos hallar un reporte de un caso de un paciente pediátrico con Bordetella Pertussis que recibió VPI para la resolución de una atelectasia masiva con buena respuesta al tratamiento<sup>32, 33</sup>. Existen estudios pediátricos donde se implementó VPI en pacientes con SDRA o ECMO, pero no como THBM que es el objeto de estudio de este artículo, sino que se utilizó como soporte ventilatorio invasivo<sup>34-37</sup>.

Las publicaciones en pediatría sobre el uso de VPI como THBM en pacientes pediátricos críticos, aunque limitadas son alentadoras, ya que destacan que es una alternativa segura y efectiva para la resolución de atelectasias. En nuestro estudio, la tasa de resolución fue del 53,3%. En el estudio de Deakins, se implementó un índice de atelectasias que destaca una amplia mejoría en el grupo con VPI frente al que recibió fisioterapia respiratoria convencional con una mediana de 3,1 días frente a 6,2 que tardó el grupo control para su resolución<sup>3, 17</sup>. En nuestro trabajo, el grupo de pacientes que resolvió las atelectasias lo hizo en un período de tiempo más breve, ya que requirió solamente una mediana de dos sesiones. Esta diferencia podría deberse a que la duración de las sesiones en nuestro estudio fue más prolongada (10 min vs. 20 min), y que, al momento de la publicación de Deakins y cols., aún no había conocimiento sobre la forma de optimizar la programación del equipo de la VPI<sup>22-24</sup>. El estudio de Yen Ha y cols. podría haber aportado datos extras en este sentido, sin embargo, la metodología para el diagnóstico radiográfico (les realizaron radiografías a todos los pacientes el día 2 y recién al día 5) pudo haber limitado los hallazgos, ya que podría haber habido pacientes que resolvieron inmediatamente la atelectasia y aun así continuaron con el tratamiento por 5 días<sup>12</sup>. La VPI es

una THBM efectiva, que ayuda a la movilización de secreciones y que consume poco tiempo para la resolución de las atelectasias. Al igual que otros autores, consideramos que este aspecto podría ser relevante debido a la disminución en los tiempos de tratamiento de fisioterapia y reducción en costos sanitarios<sup>13, 17, 19</sup>.

Con respecto a la duración de las sesiones de la VPI, sabemos que se describen dos tipos de implementación que varía entre 10 min y 20 min. El motivo de la duración más corta podría estar asociado a dos situaciones, una es que hay algunos equipos de VPI como el MetaNeb<sup>®</sup> System (Hillrom Services, Amsterdam, Países Bajos) que cuenta con un temporizador de hasta 10 min<sup>13, 20</sup>, y otra que la sesión se termina al acabarse la solución fisiológica del nebulizador que dura aproximadamente entre 10-15 min; este es el criterio del fin de la sesión<sup>14, 17</sup>. En los trabajos de Yen Ha y cols., al igual que en el nuestro, la tendencia de uso fue entre 15 y 20 como sugieren las guías publicadas por el creador de esta tecnología, el Dr. Forrest Bird<sup>10, 12</sup>.

Algunos autores describen la programación con la que se usó la VPI, pero en general es poco específica. Toussaint en su estudio *in vitro* sobre los efectos que generan en el flujo y la presiones diferentes programaciones, demostró que el flujo espiratorio aumentó con el incremento de la relación I:E, situación que favorece el barrido de secreciones, esto coincide con la tendencia en la programación de la I:E que eligieron los fisioterapeutas en nuestro hospital en el 59,9% de las sesiones<sup>12, 13, 22</sup>.

Una característica frecuente en las publicaciones pediátricas sobre VPI fue la escasa cantidad de pacientes. El trabajo con más pacientes fue el análisis descriptivo retrospectivo de Morgan y cols., con 59 pacientes en VMI y el uso de la VPI en línea<sup>20</sup>; Deakins y cols. en su ECA ingresaron un total de 12 pacientes (5 grupo control y 7 en el grupo intervención); Campbell Reardon y cols., 18 pacientes neuromusculares; Yen Ha y cols., 6 pacientes con atelectasias y dificultad respiratoria; y Bidiwala y cols., 8 pacientes críticos crónicos traqueostomizados<sup>12-14, 17</sup>. Nuestro estudio con 18 pacientes aporta información sobre la versatilidad de la técnica y el tratamiento de atelectasias, ya que agrega más cantidad de casos que en la mayoría de las publicaciones en UCIP sobre esta temática.

## LIMITACIONES

La falta de utilización de un índice para el diagnóstico de atelectasias podría considerarse un sesgo, sin embargo, consideramos no utilizarlo por tratarse de una herramienta poco implementada en nuestro ámbito de trabajo y, en su lugar, decidimos utilizar técnicas radiográficas habituales para este fin. La oxigenación a través de gases arteriales podría ser una variable de resultado que considerar dentro de la efectividad de la técnica; nosotros utilizamos SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> con el fin de evitar procesos invasivos innecesarios. La medición de la cantidad de secreciones se desestimó, ya que no existe un método estandarizado para esto. Nuestro trabajo no permite la generalización de los resultados, pero debido a las características de los pacientes de nuestro hospital no sería del todo erróneo considerarlo como una herramienta útil para optimizar el manejo de secreciones en pacientes que lo requieran y como tratamiento de atelectasias en la UCIP.

## CONCLUSIÓN

El presente estudio permite describir la población en la cual se implementa VPI en el ámbito de una institución de la Argentina que se posiciona como referente en Latinoamérica. Además, presenta una herramienta que podría ser de utilidad para la resolución de atelectasias en un período acotado de tiempo, lo que permite optimizar su consumo en la práctica asistencial.

### Conflictos de interés

Los autores declaran que no tienen conflictos de interés, ni soporte financiero de ningún tipo.

### Agradecimientos

A Gustavo Plotnikow por su mentoría y al equipo de kinesiología de área crítica del Hospital Juan P. Garrahan

## REFERENCIAS

1. Oberwaldner B. Physiotherapy for airway clearance in paediatrics. *Eur Resp J.* 2000; 15: 196-204. <https://doi.org/10.1183/09031936.00.15119600>
2. Walsh BK, Hood K, Merritt G. Pediatric Airway Maintenance and Clearance in the Acute Care Setting: How To Stay Out of Trouble. *Respiratory Care.* 2011; 56: 1424-40. <https://doi.org/10.4187/respcare.01323>



3. Lauwers E, Ides K, Van Hoorenbeeck K, Verhulst S. The effect of intrapulmonary percussive ventilation in pediatric patients: A systematic review. *Pediatric Pulmonology*. 2018; 53: 1463-74. <https://doi.org/10.1002/ppul.24135>
4. Schechter MS. Airway Clearance Applications in Infants and Children. *Resp Care*. 2007; 52: 1382-90.
5. Chapman RL, Shannon H, Koutoumanou E, Main E. Effect of inspiratory rise time on sputum movement during ventilator hyperinflation in a test lung model. *Physiotherapy*. 2019; 105: 283-9. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2018.06.003>
6. Morrow BM. Chest Physiotherapy in the Pediatric Intensive Care Unit. *J Pediatric Intensive care*. 2015; 4: 174-81. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1563385>
7. Chatburn RL. High-frequency assisted airway clearance. *Respir Care*. 2007; 52: 1224-35; discussion 1235-7.
8. Fernández-Carmona A, Olivencia-Peña L, Yuste-Ossorio ME, Peñas-Maldonado L; Grupo de Trabajo de Unidad de Ventilación Mecánica Domiciliaria de Granada. Ineffective cough and mechanical mucociliary clearance techniques. *Med Intensiva (Engl Ed)*. 2018; 42: 50-9. <https://doi.org/10.1016/j.medine.2017.12.005>
9. Berlinski A, Willis JR. Albuterol delivery via intrapulmonary percussive ventilator and jet nebulizer in a pediatric ventilator model. *Respir Care*. 2010; 55: 1699-704.
10. Percussionaire Corp. Clinical resources manual: Intrapulmonary percussive ventilation (IPV). [Online]. [cited 2021 marzo 27. Available from: [https://issuu.com/percussionaire/docs/p20047\\_rev\\_a/24](https://issuu.com/percussionaire/docs/p20047_rev_a/24).
11. Bird FM. Intrapulmonary percussive ventilation (IPV). *Flying Physician*. 1987; 30: 4-8.
12. Yen Ha TK, Bui TD, Tran AT, Badin P, Toussaint M, Nguyen AT. Atelectatic children treated with intrapulmonary percussive ventilation via a face mask: clinical trial and literature overview. *Pediatr Int*. 2007; 49(4): 502-7. <https://doi.org/10.1111/j.1442-200X.2007.02385.x>
13. Bidiwala A, Volpe L, Halaby C, Fazzari M, Valsamis C, Pirezada M. A comparison of high frequency chest wall oscillation and intrapulmonary percussive ventilation for airway clearance in pediatric patients with tracheostomy. *Postgrad Med*. 2017; 129: 276-82. <https://doi.org/10.1080/00325481.2017.1264854>
14. Reardon CC, Christiansen D, Barnett ED, Cabral HJ. Intrapulmonary percussive ventilation vs incentive spirometry for children with neuromuscular disease. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2005; 159(6): 526-31. <https://doi.org/10.1001/archpedi.159.6.526>
15. Toussaint M, De Win H, Steens M, Soudon P. Effect of intrapulmonary percussive ventilation on mucus clearance in duchenne muscular dystrophy patients: a preliminary report. *Respir Care*. 2003; 48: 940-7.
16. Natale JE, Pfeifle J, Homnick DN. Comparison of intrapulmonary percussive ventilation and chest physiotherapy. A pilot study in patients with cystic fibrosis. *Chest*. 1994; 105: 1789-93. <https://doi.org/10.1378/chest.105.6.1789>
17. Deakins K, Chatburn RL. A comparison of intrapulmonary percussive ventilation and conventional chest physiotherapy for the treatment of atelectasis in the pediatric patient. *Respir Care*. 2002; 47: 1162-7.
18. Johnston C, Zanetti NM, Comaru T, Ribeiro SN, Andrade LB, Santos SL. I Brazilian guidelines for respiratory physiotherapy in pediatric and neonatal intensive care units. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2012; 24: 119-29. <https://doi.org/10.1590/S0103-507X2012000200005>
19. Van Ginderdeuren F, Vandenplas Y, Deneyer M, Vanlaethem S, Buyl R, Kerckhofs E. Effectiveness of airway clearance techniques in children hospitalized with acute bronchiolitis. *Pediatr Pulmonol*. 2017; 52: 225-31. <https://doi.org/10.1002/ppul.23495>
20. Morgan S, Hornik CP, Patel N, Williford WL, Turner DA, Cheifetz IM. Continuous High-Frequency Oscillation Therapy in Invasively Ventilated Pediatric Subjects in the Critical Care Setting. *Respir Care*. 2016; 61: 1451-5. <https://doi.org/10.4187/respcare.04368>
21. Feudtner C, Feinstein JA, Zhong W, Hall M, Dai D. Pediatric complex chronic conditions classification system version 2: updated for ICD-10 and complex medical technology dependence and transplantation. *BMC Pediatr*. 2014; 14: 199. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-14-199>
22. Toussaint M, Guillet MC, Paternotte S, Soudon P, Haan J. Intrapulmonary effects of setting parameters in portable intrapulmonary percussive ventilation devices. *Respir Care*. 2012; 57: 735-42. <https://doi.org/10.4187/respcare.01441>
23. Riffard G, Toussaint M. Indications de la ventilation à percussions intrapulmonaires (VPI): revue de la littérature [Indications for intrapulmonary percussive ventilation (IPV): a review of the literature]. *Rev Mal Respir*. 2012; 29: 178-90. <https://doi.org/10.1016/j.rmr.2011.12.005>
24. Riffard G, Buzenet J, Guérin C. Intrapulmonary percussive ventilation superimposed on conventional mechanical ventilation: comparison of volume controlled and pressure controlled modes. *Respir Care*. 2014; 59: 1116-22. <https://doi.org/10.4187/respcare.02727>
25. Birnkrant DJ, Pope JF, Lewarski J, Stegmaier J, Besunder JB. Persistent pulmonary consolidation treated with intrapulmonary percussive ventilation: a preliminary report. *Pediatr Pulmonol*. 1996; 21: 246-9. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0496\(199604\)21:4<246::AID-PPUL8>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0496(199604)21:4<246::AID-PPUL8>3.0.CO;2-M)
26. Lievens L, Vandenplas Y, Vanlaethem S, Van Ginderdeuren F. The influence of Intrapulmonary percussive ventilation on gastroesophageal reflux in infants under the age of 1 year. *Pediatr Pulmonol*. 2020; 55: 3139-44. <https://doi.org/10.1002/ppul.25045>
27. Newhouse PA, White F, Marks JH, Homnick DN. The intrapulmonary percussive ventilator and flutter device compared to standard chest physiotherapy in patients with cystic fibrosis. *Clin Pediatr (Phila)*. 1998; 37: 427-32. <https://doi.org/10.1177/000992289803700705>
28. Homnick DN, White F, de Castro C. Comparison of effects of an intrapulmonary percussive ventilator to standard aerosol and chest physiotherapy in treatment of cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol*. 1995; 20: 50-5. <https://doi.org/10.1002/ppul.1950200110>
29. Smallwood CD, Bullock KJ, Gouldstone A. Pressure attenuation during high-frequency airway clearance therapy across different size endotracheal tubes: An in vitro study. *J Crit Care*. 2016; 34 :142-5. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2016.03.004>
30. Dutta R, Xing T, Swanson C, Heltborg J, Murdoch GK. Comparison of flow and gas washout characteristics between pressure control and high-frequency percussive ventilation using a test lung. *Physiol Meas*. 2018; 39: 035001. <https://doi.org/10.1088/1361-6579/aaaaa2>

31. Rožánek M, Horáková Z, Cadek O, Kučera M, Roubík K. Damping of the dynamic pressure amplitude in the ventilatory circuit during high-frequency oscillatory ventilation. *Biomed Tech (Berl)*. 2012; 57: Suppl 1. <https://doi.org/10.1515/bmt-2012-4481>
32. Ribera Cano A, Daussac E, Bonnet S, Marcoux MO, Lelong-Tissier MC. Ventilation non invasive par percussion intrapulmonaire (IPV) dans les broncho-alvéolites virales [Non invasive intrapulmonary percussive ventilation (IPV) in viral bronchiolitis]. *Arch Pediatr*. 2009;1 6: 732-4. [https://doi.org/10.1016/S0929-693X\(09\)74130-2](https://doi.org/10.1016/S0929-693X(09)74130-2)
33. Krawiec C, Ballinger K, Halstead ES. Intrapulmonary Percussive Ventilation as an Airway Clearance Technique during Venoarterial Extracorporeal Life Support in an Infant with Pertussis. *Front Pediatr*. 2017; 5: 99. <https://doi.org/10.3389/fped.2017.00099>
34. Tawfik DS, Bennett TD, Welch B, Poss WB. Use of High-Frequency Ventilation in the Pediatric Intensive Care Unit. *J Pediatr Intensive Care*. 2016; 5: 12-20.
35. Rizkalla NA, Dominick CL, Fitzgerald JC, Thomas NJ, Yehya N. High-frequency percussive ventilation improves oxygenation and ventilation in pediatric patients with acute respiratory failure. *J Crit Care*. 2014; 29: 314.e1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2013.11.009>
36. Yehya N, Dominick CL, Connelly JT, Davis DH, Minneci PC, Deans KJ, McCloskey JJ, Kilbaugh TJ. High-frequency percussive ventilation and bronchoscopy during extracorporeal life support in children. *ASAIO J*. 2014; 60: 424-8. <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000000088>
37. Butler AD, Dominick CL, Yehya N. High frequency percussive ventilation in pediatric acute respiratory failure. *Pediatr Pulmonol*. 2021; 56: 502-8 <https://doi.org/10.1002/ppul.25191>