

La función pulmonar y la desviación cardiopulmonar

Doctores Jawahar Ghía y Nikaan B. Andersen

En adultos y en niños medimos la resistencia de las vías respiratorias, el gradiente de oxígeno alveolar -arterial (oxígeno 100 por 100) y la relación espacio muerto-volumen periódico al principio y al final de la anestesia. Las operaciones llevadas a cabo incluyeron derivación cardiopulmonar y procedimientos torácicos abdominales y superficiales. La resistencia de las vías aéreas aumentó cuando se abrió la pleura. Sin embargo, con las pleuras intactas, incluso la derivación cardiopulmonar no tuvo ningún efecto sobre el rendimiento pulmonar. Los efectos deletéreos de la pleurotomía fueron aliviados por el humedecimiento de la mezcla gaseosa inspirada, y, durante la derivación pulmonar, haciendo respiraciones profundas intermitentes. Nosotros llegamos a la conclusión que la pleurotomía interfiere con la función pulmonar, sobre todo por la retracción de los pulmones y por la retención de secreciones.

Después de los procedimientos de derivación cardiopulmonar, el 60 por 100 de los enfermos muestran alteraciones pulmonares: éstas son graves en el 20 por 100 de los casos. Las atelectasias difusas son frecuentemente la alteración básica. En un estudio anterior encontramos que la resistencia de las vías respiratorias aumentó en más del 20 por 100 durante la derivación,

pero disminuyó durante procedimientos no derivativos (5).

En el presente estudio medimos el efecto de la derivación sobre la resistencia del flujo total de las vías aéreas (TFR), adaptación estática completa de los pulmones y de la pared torácica (TSC), la diferencia de tensión de oxígeno alveolo-arterial (A-a DO_2) y la relación espacio muerto volumen periódico (VD/VT). Debido a que la anestesia de por sí afecta las características pulmonares (6), las mediciones fueron hechas durante la anestesia, antes de abrir y después de cerrar el tórax. Para determinar los factores involucrados en la deterioración de la función pulmonar y para encontrar medios de prevenir cambios indeseables, hicimos pruebas con distintos anestésicos en diferentes procedimientos operatorios.

MÉTODOS

Estudiamos 109 enfermos no seleccionados, 65 adultos y 44 niños por debajo de la edad de doce años; las intervenciones llevadas a cabo incluyeron 59 derivaciones y 21 procedimientos torácicos, 16 abdominales y 13 superficiales. Los procedimientos y la duración de la anestesia y de la derivación se indican en el cuadro I. Las

CUADRO I

PROCEDIMIENTOS QUIRURGICOS EN LOS DIFERENTES GRUPOS, DURACION DE LA ANESTESIA Y DE LA DERIVACION Y EDADES DE LOS NIÑOS

Grupo	Adultos			Niños			
	Condición y procedimiento	N.º	Duración media (y extensión) de la anestesia y derivación, min.	Condición y procedimiento *	N.º	Duración media (y extensión) de la anestesia y derivación, min.	Edad media (y extensión) años
Derivación	Prótesis mitral	12		ASD	6		
	Prótesis aórtica	11	375	VSD	4	305	
	ASD	3	(240-525)	ASD y VSD	3	(235-450)	7
	Valvulotomía mitral	3	110	Tetralogía de Fallot	3	80	(2-11)
	Aneurisma	3	(42-235)	ECD	3	(22-230)	
	VSD	3		Misceláneos	5		
Torácico	Hernia de hiato	4		Persistencia del conducto arterioso	3		
	Esofagogastrectomía	4	215	Desviación de Cooley	3	218	4
	Toracotomía exploradora	2	(115-395)	Desviación de Blalock	2	(115-555)	(1-8)
	Decorticación	1		Esofagogastrectomía	1		
				Toracotomía exploratoria	1		
Abdominal	Hernia de hiato	3		Implantación de uréter	2		
	Piloroplastia, vagotomía.	3	200	Misceláneos	3	290	4
	Resección intestinal	2	(110-350)			(205-340)	(0.5-9)
	Misceláneos	3					
Superficial	Ortopédico	8	150	Herniorrafia	3	150	6
			(75-225)	Misceláneos	2	(75-225)	(0.5-12)

* ASD significa defecto septal atrial; VSD, defecto septal ventricular; ECD, defecto del cojín endocárdico.

técnicas llevadas a cabo han sido descritas antes (5) y no serán repetidas aquí con detalle.

Se dio a los pacientes una ligera medicación previa con fármacos no narcóticos. Los niños recibieron pentobarbital sódico, 1 mg/Kg. de peso corporal, y bromuro de metaescopolamina, 0,02 mg/Kg. La anestesia fue mantenida con Halotano, del 0,5 por 100 al 2 por 100, y óxido nítrico, al 50 por 100, en oxígeno. La ventilación fue controlada excepto durante la derivación (la tensión arterial media de dióxido de carbono (PaCO_2) (30 mm/Hg.). Los procedimientos torácicos no derivativos involucraron la apertura de la pleura, pero no la extirpación de tejido pulmonar. Al 20 por 100 de los enfermos adultos a los que se les estaba haciendo una derivación se les practicó esternotomías en la línea media con los sacos pleurales intactos; al resto se les practicó esternotomías o toracotomías anteromediales en el lado izquierdo o derecho con apertura de la pleura.

La derivación cardiopulmonar fue llevada a cabo de acuerdo con los estándares aceptados. Para los adultos se utilizó un oxigenador de disco, y para niños, un oxigenador 3 LF de ampolla disponible. Se cebó la bomba con solución Ringer y con sangre heparinizada de un día. Se mantuvo el pH a niveles normales mediante la adición de bicarbonato de sodio. El atrio izquierdo fue descomprimido. En la mayor parte de los casos, una parte de la sangre venosa coronaria se drenó pasivamente en la circulación coronaria. Durante la derivación, los pulmones fueron inflados estáticamente bajo una presión de cinco centímetros de H_2O y un flujo de oxígeno de 500 ml/min. en el circuito anestésico. En algunos de estos enfermos se inflaron los pulmones dos veces cada diez minutos, hasta una presión de 25 a 30 centímetros de H_2O mantenida durante un minuto. En otros enfermos, a los que se estaba haciendo una derivación, la mezcla gaseosa inhalada fue saturada con vapor de agua a la temperatura corporal. Así, 31 enfermos tuvieron una derivación estándar (27 con pleurotomía y cuatro sin ella); 11 tuvieron derivación y ventilación (10 con pleurotomía y uno sin ella); a seis se les practicó derivación y humedecimiento (cinco con

pleurotomía y uno sin ella), y a 11 se les practicó derivación, ventilación y humedecimiento (10 con pleurotomía y uno sin ella). En 12 de los enfermos a quienes se practicó una pleurotomía sin derivación (torácica), la mezcla gaseosa fue también humedecida. Para la humidificación colocamos un humidificador en el circuito de anestesia y calentamos hasta que un par térmico en línea en el tubo endotraqueal registró la temperatura corporal.

Las mediciones fueron hechas en el enfermo paralizado aproximadamente quince minutos después de la inducción y quince minutos antes de la terminación de la anestesia, y, en enfermos a quienes se les estaba haciendo toracotomías, antes de abrir y después de cerrar el tórax. La técnica ha sido comunicada con anterioridad (5 y 7). En principio, una válvula solenoide se abrió electrónicamente de tal forma que los pulmones eran inflados de repente desde la posición espiratoria final con un flujo de oxígeno de un litro por segundo. La duración del flujo de gas fue preestablecida para que durase de 0,1 a un segundo, para administrar el doble del volumen periódico del enfermo, según había sido determinado por el nomograma de Radford. Usamos el aparato cuyo diagrama aparece en la figura 1.

De las presiones intratraqueales simultáneamente registradas (figura 2), leímos el TFR sin corregir (cm. H_2O por litro/seg.),

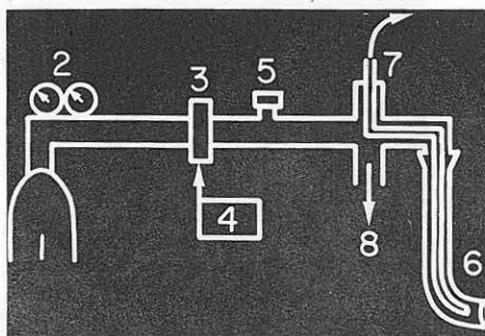


Figura 1. Máquina utilizada para la medida de la resistencia total del flujo y de la adaptación estática total. Cilindro de oxígeno (1), válvula reductora (2), válvula solenoide (3), contador de tiempo (4), válvula de seguridad (5), tubo endotraqueal (6), catéter de registro al conductor y al registrador (7) y al circuito de anestesia (8).

como aquella presión a la que comenzaba el flujo de gases dentro de los pulmones. Repetimos esta medida más tarde en el tubo endotraqueal aislado con el catéter de registro en posición. El TFR (corregido) era la diferencia entre los dos registros. El TSC (ml/cm. H₂O) fue medido de dos a cinco segundos después de la inflación pulmonar estándar, antes de que el sistema fuese abierto al circuito anestésico. En este momento, la presión bajó a menos de 0,2 centímetros de H₂O por segundo. El TSC fue la relación del volumen inflado y la presión registrada. Cada valor del TFR y del TSC comunicado representa la media de cinco registros.

En procedimientos derivativos también determinamos (A-a) DO₂ y VD/VT. El VD/VT fue medido en todos los enfermos, y (A-a) DO₂ solamente en enfermos sin defectos septales. Los pulmones de los enfermos en este momento habían sido ventilados con una mezcla de oxígeno y un porcentaje de volumen de halotano por ciento conocido durante veinte minutos. Se siguió el procedimiento estándar (5).

Las relaciones en línea recta fueron determinadas por el procedimiento de "least

squares" y las ramas de las curvas son registradas ± 1 de la desviación estándar. Todos los otros resultados están registrados como el medio ± 1 error estándar. Para estimar la significación de la diferencia entre los valores obtenidos antes y después de la cirugía, y entre la respuesta en diferentes grupos, se usaron respectivamente test de Student emparejados y sin emparejar.

RESULTADOS

La función pulmonar se deterioró durante los procedimientos estándar (a pleura abierta) de derivación. El cuadro II muestra que el TFR y el gradiente de oxígeno alveoloarterial aumentó, el TSC disminuyó y la relación VD/VT no fue afectada. El porcentaje de cambio en TFR fue mayor que en cualquiera de las otras variables. Los cambios individuales en (A-a) DO₂ estaban inversamente relacionados con los cambios de TSC (figura 3). En el cuadro III se ve que los procedimientos transpleurales torácicos tuvieron el mismo efecto en el TFR y TSC que tuvieron los procedimientos trans-

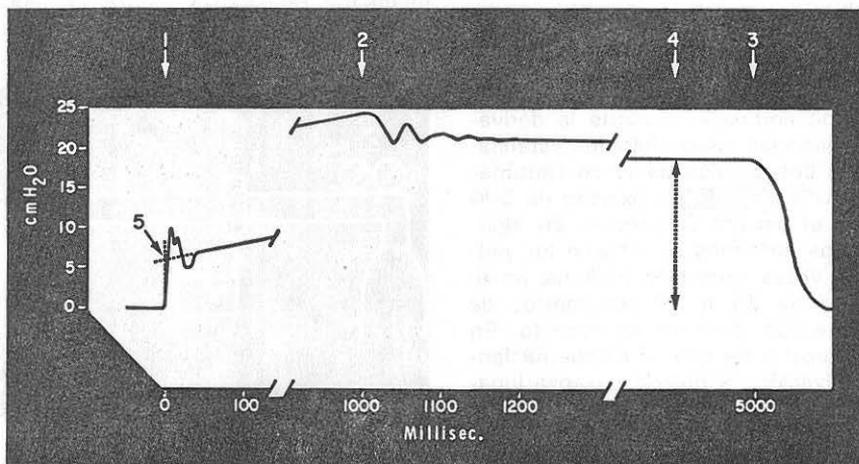


Figura 2. Registro de la presión intratraqueal durante la insuflación con flujo constante. Flujo=1 litro/seg., durante un segundo. Comienzo de la insuflación (1), final de la insuflación (2), sistema abierto (3), TSC=1.000/19=52,6 ml/cm. de agua (4) y TFR=6/1=6 cm. de agua por litro/seg. (5).

CUADRO II

LA FUNCION PULMONAR ANTES Y DESPUES DE LA DERIVACION CARDIOPULMONAR

Enfermos	N.º	Medición del	Derivación		Cambio %	P
			Antes	Después		
		TFR*				
Adultos	16		6.5 ± 0.7	8.5 ± 0.9	+30.8	<0.025
Niños	11		8.8 ± 2.1	16.6 ± 2.7	+88.6	<0.001
Total	27		7.3 ± 0.9	11.8 ± 1.3	+59.5	<0.001
		TSC				
Adultos	16		57.8 ± 3.0	48.9 ± 2.4	-15.3	<0.001
Niños	11		15.0 ± 1.6	15.0 ± 2.0	0.0	<0.001
Total	27		40.4 ± 4.0	35.0 ± 3.2	-15.4	<0.001
		(A - a)DO ₂				
Adultos	10		279 ± 21.5	350 ± 20.3	+25.4	<0.001
Total	12		271 ± 19.3	340 ± 20.0	+25.5	<0.001
		V _D /V _T				
Adultos	16		0.49 ± 0.02	0.51 ± 0.02	+4.1	...
Niños	11		0.43 ± 0.02	0.42 ± 0.05	-2.2	...
Total	27		0.47 ± 0.01	0.47 ± 0.03	0.0	...

* TFR significa resistencia total del flujo; TSC, adaptación estática total; (A-a) DO₂, diferencia de tensión de oxígeno alveoloarterial; VD/VT, relación espacio muerto volumen periódico.

pleurales de derivación. Los cambios después de intervenciones abdominales de cirugía mayor fueron menores y los procedimientos superficiales no tuvieron ningún efecto en absoluto. Sin embargo, en siete

enfermos que tenían sacos pleurales intactos durante la derivación cardiopulmonar (cuadro IV), los test de función pulmonar mostraron diferencias muy pequeñas entre los valores antes y después de la opera-

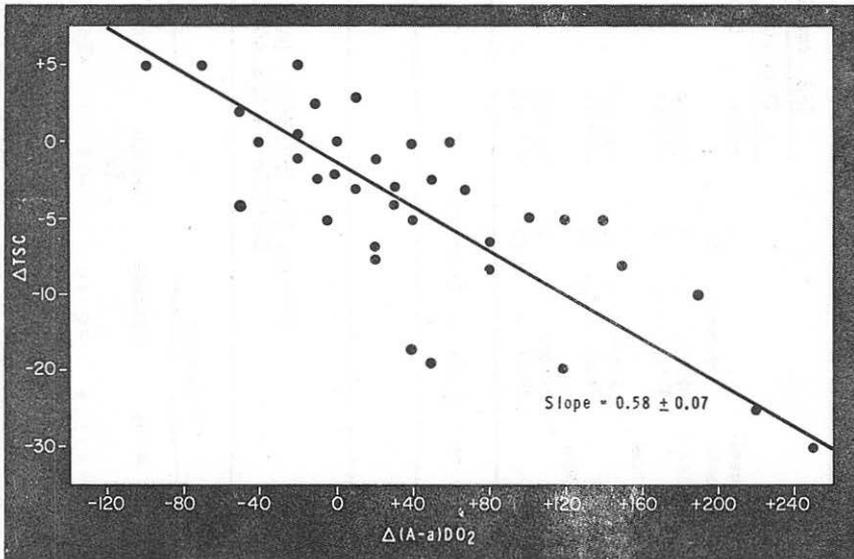


Figura 3. Relación entre el cambio en (A-a) DO₂ y cambio durante los procedimientos derivativos.

CUADRO III

MEDICION DEL TFR Y TSC ANTES Y DESPUES DE LA INTERVENCION EN DISTINTOS PROCEDIMIENTOS NO DERIVATIVOS

Procedimiento	Enfermos	N.º	TFR, cm. H ₂ O por litro/seg.				TSC, ml/cm. H ₂ O			
			Operación		Cambio %	P	Operación		Cambio %	P
			Antes	Después			Antes	Después		
Torácico	Adultos	5	1.8±0.4	2.4±0.6	+33.3	...	61.3±6.6	54.5±3.4	-11.1	...
	Total	9	4.1±1.1	7.4±2.7	+80.5	=0.05	42.2±7.0	37.2±7.2	-11.8	...
Abdominal	Adultos	11	3.8±0.7	4.1±0.8	+ 7.9	...	69.1±6.1	58.8±3.9	-15.0	<0.01
	Total	16	4.2±0.7	5.1±1.0	+23.8	<0.05	52.1±7.5	45.5±5.8	-14.0	<0.01
Superficial	Adultos	8	3.6±0.9	2.5±0.5	-30.7	=0.05	52.6±3.8	53.2±3.3	+1.1	...
	Total	13	5.0±0.9	4.1±0.8	-18.0	...	37.7±6.0	38.1±5.9	+1.1	...

Ver la nota al pie de! Cuadro II.

CUADRO IV

MEDIDA DEL TFR, TSC Y (A-a) DO₂ ANTES Y DESPUES DE LA DERIVACION EN SIETE ENFERMOS ADULTOS CON SACOS PLEURALES INTACTOS

Derivación			Derivación			Derivación		
Antes	Después	Cambio %	Antes	Después	Cambio %	Antes	Después	Cambio %
8.3±1.3	8.0±1.0	-3.6	43.6±5.2	44.4±4.9	+1.8	263±4.0	266±4.2	+1.1

Los pulmones fueron insuflados estáticamente en cinco enfermos (uno con gases humedecidos) y ventilados intermitentemente en dos (uno con gases humedecidos).

Ver la nota al pie del Cuadro II.

CUADRO V

MEDICIONES DE TFR Y TSC ANTES Y DESPUES DE INTERVENCIONES TORACICAS EN ENFERMOS VENTILADOS CON MEZCLAS GASEOSAS SATURADAS CON VAPOR DE AGUA A LA TEMPERATURA CORPORAL

Enfermos	N.º	Operación			P	Operación			P
		Antes	Después	Cambio %		Antes	Después	Cambio %	
Adultos	6	3.4±0.6	3.2±0.4	- 5.9	...	55.6± 5.9	48.7±4.3	-12.4	<0.025
Niños	6	8.7±3.2	10.8±3.7	+24.1	...	29.5±10.6	22.7±6.7	-23.0	...
Total	12	6.1±1.8	7.0±2.3	+11.5	...	42.5± 7.0	35.7±5.2	-16.0	<0.01

Ver la nota al pié del Cuadro II.

ción. La comparación de los enfermos adultos que sufrieron derivación y pleurotomía con aquellos que sufrieron derivación sin pleurotomía cambió de manera significativa el efecto de la derivación en el TFR ($P < 0,01$), TSC ($P < 0,05$), y (A-a) DO_2 ($P < 0,025$).

El cuadro V muestra que en las intervenciones torácicas transpleurales la saturación del gas inspirado con vapor de agua aliviaba el efecto de la pleurotomía en el TFR cuadro III ($P < 0,05$). El TSC disminuyó como antes. Sin embargo, la adición de humedad a la mezcla anestésica (cuadro VI) no cambió el efecto de la derivación en la función pulmonar en enfermos con pleuras abiertas e inflación estática pulmonar durante la derivación (cuadro II). Si por otro lado, los pulmones del paciente fueron ventilados intermitentemente durante la derivación de la pleurotomía (cuadro VI), no hubo diferencias entre los resultados de los test preoperatorios y posoperatorios. En este caso, la adición de humedad al gas mezclado no jugó un papel mensurable (cuadro VI). La comparación de todos los pulmones ventilados de enfermos durante la derivación y la pleurotomía con aquellos inflados estáticamente mostró que la ventilación cambió de manera significativa el efecto de la pleurotomía en el TFR ($P < 0,01$) y (A-a) DO_2 ($P < 0,05$).

En general, la función pulmonar después de los procedimientos de derivación se

alteró más en los niños que en los adultos. En la infancia, el TSC aumenta, y el TFR disminuye con la edad. Nosotros encontramos que el TSC aumentaba menos con el aumento de edad en los niños con enfermedad cardíaca que en los niños sin enfermedad de corazón. El TFR disminuye con el aumento de la edad en los niños sin enfermedad cardíaca, pero no existía ninguna relación en absoluto entre la edad y el TFR en los niños con enfermedad cardíaca. Existía también una diferencia en el TFR preoperatorio entre enfermos adultos con enfermedad cardíaca (media 6,5) y sin enfermedad cardíaca (media 3,3). El TSC inicial fue semejante en ambos grupos de adultos.

COMENTARIO

Los valores preoperatorios obtenidos aquí son comparables con aquéllos obtenidos por varios medios en circunstancias semejantes en la mayor parte de otros estudios (5). El nivel de anestesia fue clínicamente el mismo en el momento de la primera y la segunda serie de medidas. El halotano ha sido demostrado que no afecta el TFR. La duración de la anestesia podría haber afectado los resultados. Sin embargo, muchos procedimientos extratorácicos duraron tanto o más que algunos procedimientos torácicos. No pensamos que el tiempo jugase un papel significativo.

El TFR y (A-a) DO_2 aumentaron y el TSC

CUADRO VI

LA FUNCION PULMONAR ANTES Y DESPUES DE INTERVENCIONES DERIVATIVAS EN ADULTOS Y EN NIÑOS

Derivación	Medición	N.º de enfermos	Derivación		Cambio %	P
			Antes	Después		
+ Humedad	TFR	5	7.6 ± 2.0	15.1 ± 3.3	+98.7	<0.025
	TSC	5	36.0 ± 5.6	27.4 ± 4.6	-23.9	<0.025
	(A-a)DO ₂	5	242 ± 60.1	341 ± 61.6	+40.9	<0.05
	V _D /V _T	5	0.37 ± 0.03	0.40 ± 0.05	+ 8.1	...
+ Ventilación	TFR	10	10.0 ± 1.9	9.8 ± 1.5	- 2.0	...
	TSC	10	32.6 ± 3.4	32.1 ± 4.8	- 1.5	...
	(A-a)DO ₂	6	271 ± 37.1	284 ± 24.4	+ 4.8	...
	V _D /V _T	10	0.50 ± 0.03	0.47 ± 0.04	- 6.0	...
+ Ventilación	TFR	10	8.8 ± 1.6	8.9 ± 1.5	+ 1.1	...
	+ Humedad	TSC	10	25.0 ± 3.5	23.8 ± 4.0	- 4.8
	(A-a)DO ₂	7	285 ± 40.7	288 ± 39.3	+ 1.1	...
	V _D /V _T	10	0.44 ± 0.06	0.41 ± 0.04	- 6.8	...

Los pulmones fueron ventilados con gases humedecidos antes y después de la insuflación estática durante la derivación, intermitentemente ventilados durante la derivación, o ventilados con gases humedecidos en todo momento e intermitentemente insuflados durante la derivación.

Ver la nota al pie del Cuadro II.

disminuyó durante procedimientos derivativos cuando los pulmones fueron inflados estáticamente y se abrió la pleura. La función pulmonar también se deterioró durante las intervenciones torácicas transpleurales cuando no se utilizó la humedad. Hubo solamente cambios moderados durante las intervenciones abdominales, y durante las intervenciones superficiales la respuesta fue inversa. Los cambios en TSC y (A-a) DO₂ durante la derivación son comparables a aquéllos en un número de estudios anteriores en los que se hicieron registros en el día anterior y posterior de toracotomía y pleurotomía con o sin derivación (2, 3, 9).

Sin embargo, existe un acuerdo general en que estos cambios son insuficientes para explicar las dificultades respiratorias que experimentan estos enfermos en el posoperatorio.

Sullivan y colaboradores midieron el TSC y (A-a) DO₂ durante la anestesia antes y después de la derivación con pulmones

inflados estáticamente y no encontraron cambios significativos. Todos sus enfermos sufrieron una esternotomía en la línea media con sacos pleurales intactos. Cuando se utilizó la misma técnica quirúrgica en nuestros enfermos que estaban sufriendo una derivación, no se observaron cambios en la función pulmonar. Así, nuestros resultados están de acuerdo con los de Sullivan y colaboradores (10).

Pensamos que los grandes cambios en TFR registrados aquí en enfermos con las pleuras abiertas ayudan a explicar las dificultades respiratorias posoperatorias que experimentan estos enfermos. Por lo menos, los valores absolutos del TFR antes y después de la derivación pueden relacionarse directamente con el estado preoperatorio y el curso posoperatorio de estos enfermos. El efecto de la Cirugía pulmonar sobre el TFR ha sido estudiado previamente en perros, y Shimizu y Lewis encontraron que el TFR puede doblarse durante el proceso.

El humedecimiento de los gases inhalados impidió grandes cambios en TFR en los pacientes que estaban sufriendo operaciones torácicas, pero no tuvo ningún efecto en los enfermos que estaban sufriendo una derivación. La ventilación intermitente durante la derivación, por otra parte, impidió la deteriorización pulmonar tanto con humedecimiento como sin él. Pensamos que el colapso pulmonar debido a la retracción quirúrgica jugó un papel más importante durante las operaciones torácicas que durante las derivaciones (9). El humedecimiento puede haber ayudado a aliviar el efecto de la retracción sobre el TFR en las intervenciones torácicas, debido a su acción licuante sobre las secreciones. El vapor de agua, sin embargo, puede haber sido inactivo durante la derivación porque: 1) nunca alcanzó la periferia de los pulmones inflados estáticamente; 2) fue superfluo en ausencia de una retracción excesiva, ya que la ventilación intermitente fue suficiente para prevenir la deteriorización pulmonar, o 3) fue superfluo, ya que los pulmones fueron mantenidos inflados estáticamente y no fueron ventilados constantemente con gases secos. De nuevo, estudios en perros han dado los mismos resultados. Edmunds y Austen (12) encontraron que la hiperinflación intermitente impidió la disminución de la acomodación y el aumento de cortocircuitos durante la derivación. Es sorprendente que el VD/VT se mantuvo constante cuando el TFR cambió. Sin embargo, cambios favorables en el rendimiento cardíaco y la localización y distribución de los cambios en TFR pueden explicar esto (5).

Los cambios en TSC y (A-a) DO_2 pueden haber sido el resultado de varios factores: congestión pulmonar (12, 14) o retención de mucosidades y atelectasias difusas a nivel de los bronquiolos (11). La última explicación está de acuerdo con nuestros resultados. La apertura de la pleura probablemente conduce a la retracción de los pulmones por retroceso (15) que puede aumentar la importancia relativa de las secreciones periféricas y la tensión superficial en los alveolos (9, 11 y 16). La hiperinflación puede contrarrestar el efecto de la pleurotomía. No existe evidencia de aumento de las secreciones o hiperhidratación durante las intervenciones.

El aumento de TFR puede haber sido secundario a la retención de mucosidades en las vías aéreas mayores (11), a acidosis local en la circulación pulmonar asociada con vasoconstricción y edema (12 y 17) y a retracción pulmonar. Pensamos que los tres factores jugaron un papel. Así, registros seriados de TFR y TSC durante unas cuantas intervenciones estándar torácicas y derivativas mostraron que el mayor aumento de acomodación pulmonar coincidió con la retracción activa y que estas variables no mejoraron durante el resto de la operación.

Una humedad alta puede licuar y, por tanto, disminuir el efecto de las secreciones. La ventilación intermitente puede disminuir el efecto de la retracción sobre el calibre bronquial y la perfusión pulmonar. Esto último fue corroborado por Cartwright y colaboradores (17), quienes mostraron que una respiración asistida con dos litros de oxígeno, aproximadamente, por minuto es óptima para el mantenimiento del balance ácido-básico en el lecho sanguíneo pulmonar durante la derivación, con un flujo coronario intacto.

En la mayor parte de los casos, la deteriorización de la función pulmonar fue mayor en los niños que en los adultos. Esto podría haber sido esperado debido a los mecanismos de deterioración enumerados más arriba, ya que unas vías aéreas más estrechas tienden a acentuar los cambios. Poca acomodación y una reserva marginal acentúan todavía más las consecuencias, ya que los valores finales del TFR y TSC están relacionados con la gravedad de las complicaciones pulmonares posoperatorias (5).

La pleurotomía debe ser evitada cuando sea posible durante las intervenciones derivativas; la ventilación intermitente puede ayudar a aliviar el efecto deletéreo de la pleurotomía cuando ésta última está indicada. Los pulmones deben ser ventilados con gases humedecidos en todos los casos de pleurotomía.

Esta investigación fue subvencionada, en parte, por la donación 5 K03 GM33049-03 del National Institutes of Health y la donación 68 AG 18 de la Florida Heart Association.

BIBLIOGRAFIA

1. **Provan, I. L.; Ansten, W. G.; Scannell, J. G.:** "Respiratory complications after open-heart surgery". *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 51, 626, 638 (1966).
2. **Carzon, A. A.; Seltzer, B.; Lightenstein, S., et al:** "Influence of open-heart surgery on respiratory work". *Dis Chest*, 52, 392, 396 (1967).
3. **Fordham, R. M. M.:** "Hypoxaemia after aortic valve surgery under cardiopulmonary bypass". *Thorax*, 20, 505, 509 (1965).
4. **Osborn, J. J.; Popper, R. W.; Kerth, W. J., et al:** "Respiratory insufficiency following open-heart surgery". *Ann Surg* 156, 638, 647 (1962).
5. **Andersen, N. B.; Ghia, J.:** "Pulmonary function, cardiac status and postoperative course in relation to cardiopulmonary bypass". *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 59, 474, 483 (1970).
6. **Gold, M. I.; Helrich, M.:** "Pulmonary compliance during anesthesia". *Anesthesiology*, 26, 281, 288 (1965).
7. **Don, H. F.; Robson, J. G.:** "The mechanics of the respiratory system during anesthesia". *Anesthesiology*, 26, 168, 178 (1965).
8. **Patterson, R. W.; Sullivan, S. F.; Malm, J. R., et al:** "The effect of halothane on human airway mechanics". *Anesthesiology*, 29, 900, 907 (1968).
9. **Brownlee, W. E.; Allbritten, F. F., Jr.:** "The significance of the lungthorax compliance in ventilation during thoracic surgery". *J. Thorac. Surg.*, 32: 454, 463 (1956).
10. **Sullivan, S. F.; Patterson, R. W.; Malm, J. R., et al:** "Effect of heart-lung bypass on the mechanics of breathing in man". *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 51, 205, 212 (1966).
11. **Shimizu, T.; Lewis, F. J.:** "An experimental study of respiratory mechanics following chest surgery". *J. Thorac Cardiovasc. Surg.*, 52, 68, 75 (1966).
12. **Edmunds, L. H., Jr.; Austen, W. G.:** "Effect of cardiopulmonary bypass on pulmonary volume-pressure relationships and cardiovascular resistance". *J. Appl Physiol*, 21, 209, 216 (1966).
13. **Mandelbaum, I.; Giammona, S. T.:** "Extracorporeal circulation pulmonary compliance, and pulmonary surfactant". *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 48, 881, 889 (1964).
14. **Sladen, A.; Laver, M. B.; Pontoppidan, H.:** "Pulmonary complications and water retention in prolonged mechanical ventilation". *New Eng. J. Med.*, 279, 448, 453 (1968).
15. **Howatt, W. F.; Talner, N. S.; Sloan, H., et al:** "Pulmonary function changes following repair of heart lesions with the aid of extracorporeal circulation". *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 43, 649, 657 (1962).
16. **Egbert, L. D.; Laver, M. B.; Bendixen, H. H.:** "Intermittent deep breaths and compliance during anesthesia in man". *Anesthesiology*, 24, 57, 60 (1963).
17. **Cartwright, R. S.; Lim, T. P. K.; Luft, U. C., et al:** "Pathophysiological changes in the lungs during extracorporeal circulation". *Cir. Res*, 10, 131, 141 (1962).