

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad



Primera insuflación y ventilación a presión positiva

Fernando Silvera

Centro Hospitalario Pereira Rossell
Uruguay

“Evolution is much intelligent than you are”
Francis Crick

Introducción

La primera respiración y el primer llanto son señales que inequívocamente se asocian al inicio de una nueva vida. La primera bocanada de aire es un paso trascendente para establecer de manera adecuada la adaptación a la vida extrauterina, para cualquier edad gestacional, siendo el resultado de un proceso de maduración y crecimiento del sistema cardiopulmonar, que se prepara para el momento de iniciar la vida extrauterina. Esencialmente, se requiere de la aireación pulmonar y de establecer el intercambio gaseoso de manera eficiente, lo cual también depende de complejos cambios en el sistema cardiovascular, incluyendo la instalación de dos sistemas circulatorios: el pulmonar y el sistémico. Cuando es necesario asistir al recién nacido, es imprescindible conocer la fisiología de la transición, con el objetivo de que las conductas llevadas a cabo sean las adecuadas a las necesidades del paciente y permitan superar los desafíos que la situación clínica imponga, evitando o minimizando los daños.

A Francis Crick (1916-1928), físico, biólogo molecular y neurocientífico, que junto a James Watson describió la estructura molecular del ADN, se le atribuye la frase citada al inicio de esta presentación, referida a la importancia de la evolución en los procesos biológicos y fisiológicos. El nacimiento es un proceso fisiológico que también es resultado de un proceso evolutivo; en ese sentido, ajustar las estrategias terapéuticas a la fisiología que el feto y el recién nacido han alcanzado parece ser la decisión más segura para el paciente. En esto se han basado los cambios en el manejo en sala de nacimientos, cambiando el foco de “sobrevivir a toda costa” por “sobrevivir en mejores condiciones”.

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad



El pulmón en desarrollo

El pulmón se desarrolla en cinco etapas bien definidas: embriológica, de la 3ª-7ª semana; seudoglandular, de la 5ª-17ª semana; canalicular, de la 16ª-26ª semana; sacular, de la 24ª-38ª semana, y de las 38ª semana a los dos años de vida, como mínimo. Es en la etapa canalicular cuando aparece la membrana alvéolo-capilar y la red de capilares respiratorios, también, cuando se produce la diferenciación de las células tipo II y tipo I, con producción de surfactante. En las Figuras 1 y 2, se observa la progresión en el desarrollo de la estructura anatómica, la aparición de las células epiteliales (tipo I y II) y su disposición en el entorno de los capilares.

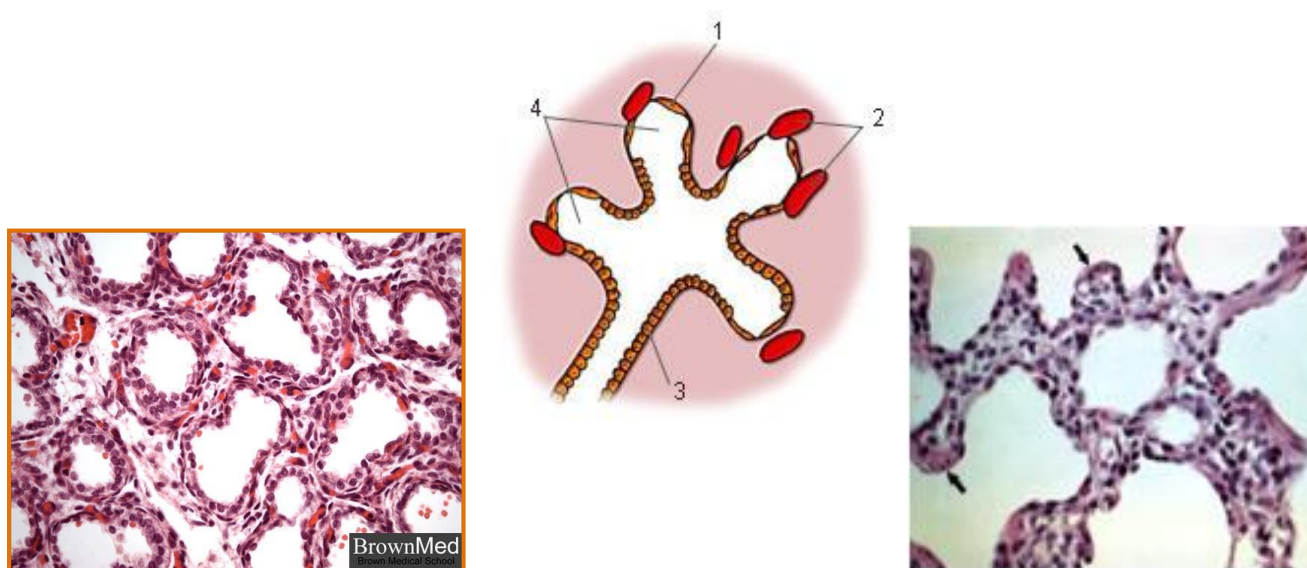


Figura 1. Etapa sacular-canalicular: 1) Células epiteliales (tipo I y tipo II); 2) Capilares; 3) Epitelio cuboidal; 4) Sacos terminales.

Tomado de: Histogenesis of the Lung. Atlas of Human Embriology.

<http://www.chronolab.com/atlas/embryo/histogenesis.htm>

Imágenes histológicas de etapas sacular y canalicular. Tomado de: Digital Pathology.

http://www.brown.edu/Courses/Digital_Path/systemic_path/index.html

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad

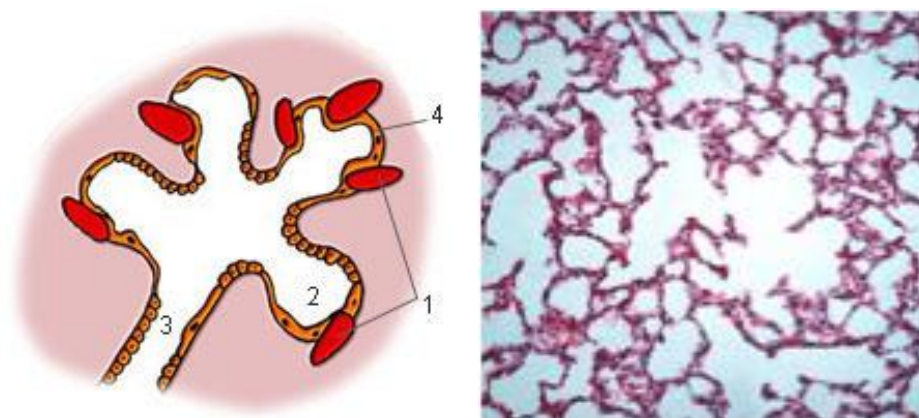


Figura 2. Etapa alveolar: 1) Capilares; 2) Alvéolos; 3) Bronquiolos terminales; 4) Células epiteliales.

Tomado de: Histogenesis of the Lung. Atlas of Human Embryology.

<http://www.chronolab.com/atlas/embryo/histogenesis.htm>.

Imágenes histológicas de etapas sacular y canalicular. Tomado de: Digital Pathology.

http://www.brown.edu/Courses/Digital_Path/systemic_path/index.html

En la actualidad, sobreviven recién nacidos prematuros de 22-23 semanas en adelante, es decir, que sus pulmones se encuentran al final de la etapa canalicular y en los inicios de la sacular; es increíble cómo pueden iniciar y establecer el intercambio gaseoso.

El desarrollo pulmonar antenatal puede verse alterado por la exposición materna al cigarro, la restricción del crecimiento fetal intrauterino y la corioamnionitis. En la vida postnatal inmediata o mediata, la injuria determinada por la ventilación mecánica, oxígeno, infección y, probablemente, por déficits nutricionales determina alteraciones o interrupción del desarrollo, que se reconocen en la base de patologías pulmonares propias de la prematurez, como la broncodisplasia pulmonar.

¿Cómo se produce el desarrollo y crecimiento pulmonar?

La morfogénesis del árbol pulmonar es controlada por la interacción entre células epiteliales y mesenquimales, con la diferenciación de dos tipos de células especializadas (células tipo I y II) y la subdivisión de los sacos alveolares (alveolarización), como hechos cruciales.

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad

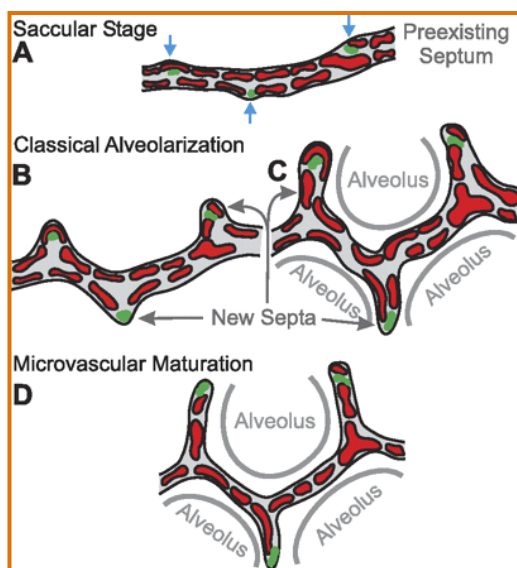


Figura 3. Alveolarización, formación de nuevos septos y maduración de la microcirculación. A) Se observan precursores de célula muscular lisa, fibras elásticas y fibras de colágeno (puntos verdes); se acumulan en los septos alveolares primitivos, en la zona donde los nuevos septos se van a formar (flecha); B) Los nuevos septos crecen y capilares vasculares ocupan ese nuevo espacio; C) Como resultado, los nuevos septos dividen el espacio aéreo, generando un nuevo alvéolo, pero con una doble capa de capilares; D) La maduración de la microvascularización determina una sola capa central de capilares en la pared alveolar. Tomado de: Development and Regeneration of the Human Lung. In: *Pulmonary Diseases and Disorders*, editado por Fishman AP. New York: McGraw Hill, 1988, p. 61-78.

El crecimiento del árbol pulmonar está vinculado, fundamentalmente, a fenómenos físicos donde la producción de líquido pulmonar fetal cumple un rol fundamental en la expansión de la microvasculatura y del área de superficie epitelial (árbol pulmonar y formación de alvéolos).

Durante la vida fetal, el pulmón es un órgano básicamente secretorio, que no cumple funciones de intercambio gaseoso, lo que se evidencia en el bajo volumen de sangre y nutrientes que recibe, que se utilizan, básicamente, para la síntesis de surfactante y producción de líquido pulmonar.

El líquido pulmonar es totalmente diferente en su composición al líquido amniótico. Se produce a partir del transporte activo de cloro (Cl) a través de la membrana apical del epitelio pulmonar hacia la luz alveolar, seguido, de manera pasiva, por el sodio (Na), a través de vías paracelulares (Figura 4). El agua fluye, entonces,

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad



hacia la luz alveolar, siguiendo al Na, a través de las células epiteliales o de canales de agua (aquaporinas), que son abundantes, por ej.: en las células tipo I (Figura 4).

La producción de líquido puede verse a partir de las seis semanas, con un aumento progresivo hasta el final del embarazo, hacia el término, el volumen pulmonar de líquido supera la capacidad residual funcional (CRF) luego del nacimiento, es decir, es mayor que el volumen del pulmón en reposo; esto se explica porque sin cierta expansión no puede haber crecimiento y maduración estructural.

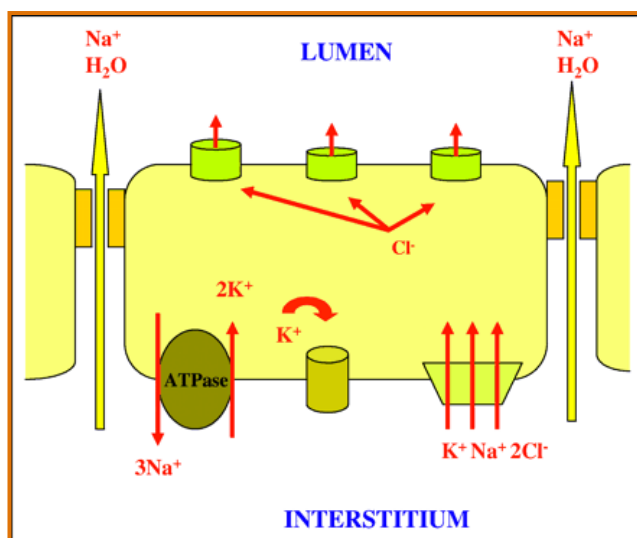


Figura 4. Modelo de secreción de líquido pulmonar por las células epiteliales.

Tomado de: Clearance of Fluid from Airspaces of Newborns and Infants; Nael Elias and Hugh O'Brodivich. *NeoReviews*, 2006; 7:e88-e94.

Hay una relación lineal entre crecimiento y producción de líquido pulmonar, lo cual se confirma al observar que factores que interfieren con la generación de volumen de líquido pulmonar se asocian con falta de crecimiento alvéolo-capilar pulmonar (hipoplasia pulmonar), como en el caso de la hernia diafragmática o la compresión torácica, por ausencia de líquido amniótico por rotura prolongada de membranas de larga data.

En el crecimiento pulmonar también participan otros mecanismos, como son los movimientos respiratorios fetales y períodos de pausa respiratoria. El feto presenta movimientos respiratorios desde las 11 semanas de gestación, principalmente generados por contracciones diafragmáticas, los que se vuelven más frecuentes y vigorosos (30-70 respiraciones/min) hasta el momento del inicio del trabajo de parto, en que descienden

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad



abruptamente. Estos movimientos sumados a la acción de los músculos aproximadores de la glotis contribuyen a la expansión pulmonar mediante el aumento de la presión transpulmonar. Los movimientos respiratorios fetales se alternan con períodos de apnea en los que también ocurre de manera periódica un cierre de la glotis lo cual favorece la acumulación de líquido con la expansión pulmonar como resultado.

El líquido pulmonar, que contiene surfactante, alcanza la vía aérea superior y en cantidades variables se vuelca al líquido amniótico, lo cual se utiliza en muchas ocasiones como forma de objetivar el grado de maduración pulmonar del paciente.

Concomitante con el desarrollo pulmonar, se produce el desarrollo del árbol vascular pulmonar, controlado por factores angiogénicos (el factor de crecimiento endotelial vascular -VEGF- es el más importante). A partir de dos procesos básicos, angiogénesis (formación de vasos a partir de ya existentes) para los vasos pulmonares centrales y vasculogénesis (formación de nuevos vasos a partir de angioblastos o precursores celulares) para los vasos pulmonares periféricos, por un mecanismo de fusión vascular se conectan ambas redes vasculares.

El papel de los glucocorticoides en el desarrollo y crecimiento pulmonar ha sido ampliamente estudiado, parece claro que el desarrollo normal del pulmón requiere de la presencia de glucocorticoides a bajos niveles que participan en la maduración anatómica. Por otro lado se ha observado que el stress fetal, con el aumento consecuente de glucocorticoides, favorece la maduración pulmonar y la síntesis de surfactante. A su vez la administración de glucocorticoides antenatales determina cambios en el pulmón fetal, inicialmente anatómicos (como el afinamiento del intersticio pulmonar), y hacia los 7 días de la administración se asocia con el aumento del pool de fosfolípidos y de las proteínas de surfactante, lo cual se ha utilizado ampliamente en la clínica para prevenir las afecciones vinculadas a la inmadurez pulmonar en el prematuro.

Cambios respiratorios y cardiocirculatorios en el nacimiento

El pasaje a la vida extrauterina requiere de tres eventos fundamentales que están asociados entre sí y son interdependientes:

- La reabsorción del líquido pulmonar.
- La adaptación cardiocirculatoria adecuada.
- El establecimiento de la capacidad residual funcional.

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad



La reabsorción del líquido pulmonar

En las etapas previas al nacimiento, el pulmón se encuentra lleno de líquido. Previo al nacimiento, sobre todo vinculado al trabajo de parto, se produce el cese de la secreción y la recaptación de líquido pulmonar desde la luz alveolar (Figura 5). Éste es el principal mecanismo de aclaramiento de líquido del pulmón; está mediado por la liberación de catecolaminas (sobre todo, adrenalina), y regulado por la actividad de la bomba de Na-K ATPasa. Ambas células epiteliales participan en la reabsorción de líquido; las células tipo II son menos numerosas, pero presentan un sistema de microvellosidades que amplía la superficie de contacto con la luz alveolar; las células tipo I, que corresponden al 95% del capital epitelial, cuentan con abundantes canales mediados por la Na-K ATPasa (Figura 5).

Debe tenerse en cuenta que la actividad de la bomba de Na-K ATPasa aumenta hacia el final del embarazo, por tanto, en los nacimientos pretérmino, la menor actividad de esta bomba puede ser causa del edema pulmonar frecuentemente observado.

También los glucocorticoides participan en el *clearance* de líquido pulmonar, aumentando la expresión de la bomba de Na-K ATPasa, de los canales de sodio y de aquaporinas; por otro lado, se ha reportado el papel del aumento de la tensión de O₂ en el cambio de la actividad celular de secreción activa de Cl a reabsorción de Na, en los momentos previos al parto.

La presencia de trabajo de parto es fundamental en la reabsorción del líquido pulmonar; los pacientes nacidos por cesárea sin trabajo de parto tienen pulmones con mayor contenido de agua, para cualquier edad gestacional, siendo más trascendente en los más inmaduros.

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad

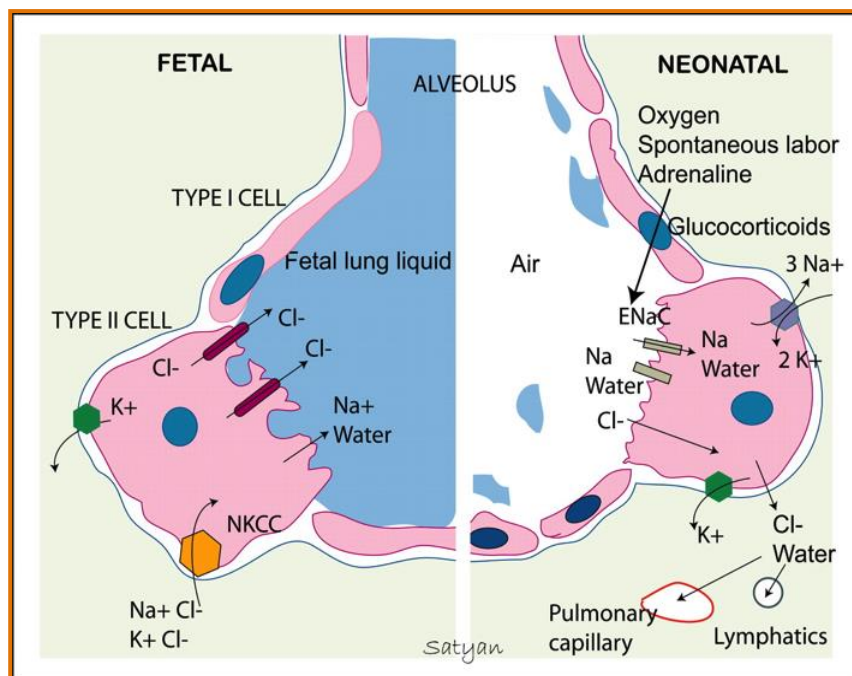


Figura 5. Producción y reabsorción de líquido pulmonar.

Tomado de: Gugliani L, et al. Transient tachypnea of the newborn. *Pediatr Rev*, 2008 Nov; 29(11):e59-65.

Se ha demostrado el papel de las fuerzas mecánicas en el *clearence* del líquido pulmonar durante el trabajo de parto, en la primera etapa del mismo, por la acción de las contracciones uterinas que llevan a cambios de posturas fetales, con compresión del tórax y, luego, en la segunda etapa, al pasar por el canal de parto (“escurrimiento vaginal”), también por compresión de una caja torácica complaciente y del abdomen, aproximadamente el 25-33% del líquido pulmonar puede retirarse de la vía aérea por este mecanismo (aunque esto no está del todo aclarado).

Rol de la respiración en la aireación pulmonar

De todas formas, cuando se produce el nacimiento, el pulmón aún está lleno de agua, hasta que el recién nacido realice los primeros esfuerzos respiratorios.

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad



Hay dos procesos por los cuales se completa el drenaje del líquido pulmonar luego del nacimiento: el flujo de líquido a través de las células epiteliales hacia el intersticio, seguido del pasaje del líquido intersticial al torrente sanguíneo directamente en los vasos pulmonares, o a través de los capilares pulmonares que vuelcan en el retorno venoso sistémico (Figura 6).

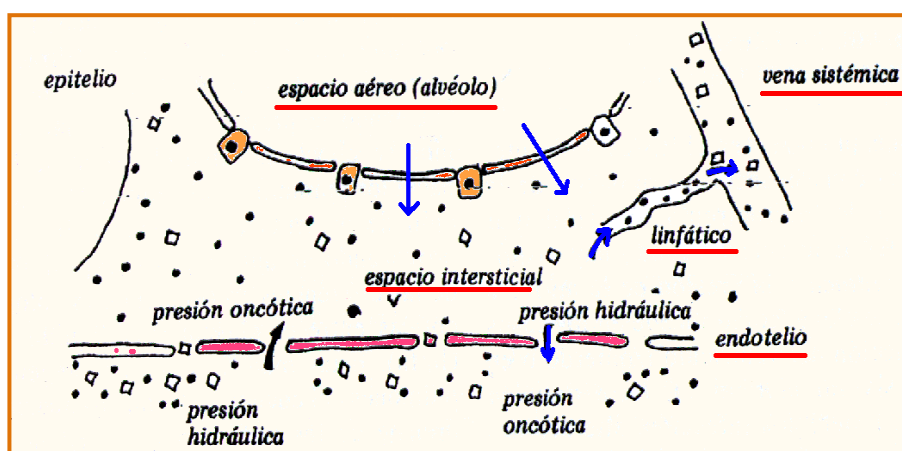


Figura 6. Drenaje del líquido pulmonar de las células epiteliales al sistema vascular o linfático. El pasaje de agua del intersticio al torrente vascular o capilar (flechas azules) es un paso crucial en el *clearance* pulmonar. Tomado y modificado de: Bland RD. Lung Fluid Balance During Development. *NeoReviews*, June 2005; Vol. VI.

Recientes estudios realizados, con imágenes de rayos X por contraste de fase a nivel experimental, han mostrado que los movimientos de líquido desde el espacio alveolar al intersticio ocurren sólo durante la inspiración, indicando que la presión transpulmonar generada por los esfuerzos inspiratorios juega un papel crítico en la aireación pulmonar. En la Figura 7, se observa el registro pletismográfico, mediante el cual se mide el volumen pulmonar generado y la aireación pulmonar durante las primeras inspiraciones (en conejo), donde queda reflejada la importancia de cada inspiración en este proceso fisiológico.

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad

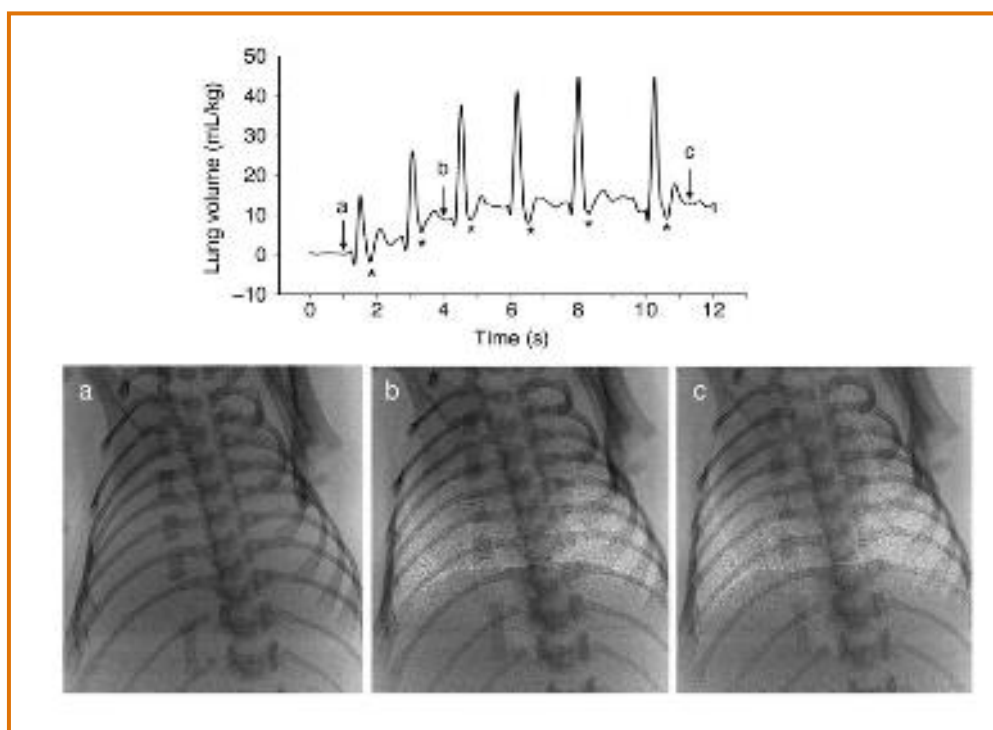


Figura 7. Actividad respiratoria y aumento del volumen pulmonar. Registro de pletismografía, en conejos recién nacidos de término que respiran espontáneamente; obsérvese cómo, a partir del nacimiento (Tiempo 0), generan rápidamente volumen pulmonar aéreo, cada inspiración determina un aumento del volumen pulmonar mayor que en el esfuerzo previo. Debajo, se observan imágenes por contraste de fase (a-c) que fueron tomadas en los momentos señalados en el registro pletismográfico; muestran el aumento de la aireación (pasaje a color blanco brillante), asociado con cada nueva inspiración.

Tomado de: Hooper SB, Kitchen MJ, Siew ML, Lewis RA, Fouras A, Te Pas AB, Siu KK, Yagi N, Uesugi K, Wallace MJ. Imaging lung aeration and lung liquid clearance at birth using phase contrast X-ray imaging. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 2009 Jan; 36(1):120.

Establecido el esfuerzo respiratorio, el pasaje hacia el intersticio es rápidamente efectivo (3-5 esfuerzos respiratorios); sin embargo, el drenaje del intersticio por cualquiera de las dos vías (circulatoria o linfática) parece ser mucho más lento y el resultado final puede llevar varias horas (1-6 h) y alterar las propiedades mecánicas del pulmón. Esto puede explicar que pacientes nacidos por cesárea sin trabajo de parto, es decir, que no se beneficiaron con los mecanismos de drenaje pulmonar, presenten mayores volúmenes de agua a nivel intersticial, lo cual aumenta la presión a ese nivel, provocando, eventualmente, la reentrada de líquido a los alvéolos al final de la espiración, con edema pulmonar y dificultad respiratoria como consecuencia.

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad



Establecimiento de la capacidad residual funcional (CRF)

La adquisición de un adecuado intercambio gaseoso requiere del rápido establecimiento de la CRF, definida como el volumen de gas que queda a nivel pulmonar al final de la espiración; traduce la capacidad de evitar el colapso del pulmón cuando éste se vacía.

La CRF normal es cercana a 30 ml/kg de peso, generalmente, se adquiere en los primeras horas de vida, aproximadamente 2-3 horas, en los nacidos por parto vaginal, y 5-6 horas, en los nacidos por cesárea.

En los recién nacidos de término (RNT) que respiran espontáneamente, la CRF se genera a partir de la primera inspiración. El patrón respiratorio inicial en recién nacidos de término se caracteriza por mostrar un primer esfuerzo más profundo y prolongado, seguido de una fase espiratoria prolongada (en donde puede observarse ausencia de respiración, llanto o quejido) o de una fase espiratoria corta tipo jadeo, cualquiera de ellas participa en mantener la CRF (Figura 8).

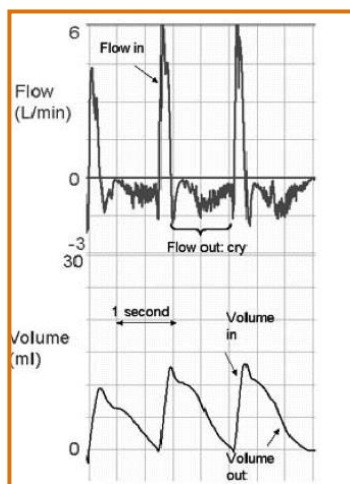


Figura 8. Patrón respiratorio inicial en RNT. Se observa una inspiración profunda seguida de una espiración prolongada, frecuentemente interrumpida, en la que se presenta el llanto; obsérvese como aumenta el volumen en cada ciclo y se mantiene elevado, en la fase respiratoria.

Tomado de: Term Infants at Birth Mostly Brake Expiration by Crying. Arjan B, Te Pas y cols. Newborn Services, Royal Womens Hospital, Melbourne, Victoria, Australia. *SPR*, 2008.

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad



El primer esfuerzo inspiratorio puede ocurrir inmediatamente al nacimiento o demorar unos segundos (hasta más de 30 segundos, en algunos casos). Este patrón respiratorio es similar en los nacidos por vía vaginal o cesárea y se ve tanto en términos como en prematuros. Este primer esfuerzo inspiratorio es muy importante, desde el punto de vista fisiológico; un recién nacido que logra respirar espontáneamente puede generar presión negativa intratorácica de hasta -30 cm H₂O, logrando un volumen de aproximadamente 40 ml (Figura 9). Sin embargo, en los pacientes que no pueden iniciar la respiración espontánea y se presentan en apnea al nacimiento, aplicar una presión positiva de 30 cm H₂O genera un volumen de 15 ml.

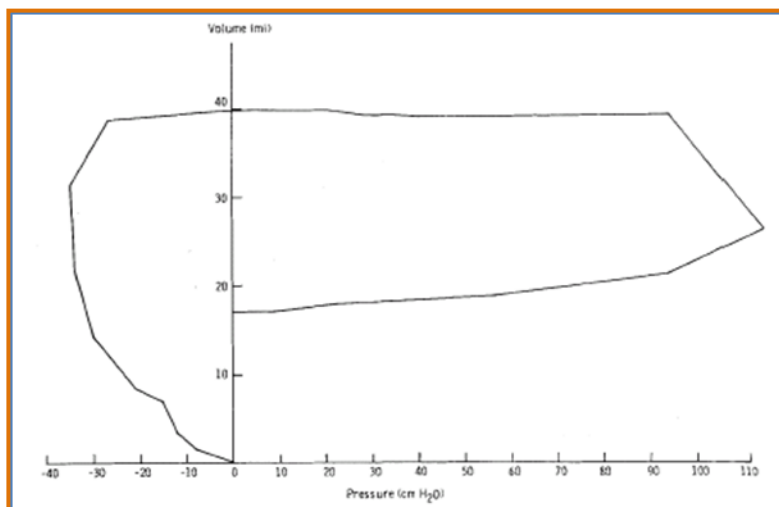


Figura 9. Curva de presión volumen típica del primer esfuerzo ciclo respiratorio. El aire entra al pulmón por presión negativa, generando 40 ml de volumen pulmonar, que se mantiene durante la espiración (la presión espiratoria es mayor que la presión inspiratoria).

Tomado de: Milner AD, Vyas H. Lung expansion at birth. *J Pediatr*, 1982 Dec; 101(6):879-86.

Queda clara, entonces, la importancia de respetar las primeras respiraciones. En este sentido, siempre se debe estar a favor del estímulo del inicio de la respiración, y evitar aquellos procedimientos de dudoso efecto benéfico y que claramente pueden inhibirla, entre los que se destacan dos prácticas ampliamente difundidas en las salas de recepción: la aspiración de nariz, boca y orofaringe, y el pasaje de sondas naso u orofaríngeas, de manera inmediata al nacimiento, en forma rutinaria.

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad



¿Puede el recién nacido prematuro respirar espontáneamente y generar CRF?

La CRF representa el equilibrio entre dos fuerzas opuestas: las propiedades elásticas del pulmón y la tensión superficial, que tienden a la retracción pulmonar (colapso), versus la fuerza opuesta, determinada, en primera instancia, por la parrilla costal. El surfactante cumple un rol fundamental en el mantenimiento de la CRF, al reducir la tensión superficial de la interfase aire-líquido, favoreciendo la aireación pulmonar y evitando el colapso al final de la espiración.

En el recién nacido pretérmino (RNPT), el drenaje del líquido pulmonar y el establecimiento de la CRF es más dificultoso, secundario a las características propias de la parrilla costal (más complaciente), la debilidad muscular y el déficit de surfactante. Todo esto determina que tenga dificultades en establecer presiones inspiratorias que puedan generar y mantener la presión transpulmonar necesaria para lograr la aireación pulmonar.

De manera concomitante, la reabsorción de sodio del espacio alveolar en el pulmón inmaduro es menos efectiva. Esto puede verse modificado por la administración de corticoides antenatales, tal como se dijo previamente, que estimula la producción de surfactante, acelera el desarrollo de la estructura de la vía aérea y madura los mecanismos de aclaramiento de líquido pulmonar.

El patrón respiratorio del RNPT se caracteriza, por lo general, por un período de cese completo de la espiración luego de una inspiración. El flujo espiratorio se interrumpe (flujo 0) y, luego, es seguido de uno o varios flujos espiratorios breves. Este mecanismo se conoce como “frenado espiratorio”, obedece a un enlentecimiento de la relajación diafragmática, se acompaña del cierre parcial de la glotis y genera un aumento de la presión positiva intrapulmonar (Figura 10). Genera, además, pasaje de líquido desde la vía aérea al tejido circundante, durante la inspiración, y evita, en lo posible, la reentrada durante la espiración, mediante un gradiente de presión entre la vía aérea y el intersticio. Como resultado, en cada respiración, la CRF se acumula y el volumen pulmonar alcanzado aumenta, de manera similar al volumen de agua desplazado al intersticio.

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad

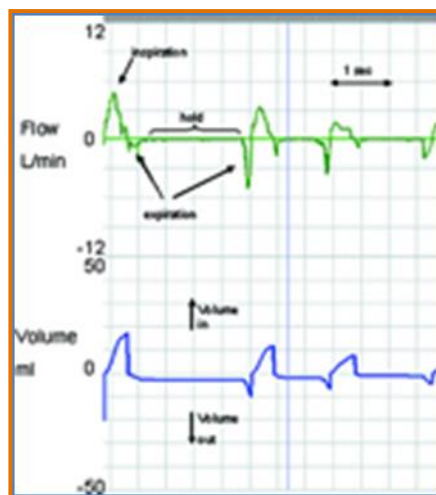


Figura 10. Patrón respiratorio inicial en un RNPT, inspiración profunda que genera un alto flujo inspiratorio (línea verde) seguido de una fase espiratoria sin flujo (“frenado espiratorio”). Tomado de: Te Pas AB, Wong C, Kamlin CO, Dawson JA, Morley CJ, Davis PG. Breathing patterns in preterm and term infants immediately after birth. *Pediatr Res*, 2009 Mar; 65(3):352-6.

Por tanto, RNPT muy inmaduros que han recibido corticoides *in utero* pueden ser capaces de respirar espontáneamente y establecer CRF, aun cuando necesiten del apoyo de un sistema que provea presión positiva al final de la espiración (PEEP), para mantenerla.

Transición cardiovascular

Durante la vida fetal, la sangre mejor oxigenada (PaO_2 20-40 mmHg) llega desde la placenta, por la vena umbilical, pasando a través del ductus venoso (DV) a la vena cava inferior (VCI); los flujos preferenciales determinan que no se mezcle de manera completa con la sangre que llega a la VCI proveniente del extremo inferior del cuerpo. Alcanza la aurícula derecha (AD) y es derivada a través del foramen ovale (FO) hacia la aurícula izquierda (AI) y de allí al ventrículo izquierdo (VI). Dadas las altas resistencias vasculares pulmonares, la sangre que alcanza el VD es derivada al territorio sistémico a través del ductus arterioso (DA), solo un pequeño volumen alcanza el territorio vascular pulmonar (10% del gasto cardíaco global), destinado a la maduración pulmonar y a la secreción de líquido pulmonar. Sin embargo durante los períodos en que se acentúan movimientos respiratorios fetales el flujo sanguíneo pulmonar aumenta (Figura 11).

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad

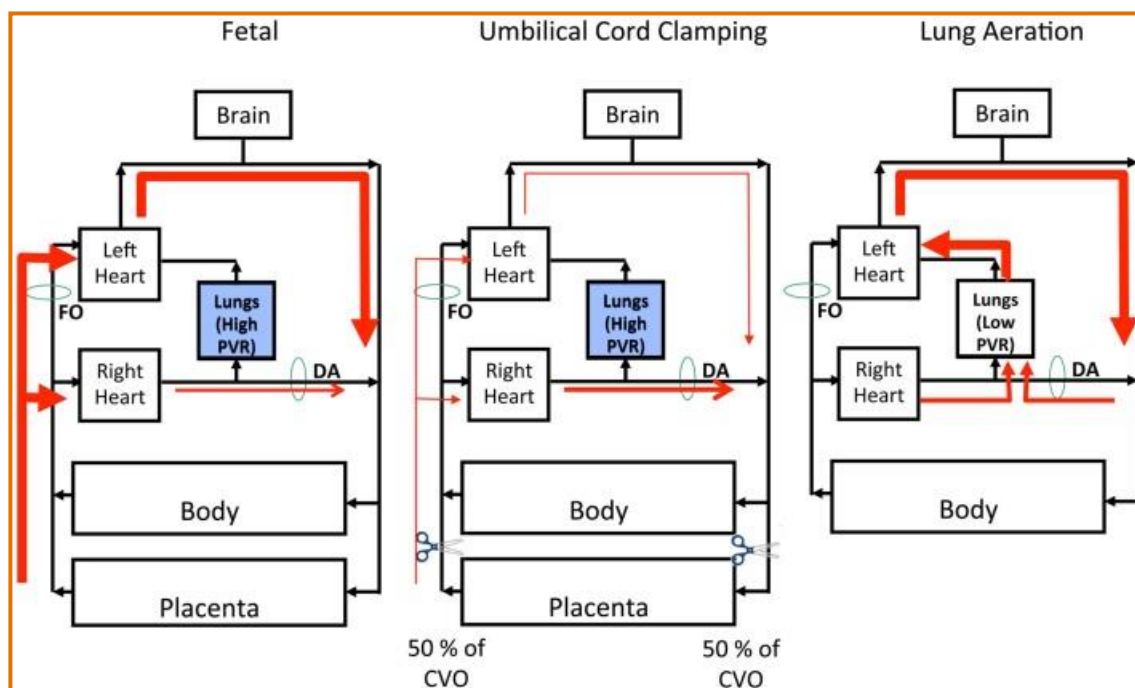


Figura 11. Circulación fetal y del recién nacido durante el clampeo del cordón umbilical y luego de la aireación pulmonar. FO: foramen oval; DA: ductus arterioso; PVR: resistencia vascular pulmonar. Tomado de: Bhatt S, Polglase GR, Wallace EM, Te Pas AB, Hooper SB. Ventilation before Umbilical Cord Clamping Improves the Physiological Transition at Birth. *Frontiers in Pediatrics*, 2014; 2:113.

El retorno venoso umbilical es el que determina la precarga del ventrículo izquierdo (VI) y, por consiguiente, el aporte de oxígeno al corazón, cerebro y suprarrenales. Al nacer, luego del clampeo del cordón umbilical, el aumento de la resistencia vascular sistémica aumenta drásticamente la poscarga y la presión en las cavidades izquierdas, lo cual determina la caída del flujo sanguíneo a través del FO y del DA. En los primeros minutos de vida, hasta que no se inicia de manera eficaz la ventilación pulmonar, las resistencias vasculares pulmonares permanecen elevadas, con bajo flujo por las venas pulmonares hacia la AI; por otro lado, el retorno venoso umbilical también está comprometido, luego de la ligadura del cordón. La ligadura inmediata de cordón condiciona, entonces, una situación de bajo gasto cardíaco (Figura 12).

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad



El inicio de la respiración y, por consiguiente, la aireación pulmonar causa un descenso marcado de las resistencias vasculares pulmonares y un aumento del flujo sanguíneo pulmonar; esto hace que los pulmones pasen a ser el destinatario mayor del gasto sanguíneo del VD. Concomitantemente, el aumento de las resistencias vasculares sistémicas invierte el flujo a través del DA, pasando a ser de izquierda a derecha. El 50% del gasto del VI pasa a través del DA al territorio sanguíneo pulmonar, aun cuando, luego del clampeo inmediato de cordón, el gasto del VD sea bajo. Estos hechos fisiológicos marcan la importancia de las comunicaciones sistémicas pulmonares (FO y DA), permeables en las primeras horas de vida, para modular el gasto cardíaco de ambos ventrículos y los flujos sanguíneos hacia ambos territorios, en volúmenes adecuados.

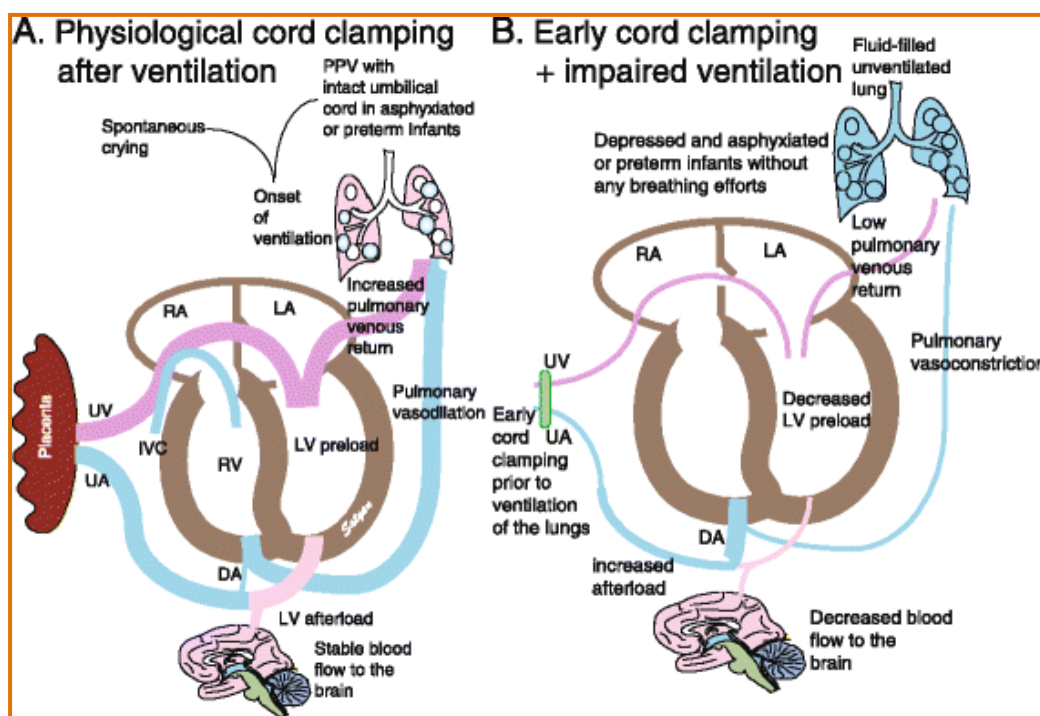


Figura 12. A) Ligadura de cordón, después de iniciada la ventilación; B) Ligadura inmediata de cordón sin inicio de la respiración.

Tomado de: Payam Vali, Bobby Mathew and Satyan Lakshminrusimha. Neonatal resuscitation: evolving strategies. *Maternal Health, Neonatology and Perinatology*, 2015; 1:4.

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad



El retraso de la ligadura del cordón umbilical se ha asociado con mejoría de la hemodinamia neonatal y reducción de la incidencia de hemorragia intracraneana, en recién nacidos prematuros. Estas observaciones hemodinámicas pueden explicarse por el efecto que tiene mantener la circulación umbilical, hasta que se inicie la respiración espontánea, manteniendo el retorno venoso umbilical, la precarga del VI y, por tanto, el gasto del VI (Figura 12).

En el recién nacido pretérmino, la autorregulación de la circulación cerebral es inmadura, rápidamente se vuelve pasiva o secundaria a los cambios de presión arterial sistémica. Al descenso del gasto cardíaco del VI y del flujo sanguíneo cerebral, luego del clampeo inmediato de cordón, le sigue el aumento del mismo, luego del inicio de la ventilación. Estos vaivenes bruscos de la presión arterial y del flujo sanguíneo sistémico aumentan el riesgo de hemorragia intraventricular.

El término ligadura oportuna de cordón refiere a respetar la fisiología, durante el período de transición de la circulación fetal, a la definitiva, en los primeros minutos de vida.

La circulación definitiva se establece cuando se cierran las comunicaciones sistémico-pulmonares: el DA y el DV se cierran, de manera funcional, en las primeras 10-15 horas de vida, como consecuencia del aumento de la tensión de O₂ y la caída de las prostaglandinas en sangre, luego del nacimiento; esto puede llevar más tiempo en el RNPT (48-96 h). El cierre anatómico del DA puede llevar hasta dos semanas y, en un bajo porcentaje de casos, aún en RN de término no se cierra. En el RNPT, la caída brusca y la persistencia de las resistencias vasculares pulmonares bajas puede favorecer la persistencia del *shunt*, a través del DA de izquierda a derecha, determinando hiperflujo pulmonar y, eventualmente, falla cardíaca. La presencia del DA, con repercusión hemodinámica, favorece la necesidad de asistencia ventilatoria mecánica y, a largo plazo, daño pulmonar, con enfermedad respiratoria crónica, llevando a que, en muchos centros, se opte por intentar cerrar el DA mediante administración de drogas inhibitoras de las prostaglandinas, como la indometacina o ibuprofeno, entre las más utilizadas, o, en algunos casos, mediante el cierre por abordaje quirúrgico.

El FO puede permanecer anatómicamente abierto por días o semanas, sin que determine repercusión hemodinámica.

Asistencia inicial en el recién nacido pretérmino

El RNPT tiene dificultades para remover el líquido pulmonar y para establecer, de manera efectiva, la CRF, en los primeros minutos de vida. La aplicación de ventilación a presión positiva (VPP) puede generar gradientes

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad



de presión transpulmonar que permitan la aireación pulmonar. La presión necesaria para lograr una ventilación efectiva estará vinculada a la cantidad de líquido pulmonar que deba removerse. Esto, porque la viscosidad del líquido es mayor que la del aire y ofrece mayor resistencia; a esto debe sumarse que, a menor diámetro y a mayor longitud de la vía aérea, la resistencia también aumenta. Por tanto, cuando los pulmones están llenos de agua, es decir, al momento de nacer, el flujo de gas a través de la vía aérea es lento, como consecuencia de la alta resistencia, lo que lleva a que se necesiten presiones y tiempos inspiratorios altos, para que la VPP logre la aireación pulmonar. Esta es una estrategia peligrosa para el pulmón inmaduro, ya que se ha demostrado asociación entre la utilización de alta presión inspiratoria máxima (PIM) y daño pulmonar (barotrauma). Tanto o más peligroso es la generación de grandes volúmenes corrientes: desde el estudio de Björklund LJ y cols. (*Pediatric Research*, 1997), que mostró que apenas seis insuflaciones, que determinaron altos volúmenes (35-40 ml/kg), en ovejas recién nacidas, fueron suficientes para causar injuria pulmonar y modificar la respuesta a la posterior administración de surfactante, se ha comprobado, sistemáticamente, el papel del volumen corriente en el daño del pulmón inmaduro (volutrauma).

La administración de presión positiva al final de la espiración (PEEP), de manera constante, permite establecer y mantener la CRF de manera efectiva, generando rápidamente volumen pulmonar. La PEEP mantenida durante todo el ciclo respiratorio evita el colapso de la vía aérea durante la espiración (atelectrauma), y permite, entonces, que se mantenga el intercambio gaseoso durante la espiración, reduce el daño pulmonar, al mantener la presión transpulmonar, con menor PIM, y reduce la generación de grandes volúmenes corrientes (volutrauma).

La administración de PEEP desde los primeros minutos de vida es una de las estrategias de protección pulmonar más efectiva, en el paciente que respira espontáneamente, porque contribuye a la reabsorción del líquido pulmonar; estabiliza la caja torácica; estabiliza la actividad diafragmática; evita el colapso de la vía aérea superior, y preserva el surfactante endógeno (síntesis y liberación), al mantener la CRF.

Quizás uno de sus mayores efectos protectores sea el evitar la necesidad de intubación orotraqueal y ventilación mecánica. En este sentido, en muchos centros se estimuló la aplicación de CPAP nasal o CPAP ciclado (VPP intermitente nasal) desde los primeros minutos de vida, lo cual incluye en muchos casos la administración de surfactante mínimamente invasiva (vía catéter o sonda pero sin intubación orotraqueal) y de cafeína o aminofilina muy precoz (menor de 2 horas de vida) para estimular el esfuerzo respiratorio.

En RNPT que no tienen esfuerzo respiratorio espontáneo o éste es insuficiente, la aplicación de PEEP es más necesaria aún, porque el paciente es completamente dependiente de la presión administrada. El paciente intubado pierde el principal mecanismo de establecer PEEP de manera propia, el cierre de la glotis en

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad



espiración, por consecuencia, el colapso de la vía aérea, en un pulmón con déficits de surfactante, es total durante la espiración (Figuras 13 y 14).

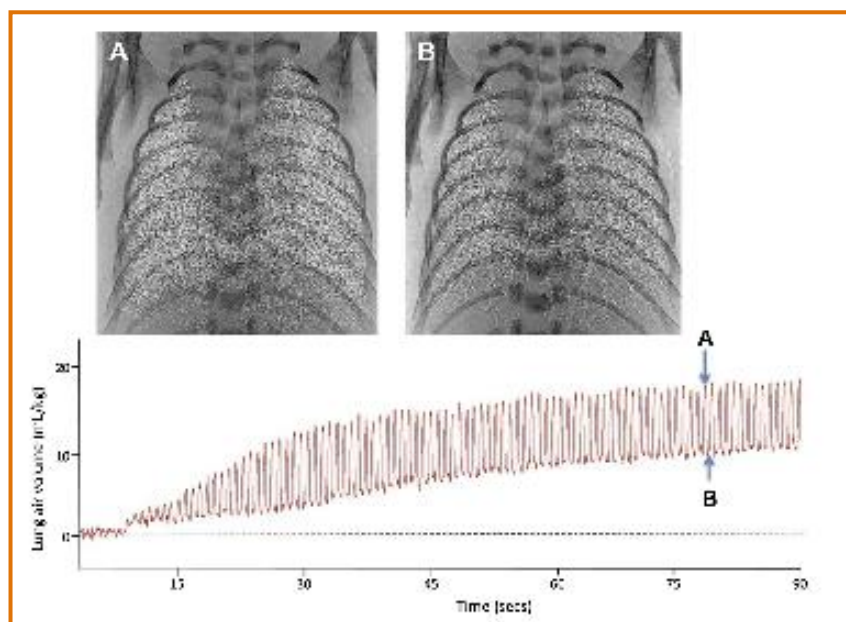


Figura 13. Ventilación inicial sin PEEP. Imagen contraste de fase de rayos X y pletismografía, que registra un conejo recién nacido pretérmino, ventilado inmediatamente luego de nacer, en ausencia de PEEP. Se observa la incapacidad para generar CRF, resultando en entrada de agua o colapso alveolar al final de la espiración. Las letras A y B de la pletismografía coincide con las imágenes radiológicas, la imagen A, al final de la inspiración, y la B, al momento de la CRF.

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad

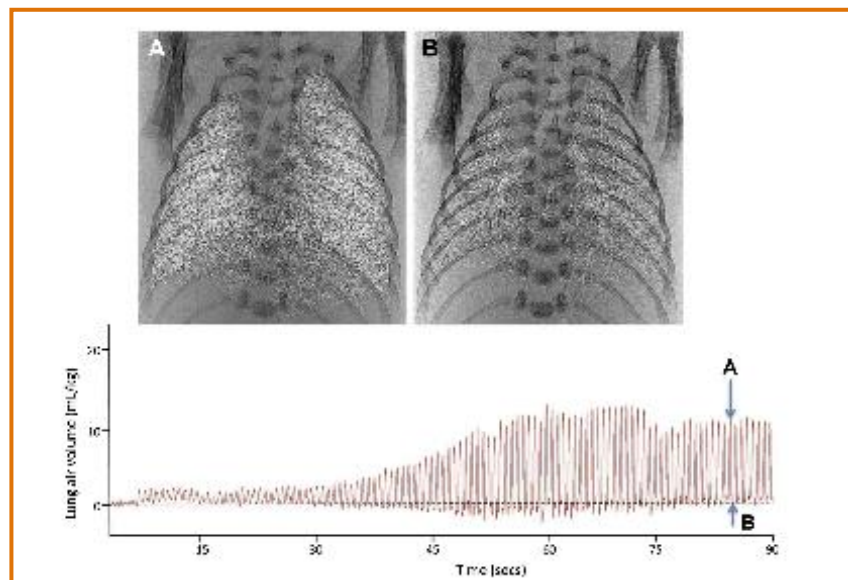


Figura 14. Ventilación con PEEP. Imagen contraste de fase de rayos X y pletismografía que registra un conejo recién nacido pretérmino, ventilado inmediatamente luego de nacer con PEEP de 5 cm H₂O. Con este nivel de PEEP, gradualmente, se desarrolla CRF. Las letras A y B de la pletismografía coinciden con las imágenes radiológicas: la imagen A, al final de la inspiración, y la B, al momento de adquirir la CRF.

Una estrategia alternativa para promover la aireación pulmonar y el drenaje del líquido pulmonar es realizar insuflaciones sostenidas (IS), con el objetivo de establecer CRF, ya que dichas insuflaciones dan más tiempo para mover líquido fuera de los alvéolos; se necesitan más estudios clínicos, para establecer cuál es el mejor tiempo y qué presiones son necesarias para obtener el resultado deseado, en cada caso. Los resultados de estudios multicéntricos randomizados recientes sugieren un pequeño beneficio al reducir la necesidad de ventilación mecánica en recién nacidos pretérmino severos, pero esto debe ser tomado con precaución y no se sugiere su aplicación, hasta que se comprueben beneficios reales.

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad



Mucha atención se ha dado a la asistencia ventilatoria del prematuro una vez que se ha logrado la estabilización, llevando a cabo estrategias ventilatorias que tienden a la protección del pulmón inmaduro, para prevenir lesiones y secuelas pulmonares a largo plazo. Sin embargo, recién en los últimos años se ha puesto énfasis en el manejo ventilatorio en los primeros minutos de vida, cuando el pulmón está lleno de agua. La consecuencia es que se continúa utilizando dispositivos de VPP como la bolsa autoinflable, para las primeras insuflaciones, que no permiten controlar las presiones administradas ni el volumen corriente alcanzado y, de esta forma, generar lesión pulmonar muy precoz (Figura 15).



Figura 15. Curva presión volumen en cerdo recién nacido, asistido con ventilación manual, con dispositivo en T (Neopuff®), imagen izquierda, y con bolsa autoinflable (Ambu®), imagen derecha. Obsérvese que, con dispositivo en T, se administran presiones controladas y volúmenes corrientes iguales, con bolsa autoinflable, se administran diferentes presiones, que alcanzan diferentes volúmenes corrientes, en cada ciclo (azul, celeste).

Tomado de: Laboratorio Área Básica Neonatal. Hospital de Clínicas. Facultad de Medicina, UdelaR.

La prevención de la lesión del pulmón inmaduro se complementa con el control del aporte de O₂, administrando el necesario, de acuerdo a las necesidades y al momento de vida del paciente, la administración de gases húmedos y calientes, el control del volumen corriente administrado y el cuidado de la temperatura corporal del paciente.

Actualmente, no hay argumentos que respalden la asistencia inicial sin administración de PEEP; los centros asistenciales han reconocido esta situación y, en su mayoría, han incluido dispositivos para la ventilación

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad



manual (dispositivo en T, p. ej.: Neopuff®) que permiten controlar las presiones administradas y aplicar PEEP, en la asistencia inicial neonatal, a su vez, se han diseñado mecanismos para el control del O₂ administrado.

El recién nacido de término que no respira

La reanimación neonatal tiene como concepto principal el establecimiento de la ventilación pulmonar efectiva; esto permite establecer el intercambio gaseoso, pero, por sobre todas las cosas, recupera y mantiene el gasto cardíaco, al aumentar el llenado de la AI y la precarga del VI. Por tanto, el primer gesto asistencial será iniciar la VPP, en un pulmón, en muchos casos, lleno de agua.

En estos pacientes, se necesita una presión positiva de apertura, es decir, una presión transpulmonar suficiente para lograr la progresión de gas hacia la pequeña vía aérea, el drenaje del líquido pulmonar y el establecimiento de la CRF.

Se ha referido que en RN apneicos se necesita más de 20 cm H₂O de PIM para lograr insuflar estos pulmones. También se ha observado que prolongando el tiempo inspiratorio (3-5 segundos) se logran presiones transpulmonares más altas, con menores requerimientos de PIM para lograrlas; sin embargo, esta estrategia permanece en la fase experimental y no ha podido probar resultados, en estudios clínicos.

La ventilación sin PEEP durante la reanimación del RNT también se asocia a la necesidad de PIM más altas para lograr la CRF; muchas veces, ésta no se establece hasta que no aparecen movimientos respiratorios espontáneos (*gaspings*) que contribuyen a su establecimiento.

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad



Aspectos claves

- Durante la fase de crecimiento, el pulmón es un órgano secretorio; de la producción activa de líquido pulmonar depende su crecimiento.
- Previo al nacimiento, en el trabajo de parto, la secreción de líquido cesa y se inicia rápidamente la reabsorción del mismo.
- En el nacimiento, la primera insuflación espontánea de gas es la verdadera responsable de la generación de CRF.
- El recién nacido de pretérmino tiene un patrón respiratorio inicial diferente al del término, menos llanto y más “frenado espiratorio” o pausa.
- En la vida fetal, el retorno venoso umbilical es el principal responsable del gasto cardíaco del VI; al nacer y ligar el cordón, hasta que no se inicie la respiración, el paciente está en situación de bajo gasto y depende de la sangre que fluya por el DA hacia los pulmones.
- La ligadura oportuna de cordón se asocia a beneficios en la estabilización hemodinámica de la transición.
- La ligadura de cordón previo al inicio de la respiración es realizable, pero aún no se han demostrado efectos benéficos, durante la asistencia inicial o asociada a reducción de la morbilidad.
- El RNPT severo es capaz de iniciar la respiración espontánea, pero, para generar y mantener CRF, quizás dependa de la administración de PEEP.
- La VPP sin PEEP no tiene sustento y debería erradicarse definitivamente de la asistencia inicial en sala de asistencia neonatal.

Atención del Recién Nacido

Adaptación del recién nacido en Maternidades de baja complejidad



Lecturas recomendadas

1. Burri, PH. Development and regeneration of the human lung. En: Fishman AP. Pulmonary Diseases and Disorders. New York: McGraw Hill; 1988. p. 61-78.
2. Polin R. Molecular Bases for Lung Development, Injury, and Repair. In: The Newborn Lung: Neonatology Questions and Controversies 2nd Edition. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2012. p 3-27.
3. Bhatt S, Polglase GR, Wallace EM, Te Pas AB, Hooper SB. Ventilation before Umbilical Cord Clamping Improves the Physiological Transition at Birth. *Frontiers in Pediatrics*. 2014;2:113.
4. Bland RD. Lung Fluid Balance During Development. *NeoReviews*. 2005;Vol 6.
5. Elias N, O'Brodovich H. Clearance of Fluid From Airspaces of Newborns and Infants. *NeoReviews* 2006;7:88-94.
6. Hooper SB, Kitchen MJ, Siew ML, Lewis RA, Fouras A, Te Pas AB, Siu KK, Yagi N, Uesugi K, Wallace MJ. Imaging lung aeration and lung liquid clearance at birth using phase contrast X-ray imaging. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2009;36(1):120.
7. Hooper SB, Siew ML, Kitchen MJ, Te Pas AB. Establishing functional residual capacity in the non-breathing infant. *Semin Fetal Neonatal Med*. 2013;18(6):336-43.
8. Hooper SB, Te Pas AB, Kitchen MJ. Respiratory transition in the newborn: a three-phase process. *Arch Dis Child Fetal Neonatal*. 2015.
9. Hooper SB, Polglase GR, Roehr CC. Cardiopulmonary changes with aeration of the newborn lung. *Paediatr Respir Rev*. 2015;16(3):147-50.
10. Katheria A, Rich W, Finer N. Optimizing Care of the Preterm Infant Starting in the Delivery Room. *Am J Perinatol*. 2016;33(3):297-304.
11. Kluckow M, Hooper SB. Using physiology to guide time to cord clamping. *Semin Fetal Neonatal Med*. 2015;20(4):225-31.
12. Milner AD, Vyas H. Lung expansion at birth. *J Pediatr*. 1982;101(6):879-86.
13. Siew ML, Te Pas AB, Wallace MJ, Kitchen MJ, Lewis RA, Fouras A, Morley CJ, Davis PG, Yagi N, Uesugi K, Hooper SB. Positive end-expiratory pressure enhances development of a functional residual capacity in preterm rabbits ventilated from birth. 2009;106(5):1487-93.
14. Van Vonderen JJ, Hooper SB, Hummler HD, Lopriore E, Te Pas AB. Effects of a sustained inflation in preterm infants at birth. *J Pediatr*. 2014;165(5):903-8.