Barotrauma y otras complicaciones frecuentes de la ventilación mecánica en niños

Mario Cerda S.¹; Raúl Corrales V.²; Enrique Paris M.¹; Ricardo Ronco M.¹

Barotrauma in infants and children under mechanical ventilation

Noninfectious complications in 225 pediatric patients assisted by mechanical ventilation, among 459 patient (ages 12 days to 14 years) admitted to a pediatric intensive care unit along a 32 month period (November 1990 throughout June 1993) are described. The most common indications for mechanical ventilation were cardiac surgery (n:76), pneumonia or diffuse lung disease (n:43), septic shock (n:23), meningitis (n:17), central nervous system surgery (n:16), status epilepticus (n:11), general surgery (n:7) and trauma (n:6) patients. Fifty seven patients (25.33%) of those under mechanical ventilation had non infectious complications, which were related to the artificial airway in 42 (73.3%) and secondary to the mechanical ventilation itself (barotrauma and atelectasis) in 15 (26.3%). The most frequent clinical presentation of barotrauma was pneumothorax (10/14 patients). All patients with this complication had been given maximal peak inspiratory pressures above 40 cm of water and the highest average values of peak inspiratory pressure and end expiratory pressure (56.5 ± 12.5 and 11.7 ± 4.2 cm of water respectively). The whole death rate in this particular intensive care unit was 9.3%, while among patients under mechanical ventilation it was 18.2%, including 9 deaths in 14 patients with barotrauma. Because 1/3 patients under respiratory assistance with peak inspiratory pressures above 40 cm of water had barotrauma, this pressure level should probably not be exceeded in infants and children.

(Key words: ventilators mechanical, barotrauma.)

El uso de ventilación mecánica (VM) es una práctica frecuente e indispensable en el manejo de pacientes críticamente enfermos. Sin embargo el procedimiento tiene complicaciones que modifican la evolución de la enfermedad, prolongan la permanencia del paciente en el hospital y pueden poner en riesgo su vida¹⁻³.

Las enfermedades por las que se indica VM en pediatría son numerosas, incluyendo infecciones pulmonares y extrapulmonares, malformaciones cardíacas, intoxicaciones, traumatismos, entre otras^{1,2}. Los requerimientos ventilatorios en términos de presión inspiratoria máxima (PIM), presión positiva al final de la espiración (PEEP), tiempo inspiratorio máxi-

mo (TIM), frecuencia respiratoria (FR) y fracción inspirada de O_2 (FiO_2), varían ampliamente con la edad del paciente y la enfermedad que sufre. Las complicaciones del procedimiento pueden ser secundarias a la vía aérea artificialmente establecida, a la presión positiva empleada o a las infecciones secundarias^{1,2}.

Se analizan a continuación las complicaciones más frecuentes de la VM en una práctica pediátrica, con excepción de las infecciosas, las características clínicas y las modalidades de apoyo ventilatorio empleadas en los pacientes afectados, con particular énfasis en el barotrauma, con el propósito de contribuir a reducir su frecuencia y consecuencias.

Material y Método

Mediante un sistema de registro computadorizado prospectivo se analizaron las características de los pacientes que ingresaron a la unidad de tratamiento intensivo pediátrico del Hospital Clínico de la Pontificia Universidad Católica de Chile (UTIP-UC) entre noviembre

1. Unidad de Tratamiento Intensivo Infantil, Hospital Clínico de la Universidad Católica de Chile.
2. Unidad de Enfermedades Respiratorias Infantiles, Hospital Clínico de la Universidad Católica de Chile, UTI Pediátrica y Laboratorio Broncopulmonar, Clínica Alemana de Santiago.

de 1990 a junio de 1993 y requirieron VM. Se registraron las principales características generales del paciente, la enfermedad por la que se indicó VM, su evolución e intercorrientes. Se consideró edema subglótico postextubación, la obstrucción de la vía aérea superior, que apareció en las 2 o 3 horas siguientes a la extubación, obligó a reentubar y a emplear tratamiento corticoidal (dexametasona 1 mg/kg en una dosis). La entubación monobronquial se consideró complicación si, habiendo pasado inicialmente inadvertida, determinó deterioro de la condición ventilatoria del paciente. No se consideró complicación la entubación de un bronquio detectada mediante la radiografía de tórax de control al término del procedimiento de instalación del tubo y corregida de inmediato. Las obstrucciones de tubo endotraqueal se consideraron complicaciones cuando fueron de tal magnitud que interfirieron en la ventilación y obligaron a cambiarlo. Se definió como barotrauma la detección, en el examen físico o por rayos X, de aire extrapulmonar, ya sea en el intersticio pulmonar, espacio pleural, mediastino o en el celular subcutáneo en la región alta del tórax y cuello. Los neumotórax fueron tratados con drenaje pleural, reduciendo a continuación los valores de PIM y PEEP dentro de lo posible, para evitar su reproducción y la absorción del aire desde su ubicación anormal.

El análisis de los datos fue realizado con el programa SAS, en computador Microvax 3400 del Servicio de Computación de la Escuela de Medicina de la Universidad Católica. Para la comparación entre grupos se utilizó la prueba de Student.

Resultados

En el período del estudio ingresaron a la unidad de cuidados intensivos pediátricos 459 pacientes, 225 (49,01%) requirieron ventilación mecánica y son los sujetos de esta revisión. Sus edades fluctuaron entre 12 días y 14 años ($38,51 \pm 54,32$ meses): 28 (21,3%) eran menores de 2 meses y 51 (20,9%) mayores de 3 años.

Las razones para indicar la ventilación mecánica se describen en la tabla 1, siendo las más frecuentes el postoperatorio de cirugía cardíaca, bronconeumonía, choque séptico y meningoencefalitis. Las presiones aplicadas a la vía aérea y las fracciones inspiradas de oxígeno utilizadas en estos pacientes se resumen en la tabla 2, donde destaca que 42 niños fueron asistidos con presión inspiratoria máxima de 40 o más cm de agua, 22 con presión positiva al final de la espiración de 10 o más cm de agua y 98 con fracciones inspiradas de oxígeno de 80% o más. La duración de la ventilación mecánica fue menor de 2 días en 90 pacientes, 2 a 7 días en 89 y más de 7 días en 42 pacientes.

Tabla 1

Causas del empleo de ventilación mecánica en 225 pacientes de la unidad de cuidados intensivos pediátrica

Indicación	n	%
Cirugía cardíaca	76	34,0
Bronconeumonía	43	19,0
Choque séptico	23	10,0
Meningitis	17	8,0
Cirugía cerebral	16	7,0
Estado convulsivo	11	5,0
Insuficiencia cardíaca	10	4,0
Paro cardiorrespiratorio	8	3,5
Cirugía general compleja	7	3,0
Politraumatismo	6	2,6
Otros varios*	8	3,9
Total	225	100,0

* insuficiencia renal: n= 4; intoxicaciones: n=2; insuficiencia hepática: n=1; síndrome de Guillain-Barré: n= 1.

Durante el período de estudio se registraron 57 complicaciones, 25,3% (57/225), según los criterios predefinidos, las que fueron agrupadas en 42 (73,7%) relacionadas con el empleo de una vía aérea artificial y 15 (26,3%) secundarias a la aplicación del ventilador mecánico propiamente tal (barotrauma y atelectasia pulmonar masiva). El barotrauma representa casi un cuarto de las complicaciones, afectando a 6,2% de los pacientes (14/225) sometidos a ventilación mecánica; su forma de presentación más frecuente fue el neumotórax (10/14 casos). Otras complicaciones fueron neumomediastino (3 casos) y enfisema intersticial del pulmón y subcutáneo del cuello en otro caso. De los 14 pacientes con barotrauma 9 fallecieron.

De las variables de aplicación para la ventilación mecánica se revisaron presión inspiratoria máxima, presión positiva del final de la espiración, frecuencia respiratoria, fracción inspirada de oxígeno y duración de la asistencia ventilatoria. Sólo se encontró correlación significativa entre barotrauma y la presión inspiratoria máxima ($p < 0,05$), pues todos los 14 casos de barotrauma se registraron entre los 42 pacientes en que esta fue de 40 cm de H₂O o más. Del mismo modo las presiones inspira-

Tabla 2

Ajustes de los factores de ventilación mecánica
en 225 pacientes

PIM (cm de H ₂ O)			PEEP máx (cm de H ₂ O)			FiO ₂ máx (%)		
<30	30 -<40	>40	<6	6 -<10	>10	<50	50 -<80	>80
n: 65	118	42	168	35	22	50	77	98

n: número de pacientes PIM: presión inspiratoria máxima

PEEP: máxima presión positiva de final de espiración

FiO₂: fracción inspirada de O₂.

toria máxima y positiva al final de la espiración, así como la fracción de oxígeno en el aire inspirado eran significativamente mayores en los afectados que en los pacientes sin barotrauma (tabla 4). La mortalidad global de los pacientes ingresados a la unidad de cuidados intensivos fue 9,3%, mientras en los sometidos a ventilación mecánica llegó a 18,2% (41/225).

Comentario

La amplia variedad de las edades y tamaño de los pacientes de esta muestra es característica

Tabla 3

Complicaciones en 225 pacientes tratados con
ventilación mecánica

Complicaciones	n	%
De la vía aérea artificial:		
Edema laríngeo	18	31,6
Intubación de un bronquio	7	12,3
Extubación accidental	5	8,8
Oclusión del tubo traqueal	5	8,8
FV al cambiar tubo traqueal	1	1,7
Rotura de tubo traqueal	1	1,7
Hipercapnia por filtro de adulto	1	1,7
De la ventilación mecánica:		
Barotrauma	14	24,6
Atelectasia masiva	5	8,8
Total	57	100,0

FV: fibrilación ventricular

de las unidades pediátricas de cuidados intensivos. Las afecciones de los niños que necesitaron ventilación mecánica también lo son¹⁻⁴; en nuestra unidad se agregan, como característica propia, los sometidos a cirugía cardíaca.

El edema laríngeo después de la extubación ocurre casi exclusivamente en niños, por su vía aérea superior estrecha y menos distensible, cuyo diámetro está limitado por el cartílago cricoides, sitio donde es más estrecho²⁻⁶. El contacto prolongado del tubo endotraqueal con la mucosa subglótica produce edema y disminución del lumen de la vía aérea, que se manifiesta sólo con estridor y obstrucción transitoria durante las primeras 24 horas siguientes a la extubación. Ocasionalmente es necesario tratar al paciente con nebulizaciones de adrenalina racémica y corticoides ev, además de ambiente frío y húmedo. Sin embargo, a veces el edema es tan intenso que puede impedir la extubación: en estos casos, es preciso reentubar con tubos de menor diámetro, tratar con corticoesteroides iv durante 48 horas y reintentar la extubación. La entubación cuidadosa, con tubos adecuados al tamaño del niño y la prohibición de usar implementos vueltos a esterilizar, son recomendaciones básicas para prevenir esta complicación.

La corta longitud de la tráquea del niño favorece la entubación monobronquial. El diámetro interno pequeño, de los tubos traqueales para niños, favorece la obstrucción por secreciones, que puede provocar atelectasias²⁻⁶. Ambas complicaciones son, por estos motivos, más frecuentes en los niños. La introducción del tubo en un bronquio suele ocurrir durante los intentos de entubación traqueal, pero habitual-

Tabla 4

Ajustes máximos de controles ventilatorios en pacientes tratados con ventilación mecánica y su relación con barotrauma (sólo pacientes en quienes se empleó más de 40 cm de H₂O de presión inspiratoria máxima)

	n	PIM máx (cm H ₂ O)	PEEP Máx (cm H ₂ O)	Duración de VM (días)	FR máx (ciclos/min)	FiO ₂ máx (%)
con BT	14	56,5±12,5	11,7±4,2	14,4±19,1	40,1±8,4	95,0±3,0
sin BT	28	48,9±6,5 *	7,1±2,9 **	11,5±25,4	31,7±9,3	84,0±2,0 ***

Con BT: con barotrauma. sin BT: sin barotrauma. n: número de pacientes

PIM máx: máxima presión inspiratoria máxima aplicada. PEEP máx: máxima presión positiva de final de espiración.

FR máx: máxima frecuencia respiratoria.

FiO₂ máx: máxima fracción inspirada de O₂

* p>0,05 ** p<0,001 *** p<0,0001. Prueba t de Student.

mente se corrige de inmediato o al comprobar la ubicación inapropiada del tubo en la radiografía de control posterior a su instalación. La entubación inadvertida de un solo bronquio por migración del tubo, con deterioro de la ventilación del paciente, es una complicación grave que requiere tratamiento rápido y puede ser evitada fijando cuidadosamente el tubo una vez comprobada su correcta ubicación.

Los ajustes utilizados en la ventilación mecánica fueron los habituales para las afecciones de los pacientes: unos necesitaron altas presiones inspiratorias máximas para obtener buenos valores de O₂ y CO₂ en sangre. Algunos necesitaron además presiones positivas altas al final de la espiración para mejorar la oxigenación⁷. Las presiones elevadas se correlacionan significativamente con la incidencia de barotrauma, probablemente debido a aumento de la presión media de la vía aérea asociado al empleo de volúmenes corrientes elevados.

Es habitual en el manejo de la insuficiencia respiratoria debida a síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) y bronconeumonía grave, emplear asistencia ventilatoria con volumen controlado, con el objeto de mantener normal la PCO₂, el pH en 7,40 y tratando de evitar que ocurran atelectasias. Para ello se usan volúmenes corrientes entre 10 y 15 ml/kg de peso, independientemente de las presiones que con ellos se generen. Recientemente se ha comprobado, en animales y humanos, que este tipo de asistencia de la ventilación se asocia a sobre-

distensión alveolar que predispone a rotura del alvéolo y escape de aire hacia el intersticio pulmonar y la cavidad pleural^{8,9}. En la génesis de estas alteraciones no parece ser tan importante la presión con que se ventila como el volumen con que se expande el pulmón¹⁰. El barotrauma ya no es definido sólo como un macrobarotrauma (enfisema intersticial neumotórax y neumomediastino), sino también como una lesión que se inicia mucho antes, con la distensión alveolar exagerada, disrupción del epitelio y daño funcional de las células epiteliales y de la vía aérea. En otras palabras, el barotrauma no es clínicamente detectable en sus primeras etapas, pero, desde su inicio, causa daño susceptible de apreciar en la función pulmonar (intercambio de gases y distensibilidad) y condiciona la recuperación de ésta y del paciente⁹⁻¹³. El barotrauma, en cualesquiera de sus formas, es la complicación más aguda y grave de la ventilación mecánica y requiere tratamiento rápido y efectivo, ya que habitualmente se presenta en pacientes con inestabilidad ventilatoria y hemodinámica. Por estas razones se han buscado otras modalidades de asistencia a la ventilación, entre las cuales la hipercapnia permisiva parece promisoría. Estudios abiertos no controlados en pacientes con SDRA¹⁴⁻¹⁷, empleando volúmenes corrientes bajos (entre 6 y 8 ml/kg), en que se tolera acumulación de CO₂ muy por encima de los valores considerados normales y oxemias o saturaciones bajas (siempre que éstas no se traduzcan en acidosis metabólica, que

indicaría hipoxia tisular), han mostrado menor frecuencia de barotrauma y mejor pronóstico final.

Para evitar el barotrauma es posiblemente preferible ventilar con volúmenes corrientes más pequeños, empleando con cautela las presiones inspiratoria máxima y positiva del final de la espiración. Una costumbre cada vez más frecuente, derivada de lo anterior, es el uso —en estos pacientes— de ventilación limitada por presión, en lugar de volumen.

Otra variable que se relacionó con barotrauma es el empleo de FiO_2 elevadas. El empleo simultáneo de PIM, PEEP y FiO_2 elevados indica más bien la gravedad de la enfermedad pulmonar que motivó la asistencia mecánica de la ventilación que una relación causal entre la FiO_2 y el barotrauma. La elevada mortalidad entre los pacientes con barotrauma no obedece a la complicación tanto como a la gravedad de la enfermedad (SDRA o bronconeumonía extensa) por la que fue necesario recurrir a ventilación mecánica¹⁸.

Otras complicaciones más raras que se relacionan con las características de los pacientes pediátricos (rotura del tubo por mordedura, hipercapnia por gran espacio muerto debido al empleo de filtros de humedad para adultos), sólo se ven en niños y el pediatra intensivista debe estar consciente de ellas, ya que no suelen ser descritas en los textos más corrientes sobre aplicaciones de ventiladores mecánicos.

La fibrilación ventricular que ocurrió en uno de nuestros pacientes en relación al cambio de tubo endotraqueal es de rara incidencia en estas situaciones y puede ser atribuible al uso de succinilcolina como paralizante, ya que mediante una elevación brusca de K sanguíneo puede provocarla¹⁹. La hacemos notar por su gravedad, pese a que el paciente —afectado por síndrome de Guillain-Barré—, resultó indemne de ella a pesar de haber requerido de reanimación cardiopulmonar prolongada (20 min aproximadamente), incluyendo desfibrilación eléctrica en tres oportunidades.

Resumen

Se describen las complicaciones no infecciosas en niños tratados con asistencia mecánica de la ventilación. Desde noviembre de 1990 a junio

de 1993 (32 meses) ingresaron 459 pacientes entre 12 días y 14 años de edad a la unidad de tratamiento intensivo pediátrico del Hospital Clínico de la Universidad Católica, 225 (49,01%) de los cuales fueron tratados con ventilación mecánica. El motivo del empleo de respirador mecánico fue cirugía cardíaca en 76 casos, bronconeumonía o enfermedad pulmonar difusa en 43, choque séptico 23, meningoencefalitis bacteriana aguda en 17, cirugía del sistema nervioso central en 16, estado convulsivo prolongado en 11, cirugía general en 7 y politraumatismo en 6 pacientes. Se registraron 57 complicaciones (25,33%) no infecciosas de la ventilación mecánica: edema subglótico postextubación en 18 casos, barotrauma en 14, entubación de un bronquio en 7, extubación accidental, oclusión de tubo y atelectasias en 5 cada una, fibrilación ventricular al cambiar tubo endotraqueal, hipercapnia por filtro grande y rotura del tubo endotraqueal, todas con un caso. Las complicaciones relacionadas con el uso de vía aérea artificial correspondían a 73,7% (42/57) y las secundarias al empleo de ventilación mecánica (barotrauma y atelectasias) a 26,3% (15/57). La forma de presentación más frecuente del barotrauma, que se registró en 14 casos, fue el neumotórax (10 casos). De los 14 pacientes con barotrauma 9 fallecen. En todos los pacientes que presentaron barotrauma, se usó presiones inspiratorias máximas superiores a 40 cm de H_2O . Los promedios de presión inspiratoria máxima y presión positiva de final espiración ($56,5 \pm 12,5$ cm H_2O y $11,7 \pm 4,2$ cm de H_2O respectivamente) de los pacientes con barotrauma fueron mayores que en sus iguales sin la complicación. La mortalidad general de la unidad de cuidados intensivos pediátricos en el período del estudio fue 9,3%, ante 18,2% en los pacientes con ventilación mecánica. Probablemente la presión inspiratoria máxima no debe sobrepasar 40 cm de H_2O si se desea evitar el barotrauma.

(Palabras clave: ventilación mecánica, barotrauma).

Referencias

1. Crone K: Assisted ventilation in children. In: Gregory GA, ed. Respiratory failure in the child, New York, Churchill Livingstone 1981: 17-29.
2. Arriagada S, Cordero J, Baeza J: Complicaciones de la ventilación mecánica en niños. Rev Chil Pediatr 1994; 65: 255-259.

3. *Cerda M, Saavedra R, Aspillaga M, et al:* Tratamiento de la insuficiencia respiratoria aguda de origen pulmonar con ventilación mecánica. *Rev Chil Pediatr* 1984; 55: 25-28.
4. *Rivera R, Tibballs J:* Complications of endotracheal intubation and mechanical ventilation in infants and children. *Crit Care Med* 1992; 20: 193-199.
5. *Bery F, Yemen T:* Pediatric airway in health and disease. *Pediatr Clin North Am* 1994; 41: 153-198.
6. *Duncan P:* Management of upper airway disease in children in: Gregory GA ed. *Respiratory failure in the child*. New York, Churchill Livingstone 1981: 53-66.
7. *Sivan Y, Deakers T, Newth C:* Effect of positive end-expiratory pressure on respiratory compliance in children with acute respiratory failure. *Pediatr Pulmonol* 1991; 11: 103-107.
8. *Perkin R, Levin D:* Adverse effects of positive-pressure ventilation in children. In: *Respiratory failure in the child*. New York, Churchill Livingstone 1981: 163-187.
9. *Dreyfuss D, Basset G, Soler P, Saumon G:* Intermittent positive-pressure hyperventilation with high inflation pressure produces microvascular injury in rats. *Am Rev Respir Dis* 1985; 132: 880-884.
10. *Dreyfuss D, Soler P, Basset G, Saumon G:* High inflation pressure pulmonary edema: respective effects of high airway pressure, high tidal volume, and positive end-expiratory pressure. *Am Rev Respir Dis* 1988; 137: 1159-1164.
11. *Kotbow T, Moretti MP, Fumagalli R, et al:* Severe impairment in lung function induced by high peak airway pressure during mechanical ventilation. An experimental study. *Am Rev Respir Dis* 1987; 135: 312-315.
12. *Kawano T, Mori S, Cybulsky M, Burger R, et al:* Effect of granulocyte depletion in a ventilated surfactant-depleted lung. *J Appl Physiol* 1987; 62: 27-33.
13. *Parker JC, Townsley MJ, Rippe B, Taylor AB, et al:* Increased microvascular permeability in dog lungs due to high peak airway pressures. *J Appl Physiol* 1984; 56: 1809-1816.
14. *Hickling KG:* Low volume ventilation with permissive hypercapnia in the adult respiratory distress syndrome. *Clinical Intensive Care* 1992; 3: 67-68.
15. *Reynolds E, Ryan D, Daody D:* Permissive hypercapnia and pressure-controlled ventilation as treatment of severe adult respiratory distress syndrome in a pediatric burn patient. *Crit Care Med* 1993; 21: 944-947.
16. *Kackmarek RM, Hickling KG:* Permissive hypercapnia. *Resp Care* 1993; 38: 373-387.
17. *Bidani A, Tzouanakis AE, Cárdenas VJ, Zwischengberger JB:* Permissive hypercapnia in adult respiratory failure. *JAMA* 1994; 272: 957-966.
18. *Smith D, Frunkel L, Derish M, et al:* High-frequency jet ventilation in children with the adult respiratory distress syndrome complicated by pulmonary barotrauma. *Pediatr Pulmonol* 1993; 15: 279-286.
19. *Rosenberg H, Gronert GA:* Intractable cardiac arrest in children given succinylcholine. *Anesth* 1992; 77: 1054-1058.

Esta publicación está disponible en copias de microfilms de 16 y 35 mm y microfichas de 105 mm, las que pueden solicitarse a:

University Microfilms International
300 North Zeeb Road
Ann Arbor, Michigan 48106, USA.

This journal is also available in 16 mm microfilm, 35 mm microfilm and 105 mm microfilm copies through

*University Microfilms International,
300 North Zeeb Road,
Ann Arbor, Michigan 48106, USA.*