

Estudio comparativo de distintos métodos de drenaje pleural en un modelo experimental de neumotórax

F. Vázquez Rueda, M.V. Moñiz Mora, R. Núñez Núñez y E. Blesa Sánchez

Servicio de Cirugía Pediátrica. Hospital Universitario Materno-Infantil Infanta Cristina. Facultad de Medicina. Universidad de Extremadura. Badajoz.

OBJETIVOS: Conocer, en animales de experimentación, la utilidad de distintas formas de drenaje torácico para evacuar neumotórax y poder seleccionar qué tipo de sistema de drenaje produce menores alteraciones sobre la función respiratoria.

MÉTODO: Se utilizan 34 conejos de raza Nueva Zelanda blancos, con peso medio de 1.687 ± 78 g y edad media de 59 días, sometidos al siguiente diseño experimental: grupo problema (P) dividido en 2 grupos: P1 (n = 10): neumotórax unilateral y drenaje, y P2 (n = 10): neumotórax bilateral y drenaje. Grupo control (C), dividido en C1 (n = 7): drenaje pleural unilateral, y C2 (n = 7): drenaje pleural bilateral. El tubo pleural (número 8 para recién nacidos) se conecta en cada animal sucesivamente, cada 7 min, a sistemas de drenaje bajo "sello de agua", con un volumen entre cavidad pleural y sello de 35,58 ml (sistema de Bülow neonatal) y de 3.940 ml (sistema de triple cámara comercializado), así como a aspiraciones de -5 y -20 cm de agua. Se valora en cada animal los siguientes parámetros: mortalidad, fluctuaciones de la columna del "sello de agua", frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (FR), pH y gases en sangre arterial.

RESULTADOS: La mortalidad intraoperatoria es significativamente mayor ($p < 0,001$) durante la conexión a sistema de gran volumen sin aspiración, sobre todo en P2, coincidiendo con mínimas fluctuaciones de la columna del "sello de agua", junto con un incremento de la PaCO_2 y un descenso de la FC, FR, PaO_2 , SaO_2 y pH. La recuperación, tras la producción del neumotórax, es mayor al conectar a aspiraciones de -5 y -20 cm de agua.

CONCLUSIONES: La utilización de sistemas de drenaje pleural que crean un espacio muerto aéreo voluminoso entre la cavidad pleural y el "sello de agua", en ausencia de aspiración continua, en esta experiencia, es causa frecuente de mortalidad o de insuficiencia respiratoria. Creemos que el drenaje torácico bajo "sello de agua" sin aspiración debe utilizarse mediante sistema de Bülow con el menor volumen posible.

Palabras clave: Drenaje pleural. Neumotórax experimental.

(Arch Bronconeumol 2000; 36: 624-630)

Comparison of several methods of pleural drainage in an experimental model of pneumothorax

OBJECTIVE: To observe the usefulness of several procedures for draining pneumothorax in an animal model and to identify the best pleural drainage system with minimal impairment of respiratory function.

METHOD: Thirty-four New Zealand white rabbits weighing 1687 ± 78 g and aged a mean 59 days were randomly placed in groups as follows. Unilateral pneumothorax was induced in the first problem group (P1) rabbits (n = 10) by thoracostomy, with pleural drainage. In the second problem group (P2) of rabbits (n = 10), bilateral pneumothorax was similarly induced by thoracostomy with pleural drainage. The control groups underwent unilateral (C1; n = 7) and bilateral (C2; n = 7) thoracostomy and drainage. Every 7 minutes the chest tube was connected successfully in each animal to an underwater seal with a dead-space volume of 35.58 ml (neonatal Bülow unit) or to a 3,940 ml system (chest drainage unit) and to pleural aspirations of -5 and -20 cmH₂O. We analyzed mortality, fluctuations of the hydrostatic column of the underwater seal, heart rate (HR), respiratory rate (RR), PaCO_2 , SaO_2 , pH and arterial blood gas measures.

RESULTS: Intraoperative mortality was significantly higher (particularly in the P2 group) when connection was to a large volume system without aspiration. Recovery after pneumothorax was more satisfactory with aspiration of -5 and -20 cmH₂O.

CONCLUSIONS: The results suggest that a pleural drainage unit with a large dead space between the pleural cavity and the underwater seal is a frequent cause of respiratory failure or insufficiency. We believe that when an underwater seal without pleural suction is applied, the Bülow unit should be used with the smallest possible volume.

Key words: Pleural drainage units. Experimental pneumothorax.

Introducción

La época de la vida en la que más frecuentemente se diagnostica el neumotórax es la del recién nacido, es-

tando particularmente predispuestos los pretérminos de más bajo peso que presenten alguna patología pulmonar subyacente o estén sometidos a ventilación asistida¹⁻⁴.

Los buenos resultados obtenidos, en general, en la práctica clínica en el drenaje del neumotórax, ha conducido a un conformismo excesivo con los procedimientos actualmente en uso. Consisten básicamente en el drenaje de la cavidad pleural mediante tubos de toracostomía

Correspondencia: Dr. F. Vázquez Rueda. Nicolás Albornoz, 7, 1.ª dcha. 14940 Cabra. Córdoba.

Recibido: 17-3-00; aceptado para su publicación: 6-6-00.

conectados a dos tipos de sistemas de drenaje: uno emplea un simple mecanismo de sifón de una dirección, mediante la creación de un “sello de agua” de diferentes volúmenes, sin aspiración, y el otro utiliza aspiración continua de intensidad variable. Son escasas las referencias encontradas en la bibliografía acerca de las modificaciones de la función respiratoria provocadas por los diferentes sistemas de drenaje pleural y tampoco se expresa con claridad qué método es el más idóneo para evacuar la cavidad pleural, en función de su manejabilidad y ausencia de complicaciones, así como por su menor interferencia con la mecánica ventilatoria pulmonar⁵⁻¹⁷. Por este motivo, se realiza un estudio experimental para conocer la utilidad de distintos tipos de drenaje pleural en el neumotórax, basados en la siguiente hipótesis: la función respiratoria normal precisa la existencia de una cavidad pleural, prácticamente virtual, con presiones negativas. Si se ocupa dicho espacio por aire o líquido, o si se modifican su volumen y/o sus presiones, se podría alterar la mecánica respiratoria y, por tanto, la función pulmonar. El objetivo de este trabajo es conocer, en el animal de experimentación, la utilidad de distintas formas de drenaje torácico para evacuar diferentes tipos de neumotórax, y poder seleccionar qué tipo de sistema de drenaje produce menores alteraciones sobre parámetros, tanto clínicos como analíticos, de la función respiratoria.

Material y métodos

Se utilizan 34 conejos de la raza Nueva Zelanda en su variedad blanca, con un peso medio de $1.687 \pm 78,46$ g, similar al del recién nacido pretérmino, y con una media de edad de $59 \pm 3,48$ días. Están sometidos al siguiente diseño experimental: grupo problema (P), dividido en P1 ($n = 10$), sometido a toracostomía, neumotórax unilateral y drenaje y P2 ($n = 10$), sometido a toracostomía, neumotórax bilateral y drenaje. Grupo control (C), dividido en C1 ($n = 7$) sometido a toracostomía y drenaje pleural unilateral, y C2 ($n = 7$), en el que se realizó toracostomía y drenaje pleural bilateral. En cada animal, tanto del grupo problema como del control, se realizan conexiones sucesivas de la cavidad pleural, a través del tubo pleural, a cuatro sistemas distintos de drenaje torácico en el siguiente orden: en primer lugar, se conecta a un frasco pequeño bajo “sello de agua” o sistema de Bülow neonatal y en segundo lugar, a un frasco de mayor volumen; a continuación, se conecta el frasco grande a aspiración pleural de -5 cm de agua y finalmente a aspiración de -20 cm de agua.

La inducción anestésica se realiza mediante inyección por vía intramuscular de una mezcla al 50% de clorhidrato de ketamina (7,5 mg/kg) y propionilpromazina (1,5 mg/kg). Para el mantenimiento anestésico, se emplea una dosis intravenosa adicional de un cuarto de la mezcla antes mencionada, tras canalización de la vena marginal del dorso de la oreja del conejo. Para la extracción de muestras sanguíneas se cateteriza la arteria central de la misma oreja para gasometrías arteriales y equilibrio ácido-base. La monitorización de la frecuencia cardíaca (FC) se realiza mediante 2 electrodos neonatales colocados en región parasternal, uno en cada hemitórax, y otro en la región subcostal izquierda para registrar la frecuencia respiratoria (FR), conectados a un monitor neonatal.

Como tubo pleural se utiliza el número 8 para recién nacidos. Se practica una incisión cutánea en el quinto espacio intercostal introduciendo 1 cm del tubo en la cavidad pleural y

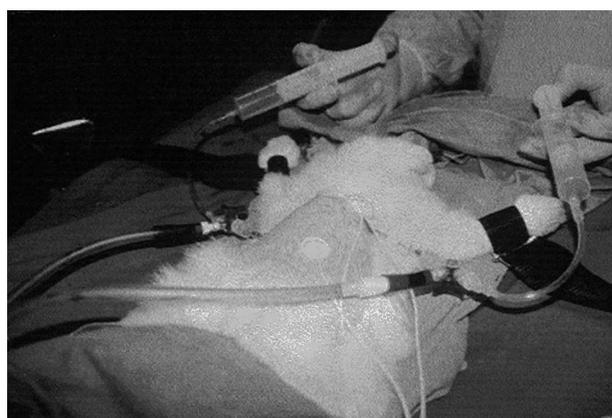


Fig. 1. Técnica de producción del neumotórax bilateral.

fijándolo al músculo intercostal con un punto de seda. El tubo pleural conecta y amplía la cavidad pleural con dos tipos de sistemas de drenaje: un frasco pequeño tipo Bülow neonatal de 35,58 ml, que tiene un nivel de agua que actúa como “sello”, y otro frasco grande de 3.940 ml de volumen extrapleural que consta de 3 cámaras: para la recolección de fluidos; para el estancamiento subacuático, y para la válvula reguladora de la intensidad de la aspiración negativa, que permite realizar aspiraciones de -1 a -25 cm de agua, mediante un aspirador eléctrico. Tras la instauración del tubo pleural y conexión al sistema de drenaje, se comprueba su correcta colocación en el espacio pleural, observando las oscilaciones de la columna del líquido del sistema de drenaje bajo “sello de agua”, en primer lugar en el frasco pequeño y después en el grande, anotando las fluctuaciones en centímetros de la columna hidrostática, en los distintos grupos de ensayo. El neumotórax se produce inyectando, a través del tubo pleural, 15 ml de aire por kg de peso del animal, mediante una jeringa de 50 ml, a su vez conectada al tubo pleural y al sistema de drenaje mediante una llave de 3 pasos. En el grupo sometido a neumotórax bilateral, se inyecta simultáneamente el mismo volumen de aire que para el unilateral, pero repartido entre ambos neumotórax. Para su evacuación, se conectan en “Y” los tubos pleurales, para drenar en un frasco único (fig. 1). Tras la realización de los distintos neumotórax, se procede a su evacuación, comprobándose mediante el burbujeo que se produce en el “sello de agua”, primero el frasco pequeño y después en el de volumen mayor. El mismo procedimiento se realiza con aspiraciones de -5 y -20 cm de agua.

Los controles radiológicos se practican con el animal en decúbito supino, mediante disparos en proyección frontal, en estado basal, tras la introducción del tubo pleural e inmediatamente tras la producción del neumotórax (fig. 2A). Posteriormente, se realizan controles radiológicos a los 5 min tras el drenaje tardío del neumotórax, para confirmar la evacuación del aire intrapleural (fig. 2B).

Se valoran los siguientes parámetros: mortalidad intraoperatoria, fluctuaciones de la columna de líquido del frasco de drenaje, FC, FR, gasometrías arteriales (PaCO_2 , PaO_2 , SaO_2) y equilibrio ácido-base (pH, exceso de bases en sangre [EB], exceso de bases en líquido extracelular [EBecf], bases *buffer* o bicarbonato estándar [BB], HCO_3^-). La toma de controles de la FC y FR se realiza, en primer lugar, tras la anestesia y monitorización basal del animal. A continuación, durante la cateterización arterial, junto con la primera extracción de muestra para gasometría. Posteriormente, se practican controles en cada uno de los cuatro momentos del estudio (conexión al frasco pequeño, al frasco grande y a aspiraciones de -5 y -20

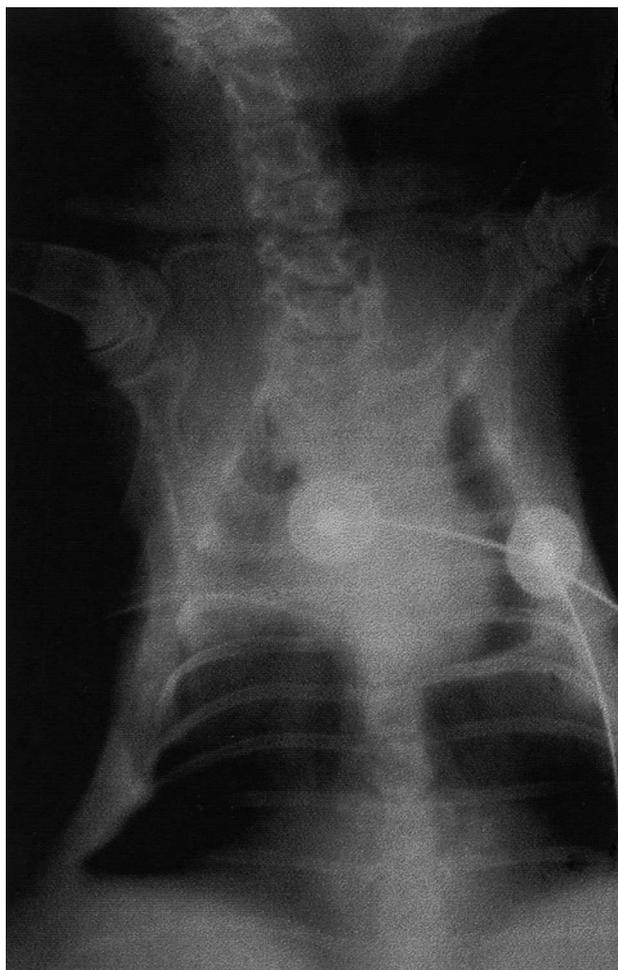


Fig. 2A. Imagen radiológica de neumotórax bilateral en animal del grupo P2.

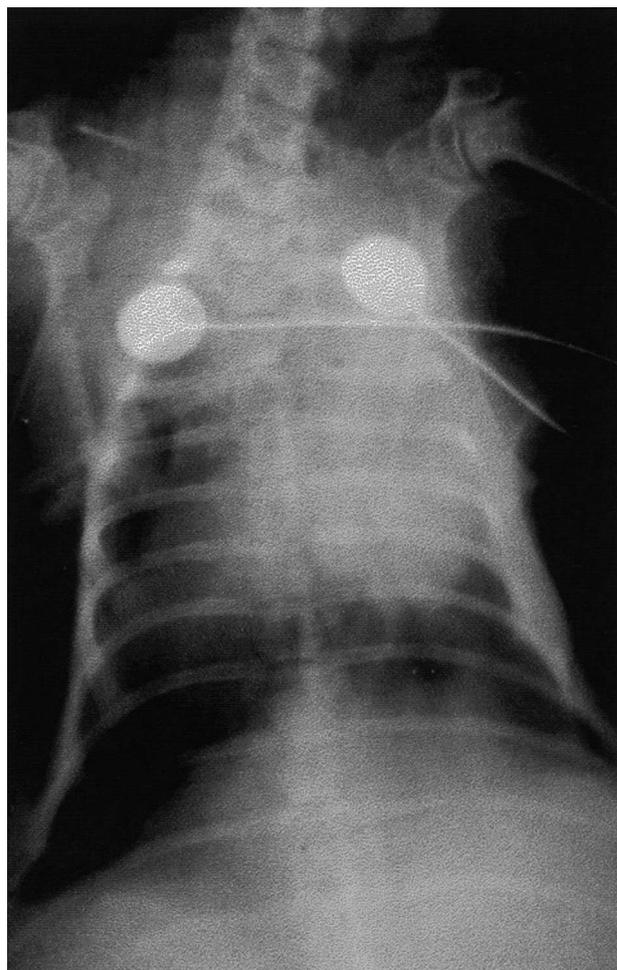


Fig. 2B. Control radiológico tras drenaje pleural aspirativo.

cm de agua), y dentro de cada momento, antes de realizar el neumotórax en el grupo problema o de pinzar el tubo pleural en el grupo control, a los 2 min tras el neumotórax o pinzamiento y a los 5 min del drenaje pleural en ambos grupos.

En cuanto a la metodología estadística, se utilizan el test exacto de Fisher para valorar la mortalidad intraoperatoria entre los distintos grupos de ensayo, y el test de Wilcoxon (suma de rangos) para valorar las fluctuaciones de la columna hidrostática de los sistemas de drenaje bajo "sello de agua", así como para comparar los resultados de cada variable cuantitativa analizada entre los distintos grupos, en los distintos momentos de la toma de controles.

Resultados

Dentro de los diferentes grupos de ensayo, se ha observado una mortalidad intraoperatoria de 7/10 en el grupo sometido a neumotórax bilateral (P2), en 4 casos tras conexión a frasco grande, que muestra diferencias estadísticamente significativas frente al resto de los grupos: P2-P1 = $p < 0,01$; P2 - C2 = $p < 0,05$. En las necropsias, el aspecto macroscópico de los pulmones era normal. En cuanto a las fluctuaciones de la columna del frasco de drenaje bajo "sello de agua", existen diferen-

cias significativas en los animales de todos los grupos durante las conexiones a los frascos de distinto volumen, como se demuestra en las escasas fluctuaciones de la columna del frasco grande: $0,46 \pm 0,17$ cm comparado con las mayores oscilaciones al conectar al frasco pequeño: $9,3 \pm 0,67$ cm ($p < 0,001$).

En los subgrupos problema, se producen caídas de la FC al producir el neumotórax, con recuperación tras su evacuación, excepto cuando se drenan a frasco grande, en cuyo caso se intensifica la bradicardia. La aspiración pleural produce una elevación de la FC. En cuanto a la FR, se observa una caída durante la producción del neumotórax, siendo máxima en los animales del grupo P2, seguido de los del grupo C2. La afectación es menor en los animales de los grupos P1 y C1. Llama la atención la mayor FR, a lo largo de toda la experiencia, de los animales del grupo P1, existiendo diferencias significativas con respecto a C1 y P2. La aspiración pleural produce una elevación de la FR, tanto en los grupos controles como en los problemas (tablas I-IV).

En los estudios gasométricos, existe un comportamiento homogéneo de la PaCO₂ en los controles, mientras que se eleva de forma llamativa en aquellos animales

TABLA I

Valores medios y desviaciones estándar de la frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (FR) y de los controles analíticos correspondientes a los animales del grupo problema sometido a neumotórax y drenaje pleural unilateral (P1)

Toma de controles	FC	FR	PaCO ₂	PaO ₂	SaO ₂
Monitorización	286 ± 31,1	115 ± 20,0			
Cateterización arterial	276 ± 42,0	138 ± 15,2	45,4 ± 3,45	89,8 ± 12,1	95,1 ± 1,70
Frasco pequeño					
B	262 ± 33,2	151 ± 30,2			
N	268 ± 39,4	122 ± 56,4	44,8 ± 5,15	86,6 ± 20,9	95,0 ± 1,96
D	272 ± 38,1	167 ± 30,1	45,7 ± 2,95	76,8 ± 11,2	93,4 ± 3,05
Frasco grande					
B	282 ± 20,5	168 ± 22,6			
N	242 ± 51,4	120 ± 40,1	49,6 ± 3,20	59,3 ± 12,6	85,3 ± 8,86
D	219 ± 61,0	133 ± 55,6	51,8 ± 6,58	64,5 ± 28,3	84,1 ± 12,1
Aspiración pleural (-5 cmH ₂ O)					
B	243 ± 49,4	156 ± 31,1			
N	255 ± 46,1	127 ± 50,0	53,8 ± 8,87	57,6 ± 14,7	81,9 ± 13,0
D	258 ± 59,2	168 ± 45,3	47,5 ± 4,75	61,0 ± 11,5	88,1 ± 6,49
Aspiración pleural (-20 cmH ₂ O)					
B	266 ± 66,8	159 ± 63,8			
N	259 ± 49,4	121 ± 49,5	47,1 ± 5,23	65,4 ± 13,6	90,1 ± 4,60
D	287 ± 37,9	146 ± 43,0	46,7 ± 4,11	67,9 ± 10,8	91,6 ± 3,32

B: basal; N: neumotórax; D: drenaje.

TABLA II

Valores medios y desviaciones estándar de la frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (FR) y de los controles analíticos correspondientes a los animales del grupo problema sometido a neumotórax y drenaje pleural unilateral (P2)

Toma de controles	FC	FR	PaCO ₂	PaO ₂	SaO ₂
Monitorización	258 ± 41,6	106 ± 19,7			
Cateterización arterial	257 ± 42,9	114 ± 20,0	42,3 ± 7,98	84,9 ± 3,37	95,5 ± 1,18
Frasco pequeño					
B	250 ± 35,7	123 ± 22,6			
N	236 ± 21,4	76,9 ± 33,1	47,4 ± 3,13	69,9 ± 16,6	89,6 ± 8,47
D	251 ± 54,0	152 ± 23,0	51,2 ± 9,69	72,0 ± 35,7	85,0 ± 14,5
Frasco grande					
B	233 ± 73,1	144 ± 58,0			
N	192 ± 66,9	66,4 ± 24,6	63,2 ± 19,4	47,1 ± 17,7	68,6 ± 29,5
D	189 ± 76,4	104 ± 27,2	62,6 ± 9,28	49,1 ± 18,8	71,8 ± 23,2
Aspiración pleural (-5 cmH ₂ O)					
B	249 ± 42,4	112 ± 15,1			
N	176 ± 124	81,0 ± 68,8	59,2 ± 17,5	56,3 ± 24,6	80,9 ± 12,3
D	254 ± 24,8	144 ± 43,0	47,5 ± 3,96	64,0 ± 15,4	91,0 ± 3,15
Aspiración pleural (-20 cmH ₂ O)					
B	260 ± 30,0	132 ± 14,5			
N	237 ± 84,8	65,7 ± 62,7	52,5 ± 9,96	64,0 ± 20,64	86,6 ± 118
D	267 ± 50,6	115 ± 38,2	44,4 ± 3,25	74,4 ± 10,5	94,5 ± 0,17

B: basal; N: neumotórax; D: drenaje.

sometidos a neumotórax, sobre todo bilateral y tras conexión al frasco grande. Durante la aspiración pleural de -5 y -20 cm de agua, se producen caídas de la PaCO₂, siendo mayores a -20 cm de agua. Los valores de la PaO₂ y SaO₂ se corresponden inversamente con los valores de la PaCO₂ (tablas I-IV). Respecto al pH, se observa una caída importante en el caso del neumotórax bilateral durante la conexión al frasco grande, y menor, en los sometidos a neumotórax unilateral. Durante las aspiraciones a -5 y -20 cm de agua se producen elevaciones del pH que se correlacionan con los descensos de la PaCO₂. En los controles, el pH es mayor que el del resto, lo que se correlaciona con el comportamiento de la PaCO₂. En cuanto al resto de los parámetros del equilibrio ácido-base se correlacionan con el pH y las gasometrías.

El sistema de rayos X se mostró muy útil para verificar qué tipo de sistema de drenaje es el más efectivo para evacuar el neumotórax. En el caso del drenaje con "sello de agua" sin aspiración, se observó un neumotórax residual; sin embargo, la aspiración pleural ha permitido, en todos los casos, la reexpansión pulmonar completa y la total evacuación de la cavidad pleural.

Discusión

Las características anatomofisiológicas del aparato respiratorio del conejo son básicamente similares a las del humano, según los datos aportados por distintos investigadores. A diferencia del perro, que es el animal en el que se han practicado la mayoría de estudios experi-

TABLA III

Valores medios y desviaciones estándar de la frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (FR) y de los controles analíticos correspondientes a los animales del grupo control sometido a drenaje pleural unilateral (C1)

Toma de controles	FC	FR	PaCO ₂	PaO ₂	SaO ₂
Monitorización	258 ± 22,7	113 ± 25,3			
Cateterización arterial	251 ± 31,6	102 ± 23,2	43,7 ± 4,07	93,7 ± 11,5	95,8 ± 1,61
Frasco pequeño					
B	239 ± 27,7	102 ± 14,9			
P	226 ± 41,1	73,0 ± 25,8	42,5 ± 4,63	105 ± 15,6	96,9 ± 1,02
D	235 ± 31,2	113 ± 19,7	43,7 ± 2,75	95,6 ± 6,7	96,3 ± 0,70
Frasco grande					
B	226 ± 45,3	114 ± 17,1			
P	230 ± 46,6	85,7 ± 28,6	42,7 ± 3,96	97,6 ± 10,8	96,4 ± 1,50
D	246 ± 25,1	131 ± 31,0	42,5 ± 3,98	93,9 ± 12,3	96,0 ± 1,81
Aspiración pleural (-5 cmH ₂ O)					
B	244 ± 28,3	126 ± 23,8			
P	220 ± 50,6	83 ± 16,3	42,3 ± 2,82	95,1 ± 21,6	95,8 ± 2,12
D	235 ± 23,3	105 ± 20,6	43,1 ± 2,92	88,1 ± 15,2	95,0 ± 1,85
Aspiración pleural (-20 cmH ₂ O)					
B	236 ± 33,5	114 ± 24,7			
P	233 ± 37,9	87,8 ± 14,4	43,1 ± 3,07	96,1 ± 21,1	96,0 ± 1,76
D	239 ± 34,4	107 ± 18,6	43,2 ± 2,86	96,7 ± 11,9	96,4 ± 1,22

B: basal; P: pinzado; D: drenaje.

TABLA IV

Valores medios y desviaciones estándar de la frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (FR) y de los controles analíticos correspondientes a los animales del grupo control sometido a drenaje pleural bilateral (C2)

Toma de controles	FC	FR	PaCO ₂	PaO ₂	SaO ₂
Monitorización	264 ± 20,2	107 ± 28,9			
Cateterización arterial	246 ± 19,0	77 ± 30,9	41,2 ± 4,44	100 ± 14,3	96,3 ± 1,04
Frasco pequeño					
B	239 ± 16,7	117 ± 22,7			
P	227 ± 38,0	73,9 ± 21,2	46,9 ± 6,18	89,0 ± 27,9	93,9 ± 2,62
D	241 ± 26,7	108 ± 28,5	45,0 ± 5,21	88,0 ± 13,2	94,8 ± 2,24
Frasco grande					
B	238 ± 40,3	113 ± 35,6			
P	237 ± 35,2	76,3 ± 20,6	44,9 ± 2,88	85,6 ± 18,2	93,7 ± 4,63
D	257 ± 27,9	134 ± 27,0	47,8 ± 5,72	77,4 ± 22,9	88,3 ± 15,7
Aspiración pleural (-5 cmH ₂ O)					
B	256 ± 33,2	119 ± 43,5			
P	232 ± 20,3	70,3 ± 25,5	45,6 ± 2,93	87,8 ± 19,0	94,5 ± 2,85
D	240 ± 26,4	122 ± 40,0	43,3 ± 3,52	92,8 ± 20,3	95,4 ± 2,50
Aspiración pleural (-20 cmH ₂ O)					
B	250 ± 25,0	117 ± 28,9			
P	253 ± 23,6	79,8 ± 26,5	43,8 ± 4,46	91,8 ± 11,7	95,7 ± 1,35
D	250 ± 22,8	116 ± 15,4	45,6 ± 5,42	89,8 ± 6,04	95,6 ± 0,80

B: basal; P: pinzado; D: drenaje.

mentales sobre neumotórax, el conejo presenta un mediastino resistente e intacto, manteniendo presiones intrapleurales negativas en el lado sano, en el caso del neumotórax unilateral, ya que ambas cavidades pleurales están separadas¹⁸⁻²⁵.

De los resultados obtenidos en nuestra experiencia, destaca una mortalidad intraoperatoria del 70% en el grupo P2 durante su conexión al frasco grande. Creemos que esta elevada mortalidad se debe a que este sistema, de gran volumen, amplía el espacio pleural en el exterior del tórax en casi 4 l, lo que podría interferir en la mecánica ventilatoria pulmonar del conejo, ya que precisa un trabajo respiratorio adicional para movilizar dicho volumen y mantener, así, las oscilaciones de la presión negativa intrapleural^{19,20,24}.

Durante el drenaje a frasco grande se produce una importante depresión cardiorrespiratoria, con hipercapnia, hipoxemia y desaturación arterial de O₂, sobre todo durante el drenaje bilateral, como hemos comprobado en estudios previos de nuestro grupo de trabajo²⁰, en ausencia de neumotórax previo. No existió ninguna complicación de los procedimientos quirúrgicos que contribuyera a la mortalidad intraoperatoria.

Las fluctuaciones de la columna del frasco pequeño son similares en todos los grupos; sin embargo, disminuyen de forma muy manifiesta cuando se conecta al frasco grande. Estas diferencias pueden explicarse porque el aumento del volumen extrapleural que supone la instauración de un sistema de drenaje de gran volumen repercute de forma desfavorable sobre la presión final

obtenida, siendo insuficiente el trabajo respiratorio de los animales conectados al frasco grande, como expresan las pequeñas oscilaciones de la columna de agua^{6,7,11,20}. Esta interferencia con la dinámica ventilatoria se produce porque las presiones fisiológicas intrapleurales se ven amortiguadas al ser ejercidas sobre un volumen mayor que el prácticamente virtual que constituye la cavidad pleural.

Observamos comportamientos diferentes en cuanto a la FC: mientras que en el grupo control se aprecian oscilaciones de la FC a lo largo de la experiencia, en los grupos problema se producen caídas de la misma al producir los neumotórax, que pueden ser imputados a los mecanismos fisiopatológicos descritos por distintos autores^{5,14,22,24}; mientras que la elevación de la FC tras la aspiración pleural puede deberse a que este procedimiento simula lo que ocurre durante la inspiración normal, en la que aumenta el retorno venoso cardíaco, que estimula los barorreceptores auriculares, lo que produce un aumento de la presión venosa central y elevación de la FC^{1-3,11,20}.

La caída de la FR tras la producción del neumotórax puede explicarse debido a que la taquipnea transitoria que se produce por el reflejo de deflación de Hering-Breuer, inmediatamente tras el colapso pulmonar, va seguida de bradipnea^{1,21}; por el contrario, la aspiración pleural provoca el mismo efecto que la distensión alveolar que a través del reflejo de inflación de Hering-Breuer, que es provocado por la distensión alveolar, y que a través de la estimulación vagal inhibe el centro respiratorio, lo que disminuye la FR, con recuperación rápida de la misma, como hemos comprobado en experiencias previas^{1-3,18,20,21}.

En cuanto a la hipercapnia observada en los animales del grupo P2, se explica por los mecanismos aceptados para la fisiopatología del neumotórax^{1,3,14,21-25}, por lo que es más manifiesta cuando es bilateral, mientras que la no recuperación de las cifras de PaCO₂ en los grupos P1 y P2 tras el drenaje con “sello de agua”, al contrario de lo que ocurre con la aspiración negativa, evidencia a nuestro juicio la menor efectividad del primer sistema para drenarlo, por la existencia de un neumotórax residual, comprobado radiológicamente, ya que se requieren presiones intrapleurales positivas, superiores a la altura del “sello de agua” para permitir la evacuación total del aire intrapleural. Por el contrario, las caídas de la PaCO₂ que se producen en la aspiración pleural, son secundarias a la evacuación más efectiva del neumotórax, aunque no se descartan otros factores como la distensión alveolar producida por la aspiración pleural que mejoraría la difusión del CO₂ en la región alveolar, lo que unido a la mayor solubilidad de este gas, haría que se intercambiase de forma más rápida y efectiva que el O₂.

Las alteraciones de la mecánica ventilatoria inducen un cambio en el intercambio gaseoso, lo que ocasiona no sólo la alteración en el CO₂, como signo de mala ventilación, sino también una menor PaO₂ y SaO₂.

En cuanto a las modificaciones del equilibrio ácido-base, son más lentas que las que se producen en el carbónico y el pH, debido posiblemente a la mayor lentitud

de los mecanismos encargados de corregir las alteraciones del mismo, por el sistema Búffer^{1-3,20-25}.

Una vez realizado el análisis de los resultados de nuestro estudio, obtenemos las siguientes conclusiones:

1. La producción del neumotórax experimental provoca disminución de la FC, FR, PaO₂, SaO₂ y pH, y elevación de la PaCO₂, siendo mayores estas alteraciones cuando el neumotórax es bilateral, lo que ha llevado a una mortalidad elevada.

2. El drenaje con frasco de gran volumen se acompaña de mínimas fluctuaciones de la columna del “sello de agua”, lo que evidencia la interferencia de este procedimiento de drenaje sobre la mecánica ventilatoria, haciendo que el esfuerzo respiratorio no sea capaz de provocar modificaciones de la presión pleural útiles para producir movimientos respiratorios eficaces.

3. En nuestra experiencia, el drenaje bajo “sello de agua” con frasco de gran volumen, sin aspiración, se acompaña de una elevada mortalidad, por lo que no lo consideramos indicado como medida terapéutica para la evacuación del neumotórax en el recién nacido.

4. El procedimiento más eficaz de drenaje del neumotórax ha sido la aspiración pleural con presiones negativas, sin que existan diferencias significativas cuando se hacen a -5 o a -20 cm de agua.

BIBLIOGRAFÍA

1. West JB. Respiratory physiology (4.ª ed.). Baltimore: Williams & Wilkins, 1990; 113-128.
2. Guyton AC: Tratado de Fisiología Médica (8.ª ed.). México: Ed. Interamericana McGraw Hill, 1993; 419.
3. Ruza F. Principios básicos de fisiología pulmonar. En: Ruza F, editor. Tratado de cuidados intensivos pediátricos (2.ª ed.). Madrid: Ed. Norma S.A., 1993; 307-329.
4. Maier HC. The pleura. En: Sabiston DC Jr, Spencer FC, editores. Gibbon's surgery of the chest (4.ª ed.). Filadelfia: WB Saunders Co., 1983; 393.
5. Batchelder TL, Morris KA. Critical factors in determining adequate pleural drainage in both the operated and nonoperated chest. Am Surg 1962; 28: 296-302.
6. Emerson DM, McIntyre RN. A comparative study of the physiology and physics of pleural drainage systems. J Thorac Cardiovasc Surg 1966; 52: 40-46.
7. Roe BB. Physiologic principles of drainage of the pleural space. Am J Surg 1958; 96: 246-253.
8. Rothberg AD, Marks KH, Maisels MJ. Understanding the pleurevac. Pediatrics 1981; 67: 482-484.
9. Allen RW, Jung AL, Lester P. Effectiveness of the chest tube evacuation of pneumothorax in neonates. J Pediatr 1981; 99: 629-634.
10. Sánchez Lloret J. Sistema de drenaje pleural transportable. Rev Quir Esp 1977; 13: 211-213.
11. So SY, Yu DY. Catheter drainage of spontaneous pneumothorax: suction or no suction, early or late removal? Thorax 1982; 37: 46-48.
12. Grupo de Trabajo de la SEPAR (Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica). Normativa sobre diagnóstico y tratamiento del neumotórax. Arch Bronconeumol 1995; 31: 339-345.
13. Wood B, Dubik M. A new device for pleural drainage in newborn infants. Pediatrics 1995; 96: 955-956.
14. Martínez Ibáñez V, Fina A, Salcedo S, Jiménez AI, Boix-Ochoa J. Actitud quirúrgica ante el neumotórax neonatal persistente. Cir Pediatr 1989; 2: 76-78.

15. Miller KS, Sahn SA. Chest tubes: indications, technique, management and complications. *Chest* 1987; 91: 258-264.
16. Varela G, Arroyo A, Larru E, Díaz-Hellín V, Gámez P. Tratamiento del neumotórax con drenaje fino sin sello de agua. *Arch Bronconeumol* 1994; 30: 185-187.
17. Hernández Ortiz C, Zugasti García K, Emparanza Knör R, Boyero Uranga A, Ventura Huarte I, Isaba Senosiain L et al. Neumotórax espontáneo idiopático: tratamiento basado en la aspiración con catéter fino frente a drenaje torácico. *Arch Bronconeumol* 1999; 35: 179-182.
18. Whei JY, Shen EH. Vagal expiratory afferent discharge during spontaneous breathing. *Brain Res* 1985; 335: 213-219.
19. Farhi LE, Otis AB, Proctor DF. Measurements of intrapleural pressure at different points in the chest of the dog. *J Appl Physiol* 1957; 10: 15-18.
20. Núñez R, Muñoz JA, Vázquez F, González M, Blesa E. Repercusión de distintas formas de drenaje torácico sobre la función respiratoria. *Cir Pediatr* 1996; 9: 28-31.
21. Monin P, Vert P. Neumotórax. En: Stern L, editor. *Clínicas de perinatología. Aparato Respiratorio*. México: Ed. Interamericana, 1978; 5: 336-350.
22. Gustman P, Yerger L, Wanner P. Immediate cardiovascular effects of tension pneumothorax. *Am Rev Respir Dis* 1983; 127: 171-174.
23. Maloney JV, Schmutzer KJ, Raschke E. Paradoxical respiration and pendelluft. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1961; 22: 264.
24. Pavlin DJ, Nessly ML, Cheney FW. Hemodynamic effects of rapidly evacuating prolonged pneumothorax in rabbits. *J Appl Physiol* 1987; 62: 477-484.
25. Caldwell EJ, Fry DL. Pulmonary mechanics in the rabbit. *J Appl Physiol* 1969; 27: 280-285.