



**Hospital Pediátrico Provincial Docente
“Paquito González Cueto”
Cienfuegos.**

**Tesis para optar por el título de
Especialista de Primer Grado en Medicina Intensiva y Emergencias
Pediátricas**

Título

Ventilación mecánica en el Hospital Pediátrico Universitario Paquito González
Cueto en el período 2018-2023.

Autor: Dr. Javier Roldán Fumero. *

Tutor: Dr. Ariel Efrén Uriarte Méndez. * *

* Médico Residente de 3^{er} año en Medicina Intensiva y Emergencias Pediátricas.

* * Especialista de Primer Grado en Pediatría. Especialista de Segundo Grado en
Cuidados Intensivos Pediátricos. Profesor Auxiliar. Investigador Auxiliar.

RAÚL DORTICÓS TORRADO



“Año 66 de la Revolución”

A mis seres más queridos, donde quiera que se encuentren: A mi familia, por su inagotable amor. A mis amigos, colegas y profesores por su inmenso cariño y confianza.

Agradecimientos:

En primer lugar, gracias a mi familia, por estar pendientes de mí en todo momento. Ellos han sido el motor impulsor de mis logros como médico y como persona.

Agradezco inmensamente a mi tutor Dr. Ariel Efrén Uriarte Méndez por el apoyo sin límites y la confianza depositados en mí. Su ejemplo como profesional y liderazgo durante estos años han sido invaluableles.

Por supuesto, a mis colegas de profesión. Desde mis queridos profesores, sin los cuales nada de esto hubiera sido posible, y por los que siento una profunda admiración, cariño y respeto; mis insustituibles compañeros de residencia de los cuales sentí el apoyo en todo momento; hasta los enfermeros, técnicos, licenciados y demás trabajadores que conforman a tan brillante colectivo.

Especial agradecimiento a la Dra. Anailly Puerto Becerra por su infinito amor. Su apoyo a la creación de este proyecto, en todas las fases, terminó siendo crucial.

En fin, a cada persona que de una forma u otra estuvo vinculada con mi formación como médico.

" La medicina es una ciencia de la incertidumbre y un arte de la probabilidad. "

William Osler

ÍNDICE

1. Resumen	1
2. Introducción	2
3. Marco teórico	6
4. Objetivos	17
5. Materiales y métodos	18
6. Resultados	23
7. Discusión	30
8. Conclusiones	37
9. Bibliografía	38

RESUMEN

Fundamentación: La identificación de factores asociados al pronóstico de pacientes con ventilación mecánica invasiva permite trazar estrategias con antelación. **Objetivo:** Caracterizar a los pacientes que recibieron ventilación mecánica invasiva y establecer la relación de los parámetros de monitorización de la oxigenación con su evolución. **Método:** Estudio analítico, con recogida de datos retrospectiva y prospectiva, de comparación de frecuencias absolutas y valores promedio. Se utilizó como método estadístico la regresión logística multivariable. Incluye a los pacientes de 28 días a 18 años que ingresaron en la Unidad de Cuidados Intensivos desde el 1 de enero de 2018 al 31 de diciembre de 2023. Se estudiaron las siguientes variables: edad, sexo, comorbilidades, causa de la ventilación, complicaciones, días de ventilación, supervivencia y parámetros monitorizados (SpO_2 , relación PO_2/FiO_2 , relación $SatO_2/FiO_2$, índice de oxigenación e índice de saturación de oxígeno). Se determinó la asociación entre valores de monitorización y mortalidad. **Resultados:** La edad promedio fue 75 semanas (± 67), predominó ligeramente el sexo masculino, la comorbilidad más frecuente fue la desnutrición, la principal indicación de intubación fue la sepsis, y la complicación predominante, la úlcera por presión. Hubo asociación estadística para los siguientes valores de parámetros de oxigenación: $PO_2 \leq 100$ (OR: 3,15, IC 1,16; 8,57), $SpO_2/FiO_2 < 150$ (OR: 4,64, IC 1,87; 11,51), $IO \geq 16$ (OR: 3,27, IC 1,30; 8,20) e $ISO \geq 12,31$ (OR: 3,18, IC 1,21; 8,36). **Conclusiones:** El trabajo ofrece rangos numéricos de los parámetros de oxigenación en los pacientes ventilados que pueden servir de referencia para predecir mortalidad.

Palabras clave: ventilación mecánica invasiva; factores pronósticos de la ventilación mecánica invasiva; monitorización; de la ventilación mecánica invasiva.

INTRODUCCIÓN

La ventilación mecánica (VM) es una herramienta terapéutica fundamental para la asistencia del paciente grave. Su indicación dependerá de los objetivos que se deseen conseguir y estos se resumen en: mantener el intercambio de gases que es la función básica del sistema respiratorio, reducir o sustituir el trabajo respiratorio, disminuir el consumo de oxígeno sistémico y o miocárdico, conseguir la expansión pulmonar, permitir la sedación anestésica y relajación muscular, realizar cirugía torácica, estabilizar a pacientes politraumatizados, entre otros. ^(1,2)

La casa Dräger en 1911 construyó un primer aparato (Pulmotor) de presión positiva intermitente (PPI), y fue utilizado en pacientes con problemas respiratorios. En 1928, Drinker y Shaw diseñaron un prototipo del pulmón de acero que usaba un sistema de presión negativa extrapulmonar para ventilación mecánica de larga duración, que mejorado por Emmerson en 1931, tuvo una amplia difusión en las epidemias de poliomielitis de la década de 1940, pero tenía las limitaciones de no tener acceso el médico al paciente. ⁽³⁾

Luego, en los años 1940-1950 se desarrolló la técnica de PPI con intubación endotraqueal que, desde las epidemias de poliomielitis de los años 1950, se ha impuesto como la técnica de ventilación mecánica convencional en el paciente grave, pero es a partir del siglo XX que se adopta como modalidad terapéutica. ⁽⁴⁾

A lo largo de las tres últimas décadas, la asistencia del paciente con insuficiencia respiratoria grave se ha visto fuertemente impactada por el rápido desarrollo de los conocimientos en el campo de la mecánica respiratoria, por una mejor comprensión de la necesidad de lograr que el ventilador “se adapte al paciente” y por un avance inusitado en la tecnología de los ventiladores, lo cual ha modificado de forma importante los conocimientos teóricos y la práctica en el uso de los ventiladores mecánicos. ⁽⁵⁻⁸⁾ En la actualidad la VM es una herramienta clave en el tratamiento del paciente pediátrico crítico, y se dispone de ventiladores con distintos programas adaptables a las necesidades y circunstancias del paciente,

que permiten una mejor monitorización de los parámetros respiratorios y ocasionan el menor impacto sobre el parénquima pulmonar. ⁽⁹⁻¹¹⁾

Según fuentes extranjeras, aproximadamente el 55% de los niños ingresados en una unidad de cuidados intensivos pediátricos (UCIP) requieren VM. ⁽¹²⁾ En nuestro medio no se comporta así este índice, generalmente las unidades de cuidados intensivos pediátricos en Cuba tienen un enfoque más amplio, dirigiendo su mirada al niño no solamente grave, sino aquel con elevado riesgo de tener una evolución desfavorable. Es por eso que, por lo menos en la UCI del HPU Paquito González se ventila a menos de un 20 % de los casos que se admiten.

Cuando la VM se realiza a través de un tubo colocado en la tráquea se denomina ventilación mecánica invasiva (VMI), para diferenciarla de otras técnicas ventilatorias que usan diferentes dispositivos para hacer llegar los gases al paciente. ⁽¹⁰⁾

En la actualidad se dispone de múltiples parámetros que entregan datos objetivos, los cuales permiten evaluar determinadas intervenciones terapéuticas, establecer diagnósticos, lograr metas y evitar complicaciones ocasionadas por los cambios dinámicos en el paciente. Aparte de la monitorización gráfica que ofrecen los respiradores en los display, existen parámetros medibles de incalculable valor, habitualmente en el paciente crítico. ^(12,13)

La monitorización ventilatoria se ha realizado tradicionalmente con índices respiratorios en los que se utiliza la presión arterial de oxígeno (PaO_2) y la fracción inspirada de oxígeno (FiO_2). El índice que se utiliza comúnmente es el $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ (P/F), conocido como índice de Kirby, que también se usa como predictor de hipoxemia en la disfunción pulmonar aguda. En los últimos años, se ha propuesto también utilizar la saturación de pulso de oxígeno (SpO_2) en la determinación del índice de saturación $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$ (S/F) para monitorizar en forma no invasiva la oxigenación, la cual sería un índice que se obtendría rápidamente sin requerir estudio gasométrico. Además de ellos, es clásico hoy en día, evaluar la severidad del síndrome de distrés respiratorio (SDRA) por medio de otros índices como el de

oxigenación (IO): $FiO_2 \times \text{Presión media de la vía aérea} \times 100 / PaO_2$ y el de saturación de oxígeno (ISO): $FiO_2 \times \text{Presión media de la vía aérea} \times 100 / SaO_2$. (11-13)

Existe un volumen de publicaciones elevado sobre VMI, las investigaciones tratan sobre aspectos diversos que van desde las experiencias en diferentes afecciones, hasta objetivos más específicos como estrategias, modos, destete, complicaciones, sincronía con el paciente, entre otros. Pero uno de los aspectos investigativos más importantes sobre la VMI es la identificación de factores de la monitorización, lo cual permite establecer pronósticos, escalar en la terapéutica y trazar estrategias con antelación. (14-16)

A pesar de que el tema ha sido investigado y publicado a nivel mundial, solamente se encontró un trabajo pediátrico cubano (17) relacionado con estos factores mencionados, según las búsquedas que se hicieron en Infomed, ScholarGoogle, Scielo, Medscape, LILACS, entre otros.

En el presente estudio, los autores se han propuesto como objetivo aspectos descriptivos generales como comorbilidad, indicaciones, etc. Pero, sobre todo, establecer la relación de los parámetros de monitorización con la evolución de los pacientes. Esto sin dudas, nos puede ofrecer una escala predictiva de valores que nos sirvan para trazar estrategias con antelación.

Justificación

La insuficiencia respiratoria es generalmente un problema común que se presenta asociada al fallo de otros aparatos. Por suerte, el fracaso respiratorio agudo se puede suplir satisfactoriamente en la mayoría de las ocasiones con un respirador mecánico. La VMI es un procedimiento íntimamente vinculado al trabajo en la UCIP y resulta un tema muy peculiar, debatido y complejo, entre los intensivistas. Es, por tanto, un tema propio del trabajo en las UCIP y requiere estudio, superación científica constante y nuevos lineamientos de trabajo. En ese sentido, la forma más eficaz de darle una base científica a los cambios y nuevas estrategias, es investigando, retroalimentándonos con las experiencias derivadas del trabajo diario, ver lo que hemos hecho, cuando nos hemos equivocado y qué podemos hacer en el futuro. Además, los resultados de un trabajo descriptivo nos enriquecen desde el punto de vista científico y nos fortalece académicamente.

En la historia de la UCI del HPU Paquito González, hasta donde pudimos revisar, existe un solo trabajo que trata sobre aspectos descriptivos en pacientes ventilados. El mismo, fue una tesis de terminación de residencia y data del año 2013. Por tanto, los autores de la presente investigación creyeron pertinente volver a investigar sobre el tema, y en consonancia con los nuevos conceptos que han surgido, incluir aquellas variables que evalúan el grado de daño pulmonar y el pronóstico como los son el índice de oxigenación (IO) y el índice de oxigenación saturado (ISO) y ver en qué medidas los valores de dicha monitorización nos pueden permitir anticiparnos a los hechos.

MARCO TEÓRICO

La ventilación mecánica es una tecnología que se usa ampliamente en la rama de los cuidados críticos pediátricos. Se conoce que alrededor del 30% de los pacientes que ingresan en este servicio la llegan a utilizar. El soporte ventilatorio invasivo ha contribuido a que una gran cantidad de niños con insuficiencia respiratoria sean tratados con éxito, alcanzándose su respiración espontánea y la normalización de sus pulmones. ⁽¹⁸⁾

Se plantea que alrededor de 20 millones de personas reciben VM al año. Su manejo es esencial para que los médicos y otros proveedores de atención médica lo comprendan y lo apliquen de manera segura. Este conocimiento debe basarse en una comprensión sólida de los principios básicos de la fisiología humana y la mecánica de las vías respiratorias. ⁽¹⁹⁾

Fisiología de la ventilación mecánica: ⁽²⁰⁾

La ventilación mecánica tiene varios efectos sobre la mecánica pulmonar. La fisiología respiratoria normal funciona como un sistema de presión negativa. Cuando el diafragma empuja hacia abajo durante la inspiración, se genera presión negativa en la cavidad pleural, lo que, a su vez, crea presión negativa en las vías respiratorias que aspiran aire hacia los pulmones. Esta misma presión intratorácica negativa disminuye la presión de la aurícula derecha (AD) y genera un efecto de succión sobre la vena cava inferior (VCI), aumentando el retorno venoso. La aplicación de ventilación con presión positiva cambia esta fisiología. La presión positiva generada por el ventilador se transmite a las vías respiratorias superiores y finalmente a los alvéolos, estos a su vez se transmite al espacio alveolar y cavidad torácica, creando presión positiva (o al menos, menos presión negativa) en el espacio pleural. El aumento de la presión de la AD y la disminución del retorno venoso generan una disminución de la precarga. Esto tiene un doble efecto al disminuir el gasto cardíaco: menos sangre en el ventrículo derecho significa que llega menos sangre al ventrículo izquierdo y menos sangre que se puede bombear, lo que disminuye el gasto cardíaco. Menos precarga significa que

el corazón trabaja en un punto menos eficiente de la curva francamente sorprendente, generando un trabajo menos efectivo y disminuyendo aún más el gasto cardíaco, lo que resultará en una caída de la presión arterial media (PAM) si no hay una respuesta compensatoria por aumento de la resistencia vascular sistémica (RVS). Esta es una consideración muy importante en pacientes que tal vez no puedan aumentar su RVS, como en pacientes con shock distributivo (shock séptico, neurogénico o anafiláctico).

Las principales indicaciones de la ventilación mecánica invasiva se pueden dividir en las siguientes categorías: ⁽²¹⁾

1. Enfermedad con compromiso de las vías respiratorias:

Protección de las vías respiratorias en un paciente obnubilado o que tiene una vía aérea dinámica, por ejemplo, debido a un traumatismo o una infección orofaríngea.

- La obstrucción de las vías respiratorias es proximal (p. ej., angioedema) o distal (broncoespasmo asmático o exacerbación aguda de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica).
- Hipoventilación debido a problemas de conducción, falla de la bomba o incapacidad para intercambiar gases, lo que resulta en insuficiencia respiratoria hipercápnica. La etiología se puede dividir en las siguientes subcategorías:

2. Deterioro del impulso central (ej., sobredosis de drogas)

3. Debilidad de los músculos respiratorios (ej., distrofia muscular y miositis)

4. Defectos del sistema nervioso periférico (ej., síndrome de Guillain-Barré o crisis miasténica)

5. Defectos ventilatorios restrictivos (ej., traumatismo o enfermedad de la pared torácica o neumotórax masivo o derrame)

6. La insuficiencia respiratoria hipoxémica puede deberse a la incapacidad de intercambiar oxígeno o de transportarlo a los tejidos periféricos por una de las siguientes razones:

7. Defectos de llenado alveolar (ej., neumonía, síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) o edema pulmonar)

8. Defectos vasculares pulmonares que conducen a un desajuste entre ventilación y perfusión (VQ) (embolia pulmonar masiva o embolia aérea)

9. Defectos de difusión (fibrosis pulmonar avanzada)

10. Aumento de la demanda ventilatoria debido a sepsis grave, shock o acidosis metabólica grave.

Los modos de ventilación mecánica se agrupan de manera general en: ventilación “convencional” (modo de ventilación más utilizado en pacientes pediátricos) que incluye los modos regulados por volumen y presión; ventilación con liberación de presión en las vías respiratorias (VLPV) y ventilación de alta frecuencia (VAF) serían formas alternativas que a menudo se utilizan en la hipoxemia refractaria a los modos clásicos. ⁽²²⁾

Esto se debe en parte a que muchos de los modos no pueden lograr una presión media más alta en las vías respiratorias sin aumentar las presiones máximas en las mismas, y todos tienen métodos únicos para lograr la ventilación, pero es importante comprender sus beneficios y las limitaciones para uso clínico. ⁽²³⁾

La programación del ventilador consta de varios aspectos fundamentales que se han ido modificando en los últimos años. Esto ha dependido en gran parte de los múltiples estudios que se han realizado y consensos internacionales donde se han reunido expertos dedicados al tema. De la programación depende en gran medida el éxito en la evolución de los pacientes y se puede dividir en: ⁽²⁴⁾

- Activación: Es el aspecto que señala la sincronía paciente-ventilador y actualmente se recomienda la sincronía presente en cualquier ventilación

con presión positiva activada. Se ha demostrado que una mejor sincronía del ventilador del paciente mejora la comodidad del paciente.

- Configuración de la relación I:E/tiempo inspiratorio: Se recomienda configurar el tiempo inspiratorio y la frecuencia respiratoria relacionados con la mecánica del sistema respiratorio y la trayectoria de la enfermedad. Ambos están estrechamente correlacionados y no pueden considerarse independientes entre sí. En la enfermedad pulmonar restrictiva, recomendamos una frecuencia respiratoria más alta para compensar el volumen corriente bajo y mantener la ventilación minuto.
- Mantener la respiración espontánea: Se recomienda que todos los niños que reciben asistencia respiratoria preferiblemente respiren espontáneamente, con la excepción de los niños más gravemente enfermos con enfermedades obstructivas de las vías respiratorias, restrictivas o mixtas que requieren ajustes de ventilador muy altos y asistencia neuromuscular intermitente o bloqueo. En estos niños, se debe preferir la ventilación mecánica controlada (presión o volumen), lo que exige la necesidad de sedación continua y/o relajantes musculares. Se recomienda precaución al utilizar sedación y relajación en presencia de disfunción cardíaca.
- Ajuste de las presiones: En ausencia de mediciones de la presión transpulmonar, se recomienda limitar la presión meseta (P_{plat}) ≤ 28 cmH₂O o $\leq 29-32$ cmH₂O si la elastancia de la pared torácica aumenta en la enfermedad pulmonar restrictiva, enfermedades mixtas y niños con trastornos congénitos/crónicos. Además, limitar $P_{plat} \leq 30$ cmH₂O en la enfermedad obstructiva de las vías respiratorias. La presión delta (diferencia entre la presión inspiratoria final y la presión espiratoria final) debe ser <10 cmH₂O si no hay patología pulmonar.
- Configuración del volumen corriente: Se recomienda en todas las patologías un volumen tidal (V_t) óptimo en vías respiratorias y evitar el $V_t > 10$ ml/kg de peso corporal ideal. Solo recordar que, en niños con síndromes de hipoplasia pulmonar, el V_t óptimo puede ser menor que el fisiológico debido a los volúmenes pulmonares más bajos.

- Configuración de Presión positiva al final de la espiración (PEEP): La PEEP debe prevenir el colapso alveolar. Sin embargo, no se sabe con exactitud cuánta PEEP se debe utilizar en cada niño. Los datos fisiológicos en edades pediátricas para evitar lesión pulmonar sugieren 3 a 5 cmH₂O. En caso de enfermedad grave, puede ser necesaria una PEEP alta. La PEEP siempre debe ajustarse buscando el equilibrio óptimo entre hemodinámica y oxigenación. Para mejorar la oxigenación, se debe intentar la titulación de PEEP. No existe un método definido para establecer la mejor PEEP.

La monitorización de la ventilación mecánica, como son las mediciones de flujo, volúmenes y presión que se generan en el paciente, es un aspecto fundamental para el intensivista. Los ventiladores de nueva generación utilizan diferentes sensores de flujo y presión para lograr una presión y un flujo de gas adecuados hacia y desde el ventilador hasta el paciente. Los sensores de flujo no solo miden el flujo, sino que también actúan como sensores de activación para la respiración espontánea del paciente, integran las señales de flujo al volumen corriente y envían retroalimentación para los ajustes del ventilador en sistemas de circuito cerrado. ⁽²⁵⁾

La mayoría de los ventiladores muestran gráficos de flujo (L/min), presión (cmH₂O) y volumen corriente (mL) en el eje Y frente al tiempo (segundos) en el eje X. También pueden mostrar esos gráficos como bucles entre sí (por ejemplo, presión-volumen, flujo-volumen y flujo-presión). Los diferentes fabricantes de ventiladores utilizan diferentes sensores de flujo comerciales y los colocan proximales al paciente o al ventilador. El desequilibrio entre el volumen corriente administrado al paciente y el medido dentro del ventilador puede ocurrir debido al comportamiento neumático de la distensibilidad del circuito respiratorio. ⁽²⁶⁾

La oximetría de pulso es un estándar indiscutible en el seguimiento clínico de pacientes con ventilación mecánica, y pocos proveedores podrían imaginarse atendiendo a un paciente críticamente enfermo que requiere ventilación mecánica sin ella. Se utiliza universalmente para monitorear de forma continua y no invasiva la saturación de oxígeno arterial de un paciente, en lugar de la saturación de

oxígeno medida en una muestra de sangre arterial, por lo cual reduce la necesidad de gasometrías. En ausencia de hipoxemia más grave ($< 90\%$) y estados de perfusión deficiente tiene buena precisión. En el estudio más grande disponible, que incluyó a más de 20 000 sujetos postoperatorios no intubados, el uso rutinario de la oximetría de pulso redujo la incidencia de hipoxemia mediante la detección temprana de la desaturación. ⁽²⁷⁾

La PaO_2 sólo puede obtenerse esporádicamente mediante punción arterial, lo que resulta doloroso y potencialmente perjudicial para los pacientes. La ausencia de datos de gases en sangre arterial durante episodios hipoxémicos cruciales puede llevar a una clasificación errónea de la gravedad en un paciente. Por el contrario, la SaO_2 puede controlarse continuamente mediante oxímetros de pulso no invasivos, que se encuentran en todas partes en la mayoría de las UCIP. Los cocientes $\text{SaO}_2/\text{FIO}_2$ y $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2$ están altamente correlacionados y proporcionan información de pronóstico similar en pacientes con Síndrome de Dificultad Respiratoria Aguda (SDRA). También tienen puntos de corte similares para identificar SDRA leve y moderado. La relación $\text{SaO}_2/\text{FIO}_2$ ha servido como una alternativa a la relación $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2$ para definir el SDRA pediátrico y el SDRA en adultos en entornos con recursos limitados por su fácil realización. ⁽²⁸⁾

Su división en rangos de gravedad ha sido establecida mediante consensos internacionales como el de Berlin (2012) y los de Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference (PALICC) posteriormente. ^(29,30)

Las variables utilizadas en los criterios PALICC fueron: duración del inicio de la enfermedad aguda hasta el SDRA menor de 7 días, origen del edema pulmonar (cardiogénico o no cardiogénico), cualquier nuevo infiltrado en la radiografía de tórax (unilateral o bilateral) y defecto de oxigenación basado en la relación P/F siendo leve si es menor o igual a 300 y mayor a 200, moderado si es menor o igual a 200 y mayor que 100, severo si es menor o igual a 100; y S/F si está en ventilación mecánica no invasiva. Por su parte, el Índice de oxigenación (IO) e índice de saturación de oxígeno (ISO) si está en ventilación mecánica convencional. ⁽³¹⁾

La IO se calculó utilizando la fórmula: $[\text{presión media de las vías respiratorias (PAM)} \times \text{FiO}_2] / \text{PaO}_2$ que queda estratificado según: leve si es menor de 8 y mayor o igual a 4, moderado si es mayor o igual a 8 y menor a 16, severo si es mayor o igual a 16 y el ISO utilizando la fórmula: $[\text{PAM} \times \text{FiO}_2] / \text{SpO}_2$ estratificado en: leve si es mayor o igual a 5 y menor de 7.51, moderado si es mayor o igual a 7.51 y menor de 12.31, severo si es mayor o igual a 12.31. Los criterios utilizados en la definición de Berlín son similares excepto por los infiltrados bilaterales en la radiografía de tórax y el defecto de oxigenación basado únicamente en la relación P/F. Las otras diferencias son que los niños con cardiopatía coronaria y enfermedad crónica del corazón que cumplen los criterios de oxigenación no están incluidos en la definición de Berlín, pero sí en los criterios PALICC. ⁽³²⁾

Las complicaciones derivadas de la ventilación mecánica son múltiples y están bien definidas. En el año 2013 surgió el término Eventos Asociados a la Ventilación (EAV), el cual era más abarcador en relación con los variables sucesos indeseados que pueden presentarse una vez el paciente sea sometido a un respirador mecánico. Se estima que 300.000 pacientes al año reciben ventilación mecánica en los Estados Unidos, teniendo consistencia los EAV con una alta prevalencia de morbilidad y mortalidad. El número de pacientes que desarrollan un VAE en un sistema mecánico se estima entre el 5% y el 40% de todos los pacientes, y algunos estudios han informado un aumento del riesgo de mortalidad de casi el 50%. También se ha demostrado que prolonga la duración de la hospitalización en un promedio de 7 a 9 días por paciente. ⁽³³⁾

Múltiples investigadores han publicado series de casos de EAV que incluían revisiones de gráficos diseñados para identificar los eventos clínicos que desencadenó un aumento en la configuración del ventilador y, por lo tanto, el EAV. Los hallazgos de estos estudios son relativamente consistentes. La mayoría de los EAV se activan por 1 de 4 eventos clínicos: neumonía (25-40% de los casos), sobrecarga de líquido que incluye edema pulmonar (15 a 50 %), atelectasia (10 a 15 %) y SDRA (5 a 20 %). Algunos eventos adicionales son atribuibles a obstrucción mucosa, embolia pulmonar, neumotórax, higiene pulmonar deficiente,

accidente cerebrovascular, síndromes de sepsis extrapulmonar y lesión pulmonar asociada a transfusiones. En alrededor del 10 al 20% de los casos, no hay ninguna razón aparente para la escalada del ventilador. Conocer los eventos que normalmente desencadenan EAV ayuda a informar la selección de estrategias para prevenir los mismos. ⁽³⁴⁾

Las infecciones del tracto respiratorio inferior asociadas al ventilador, incluida la neumonía asociada al ventilador y la traqueobronquitis asociada al ventilador, son las complicaciones más comunes en pacientes que reciben ventilación mecánica. Estas infecciones se asocian con una mayor duración de la ventilación mecánica, duración de la estancia hospitalaria y costo. ⁽³⁵⁾

La NAV se definió como neumonía diagnosticada después de 48 h de intubación y ventilación mecánica. Sus criterios diagnósticos incluyeron un nuevo infiltrado en la radiografía de tórax asociado con al menos dos de los siguientes: temperatura corporal $\geq 38,5$ °C o < 36 °C; recuento de leucocitos $\geq 10 \times 10^9/L$ o $< 1,5 \times 10^9/L$; y aspirado traqueal purulento o esputo. Además, se requirió una confirmación microbiológica para todos los pacientes (cultivo de aspirado endotraqueal positivo ≥ 105 unidades formadoras de colonias (ufc)/ml o cultivo de lavado broncoalveolar positivo ≥ 104 ufc/ml). ⁽³⁶⁾

La úlcera por presión (UP) es otra complicación de la ventilación mecánica tanto invasiva como no invasiva, relacionada con el uso de máscaras de ventilación y tubos endotraqueales. Queda definida como: daño localizado en la piel y el tejido blando subyacente, generalmente sobre una prominencia ósea o relacionado con un dispositivo médico o de otro tipo. La lesión puede presentarse como piel intacta o una úlcera abierta y puede ser dolorosa. Se produce como resultado de una presión intensa y/o prolongada o de una presión en combinación con un corte. La tolerancia del tejido blando a la presión y al cizallamiento también puede verse afectada por el microclima, la nutrición, la perfusión, las comorbilidades y el estado del tejido blando. ⁽³⁷⁾

La incidencia de UP en pacientes pediátricos puede llegar al 28%, y la ventilación mecánica no invasiva se asocia con su formación. Es más probable que los bebés que desarrollan UP sean los más jóvenes después del parto y que hayan tenido una gestación más corta debido a su pobre peso corporal. La ventilación mecánica y un diagnóstico respiratorio se asocian con un mayor riesgo de UP en esta población. En los recién nacidos, los dispositivos pueden afectar y distorsionar gravemente el cartílago nasal. ⁽³⁸⁾

La conferencia de consenso de la Dirección Médica de Atención Respiratoria define la ventilación mecánica prolongada como al menos 21 días consecutivos de ventilación mecánica durante seis o más horas por día. En caso de destete difícil de la VM, se utiliza el término “destete prolongado”. Los criterios de diagnóstico armonizados para el proceso de destete se establecieron por primera vez en la Conferencia Internacional de Consenso celebrada en abril de 2005, definiendo tres categorías de destete: destete fácil, destete difícil y destete prolongado. Según estos criterios, el destete prolongado se definió como el proceso de destete en pacientes que han fracasado al menos en tres intentos de destete o que requieren más de 7 días de destete después de la primera prueba de respiración espontánea. ⁽³⁹⁾

En 2016, se revisaron estas categorías de destete y se sugirió agregar una categoría adicional "sin destete" compuesta por pacientes que nunca intentaron el destete. Además, los autores recomendaron que el grupo 3 se divida en el grupo 3a (destete prolongado con destete exitoso siete o más días después del primer intento) y el grupo 3b (destete prolongado sin éxito). La actual directriz alemana "Destete prolongado" divide aún más a los pacientes con fracaso del destete en un Grupo 3b, que fueron dados de alta con VM invasiva continua, y un Grupo 3c, pacientes que fallecieron en el hospital. Con base en estas definiciones, se puede ver que el destete prolongado es un proceso complejo con resultados que pueden ir variando desde el destete completo hasta la muerte. ⁽⁴⁰⁾

No obstante, en literatura los estudios difieren en cuanto al tiempo para considerar que una ventilación mecánica es prolongada. Los rangos varían desde 7, 14 y 21 días de iniciado el proceso. ⁽⁴¹⁾

Prolongar la duración de la ventilación mecánica causa muchas complicaciones difíciles, como neumonía asociada a la ventilación, hemorragia pulmonar, lesión traqueal, atrofia del diafragma, trastornos neuromusculares, una mayor duración de la estancia en la UCI y un destino de alta desfavorable. Además, no existen unidades de destete especializadas para pacientes que requieren ventilación prolongada. La mayoría de los niños con esta condición permanecen en el hospital indefinidamente y son separados de sus familias, lo que afecta negativamente su desarrollo físico y emocional. ⁽⁴²⁾

La VMI se divide en dos fases: la fase de mantenimiento y el proceso de destete. Durante la fase de mantenimiento los pacientes suelen ser ventilados con una modalidad sincronizada o, si se requiere una sedación más profunda, con un modo controlado. La fase de destete suele iniciarse cuando el paciente se está recuperando de la enfermedad que provocó la intubación permitiéndole iniciar un esfuerzo inspiratorio. El proceso de destete implica una transición de un soporte ventilatorio completo a un trabajo de respiración espontánea, mediante la disminución gradual de parámetros ventilatorios como la frecuencia respiratoria, la presión positiva al final de la espiración (PEEP) y la presión de soporte (PS). En niños, la ventilación obligatoria intermitente sincronizada (SIMV) con opción PS se utiliza durante la fase de destete, permitiendo la reducción gradual de dichos parámetros hasta que el niño sea capaz de respirar por sí solo. El proceso de destete no está estandarizado y puede variar dependiendo de diferentes factores como la duración de la VM, la fuerza de los músculos ventilatorios, la resistencia de los músculos ventilatorios, la profundidad de la sedación que puede afectar la conducción neuromuscular y la enfermedad subyacente. ⁽⁴³⁾

Hay múltiples pruebas e índices disponibles, pero aún falta un consenso sobre las mejores prácticas. En un trabajo de Faustino et al., se aplicó una Prueba de Preparación para la Extubación (ERT) a más de 1.000 niños intubados por

insuficiencia respiratoria aguda. Las posibilidades de extubación exitosa fueron mayores si los pacientes mantuvieron los siguientes parámetros durante 2 h: saturación de oxígeno >95%, volumen corriente espirado (VT) >5 ml/Kg y frecuencia respiratoria normal para la edad. La obstrucción de la vía aérea superior postextubación por edema subglótico y estenosis podría ser una complicación, no tan rara en la población pediátrica, que muchas veces requiere reintubación. ⁽⁴⁴⁾

La capacidad de intercambio gaseoso del pulmón, la integridad cardiovascular, el componente neuromuscular, condiciones psicológicas, el estado nutricional entre otros, han sido descritos como factores determinantes del proceso de destete de la ventilación mecánica, así la falla en el destete de la VM es considerado un evento multifactorial. Entre los factores que se han detectado como causantes de fallo del destete se encuentran la sobrecarga hídrica, la tos inefectiva, acumulo de secreciones endotraqueales, neumonía como diagnóstico antes de la ventilación, desnutrición y el uso de sedación. ⁽⁴⁵⁾

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar a los pacientes que recibieron ventilación mecánica invasiva y establecer la asociación de los parámetros de monitorización de la oxigenación, con la evolución.

ESPECÍFICOS

1. Describir a los pacientes según las variables demográficas, comorbilidades, complicaciones y las causas que motivaron la ventilación mecánica invasiva
2. Establecer la asociación de los parámetros de monitorización de la oxigenación más desfavorables, con la evolución de los pacientes.

MATERIAL Y MÉTODO

Tipo de estudio

Analítico, con recogida de datos retrospectiva y prospectiva, de comparación de valores promedios y frecuencias absolutas.

Escenario

Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Pediátrico Universitario “Paquito González Cueto”, de Cienfuegos

Periodo que abarca

Enero 2018 a diciembre de 2023

Universo

Los 114 pacientes que recibieron ventilación mecánica invasiva en el período de estudio.

Muestra

Formaron parte de la investigación los 106 pacientes que recibieron ventilación mecánica invasiva en el período de estudio y cuyas historias clínicas estuvieron disponibles, con los datos necesarios de forma clara y legible. Por tanto, 8 pacientes no fueron incluidos y la muestra quedó constituida por el 93,0% del universo definido.

Consideraciones éticas

Los datos fueron obtenidos mediante las historias clínicas de los ingresos, solo con carácter investigativo. Este tipo de acción es legal y está autorizada en nuestro sistema de salud, siempre que los resultados obtenidos no hagan alusión específica a ningún paciente, ni se usen con otro fin que no sea el científico. Tal es el caso de esta investigación. Por tanto, no se necesitó ningún documento de aprobación por parte de la familia.

Técnicas y Procedimientos

La información se obtuvo de las historias clínicas de los ingresos. Hasta el 30 de junio de 2022 la recogida de los datos fue retrospectiva, a partir de esta fecha se hizo de forma prospectiva hasta el 31 de diciembre de 2023. Los datos extraídos se introdujeron en una base de datos en el programa SPSS, versión 15.0, para su procesamiento y análisis.

Metódica

Para el cumplimiento de cada objetivo se procedió de la siguiente manera:

Objetivo 1.

Se determinaron las frecuencias absolutas y el porcentaje de las variables edad, sexo, comorbilidad, complicaciones y causas de ventilación mecánica invasiva. Para la edad se obtuvo el valor promedio y la desviación estándar en meses. Además, fue estratificada en grupos como se especifica en la tabla de descripción de las variables.

Objetivo 2

Los diferentes parámetros ventilatorios de monitorización de la oxigenación como, SpO₂, IO, ISO y las relaciones PO₂/FiO₂ y SpO₂/FiO₂ fueron definidos y estratificados según el Consenso de Berlín ⁽⁴⁶⁾. IO: presión media X FiO₂/PO₂. ISO: presión media X FiO₂/SpO₂. Estos valores fueron distribuidos según las variables dependientes “días de ventilación” y “sobrevivientes o no sobrevivientes”.

Análisis estadístico

Las variables recogidas a través del cuestionario fueron introducidas en una base de datos diseñada en el paquete estadístico SPSS, versión 15.0, que permitió expresar los resultados en frecuencias absolutas y porcentajes. Se determinó el valor promedio y desviación estándar de la edad en meses y de los parámetros de monitorización de la ventilación mecánica invasiva teniendo en cuenta los días de

monitorización. Para la comparación de los parámetros de ventilación teniendo en cuenta la evolución (vivo, fallecido), se utilizó como método estadístico la regresión logística multivariable. Se empleó la Prueba de asociación Ji-Cuadrado con corrección de Yates, trabajando con un nivel de significancia estadística mayor del 95% ($p < 0.05$); y para la determinación del OR, el índice de Woolf.

DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

Edad: Cuantitativa continua, expresa la edad en un valor entero (meses y años), llevada a la escala de: Menor de un año, de 1 a 4, de 5 a 9, de 10 a 14, de 15 a 18. Se refleja la edad promedio total en meses y su desviación estándar

Sexo: Cualitativa nominal dicotómica, expresada en "femenino y masculino".

Comorbilidad: Cualitativa nominal politómica. Refleja patología crónica y/o factor de riesgo biológico presente en el paciente en el momento de iniciar la ventilación mecánica. Se expresa en: inmunodeficiencia comprobada, desnutrición, obesidad, cardiopatía, epilepsia, enfermedad hematológica crónica, enfermedad renal crónica, enfermedad intestinal crónica, enfermedad hepática crónica, diabetes mellitus, parálisis cerebral infantil y "otra enfermedad crónica".

Días ventilación: Cuantitativa continua. Expresa los días que estuvo sometido el paciente a la ventilación mecánica invasiva. Fue llevada a la escala de: menos de 24 horas, de 1 a 3 días, de 4 a 7 días y mayor de 7 días.

Afecciones que motivaron la VMI: Cualitativa nominal politómica. Refleja el diagnóstico realizado por el equipo médico en el momento de iniciar la ventilación mecánica invasiva. Se expresa en: Síndrome de distrés respiratorio agudo extrapulmonar, Síndrome de distrés respiratorio pulmonar, sepsis/shock séptico, neumonía, bronquiolitis, ahogamiento incompleto, meningitis bacteriana, estado convulsivo, estado postoperatorio, obstrucción alta de la vía aérea, politrauma, intoxicación, cardiopatía, dengue, diarrea, insuficiencia hepática, cáncer en estado terminal, accidente vascular encefálico y "otras".

Evolución: Cualitativa nominal dicotómica, refleja la evolución del paciente hasta el momento del destete final. Es expresada en: vivo y fallecido.

Complicaciones: Cualitativa nominal politómica, refleja todos los eventos adversos relacionados con la ventilación mecánica invasiva. Se expresa como: fugas aéreas, extubación no programada, neumonía asociada a la ventilación, úlceras por presión, reintubación por edema agudo laríngeo y "otra complicación".

Parámetros de monitorización de la oxigenación: Cuantitativa continua, refleja el estado de oxigenación del paciente durante la VMI. Se obtuvieron a través de la oximetría de pulso, gasometría arterial en el equipo cobas b 121 y directamente del respirador mecánico, según las fórmulas expresadas en el objetivo 2 y descritas previamente. Los valores utilizados corresponden con las cifras más desfavorables registradas durante todo el trayecto de la ventilación mecánica invasiva y que no estuvieron influenciados por: período inmediato luego de la intubación, trastornos hemodinámicos puntuales, aspiraciones a través del tubo endotraqueal u otro trastorno que pudiera afectar secundariamente la oxigenación de forma transitoria. Se expresa como: SpO_2 , PO_2/FiO_2 , SpO_2/FiO_2 , IO e ISO.

RESULTADOS

Del 1 de enero de 2018 al 31 de diciembre de 2024, 114 pacientes fueron sometidos a ventilación mecánica invasiva en la UCIP del HPU Paquito González. De ellos, 106 pacientes fueron analizados, dado que 8 no cumplieron los criterios de inclusión (historias con información incompleta).

Las variables demográficas y las comorbilidades se presentan en la tabla 1. El valor medio para la edad fue 75 meses (SD: 67). Se observó que los grupos de edades por debajo de los 10 años, tuvieron una frecuencia muy similar de VMI. Estos rangos etarios representaron el 71,7 % de los casos que se ventilaron. Las edades comprendidas entre 10 y 14 años, y de 15 a 18 años, se vieron menos reflejadas, siendo este último grupo el que mostró la menor frecuencia. En cuanto al sexo, se vio un ligero predominio de los varones (54,7 %).

La desnutrición, epilepsia e inmunodeficiencia, fueron los factores de riesgo biológicos más frecuentes en ese mismo orden. Ellos representaron un poco más de la mitad de todos los factores de riesgo observados. La prematuridad, el asma bronquial, la enfermedad hepática crónica, la enfermedad intestinal crónica, la fibrosis quística, las cardiopatías y el cáncer, también fueron identificados, aunque con menor frecuencia.

Dentro de las principales afecciones que motivaron la VMI se destacó la sepsis/shock séptico, con un 17 %. Otras causas destacadas fueron: síndrome de distrés respiratorio agudo de origen pulmonar, estado epiléptico, meningitis bacteriana, estado postoperatorio y bronquiolitis. El resto de las causas se observaron con una frecuencia variable, pero inferior (tabla 2).

Tabla 1. Características demográficas y factores de riesgo biológico

Edad en meses (Media, SD)	75 ± 67	
Edad por intervalos		
Menor de 1 año	26	24.5
Entre 1 a 4 años	23	21.7
Entre 5 a 9 años	27	25.5
Entre 10 a 14 años	17	16.0
Entre 15 a 18 años	13	12.3
Sexo		
Masculino	58	54.7
Femenino	48	45.3
Factores de riesgo (n=101)		
Desnutrición	23	22.8
Epilepsia	17	16.8
Inmunodeficiencia comprobada	15	14.8
Prematuridad	7	6.9
Asma Bronquial	6	5.9
Enfermedad hepática Crónica	5	4.9
Enfermedad intestinal Crónica	4	4
Cardiopatía	3	3
Cáncer	3	3
Fibrosis Quística	3	3
Retraso mental	2	2
Obesidad	1	1
Enfermedad Hematológica	1	1
Enfermedad Renal Crónica	1	1
Otros	10	9.9

Fuente: Historias clínicas

Tabla 2. Afecciones que motivaron la VMI

Afecciones	No.	%
Sepsis/shock séptico	18	17.0
Síndrome de distrés resp. pulmonar	9	8.5
Estado epiléptico	9	8.5
Meningitis bacteriana	8	7.5
Estado postoperatorio	7	6.6
Bronquiolitis	7	6.6
Obstrucción alta de la vía aérea	6	5.7
Dengue	6	5.7
Cardiopatías	5	4.7
Accidente vascular encefálico	5	4.7
Intoxicación	4	3.8
Neumonía	4	3.8
Insuficiencia hepática	3	2.8
Parada cardiorrespiratoria	3	2.8
Ahogamiento incompleto	2	1.9
Cáncer en estado terminal	2	1.9
Politraumatismo	2	1.9
Síndrome de distrés resp. agudo extrapulmonar	2	1.9
Encefalitis	1	0.9
Otros	3	2.8

Fuente: Historias clínicas

En relación a las complicaciones, las úlceras por presión representaron hasta el 25 % de todas las complicaciones. Fueron también más frecuentes que el resto, las neumonías asociadas a la ventilación y las fugas por el tubo endotraqueal, ambas responsables del 11,5 %, respectivamente. Otras complicaciones identificadas con relativa frecuencia fueron: extubación no programada, reintubación por edema

laríngeo, enfisema subcutáneo, y fallo del destete. El resto se observaron menos (tabla 3).

Tabla 3. Complicaciones asociadas a la ventilación mecánica invasiva

Complicaciones	No.	% (n=106)
Úlcera por presión	13	12,3
Neumonía asociada a la ventilación	6	5,7
Fuga aérea	8	7,5
Extubación no programada	4	3,8
Laringitis postextubación	6	5,7
Fallo del destete	3	2,8
Atelectasia	2	1,9
Candidiasis oral	1	0,9
Desnutrición	1	0,9
Bronquitis	1	0,9
Neumomediastino	1	0,9

Fuente: Historias clínicas

Los valores medios de los parámetros de monitorización de la VMI relacionados con los días de ventilación estructurados por rangos, se presentan en la tabla 4. Se observaron valores desfavorables para todos los índices (SpO_2 , PO_2/FiO_2 , SpO_2/FiO_2 , IO e ISO) en aquellos pacientes que tuvieron menos de 24 horas de ventilación. Estos resultados son similares a los observados en los casos con ventilación mayor de 7 días, que mostraron valores críticos. Los valores más favorables se encontraron en el rango de 1 a 3 días de ventilación.

Tabla 4. Relación de los parámetros monitorizados con los días de ventilación invasiva.

Días de ventilación	SpO ₂ Media (DE)	PO ₂ /FiO ₂ Media (DE)	SpO ₂ /FiO ₂ Media (DE)	IO Media (DE)	ISO Media (DE)
<24 horas	89.15 (±18.188)	243.54 (±212.868)	166.32 (±92.201)	17.254 (±19.763)	15.200 (±15.014)
1 a 3 días	99.02 (±2.006)	377.60 (±209.508)	231.74 (±75.306)	4.951 (±5.8611)	5.477 (±3.611)
4 a 7 días	97.46 (±3.226)	221.82 (±161.472)	198.50 (±52.901)	10.811 (±9.774)	8.375 (±5.692)
>7 días	93.68 (±6.447)	169.14 (±148.330)	167.83 (±73.684)	18.864 (±17.562)	13.586 (±9.506)

Fuente: Historias clínicas

Los diferentes rangos de los parámetros de monitorización de los pacientes que sobrevivieron y en los fallecidos, son mostrados en la tabla 5. Una diferencia significativa en ambos grupos ($p < 0.05$) fue observada para los siguientes valores: PO₂/FiO₂ ≤ 100 (31.4% de fallecidos, $p=0.03$); SpO₂/FiO₂ < 150 (48.6% de fallecidos, $p=0.001$); IO ≥ 16 (40% de fallecidos, $p=0.01$); e ISO ≥ 12.31 (34.3% de fallecidos, $p=0.03$).

Los valores asociados de forma estadísticamente significativa a la mortalidad, para cada uno de los rangos de las variables, coincidieron con los intervalos de mayor severidad: PO₂/FiO₂ ≤ 100 (OR: 3.15, IC: 1.16; 8.57); SpO₂/FiO₂ < 150 (OR: 4.64, IC: 1.87; 11.51); IO ≥ 16 (OR: 3.27, IC: 1.30; 8.20); e ISO ≥ 12.31 (OR: 3.18, IC: 1.21; 8.36) (tabla 6). Para el resto de los intervalos de valores no se observó asociación significativa.

Tabla 5. Parámetros de monitorización de la ventilación invasiva asociados a la mortalidad.

		Fallecidos (No. %)	Vivo (No. %)	Valor de p
SpO2	De 94 a 100	27 (77.1%)	64 (90.1%)	0,13
	De 90 a 93,9	2 (5.7%)	3 (4.2%)	0,88
	De 85 a 89	3 (8.6%)	2 (2.8%)	0,40
	< 85	3 (8.6%)	2 (2.8%)	0,40
PO₂/FiO₂	≤ 100	11 (31.4%)	9 (12.7%)	0.03
	Entre 101 a 199	9 (25.7%)	18 (25.4%)	0.84
	Entre 200 a 300	6 (17.1%)	16 (22.5%)	0.69
	≥ 300	9 (25.7%)	28 (39.4%)	0.23
SpO₂/FiO₂	< de 150	17 (48.6%)	12 (16.9%)	0.001
	De 150 a 235	8 (22.9%)	28 (39.4%)	0.13
	De 236 a 269	8 (22.9%)	19 (26.8%)	0.84
	≥ 270	2 (5.7%)	12 (16.9%)	0.19
IO	Menor de 4	11 (31.4%)	32 (45.1%)	0.25
	Entre 4 y 7,9	5 (14.3%)	17 (23.9%)	0.36
	Entre 8 y 15,9	5 (14.3%)	10 (14.1%)	0.78
	≥ 16	14 (40.0%)	12 (16.9%)	0.01
ISO	< 5	11 (31.4%)	33 (46.5%)	0.20
	Entre 5 y 7,49	5 (14.3%)	13 (18.3%)	0.80
	Entre 7,5 y 12,30	7 (20.0%)	15 (21.1%)	0.90
	≥ 12,31	12 (34.3%)	10 (14.1%)	0.03

Fuente: Historias clínicas

Tabla 6. Asociación de los parámetros de oxigenación en la ventilación invasiva con el riesgo de fallecer.

Parámetros		OR	IC
<i>PO₂/FiO₂</i>	≤ 100	3.15	[1.16;8.57]
	Entre 101 a 199	-	-
	Entre 200 a 300	-	-
	≥ 300	-	-
<i>SpO₂/FiO₂</i>	< de 150	4.64	[1.87;11.51]
	De 150 a 235	-	-
	De 236 a 269	-	-
	≥ 270	-	-
<i>IO</i>	Menor de 4	-	-
	Entre 4 y 7,9	-	-
	Entre 8 y 15,9	-	-
	≥ 16	3.27	[1.30;8.20]
<i>ISO</i>	< 5	-	-
	Entre 5 y 7,49	-	-
	Entre 7,5 y 12,30	-	-
	≥ 12,31	3.18	[1.21;8.36]

Fuente: Historias clínicas

DISCUSIÓN

Los resultados muestran que no hubo un predominio evidente de ninguna edad en los pacientes ventilados. La mayoría de los casos se distribuyen uniformemente en las edades inferiores a los 10 años, con un valor promedio de 75 meses (6 años), siendo un poco menor lo registrado en adelante.

Cuando se revisan estudios similares, se observa que hay variabilidad según los diferentes autores en cuanto al promedio de edad registrado en las series de niños ventilados en UCIP con características similares a la del presente trabajo. Un trabajo cubano previo, llevado a cabo en Hospital Provincial Docente “Eliseo Noel Caamaño” de Matanzas⁽⁴⁷⁾, con una muestra de 36 niños, tuvo como resultado el predominio de los menores de un año (33,4 %), aunque el resto de los casos se distribuyó de forma uniforme por el resto de los grupos etarios. En España, un estudio multicéntrico, observacional, mediante una encuesta enviada a 31 UCIP⁽⁴⁸⁾, mostró que el día del estudio, la mediana de edad de los pacientes pediátricos que recibían VMI, fue 16 meses.

En estudios consultados de países subdesarrollados, la frecuencia de VMI en edades tempranas ha sido mayor. Por ejemplo, un estudio en un hospital terciario de referencia en Adís Abeba, Etiopía, con 220 niños que se ventilaron invasivamente, mostró que los menores de un año representaron el 39,1 %, contra un 33,6 y un 27,3, los preescolares y escolares, respectivamente ⁽⁴⁹⁾. En otra serie de 306 casos, en Brasil, la media de edad fue 24 meses. ⁽⁵⁰⁾

Por otra parte, un estudio de cohorte reciente, multicéntrico, donde participaron pacientes ventilados de UCIP de varios países de ingresos altos, arrojó un valor medio para la edad, de 6 años. Este resultado se asemeja más al que muestra la presente investigación. ⁽⁵¹⁾

En cuanto al sexo, es un hallazgo frecuente el predominio ligero de varones en relación a hembras. En este aspecto, la mayoría de los autores coinciden. ⁽⁴⁸⁻⁵¹⁾

Los factores de riesgo biológicos más frecuentes observados fueron desnutrición, epilepsia e inmunodeficiencia. Estudios previos, aunque muestran prevalencia de otras enfermedades, destacan a la desnutrición como la principal comorbilidad. Por ejemplo, una cohorte retrospectiva amplia de 1050 casos en Tailandia ⁽⁵²⁾, encontró a la desnutrición como la principal afección subyacente, prevaleciendo hasta en el 60 % de los casos. Sin embargo, fueron también frecuentes, aunque en menor medida, las enfermedades cardíacas, pulmonares y gastrointestinales. Las enfermedades cardíacas también se destacaron en otro trabajo llevado a cabo en Turquía, en el cual, éstas constituyeron la comorbilidad más frecuente (39.1 %). ⁽⁵³⁾

La relación entre ventilación mecánica y desnutrición también fue abordada en un estudio cubano prospectivo con 163 pacientes desnutridos realizado en el Hospital Docente Materno Infantil Ángel Arturo Aballí, de La Habana. El 26,4 % de estos pacientes requirió VMI. ⁽⁵⁴⁾

Estos hallazgos refuerzan la importancia de la nutrición en la función respiratoria. Una adecuada nutrición es fundamental para cubrir los requerimientos del tejido pulmonar y para modular su respuesta inflamatoria. El tejido pulmonar tiene una reserva baja de glucosa y los ácidos grasos son el principal productor de energía de los neumocitos tipo II, que los utilizan para formar fosfolípidos, esenciales para el surfactante, cuya creación y liberación disminuyen en la lesión pulmonar aguda. En pacientes críticos, la desnutrición puede provocar insuficiencia respiratoria y un aumento del tiempo de ventilación mecánica. ⁽⁵⁵⁾

La complicación principal en la serie estudiada fue la úlcera por presión; el número de los casos de neumonía y de fugas aéreas, que también se destacan, fue mucho menor. Un trabajo sobre complicaciones durante la ventilación mecánica realizado en el Hospital Pediátrico Universitario “Octavio de la Concepción de la Pedraja” de Holguín⁽⁵⁶⁾, no se pueden usar para establecer comparación, debido a que se utilizaron categorías diferentes. Por ejemplo, se dividieron en infecciosas, pulmonares, de la vía aérea y nutricionales; y no se describen a las úlceras por presión como complicaciones. Sin embargo, ambos trabajos se asemejan por el

hecho de que en aquel, las complicaciones infecciosas, donde es claro que se incluye la neumonía, fueron las de mayor incidencia. De forma general, según las búsquedas realizadas, las publicaciones cubanas sobre el tema no abundan.

La incidencia de úlceras por presión en pacientes pediátricos críticos oscila ampliamente entre un 0,8 y 27 %, según autores ⁽⁵⁷⁾. En un estudio, Culey MA y colaboradores⁽⁵⁸⁾, encontraron una incidencia del 27 % en niños críticos, siendo la ventilación mecánica una variable predictiva con significación estadística. Un estudio coreano encontró úlceras por presión en el 11,9 % de niños en cuidados intensivos con dispositivos respiratorios, pero no se refirió a la incidencia en ventilados de forma invasiva propiamente. ⁽⁵⁹⁾

La neumonía asociada a la ventilación (NAV) se presentó en el 11,5 % de los pacientes. La incidencia de esta afección varía mucho según las publicaciones. Un ejemplo de ello es una reciente revisión sistemática que incluyó 10 trabajos de países del Medio Oriente. En ella, la incidencia de NAV osciló desde un 0,4 % hasta un 57,1 %. ⁽⁶⁰⁾

El resultado que se muestra en el presente trabajo es favorable si se compara con un estudio prospectivo estadounidense que incluyó 9 hospitales infantiles. ⁽⁶¹⁾ En él, la incidencia de NAV en la serie de 800 pacientes, fue del 10 %.

Las complicaciones relacionadas con la fuga de aire (neumotórax, enfisema subcutáneo, etc), que se presentaron en el 7,5 % de los pacientes, tienen una incidencia muy variable según los estudios. Un estudio chino con 548 pacientes encontró esta misma frecuencia. ⁽⁶²⁾ La incidencia reportada en otros trabajos realizados en unidades de cuidados intensivos de Egipto ⁽⁶³⁾ y de Turquía ⁽⁵³⁾, fue de un 10, 6 y 5,4 %, respectivamente.

El presente trabajo destaca al shock séptico/sepsis severa como la principal indicación de VMI, con diferencia sensible con respecto al resto de las causas. Este resultado coincide con el de Durak C y colaboradores ⁽⁶⁴⁾, que encontraron a la sepsis, en un estudio similar, con una frecuencia del 22,3 %, siendo la segunda

causa de intubación, solo superada por las enfermedades pulmonares agudas (38,8 %).

Existe el inconveniente de una disparidad en los diagnósticos o enfermedades asociadas a la indicación de VMI, que hay entre los diferentes autores. Un estudio multicéntrico ⁽⁶⁵⁾ que incluyó naciones de varios continentes, y logró analizar a 659 pacientes ventilados, encontró la sepsis como indicación de VMI en el 11 % de los casos y el SDRA en 2 %. Estos resultados difieren un poco de lo obtenido en el presente estudio, pero como se ha comentado, pueden existir sesgos relacionados con la categorización de los diagnósticos, pues no es posible saber cuántos de los pacientes con sepsis se ventilaron por SDRA. Otros resultados importantes en ese estudio fueron: neumonía (15 %), postoperatorio (24 %) y bronquiolitis (5 %).

Llama la atención un amplio estudio estadounidense que involucró a 16 UCIP, el diagnóstico de enfermedad pulmonar no bilateral en el 25,6 % de los casos. Sin embargo, los autores no pudieron definir si todos los casos tenían criterio de SDRA. ⁽⁶⁶⁾

Los resultados de la investigación exhiben claramente la asociación entre la evolución de los pacientes (días de ventilación y sobrevida) con los valores de la monitorización estudiada, excepto para la SpO_2 , que resultó ser poco específica para predecir la evolución. El resto de los parámetros (IO , ISO , PO_2/FiO_2 , SpO_2/FiO_2), se asociaron de forma estadísticamente significativa para valores extremos máximos, pero no para los rangos intermedios. Este resultado pudiera considerarse de mucha utilidad en la práctica asistencial.

Estos índices, fueron propuestos para estimar la gravedad del SDRA en el niño y sus valores han sido estructurados en rangos para clasificar la gravedad. ^(29,67)

Pero los trabajos sobre el uso de los mismos en los pacientes ventilados por causas diversas, sin criterios de SDRA, no abundan. En la literatura revisada, se encontró un trabajo, cuyo diseño se asemeja al actual. En él, Kesici S y colaboradores, condujeron un estudio en Turquía con 150 niños sometidos a ventilación mecánica, de los cuales se obtuvieron varios parámetros como

predictores de mortalidad. El IO resultó una variable asociada a mortalidad con un valor medio de 13,4 que se asemeja a la presente investigación, que exhibe un OR de 3,27 para un OI mayor de 12. ⁽⁶⁸⁾

Un extenso estudio de cohorte realizado en la UCIP del Hospital Infantil “Los Ángeles”, Estados Unidos, que involucró a 1833 ⁽⁶⁹⁾, analizó el valor predictivo de varios parámetros de monitorización de la oxigenación durante la ventilación mecánica independientemente de las causas que la motivaron, exceptuando a las cardiopatías congénitas cianóticas. Los resultados ofrecen que la mayor mortalidad (38,3%), ocurrieron en los pacientes con una relación S/F ≤ 150 . Este resultado coincide con una asociación significativa con la mortalidad ($p < 150$) que se observó en la actual investigación. Desgraciadamente, los diseños estadísticos de ambos trabajos difieren por lo que los resultados no se pueden extrapolar con exactitud.

DesPrez K y colaboradores ⁽⁷⁰⁾, en un estudio de cohorte prospectivo, encontraron una relación significativa del ISO y la relación SpO_2/FiO_2 con la mortalidad en pacientes con SDRA. Sin embargo, no hubo asociación para el IO y la relación PO_2/FiO_2 . El análisis de estos índices fue realizado por la correlación de Spearman, por lo que los resultados no son equiparables para analizar la significancia de cada rango de valores.

La SpO_2 no tuvo relación con la mortalidad. Este hallazgo concuerda con lo planteado por algunos autores que aceptan valores más bajos de oxigenación como tolerables. ^(71,72)

Varios estudios han tenido resultados consistentes en cuanto a la relación de los índices PO_2/FiO_2 y SpO_2/FiO_2 y el riesgo de muerte. ⁽⁷³⁾ Por ejemplo, Miranda MC y colaboradores, observaron una asociación inversa con la mortalidad ($p < 0,01$) en una serie de 538 pacientes que fueron admitidos en una UCIP. ⁽⁷⁴⁾

Hallazgos muy similares también han sido descritos en trabajos con pacientes adultos. ^(75,76)

El valor predictivo de parámetros de monitorización estudiados ha sido abordado por varios autores. ^(77,78)

El índice de oxigenación, que incluye la PO₂, y el índice de oxigenación con SpO₂, ambos, se calculan utilizando la presión media de la vía aérea, que refleja de cierta manera la carga o potencia mecánica. Por tanto, gracias a eso y hasta cierto punto, se puede hacer comparaciones con otros autores que solo han utilizado el cálculo de la potencia mecánica. La potencia mecánica es una estimación de la energía por minuto que se aplica al sistema respiratorio por unidad de tiempo. La disipación de la fuerza excesiva o energía transmitida al pulmón es derivada de la necesidad de lograr los objetivos de la ventilación, y lógicamente induce como círculo viciosos más daño pulmonar. ⁽⁷⁹⁻⁸²⁾

Por tanto, esta ha sido estudiada como predictora de mortalidad del SDRA tanto en adultos como en niños. Bhalla AK y colaboradores ⁽⁸³⁾, condujeron una cohorte prospectiva internacional con 306 niños de 55 UCIP, y concluyeron que el poder mecánico se asociaba significativamente con menos días libres del respirador y con la mortalidad, a excepción de aquellos que fallecieron por problemas neurológicos, los que tal vez no necesitaron una programación elevada del respirador a diferencia del resto que obviamente tenía algún grado de daño pulmonar agudo. Por su parte, Costa ELV y colaboradores llegaron a la misma conclusión en una amplia serie de 4549 adultos. ⁽⁸⁴⁾

Otros trabajos revisados se refieren a los días de ventilación. Por ejemplo, Barros Rocha DA y colaboradores, en Brasil, relacionaron los índices IO y PO₂/FiO₂, entre otros valores puntuales de parámetros, con los días de ventilación categorizados en menos de 7 días y más de 7 días. Los resultados de este estudio denotan una relación significativa ($p < 0.05$) entre una ventilación prolongada (más de 7 días) y ciertos valores medios. En el caso de la PO₂/FiO₂, el peor valor medio con significación estadística fue 236, y para el IO, fue 5,89. Aunque en ese trabajo, estas variables no se exploraron con el mismo diseño estadístico, el presente trabajo exhibe promedios peores para la ventilación mayor de 7 días. ⁽⁸⁵⁾

Como se ha podido apreciar, no abundan los trabajos que aborden todos los parámetros de monitorización de la oxigenación de la misma forma que la actual investigación lo ha hecho. Muchos de los estudios solo hacen referencia a algunos de ellos y casi siempre en el contexto del SDRA. Por otra parte, se emplea con frecuencia métodos estadísticos diferentes por lo que es difícil comparar o extrapolar a la hora de analizar los resultados.

A criterio del autor, esta investigación tiene el valor de explorar parámetros de oxigenación, no solo en el SDRA, sino en otras afecciones que requirieron VMI. Es difícil de afirmar que los rangos desfavorables con significación estadística para la mortalidad, no hayan sido influenciados por cierto grado de SDRA o daño pulmonar agudo en el curso de las diferentes situaciones fisiopatológicas de determinadas enfermedades, pero que no cumplieron los criterios de Berlín para el SDRA. Aún así, los resultados tiene el valor de intentar predecir el pronóstico en todos aquellos pacientes que requieren VMI a través de rangos o valores a partir de los cuales hay asociación significativa con la mortalidad. En la práctica esto podría ser más asequible.

CONCLUSIÓN

Las características demográficas de los pacientes sometidos a VMI en la serie estudiado no difiere de la literatura, pero existe disparidad de criterios en los diseños para evaluar las indicaciones de la misma, las comorbilidades y las complicaciones. Se destacaron en ese sentido la sepsis como principal causa de intubación, la desnutrición como la principal enfermedad subyacente y las úlceras por presión como la principal complicación.

Los valores extremos desfavorables, y no los intermedios, se asociaron con una ventilación más prolongada, y de forma estadísticamente significativa, con la mortalidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hickey SM, Giwa AO. Mechanical Ventilation. StatPearls Publishing 2022 [accedido el 07-06-2022)]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539742/>.
2. Pham T, Brochard LJ, Slutsky AS. Mechanical Ventilation: State of the Art. Mayo Clin Proc. 2017 Sep;92(9):1382-1400. doi: 10.1016/j.mayocp.2017.05.004.
3. Romero-ÁvilaP, Márquez-EspinósC, Cabrera-Afonso JF. Historia de la ventilación mecánica. De la Antigüedad a Copenhague 1952. Rev. méd. Chile [Internet]. 2020 Jun [citado 2022 Jun 06] ; 148(6): 822-830. Disponible en:https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S003498872020000600822&script=sci_arttext&tlng=e.
4. Slutsky AS. History of Mechanical Ventilation. From Vesalius to Ventilator-induced Lung injury. Am J RespirCritCareMed 2015; 191 (10): 1106-15.
5. Seyfi S, Amri P, Mouodi S. New modalities for non-invasive positive pressure ventilation: A review article. Caspian J Intern Med. 2019 Winter;10(1):1-6. doi: 10.22088/cjim.10.1.1.
6. Kwon JW. High-flow nasal cannula oxygen therapy in children: a clinical review. ClinExpPediatr. 2020;63(1):3-7. doi: 10.3345/kjp.2019.00626.
7. Mallory P, Cheifetz I. A comprehensive review of the use and understanding of airway pressure release ventilation. Expert Rev Respir Med. 2020;14(3):307-315. doi: 10.1080/17476348.2020.1708719.
8. Keszler M. Mechanical ventilation strategies. Semin Fetal Neonatal Med. 2017;22(4):267-274. doi: 10.1016/j.siny.2017.06.003.
9. Vincenzi U. A new mode of mechanical ventilation: positive + negative synchronized ventilation. MultidiscipRespir Med. 2021;16(1):788. doi: 10.4081/mrm.2021.788.

10. Yener N, Üdürgücü M. Airway Pressure Release Ventilation as a Rescue Therapy in Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome. *Indian J Pediatr.* 2020;87(11):905-909. doi: 10.1007/s12098-020-03235-w.
11. Chen C, Zhen J, Gong S, Yan J, Li L. Efficacy of airway pressure release ventilation for acute respiratory distress syndrome: a systematic review with meta-analysis. *Ann Palliat Med.* 2021;10(10):10349-10359. doi: 10.21037/apm-21-747.
12. Smallwood CD, Davis MD. Year in Review 2018: Pediatric Mechanical Ventilation. *RespirCare.* 2019;64(7):855-863. doi: 10.4187/respcare.07029.
13. Dres M, Demoule A. Monitoring diaphragm function in the ICU. *Curr Opin Crit Care.* 2020;26(1):18-25. doi: 10.1097/MCC.0000000000000682.
14. Principi T, Fraser DD, Morrison GC, Farsi SA, Carrelas JF, Maurice EA, Kornecki A. Complications of mechanical ventilation in the pediatric population. *Pediatr Pulmonol.* 2011;46(5):452-7. doi: 10.1002/ppul.21389.
15. Barzegar M, Toopchizadeh V, Gholizadeh D, Pirani A, Jahanjoo F. A Predictive Model for Respiratory Failure and Determining the Risk Factors of Prolonged Mechanical Ventilation in Children with Guillain-Barre Syndrome. *Iran J Child Neurol.* Summer 2020 (accedido el 09-06-2022); 14(3): 33-46. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7468085/pdf/ijcn-14-033.pdf>.
16. Baptistella AR, Sarmiento FJ, da Silva KR, Baptistella SF, Taglietti M, Zuquello RÁ, Nunes Filho JR. Predictive factors of weaning from mechanical ventilation and extubation outcome: A systematic review. *J Crit Care.* 2018;48:56-62. doi: 10.1016/j.jcrc.2018.08.023.
17. Huo Y, Zhang K, Li B, Li X, Shang J, Ma L, Hu Z. Predictive efficacy of weaning index on mechanical ventilation evacuation. *Ann Palliat Med.* 2021;10(1):646-656. doi: 10.21037/apm-21-105.
18. Segredo Molina Y, Alvera Puentes B, Acevedo Rodríguez Y, Rovira Rivero LE, Álvarez González I, Martell Betancourt NL. Índices de severidad respiratoria en el paciente pediátrico ventilado. *Revista Cubana de Medicina Intensiva y*

- Emergencias 2018 (Accedido el 09-06-2022);17(1). Disponible en: <http://www.revmie.sld.cu/index.php/mie/rt/prINTERfriendly/185/html> 136.
19. Yang X, Xu PF, Shan L, Lang LG, DU L, Jia FY. [Advances in respiratory assessment and treatment in children undergoing invasive mechanical ventilation]. Zhongguo Dang Dai Er Ke Za Zhi. 2019;21(1):94-99. Chinese. doi: 10.7499/j.issn.1008-8830.2019.01.017.
 20. Urner M, Jüni P, Hansen B, Wettstein MS, Ferguson ND, Fan E. Time-varying intensity of mechanical ventilation and mortality in patients with acute respiratory failure: a registry-based, prospective cohort study. Lancet Respir Med. 2020;8(9):905-913. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30325-8.
 21. Mora Carpio AL, Mora JI. Ventilator Management. 2023 Mar 27. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan—. Popat B, Jones AT. Invasive and non-invasive mechanical ventilation. Medicine (Abingdon). 2016;44(6):346-350. doi: 10.1016/j.mpmed.2016.03.008.
 22. Kollisch-Singule M, Ramcharran H, Satalin J, Blair S, Gatto LA, Andrews PL, et al. Mechanical Ventilation in Pediatric and Neonatal Patients. Front Physiol. 2022;12:805620. doi: 10.3389/fphys.2021.805620.
 23. Küçük M, Uğur YL, Öztürk MC, Cömert B, Gökmen AN, Ergun B. The Impact of Mechanical Ventilation Modes on Complications of Fiberoptic Bronchoscopy in Critically Ill Patients. TurkThorac J. 2022;23(2):109-114. doi: 10.5152/TurkThoracJ.2022.21149.
 24. Kneyber MCJ, de Luca D, Calderini E, Jarreau PH, Javouhey E, Lopez-Herce J et al; section Respiratory Failure of the European Society for Paediatric and Neonatal Intensive Care. Recommendations for mechanical ventilation of critically ill children from the Paediatric Mechanical Ventilation Consensus Conference (PEMVECC). Intensive Care Med. 2017;43(12):1764-1780. doi: 10.1007/s00134-017-4920-z.
 25. Daoud EG, Katigbak R, Ottochian M. Accuracy of the Ventilator Automated Displayed Respiratory Mechanics in Passive and Active Breathing

- Conditions: A Bench Study. *Respir Care*. 2019;64(12):1555-1560. doi: 10.4187/respcare.06422.
26. Hamahata NT, Sato R, Daoud EG. Go with the flow-clinical importance of flow curves during mechanical ventilation: A narrative review. *Can J Respir Ther*. 2020;56:11-20. doi: 10.29390/cjrt-2020-002.
 27. Rackley CR. Monitoring During Mechanical Ventilation. *Respir Care*. 2020 Jun;65(6):832-846. doi: 10.4187/respcare.07812.
 28. Wu SH, Kor CT, Chi SH, Li CY. Categorizing Acute Respiratory Distress Syndrome with Different Severities by Oxygen Saturation Index. *Diagnostics (Basel)*. 2023;14(1):37. doi: 10.3390/diagnostics14010037.
 29. Emeriaud G, López-Fernández YM, Iyer NP, Bembea MM, Agulnik A, Barbaro RP et al; Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference (PALICC-2) Group on behalf of the Pediatric Acute Lung Injury and Sepsis Investigators (PALISI) Network. Executive Summary of the Second International Guidelines for the Diagnosis and Management of Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome (PALICC-2). *Pediatr Crit Care Med*. 2023;24(2):143-168. doi: 10.1097/PCC.0000000000003147.
 30. Tolunay O, Tolunay İ, Yıldızdaş RD, Çelik T, Çelik Ü. Appraisal of the “pediatric ARDS: consensus recommendations from the pediatric acute lung injury consensus conference” with the AGREE II instrument. *Turk J Med Sci*. 2018;48(1):84-88. doi: 10.3906/sag-1707-197
 31. Allareddy V, Cheifetz IM. Clinical trials and future directions in pediatric acute respiratory distress syndrome. *Ann Transl Med*. 2019;7(19):514. doi: 10.21037/atm.2019.09.14.
 32. Gupta S, Sankar J, Lodha R, Kabra SK. Comparison of Prevalence and Outcomes of Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome Using Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference Criteria and Berlin Definition. *Front Pediatr*. 2018;6:93. doi: 10.3389/fped.2018.00093.
 33. Dexter AM, Scott JB. Airway Management and Ventilator-Associated Events. *Respir Care*. 2019;64(8):986-993. doi: 10.4187/respcare.07107.

34. Klompas M. Ventilator-Associated Events: What They Are and What They Are Not. *Respir Care*. 2019 Aug;64(8):953-961. doi: 10.4187/respcare.07059.
35. Abdallah HO, Weingart MF, Fuller R, Pegues D, Fitzpatrick R, Kelly BJ. Subglottic suction frequency and adverse ventilator-associated events during critical illness. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2021;42(7):826-832. doi: 10.1017/ice.2020.1298.
36. Pouly O, Lecailtel S, Six S, Préau S, Wallet F, Nseir S, et al. Accuracy of ventilator-associated events for the diagnosis of ventilator-associated lower respiratory tract infections. *Ann Intensive Care*. 2020;10(1):6. doi: 10.1186/s13613-020-0624-6.
37. Gefen A, Alves P, Ciprandi G, Coyer F, Milne CT, Ousey K, et al. Device-related pressure ulcers: SECURE prevention. *J Wound Care*. 2020;29(Sup2a): S1-S52. doi: 10.12968/jowc.2020.29.Sup2a.S1.
38. Wu J, Wang B, Zhu L, Jia X. Nurses' knowledge on pressure ulcer prevention: An updated systematic review and meta-analysis based on the Pressure Ulcer Knowledge Assessment Tool. *Front PublicHealth*. 2022;10:964680. doi: 10.3389/fpubh.2022.964680.
39. Maddux AB, Mourani PM, Miller K, Carpenter TC, LaVelle J, Pyle LL, et al. Identifying Long-Term Morbidities and Health Trajectories After Prolonged Mechanical Ventilation in Children Using State All Payer Claims Data. *Pediatr Crit Care Med*. 2022;23(4):e189-e198. doi: 10.1097/PCC.0000000000002909.
40. Trudzinski FC, Neetz B, Bornitz F, Müller M, Weis A, Kronsteiner D, et al. Risk Factors for Prolonged Mechanical Ventilation and Weaning Failure: A Systematic Review. *Respiration*. 2022;101(10):959-969. doi: 10.1159/000525604.
41. Rose L, McGinlay M, Amin R, Burns KE, Connolly B, Hart N, et al. Variation in Definition of Prolonged Mechanical Ventilation. *Respir Care*. 2017;62(10):1324-1332. doi: 10.4187/respcare.05485.

42. Liu Y, Wang Q, Hu J, Zhou F, Liu C, Li J, et al. Characteristics and Risk Factors of Children Requiring Prolonged Mechanical Ventilation vs. Non-prolonged Mechanical Ventilation in the PICU: A Prospective Single-Center Study. *Front Pediatr*. 2022;10:830075. doi: 10.3389/fped.2022.830075.
43. Elisa P, Francesca C, Marco P, Davide V, Laura Z, Fabrizio Z, et al. Ventilation Weaning and Extubation Readiness in Children in Pediatric Intensive Care Unit: A Review. *Front Pediatr*. 2022;10:867739. doi: 10.3389/fped.2022.867739.
44. Ng P, Tan HL, Ma YJ, Sultana R, Long V, Wong JJ, et al. Tests and Indices Predicting Extubation Failure in Children: A Systematic Review and Meta-analysis. *Pulm Ther*. 2023;9(1):25-47. doi: 10.1007/s41030-022-00204-w.
45. an Dijk J, Blokpoel RGT, Abu-Sultaneh S, Newth CJL, Khemani RG, Kneyber MCJ. Clinical Challenges in Pediatric Ventilation Liberation: A Meta-Narrative Review. *Pediatr Crit Care Med*. 2022;23(12):999-1008. doi: 10.1097/PCC.0000000000003025.
46. ARDS Definition Task Force; Ranieri VM, Rubenfeld GD, Thompson BT, Ferguson ND, Caldwell E, Fan E, et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition. *JAMA*. 2012;307(23):2526-33. doi: 10.1001/jama.2012.5669.
47. Moldes Acanda M, Prado Solar LA, González Reguera M, Sánchez Cisneros N, Díaz Ojito Y, Fuentes Aldana MR. Comportamiento de la ventilación mecánica en una terapia intensiva pediátrica. *Rev Cub Med Int Emerg*. 2017 (Accedido el 13-07-2024);16,(1):67-75. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-in/new/resumen.cgi?IDARTICULO=69589>.
48. Balcells Ramírez J, López-Herce Cid J, Modesto Alapont V; Grupo de Respiratorio de la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos. Prevalencia de la ventilación mecánica en las unidades de cuidados intensivos pediátricos en España [Prevalence of mechanical ventilation in pediatric intensive care units in Spain]. *An Pediatr (Barc)*. 2004;61(6):533-41. Spanish. doi: 10.1016/s1695-4033(04)78440-4).

49. Bacha T, Tsegaye N, Tuli W. Characteristics and Outcomes of Mechanically Ventilated Pediatric Patients in A Tertiary Referral Hospital, Addis Ababa, Ethiopia: Cross Sectional Study. *Ethiop J HealthSci.* 2021;31(5):915-924. doi: 10.4314/ejhs.v31i5.2.
50. Martins ID, Ferreira AR, kakehasi FM. Adverse events related to mechanical ventilation in a Pediatric Intensive Care Unit. *Rev Paul Pediatr.* 2021;39:e2019180. doi: 10.1590/1984-0462/2021/39/2019180.
51. Yehya N, Harhay MO, Klein MJ, Shein SL, Piñeres-Olave BE, Izquierdo L, et al. Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome Incidence and Epidemiology (PARDIE) V1 Investigators and the Pediatric Acute Lung Injury and Sepsis Investigators (PALISI) Network. Predicting Mortality in Children With Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome: A Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome Incidence and Epidemiology Study. *Crit Care Med.* 2020;48(6):e514-e522. doi: 10.1097/CCM.0000000000004345.
52. Chongcharoenyanon T, Samransamruajkit R, Sophonphan J. Epidemiology, risk factors and outcomes of prolonged mechanical ventilation with different cut-points in a PICU. *Front Pediatr.* 2023;11:1167595. doi: 10.3389/fped.2023.1167595. Erratum in: *Front Pediatr.* 2023;11:1237299.
53. Konca C, Tekin M, Kucuk A. Incidence of Mechanical Ventilation Adverse Events in Critically Ill Children in a Tertiary Pediatric Intensive Care Unit. *TurkThorac J.* 2022;23(4):277-283. doi: 10.5152/TurkThoracJ.2022.21253.
54. Álvarez Andrade ME, Margarita Sánchez L, Alfaro Rodríguez Y, Cuevas Álvarez D. Caracterización de los niños con diagnóstico de desnutrición aguda y ventilación mecánica. *Rev Cub de Medicina Intensiva y Emergencias* 2017 (Accedido el 13-07-2024);16 (3): 32'40. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-in/new/resumen.cgi?IDARTICULO=73016>.
55. Bordejé Laguna ML. Nuestros grandes olvidados, los enfermos respiratorios crónicos [Ourgreatforgotten, chronicrespiratorysufferers]. *NutrHosp.* 2017;34(Suppl 1):38-45. Spanish. doi: 10.20960/nh.1238.

56. Córdova Vega CA, Pupo Rodríguez H, Andrés Matos A. Complicaciones de la Ventilación Mecánica. Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos Holguín. Ciencias Holguín. 2013 (Accedido el 14 de febrero de 2024); 19 (1): 1-13. Disponible en: Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181525741003>.
57. Simsic JM, Dolan K, Howitz S, Peters S, Gajarski R. Prevention of Pressure Ulcers in a Pediatric Cardiac Intensive Care Unit. *Pediatr QualSaf*. 2019;4(3):e162. doi: 10.1097/pq9.000000000000162.
58. Curley MA, Quigley SM, Lin M. Pressure ulcers in pediatric intensive care: incidence and associated factors. *Pediatr Crit Care Med*. 2003;4(3):284-90. doi: 10.1097/01.PCC.0000075559.55920.36.
59. Kim HK, Kim Y, Son HM. Characteristics Influencing the Occurrence of Respiratory Medical Device-related Pressure Ulcers in the Pediatric Intensive Care Unit]. *Child HealthNurs Res*. 2019;25(2):133-142. Korean. doi: 10.4094/chnr.2019.25.2.133.
60. Mohamed HT, Farhan Alenezi WA Sr, Alanzi MAA, Saleh Alsuqub FI, Salem Alhazmi SA, Mohammed Alhazmi OM. Prevalence of Ventilator-Associated Pneumonia in Children Admitted to Pediatric Intensive Care Units in the Middle East: A Systematic Review. *Cureus*. 2023;15(12):e51230. doi: 10.7759/cureus.51230.
61. Ericson JE, McGuire J, Michaels MG, Schwarz A, Frenck R, Deville JG, et al. Hospital-acquired Pneumonia and Ventilator-associated Pneumonia in Children: A Prospective Natural History and Case-Control Study. *Pediatr Infect Dis J*. 2020;39(8):658-664. doi: 10.1097/INF.0000000000002642.
62. Ma L, Yin M, Yang XL, Xu W. Risk factors for air leakage during invasive mechanical ventilation in pediatric intensive care units. *Eur J Med Res*. 2022;27(1):218. doi: 10.1186/s40001-022-00858-x.
63. Meligy BS, Kamal S, El Sherbini SA. Mechanical ventilation practice in Egyptian pediatric intensive care units. *Electron Physician*. 2017;9(5):4370-77. doi: 10.19082/4370.

64. Durak C, Guvenc KB. Clinical characteristics of mechanically ventilated children in pediatric intensive care unit: A single-center study. *North Clin Istanb.* 2023 ;10(5):597-601. doi: 10.14744/nci.2023.90767.
65. Farias JA, Frutos F, Esteban A, Flores JC, Retta A, Baltodano A, et al. What is the daily practice of mechanical ventilation in pediatric intensive care units? A multicenter study. *Intensive Care Med.* 2004;30(5):918-25. doi: 10.1007/s00134-004-2225-5.
66. Khemani RG, Markovitz BP, Curley MAQ. Characteristics of children intubated and mechanically ventilated in 16 PICUs. *Chest.* 2009;136(3):765-771. doi: 10.1378/chest.09-0207.
67. Grunwell JR, Dahmer MK, Sapru A, Quasney MW, Flori H. Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference (PALICC-2) for the Pediatric Acute Lung Injury and Sepsis Investigators (PALISI) Network. Pathobiology, Severity, and Risk Stratification of Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome: From the Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference. *Pediatr Crit Care Med.* 2023;24(12 Suppl 2):S12-S27. doi: 10.1097/PCC.0000000000003156.
68. Kesici S, Kenç Ş, Yetimakman AF, Bayrakci B. Predicting Outcome in Mechanically Ventilated Pediatric Patients. *J Pediatr Intensive Care.* 2020;9(2):92-98. doi: 10.1055/s-0039-3400962.
69. Khemani RG, Rubin S, Belani S, Leung D, Erickson S, Smith LS, et al. Pulse oximetry vs. PaO₂ metrics in mechanically ventilated children: Berlin definition of ARDS and mortality risk. *Intensive Care Med.* 2015;41(1):94-102. doi: 10.1007/s00134-014-3486-2.
70. DesPrez K, McNeil JB, Wang C, Bastarache JA, Shaver CM, Ware LB. Oxygenation Saturation Index Predicts Clinical Outcomes in ARDS. *Chest.* 2017;152(6):1151-1158. doi: 10.1016/j.chest.2017.08.002. Epub 2017 Aug 16. Erratum in: *Chest.* 2018;153(3):768. PMID: 28823812; PMCID: PMC5812755.

71. Capellier G, Barrot L, Winizewski H. Oxygenation target in acute respiratory distress syndrome. *J Intensive Med.* 2023;3(3):220–7. doi: 10.1016/j.jointm.2023.03.002.
72. Cumpstey AF, Oldman AH, Martin DS, Smith A, Grocott MPW. Oxygen Targets During Mechanical Ventilation in the ICU: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Crit Care Explor.* 2022;4(4):e0652. doi: 10.1097/CCE.0000000000000652.
73. Valero Ortiz AS, Corredor Gamba SP, Palencia Mojica CL, Castro Chaparro NW. Utilidad de los índices de oxigenación en pacientes adultos y pediátricos con insuficiencia respiratoria. Revisión narrativa. *Revista de Investigación en Salud. Universidad de Boyacá.* 2020;7 (2): 173-192. doi: <https://doi.org/10.24267/23897325.517>.
74. Miranda MC, López-Herce J, Martínez MC, Carrillo A. Relación de la relación PaO₂/FiO₂ y SatO₂/FiO₂ con la mortalidad y la duración de ingreso en niños críticamente enfermos [Relationship between PAO₂/FIO₂ and SATO₂/FIO₂ with mortality and duration of admission in critically ill children]. *An Pediatr (Barc).* 2012;76(1):16-22. Spanish. doi: 10.1016/j.anpedi.2011.06.006.
75. Fukuda Y, Tanaka A, Homma T, Kaneko K, Uno T, Fujiwara A, et al. Utility of SpO₂/FiO₂ ratio for acute hypoxemic respiratory failure with bilateral opacities in the ICU. *PLoS One.* 2021;16(1):e0245927. doi: 10.1371/journal.pone.0245927.
76. Lu X, Jiang L, Chen T, Wang Y, Zhang B, Hong Y, et al. Continuously available ratio of SpO₂/FiO₂ serves as a noninvasive prognostic marker for intensive care patients with COVID-19. *Respir Res.* 2020;21(1):194. doi: 10.1186/s12931-020-01455-4.
77. Balzer F, Menk M, Ziegler J, Pille C, Wernecke KD, Spies C, et al. Predictors of survival in critically ill patients with acute respiratory distress syndrome (ARDS): an observational study. *BMC Anesthesiol.* 2016;16(1):108. doi: 10.1186/s12871-016-0272-4.

78. Trachsel D, McCrindle BW, Nakagawa S, Bohn D. Oxygenation index predicts outcome in children with acute hypoxemic respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med*. 2005;172(2):206-11. doi: 10.1164/rccm.200405-625OC.
79. Burša F, Oczka D, Jor O, Sklienka P, Frelich M, Stigler J, et al. The Impact of Mechanical Energy Assessment on Mechanical Ventilation: A Comprehensive Review and Practical Application. *Med Sci Monit*. 2023;29:e941287. doi: 10.12659/MSM.941287.
80. Paudel R, Trinkle CA, Waters CM, Robinson LE, Cassity E, Sturgill JL, et al. Mechanical Power: A New Concept in Mechanical Ventilation. *Am J Med Sci*. 2021;362(6):537-545. doi: 10.1016/j.amjms.2021.09.004.
81. Marini JJ, Thornton LT, Rocco PRM, Gattinoni L, Crooke PS. Practical assessment of risk of VILI from ventilating power: a conceptual model. *Crit Care*. 2023;27(1):157. doi: 10.1186/s13054-023-04406-9.
82. Protti A, Maraffi T, Milesi M, Votta E, Santini A, Pugni P, et al. Role of Strain Rate in the Pathogenesis of Ventilator-Induced Lung Edema. *Crit Care Med*. 2016;44(9):e838-45. doi: 10.1097/CCM.0000000000001718.
83. Bhalla AK, Klein MJ, Modesto I, Alapont V, Emeriaud G, Kneyber MCJ, Medina A, et al. Pediatric Acute Lung Injury and Sepsis Investigators (PALISI) Network. Mechanical power in pediatric acute respiratory distress syndrome: a PARDIE study. *Crit Care*. 2022;26(1):2. doi: 10.1186/s13054-021-03853-6.
84. Costa ELV, Slutsky AS, Brochard LJ, Brower R, Serpa-Neto A, Cavalcanti AB, et al. Ventilatory Variables and Mechanical Power in Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 2021;204(3):303-311. doi: 10.1164/rccm.202009-3467OC.
85. Camargo Barros Rocha DA, Marson FAL, Almeida CCB, Almeida Junior AA, Ribeiro JD. Association between oxygenation and ventilation indices with the time on invasive mechanical ventilation in infants. *Pulmonology*. 2018:S2173-5115(17)30180-X. doi: 10.1016/j.rppnen.2017.10.010.