

Universidad Santiago de Cali

Facultad de Salud

Programa de Fisioterapia

**Ventilación mecánica para fisioterapeutas – Mechanical ventilation for
physiotherapists**

Trabajo de grado modalidad capítulo de libro

Capítulo del libro: Anatomía y fisiología respiratoria en el niño

Autores:

Natalia Vargas Betancur

Briyith Daniela González

Camilo Trujillo Ayala

Directora:

Diana Carolina Urrea Arango

Cali, Colombia

30 de abril de 2025

Tabla de Contenido del Capítulo de Libro

1. Título	1
2. Autor	1
3. Resumen	2
4. Palabras Clave	2
5. Propósito del Capítulo	3
6. Introducción	3
7. Desarrollo del Capítulo	4
- Desarrollo embrionario	4
- Anatomía comparativa del niño con el adulto	7
- Fisiología respiratoria en el niño	13
8. Conclusiones y Recomendaciones	18
9. Aporte del Capítulo a la Profesión	19
10. Referencias Bibliográficas	20

TITULO: Capítulo del libro anatomía y fisiología respiratoria en el niño.

NOMBRE DEL LIBRO: Ventilación mecánica para fisioterapeutas - Mechanical ventilation for physiotherapists.

Autores:

Camilo Trujillo Ayala ORCID <https://orcid.org/0009-0003-9751-3565>

Natalia Vargas Betancur ORCID <https://orcid.org/0009-0000-8959-667>

Briyith Daniela González ORCID <https://orcid.org/0009-0003-1100-1869>

Director:

Diana Carolina Urrea Arango ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9656-5756>

Resumen

Objetivo: Conocer la anatomía y fisiología de la vía aérea superior y vía aérea inferior en el neonato y el niño, con el objetivo de disminuir los riesgos asociados al manejo clínico. **Metodología:** el presente capítulo fue el resultado de una revisión bibliográfica de revisiones narrativas, revisiones sistemáticas, ensayos clínicos, científicos y capítulos de libros, recopilados de las bases de datos Pubmed, Scielo, Science Direct y Google Scholar, con una muestra de 35 publicaciones en inglés, español y turco, comprendidas entre los años 2010 y 2025. Además, se incluyeron libros de diversas editoriales, cuya fecha de publicación comprendía los años 2000 y 2025. Estas publicaciones fueron el resultado de ecuaciones de búsqueda que contemplaron el uso de términos Mesh y Decs. Dichas ecuaciones arrojaron 23 artículos. Se seleccionaron un total de 22 artículos de revisión, de los cuales 2 corresponden a revisiones sistemáticas, 3 revisiones narrativas, 1 revisión descriptiva, 1 revisión educativa y los restantes a revisiones tradicionales. Además, se incluyó 1 estudio experimental. Adicionalmente, se añadieron 7 libros y 5 capítulos de libros. **Resultados:** Se encontraron grandes diferencias fisiológicas y estructurales en cuanto al sistema respiratorio de los niños, dentro de las que resaltó su fragilidad y susceptibilidad al colapso de la vía aérea, lo que indicó la necesidad por parte de los profesionales de conocer estas características para garantizar

abordajes adecuados. **Discusión y conclusión:** Las características fisiológicas y anatómicas del sistema respiratorio pediátrico, como la mayor resistencia de la vía aérea y la mayor flexibilidad de la caja torácica, determinan la respuesta a patologías respiratorias. Estos factores deben analizarse en la valoración e intervención clínica, para optimizar la detección temprana de trastornos y mejorar estrategias terapéuticas.

Palabras claves: *Desarrollo embrionario, sistema respiratorio, anatomía, Pediatría, Fenómenos fisiológicos respiratorios, adulto, niño.*

Abstract

Introduction: To understand the anatomy and physiology of the upper and lower airway in newborns and children, with the aim of reducing the risks associated with clinical management. **Methodology:** This chapter is based on a bibliographic review of narrative reviews, systematic reviews, clinical trials, scientific trials, and book chapters, retrieved from the databases Pubmed, Scielo, Science Direct, and Google Scholar, with a sample of 35 publications in English, Spanish, and Turkish, between 2010 and 2025. In addition, books from various publishers were included, whose publication date ranged from 2000 to 2025. These publications were identified using search strategies, that considered the use of the terms Mesh and Decs. These equations yielded 23 articles. Among the 22 selected review articles, 2 were systematic reviews, 3 narrative reviews, 1 descriptive review, 1 to educational review, and the rest to traditional reviews. In addition, one experimental study was included. 7 books and 5 book chapter were added **Results:** Significant physiological and structural differences were found between the respiratory systems of newborns and children, including their fragility and susceptibility to airway collapse. This highlighted the need for professionals to understand these characteristics to ensure appropriate approaches. **Discussion and conclusions:** The physiological and anatomical characteristics of the pediatric respiratory system, such as greater airway resistance and greater rib cage flexibility compared to adults, determine the response to respiratory pathologies. These factors should be analyzed in clinical

assessment and intervention to optimize early detection of disorders and improve therapeutic strategies.

Keywords: *Embryonic Development, Child, Respiratory Physiological Phenomena, Anatomy, Respiratory System, Pediatrics, adult.*

Introducción

La anatomía y fisiología respiratoria de los niños se caracteriza por tener diferencias significativas respecto a los adultos debido a la inmadurez del aparato respiratorio. Teniendo en cuenta lo anterior, entre mayor sea su edad, su anatomía y fisiología se desarrollarán progresivamente. Dichas diferencias no solo influyen en enfermedades respiratorias, sino también en la manera en que se deben abordar procedimientos diagnósticos y terapéuticos. La inmadurez del aparato respiratorio pediátrico implica mayor vulnerabilidad a la obstrucción de la vía aérea debido a las estructuras respiratorias que se caracterizan por ser de menor diámetro y más flexibles. Además, contribuyen a mayor riesgo de hipoxemia y complicaciones clínicas. Uno de los aspectos estudiados ha sido la anatomía de la laringe, en el año 1897, el autor Bayeux por medio de diferentes estudios en cadáveres de niños, concluyó que el anillo cricoides es la parte más estrecha de la vía aérea superior a diferencia de los adultos, lo que contribuye a un mayor riesgo de obstrucción de la vía aérea y debido a esta diferencia anatómica se debe actuar con cautela al realizar la intubación (1). Este hallazgo fue retomado posteriormente por Eckenhoff en 1951(1). Así como estos autores otros investigadores han estudiado diferencias anatómicas de la vía aérea pediátrica como la relación ventilación / perfusión por el autor John B. West (2), lo que afirma la necesidad y la importancia de tratar clínicamente a los niños diferente que a los adultos para evitar complicaciones, a causa de la inmadurez del sistema respiratorio y las diferencias en la anatomía pulmonar(2). Estas distinciones anatómicas limitan la función respiratoria en la infancia ya que a menor diámetro de las vías aéreas y menor cantidad de alveolos pueden vulnerar la eficiencia de ventilación y oxigenación, particularmente durante procesos infecciosos e inflamatorios. Las características anatómicas y fisiológicas también condicionan la práctica clínica durante la ventilación mecánica, debido a

que los parámetros deben ajustarse con mayor cautela respecto al tamaño, madurez pulmonar y requerimientos metabólicos del paciente pediátrico, con el fin de evitar barotrauma, volutrauma o hipoventilación. En este capítulo se desarrolló inicialmente el estudio de la embriología pulmonar que permite interpretar la evolución del sistema respiratorio y su incidencia en la función pulmonar. En segunda instancia, se presenta un análisis comparativo de la anatomía en niños y adultos, facilitando identificar sus diferencias estructurales. Finalmente, se abordaron los fundamentos teóricos de la fisiología respiratoria pediátrica, otorgando desde la evidencia científica la comprensión de los procesos involucrados en la función pulmonar y como se diferencia entre el niño y el adulto.

Propósito

El conocimiento de la anatomía y fisiología de la vía aérea superior e inferior en el neonato y niño es de vital importancia para el manejo clínico debido a las diferencias que los caracterizan. Dicho conocimiento permite una intervención óptima y segura por parte del personal de salud. Partiendo de este contexto, el propósito de este capítulo es brindar información para identificar el funcionamiento y características diferenciales entre el niño y el adulto en la anatomía y fisiología normal de la vía aérea, lo que permitirá a los profesionales de la salud reconocer alteraciones o anomalías en dichas estructuras, para dar un correcto manejo de las patologías.

Desarrollo embrionario

El desarrollo embrionario humano inicia con la formación del cigoto durante la fertilización, que se divide para formar una blástula. Esta blástula se implanta en el endometrio materno alrededor del día 6-7. Entre los días 7 y 9, el epiblasto comienza a diferenciarse y formar la cavidad proamniótica. A partir de los días 10-11, esta cavidad se expande para formar la cavidad amniótica, con células epiblasticas desarrollando una capa epitelial y células en la parte ventral formando el endodermo ventral (VE)(3)(4).

Todo el proceso anterior depende en gran medida del crecimiento paralelo de tejidos que no forman parte directamente del embrión, como la placenta, que emite señales cruciales para avanzar el desarrollo embrionario a ciertas fases (3)(4).

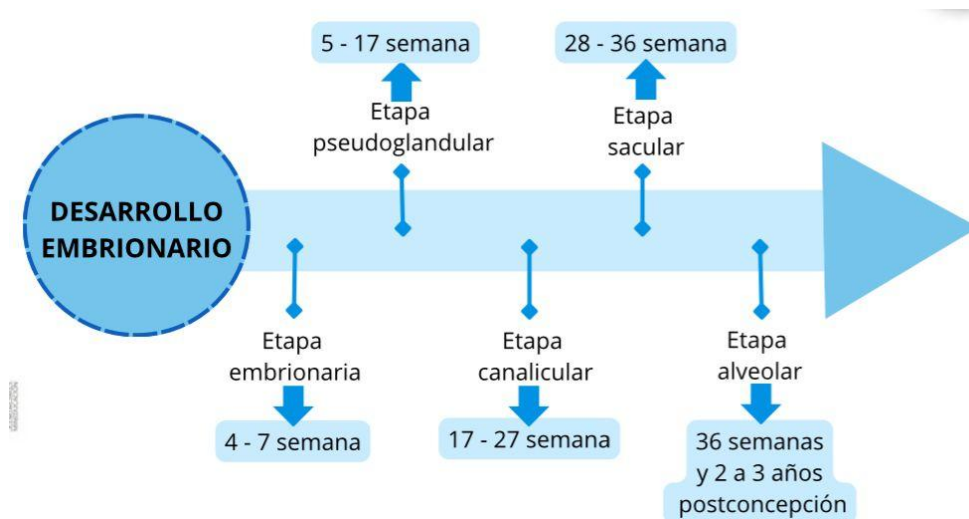
Figura 1:

- **Fases del desarrollo embrionario**

La fase embrionaria del desarrollo pulmonar humano se extiende aproximadamente durante las semanas 4 a 7. Hacia el final de la semana 4, aparecen los brotes pulmonares primario izquierdo y derecho a partir del endodermo del intestino anterior, y se ramifican rápidamente para formar la estructura general del pulmón al final de la semana 5 (5) .

El desarrollo pulmonar humano se clasifica en varias etapas morfológicas claves que corresponden a transiciones importantes en el proceso de desarrollo:

Figura 1: etapas del desarrollo embrionario pulmonar



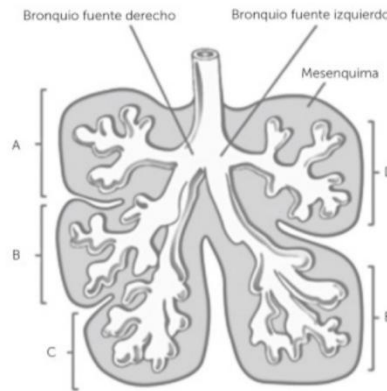
Fuente: elaboración propia, 2025

1. **Etapa embrionaria:** Esta etapa se da entre la 4 y 7 semana postconcepción:

Esta etapa comienza con una evaginación de células epiteliales del endodermo del intestino primitivo anterior. Esta evaginación se dirige hacia la mesénquima circundante, que se desarrollará en vasos sanguíneos pulmonares, cartílago,

músculo liso y tejido conectivo. Durante esta fase, se forman las principales vías respiratorias, comenzando con la tráquea y su primera bifurcación, que dará lugar a la carina y posteriormente a los bronquios principales derecho e izquierdo, dividiéndose en los 18 segmentos lobares (Figura 2) (6).

Figura 2. Etapa embrionaria



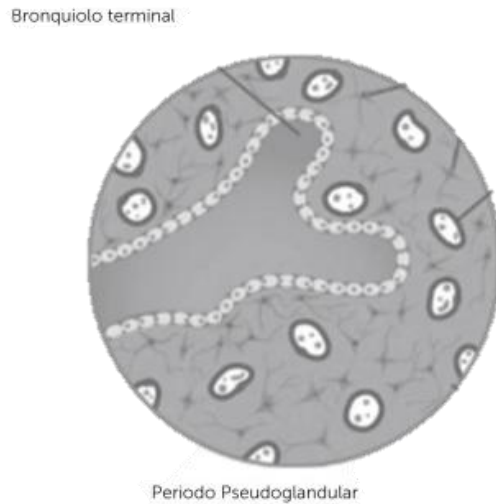
Fuente: anatomía de los bronquios y segmentos pulmonares tomada de: Asenjo DA, Pinto D. Características anatómo-funcionales del aparato respiratorio durante la infancia Rev Med Clin Condes. 2017;28(1):7-19(6).

2. Etapa pseudoglandular: Esta etapa ocurre entre las semanas 5 y 17 del desarrollo embrionario.

En este período, las vías respiratorias se ramifican y se diferencian con la aparición de cartílago, músculo liso y glándulas mucosas. Los movimientos respiratorios fetales y las contracciones espontáneas, que comienzan entre las semanas 10 y 11, también contribuyen al crecimiento pulmonar. Estos estímulos regulan la liberación de serotonina y promueven la proliferación de células epiteliales y la producción de surfactante, lo que favorece la maduración de los pulmones(6)(5).

Al final de esta etapa, el árbol de las vías respiratorias está completo y la diferenciación epitelial ha avanzado. En la formación del árbol bronquial, se desarrollan las primeras generaciones de vías respiratorias y los brotes epiteliales sólidos empiezan a surgir en las paredes de la tráquea y bronquios (Figura 3)(6)(5).

Figura 3. Etapa pseudoglandular

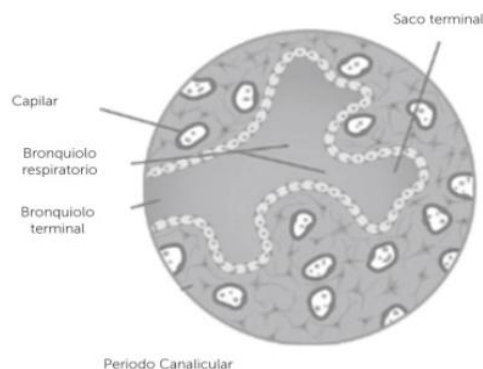


Fuente: anatomía de los bronquios y segmentos pulmonares tomada de: Asenjo DA, Pinto D. Características anatomo-funcionales del aparato respiratorio durante la infancia Rev Med Clin Condes. 2017;28(1):7-19(6) (6).

3. **Etapa canalicular:** Periodo que se da entre la 17 y 27 semana postconcepción. Se desarrollan las estructuras acinares, comenzando con los bronquiolos respiratorios y ductos alveolares, que adoptan una forma de saco. No obstante, la mayor parte de las vías respiratorias acinares ya están formadas desde la etapa pseudoglandular, y solo se desarrollan las generaciones más distales durante la etapa canalicular (6).

El epitelio se adelgaza para acercarse a los capilares circundantes, y las células epiteliales alveolares tipo II (neumocitos tipo II), forman la barrera alveolocapilar necesaria para el intercambio de gases. Al final de esta fase es posible que ocurra el primer intercambio de gases (Figura 4) (3).

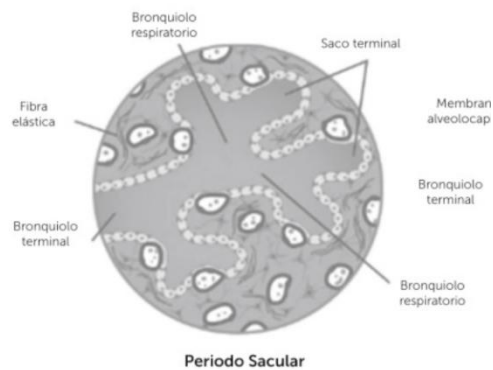
Figura 4. Etapa canicular



Fuente: anatomía de los bronquios y segmentos pulmonares tomada de: Asenjo DA, Pinto D. Características anatómo-funcionales del aparato respiratorio durante la infancia Rev Med Clin Condes. 2017;28(1):7-19(6) (6)

4. **Etapa sacular:** Esta etapa ocurre entre las semanas 28 y 36. La mayoría, de las generaciones más distales de las vías respiratorias ya estaban formadas al final de la etapa canalicular. Sin embargo, muy pocas vías aéreas terminales también pueden ser formadas durante esta etapa, (7) por ejemplo los acinos experimentan un aumento en la longitud y ancho, proporcionando que los extremos terminales se expandan para formar los sáculos que le dan el nombre a esta etapa, además se da la diferenciación epitelial de las células alveolares tipo II que produce surfactante (Figura 5) (7)(4).

Figura 5. Etapa sacular

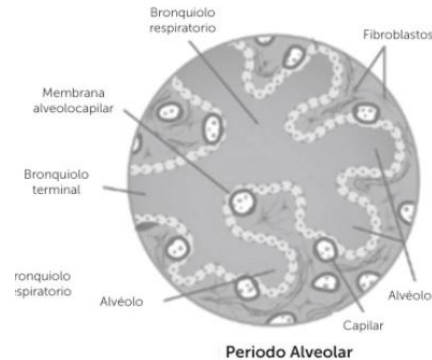


Fuente: anatomía de los bronquios y segmentos pulmonares tomada de: Asenjo DA, Pinto D. Características anatómo-funcionales del aparato respiratorio durante la infancia Rev Med Clin Condes. 2017;28(1):7-19) (6)

5. **Etapa alveolar:** Periodo que se da entre las 36 semanas y 2 a 3 años postconcepción. El alvéolo pulmonar es la unidad funcional del sistema respiratorio necesaria para el intercambio de gases (8). Por lo tanto, esta etapa es la división de los sáculos en unidades más pequeñas (alvéolos), mediante el depósito de fibra elástica y maduración microvascular. Los nuevos septos alveolares pueden desarrollarse tanto en tabiques alveolares inmaduros como en maduros. Por lo tanto, los nuevos septos o alvéolos pueden formarse en cualquier momento, incluso durante la adultez (Figura 6) (7).

Hasta los tres años, el crecimiento pulmonar se debe básicamente al aumento en la cantidad de alvéolos. Desde ese momento, tanto la cantidad como el tamaño de alvéolos continúan incrementándose, hasta que los pulmones alcanzan su madurez alrededor de los ocho años(7).

Figura 6. Etapa alveolar



Fuente: anatomía de los bronquios y segmentos pulmonares tomada de: Asenjo DA, Pinto D. Características anatómo-funcionales del aparato respiratorio durante la infancia Rev Med Clin Condes. 2017;28(1):7-19) (6)

• **Tabla 1:** Aspectos que afectan el embrión durante su desarrollo

Determinante	Factores	Consecuencia (malformación)
1. Hábitos de la madre	-Desnutrición -Déficit de hormona tiroidea -Alcohol -Uso de drogas -Uso de medicamentos como: <ol style="list-style-type: none"> 1. Corticoesteroides. 2. Prostaglandinas. 3. Catecolaminas. 4. Insulina. -Terapia con radiación. -Tabaquismo.	-Estenosis laríngea o traqueal. -Pulmón en herradura. -Malformaciones arteriovenosas. -Quistes pulmonares congénitos. -Hernia diafragmática congénita. -Malformación adenomatoidea quística. -Hipoplasia pulmonar. - Bajo peso al nacer.
2. Genética.	-Anomalías de las estructuras de los cromosomas.	- Trisomía 21, 18 y 13. -Síndrome Cru da chat.

	- Mutaciones genéticas.	- Mosaicismo. - Síndrome de Turner. -Síndrome de Klinefelter. -Abortos por Trisomía 16,18,21. - Síndrome Prader. -Síndrome Willi y Angelman.
3. Factores nutricionales y metabólicos en la madre.	Deficiencia de vitamina D.	Enfermedades pulmonares por un desequilibrio en la respuesta inmune.

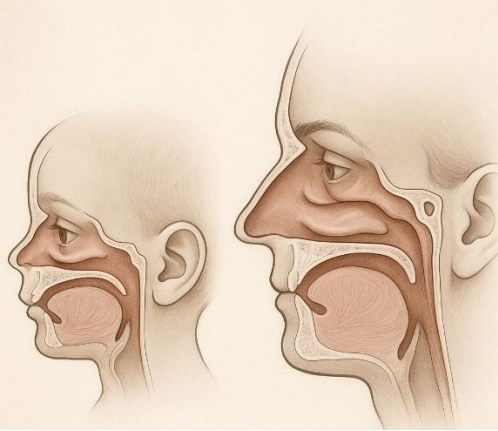
Fuente: adaptado de Conceptos del cuidado respiratorio pediátrico (9), Fuente: adaptado de Thompson y Thompson genética en medicina (10) Fuente: The impact of vitamin D on fetal and neonatal lung maturation. A systematic review(11) Fuente: A systematic review of maternal smoking during pregnancy and fetal measurements with meta-analysis (12)

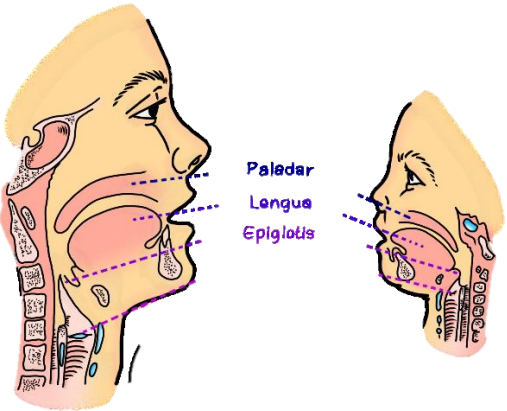
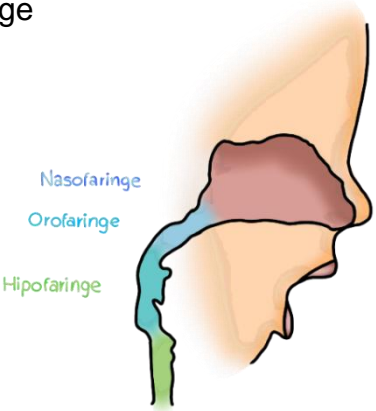
Anatomía comparativa del niño con el adulto

La vía aérea superior está constituida por la cavidad nasal, la faringe y la laringe. Dichas estructuras operan en conjunto para facilitar el adecuado paso del aire durante la inhalación(13). Respecto a la vía aérea inferior, la tráquea se extiende desde la laringe dando paso a los bronquios principales que gradualmente se van a dividir en bronquios secundarios y bronquiolos, culminando en alveolos donde se dará lugar al intercambio gaseoso (13).

La vía aérea se conforma por secciones funcionales, una zona de conducción proximal constituida por el árbol traqueobronquial hasta la generación 16, una zona de transición de la generación 17 a 19 , una respiratoria de la zona 20 a 22 , y finalmente una zona alveolar donde se da el intercambio gaseoso(14)(13).

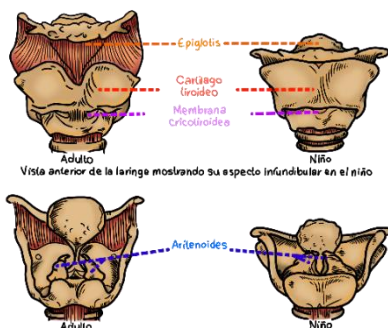
Tabla 2. Cuadro comparativo de la anatomía del sistema respiratorio del niño y el adulto.

Vía aérea superior			
Estructura	Definición	Niño	Adulto
<p>Nariz y fosas nasales</p> <p>Figura 7. Diferencia estructural de la cavidad nasal entre el niño y el adulto</p>  <p>Fuente: imagen generada por inteligencia artificial (ChatGPT, OpenAI, 2025).</p>	<p>Es el inicio de la vía aérea, se conecta con el exterior a través de las aletas nasales y con la cavidad nasal mediante las coanas. Cubierto por mucosa olfatoria,(Figura6) (6).</p>	<p>Más estrecha y con mayor resistencia al paso del aire que corresponde al 80%, característica que se debe tener en cuenta ya que los lactantes son respiradores nasales debido a que la epiglotis se conecta al paladar blando posterior bajo dando una aproximación de la hipofaringe y nasofaringe (15).</p>	<p>Con menor resistencia al paso del aire que corresponde al 50%(14). El desarrollo de esta estructura alrededor de los dos años es la causa de la transformación craneofacial dando paso a la cara adulta. Las mujeres logran el 84% del desarrollo nasal adulto a los 12 años, y los hombres alcanzan el 87% del desarrollo nasal adulto a los 15 años (16).</p>

<p>Lengua: Figura 8. Diferencia del tamaño de la lengua en relación a la cavidad oral entre el niño y el adulto</p>  <p>Fuente: elaboración propia, 2025</p>	<p>Órgano muscular que contribuye en la deglución. Sujeto mediante uniones de los huesos hioides, maxilar inferior, etmoides, el paladar blando y las paredes de la faringe(6)</p>	<p>La lengua se caracteriza por ser proporcionalmente más grande respecto a la cavidad oral y con papilas gustativas aún en desarrollo (figura 7)(6).</p>	<p>Su tamaño es proporcional a la cavidad oral y las papilas gustativas: filiforme, fungiformes, calciformes y foliadas ya se encuentran desarrolladas(figura 7) (17).</p>
<p>Faringe: Figura 9. Áreas principales de la faringe</p>  <p>Fuente: elaboración propia 2025</p>	<p>Estructura tubular que aborda el área entre la base del cráneo hasta el cartílago cricoides y se divide en tres áreas principales: Nasofaringe, orofaringe e hipofaringe (figura 8)(6)(18)</p>	<p>En niños es más corta que la de los adultos, presenta mayor resistencia al flujo de aire y sus diámetros transversales son más cortos que los de los adultos (6) (18).</p>	<p>En relación al tamaño de la faringe en los niños, los adultos tienen mayor longitud y suele ser de 15 cm. Además presentan menor resistencia al flujo aéreo en comparación a los niños.(19).</p>

Laringe

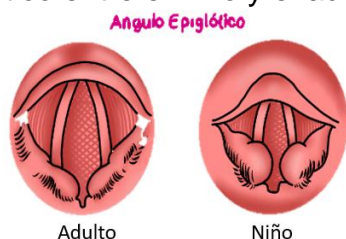
Figura 10. Diferencia en la



estructura de la laringe entre el niño y el adulto.

Fuente: elaboración propia 2025

Figura 11. Diferencia entre el angulo epiglotico entre el niño y el adulto.



Fuente: elaboración propia, 2025

Órgano fonador y protector de la vía aérea superior consta de 3 estructuras cartilaginosas cartilago tiroides, epiglotis y cricoides, presentes tanto en niños como adultos(figura 9)(20).

En niños es más alta y se localiza en la región cervical, a nivel de las vértebras c3–c4(6).

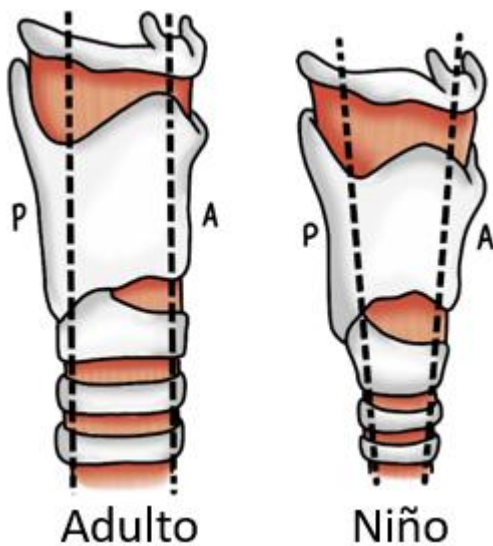
La epiglotis es más alargada que la de los adultos, dando la forma cónica de la vía aérea en el niño (figura 10) (14) y se proyecta sobre la laringe en un Angulo de 45°(15).

La laringe de los adultos es más baja. Ubicándose a nivel de los cuerpos vertebrales de C4 y C6, con una forma más cilíndrica, la epiglotis en los adultos es más corta y cilíndrica a diferencia de la forma cónica que presentan los niños(figura 10) (19).

Vía aérea inferior

Estructura	Definición	Niño	Adulto
Tráquea	Se extiende desde la laringe hasta los bronquios principales, permitiendo un mayor flujo de aire hacia los pulmones(14). Además, al ser incompleta en su porción posterior, permite su distensión durante la deglución.	En el neonato la tráquea tiene dirección posterior y cauda, con forma cónica (figura 11) (6). El diámetro de la tráquea es 32mm en niños menores de 2 años, 45mm en preescolares, 52-	En el adulto la tráquea es medial y recta, con forma cilíndrica (figura 11). El diámetro es 70-80mm mayor que en infantes(14). Al igual que los niños , la tráquea está compuesta de 15 a

Figura 12. Diferencia de la forma de la tráquea entre el niño y el adulto.



Se relaciona íntimamente con el esófago, compartiendo el mediastino superior, y se bifurca en la carina, marcando el inicio del árbol bronquial.

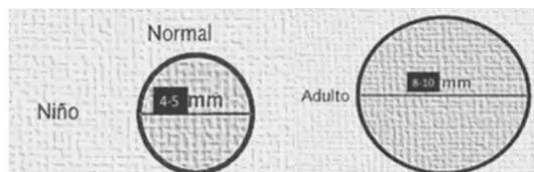
60mm en escolares (14). Este conducto está compuesto de 15 a 20 anillos de cartílago con el fin de mantener la luz de la tráquea abierta(6).

20 anillos de cartílago(14).

Fuente: elaboración propia, 2025

Bronquios y Bronquiolos

Figura 13. Diferencia en el diámetro de los bronquios entre el niño y el adulto.



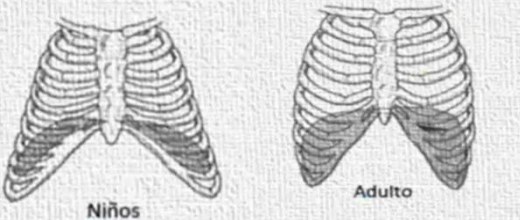
Fuente: anatomía de los bronquios y segmentos pulmonares tomada de: Asenjo DA, Pinto D. Características anatómo-funcionales del aparato respiratorio durante la infancia Rev Med Clin Condes. 2017;28(1):7-19) (6)


Estructura de la vía aérea que permite el paso de aire a lo alveolos y en la carina se produce la primera división en dos ramas: Bronquio principal derecho, siendo más corto, vertical y ancho y bronquio principal izquierdo, que es más largo, horizontal y estrecho. Los bronquios principales se ramifican en bronquios lobares,

En niños el árbol bronquial es más pequeño. Con menor calibre y mayor resistencia con un diámetro de 4-5 mm (Figura11)(6).

En adultos el diámetro de los bronquios varía entre 8-10 mm (figura 11)(6), así mismo el de los bronquiolos oscila entre 0.45cm-0.06(21).

	bronquios segmentarios y subsegmentarios(6).		
Pulmón	Órgano de forma cónica, donde el pulmón derecho es más grande y tiene tres lóbulos (superior medio e inferior). Por otro lado, el pulmón izquierdo es de menor tamaño y presenta dos lóbulos (superior e inferior)(6).	Los pulmones son más pequeños, con alvéolos más reducidos en tamaño y menos desarrollados, esto se debe a que la caja torácica y los músculos respiratorios aún están en crecimiento. Poseen un tamaño aproximado de una nuez, menos lóbulos y menos bronquios. La frecuencia respiratoria de los niños es más alta que la de los adultos(6) y la ventilación minuto depende de dicha frecuencia debió a los volúmenes corrientes generados por	Se compone de 300 millones de alvéolos, lo que brinda una superficie de 70 a 80 m2 que contribuye al intercambio de gases. No obstante, los valores anteriores no son precisos ya que depende de diferentes factores como el número alveolar que está directamente vinculado con el volumen pulmonar total, por lo tanto entre mayor sea el diámetro del pulmón implica un mayor número de alveolos(20).

		pulmones ligeramente rígidos(15).	
<p>Caja torácica y costillas</p> <p>Figura 14. Diferencia estructural de la caja torácica entre el niño y el adulto</p>  <p>Fuente: anatomía de los bronquios y segmentos pulmonares tomada de: Asenjo DA, Pinto D. Características anatómo-funcionales del aparato respiratorio durante la infancia Rev Med Clin Condes. 2017;28(1):7-19) (6)</p>	<p>La caja torácica compuesta por doce pares de costillas, esternón y vertebras torácicas cumple con la función de proteger estructuras del sistema respiratorio y del mediastino(22)</p>	<p>La caja torácica es más flexible, las costillas están en una posición horizontal que cambia a medida que crecen (figura 12)(6) y el cartílago de crecimiento (fisis) en etapas post natales aumenta significativamente en grosor, la matriz se vuelve extensa y es altamente celular. Este cartílago es más blando y rico en colágeno tipo II(23). En la infancia, los músculos respiratorios están poco desarrollados y la respiración es principalmente abdominal. Por lo tanto a medida que</p>	<p>A diferencia de la población pediátrica no corresponden a ser rectilíneas ni horizontales, su orientación es oblicua hacia abajo y hacia anterior. (figura 12)(24). En adultos el cartílago de crecimiento se osifica y se reemplaza con colágeno tipo I siendo mas denso y rigido (25).</p>

		<p>los niños empiezan a caminar y crecer, las costillas se vuelven más inclinadas, como las de los adultos (6).</p>	
<p>Diafragma</p> <p>Figura 15. Diagrama diferencial del diafragma en el niño y el adulto.</p>  <p>Fuente: elaboración propia basado en G.postiaux, fisioterapia respiratoria en el niño, MG Graw Hill</p>	<p>Principal musculo respiratorio, donde una de sus inserciones se encuentra en la pared lateral del tórax, esto lleva a que el movimiento del diafragma sea en mayor parte en la porción posterior (26).</p>	<p>El diafragma en neonatos es más plano(figura 13)(26). Además los neonatos poseen menor fibras resistentes a la fatiga (tipo I), que corresponden al 25% (26).</p>	<p>El diafragma en adultos tiene forma de cúpula,(figura 13) movimiento a modo de pistón y tienen un 55% de (fibras tipo I) resistentes a la fatiga(26).</p>

Fuente: Elaboración propia, 2025

Fisiología respiratoria en el niño

La fisiología respiratoria comprende diferencias en el adulto y en el niño, en particular en el recién nacido, por lo tanto se abordara los conceptos fisiológicos fundamentales de la mecánica respiratoria (9).

- **Control ventilatorio**

Regulación de la respiración: Los recién nacidos tienen un control respiratorio aún en desarrollo, lo que resulta en respuestas ventilatorias insuficientes frente a la falta

de oxígeno y el exceso de dióxido de carbono. También exhiben patrones respiratorios irregulares, lo que incrementa el riesgo de apnea, especialmente en los prematuros (27). Este riesgo aumenta durante alteraciones fisiológicas en forma de anemia, hipoglucemia, hipercapnia e hipotermia(15).

El control ventilatorio se realiza mediante un grupo de neuronas situadas en la médula oblongada, conocido como el Respiratory Center Pattern Generator (RCPG), que coordina la contracción del diafragma y los músculos intercostales para la inspiración (28). El control químico de la ventilación también se da gracias a sensores centrales ubicados en el bulbo raquídeo ventral y es susceptible a variaciones en las concentraciones de iones de hidrógeno (pH), por lo tanto, un aumento del CO_2 incrementa simultáneamente los iones de hidrógeno y actúa sobre estos quimiorreceptores estimulando la ventilación. Además se encuentran sensores periféricos en los cuerpos carotídeo y aórtico que se conectan entre sí al bulbo raquídeo y se estimulan ante una reducción del contenido de oxígeno en sangre arterial(21).

En contraste, el control respiratorio en recién nacidos difiere significativamente de niños mayores y adultos. Los recién nacidos responden a la hipoxia con un aumento inicial en la ventilación, seguido de una disminución de la misma debido al desarrollo incompleto de los centros respiratorios medulares. Por ello, pueden experimentar períodos de apnea, donde la respiración se detiene brevemente (10-15 segundos en apnea periódica). La incidencia de apnea periódica es alta en recién nacidos, especialmente prematuros y puede causar complicaciones graves, como bradicardia y cianosis (29).

- **Ventilación pulmonar**

La ventilación se da como resultado de las fuerzas ejercidas de los músculos respiratorios sobre los pulmones y la caja torácica. Dichas fuerzas cambian el volumen pulmonar generando una diferencia de presión entre el interior de los pulmones y el ambiente, facilitando el ingreso del aire(30). para que se de este proceso es necesario la presencia de 3 presiones principales: Presión atmosférica,

presión intrapleural y presión intraalveolar. Durante la inspiración se requiere la interacción de estas presiones para el ingreso de aire.(20).

Al momento del nacimiento, los pulmones del recién nacido se encuentran colapsados y llenos de líquido(31). La mecánica de pasar a través del canal vaginal comprime el tórax generando la expulsión de una parte del líquido intrapulmonar, la primera inspiración que suele ser acompañada por el llanto genera una presión inspiratoria negativa que supera las resistencias de las vías respiratorias y esto permite la primera respiración. La producción de surfactante que se completa al final del embarazo reduce la tensión superficial en los alvéolos, favoreciendo su expansión y previniendo su colapso(31).

La ventilación se produce por medio del movimiento del diafragma. En el transcurso de la inspiración, el diafragma se contrae y presiona la superficie inferior de los pulmones hacia abajo. Durante la espiración, el diafragma se relaja, mientras que la pared torácica, las estructuras abdominales y los pulmones se contraen elásticamente. Lo anterior, aumenta la presión sobre los pulmones y se expulsa el aire. Teniendo en cuenta lo anterior, el proceso de inspiración es el encargado de suministrar oxígeno a los pulmones, proceso contrario que se realiza en la espiración donde se expulsa el aire saturado de dióxido de carbono. Estos procesos se logran dar debido a la coordinación entre los músculos respiratorios y los cambios de presión. Una vez dada la fase de respiración este oxígeno viajará por todo el sistema respiratorio y circulatorio por medio la hemoglobina que realiza un papel fundamental en el transporte de oxígeno(13). Finalmente del 2% al 3% de la energía total en los adultos y del 1% al 2% en los recién nacidos se gasta en trabajo respiratorio (29).

Después del nacimiento el proceso de ventilación se verá influenciado por la vía aérea supraglótica en niños que es reducida y flexible. Por lo tanto, las leyes físicas funcionan juntas haciéndola susceptible al colapso inspiratorio. La ley de Laplace involucra que, cuando hay una tensión superficial constante, la presión dentro de la vía aérea y las fuerzas que pueden ocasionar su colapso aumentan a medida que esta se reduce. Por consiguiente, cualquier tipo de obstrucción en el sistema

respiratorio del niño implica un gran factor de riesgo para el colapso durante la inspiración (32).

En neonatos, la ventilación pulmonar presenta características particulares debió a la inmadurez del sistema respiratorio. Durante los primeros tres meses de vida ocurren fenómenos fisiológicos como las apneas anteriormente mencionadas, que a menudo terminan con obstrucciones faríngeas(32). Además, los neonatos sanos que pueden respirar por sí mismos compensarán de manera dinámica su mecánica respiratoria inmadura con taquipnea sin pausa y aire espiratorio saliendo a través de la laringe (33).

En el contexto de la ventilación mecánica, es esencial tener en cuenta que la frecuencia respiratoria a programar no es estable como en adultos, sino que varía según la edad y el peso del niño, de acuerdo con las características fisiológicas mencionadas en este apartado de ventilación. A menor edad menor maduración pulmonar lo que resulta en mayor frecuencia respiratoria y menor capacidad pulmonar. Por lo tanto la programación del ventilador debe ajustarse de manera adecuada para asegurar un correcto intercambio gaseoso.(34)

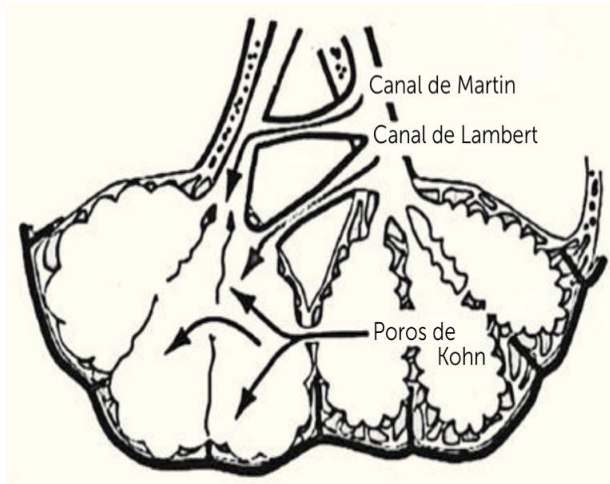
- **Ventilación colateral**

En los pacientes pediátricos, el desarrollo pulmonar no incluye conexiones periféricas entre alveolos, acinos y lóbulos, ni entre segmentos pulmonares. Dichas conexiones se comienzan a desarrollar posterior al nacimiento, sin embargo son funcionales a partir de los 6 años de edad y son importantes para prevenir atelectasias distales debido a obstrucciones(9). Existen tres tipos de comunicaciones conocidas:

1. Poros de Khon: Son conexiones entre los alveolos y se desarrollan completamente hasta los trece años (Figura 15)(9).
2. Canales de Lambert: Se descubrieron al estudiar la antracosis pulmonar, observando comunicaciones entre bronquiolos distales y alveolos (Figura 15) (9).

3. Canales de Martin: Descubiertos en 1966 por H.B. Martin, estos canales describen la comunicación entre bronquiolos en los pulmones (Figura 15) (9).

Figura 16. Ventilación colateral



Fuente: Carlos Asenjo DA, Ricardo Pinto DA. Características anátomo-funcional del aparato respiratorio durante la infancia function and anatomy of respiratory system during the childhood. Vol. 28, rev. Med. Clin. Condes. 2017(6)

Esta ausencia o escasa ventilación colateral en neonatos, implica mayor riesgo de colapso alveolar ya que no existe la alternativa de distribuir el aire si una vía bronquial se obstruye. Por lo tanto, se recomienda el uso adecuado e individualizado del PEEP para prevenir atelectasias y asegurar oxigenación(35).

- **Espacio muerto, ventilación alveolar**

El aire en las zonas de los pulmones donde no está presente el intercambio de gases se denomina espacio muerto. Dicho espacio se divide en dos partes: anatómico y alveolar(Figura 16)(36).

El espacio muerto anatómico comprende las vías de conducción (a excepción de los alvéolos y bronquiolos terminales) que no participan en la respiración. En contraste, el espacio muerto alveolar se refiere a los alvéolos que no están funcionando en el intercambio gaseoso(Figura 16) (36).

La relación espacio muerto, respecto al volumen corriente se mantiene constante a lo largo de la vida. Sin embargo, en bebés y en casos donde el volumen corriente es pequeño, incluso pequeños incrementos en el espacio muerto pueden provocar

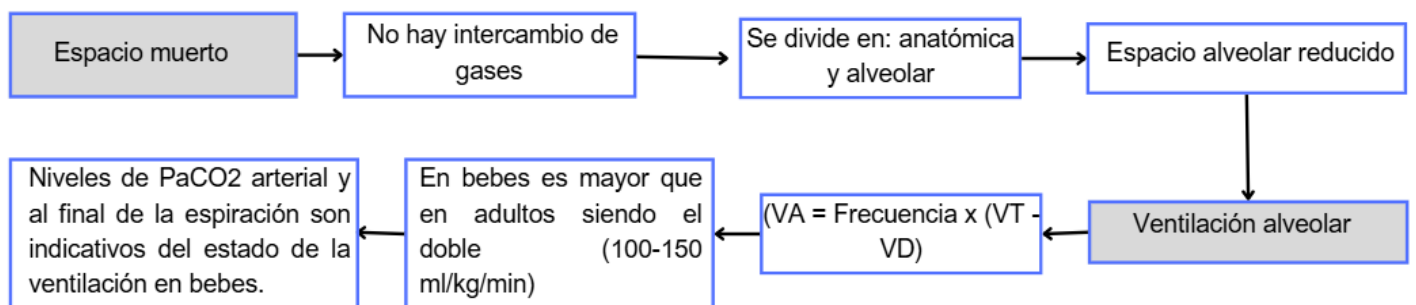
problemas graves, a diferencia de lo que sucede en adultos. Se reconoce que el espacio muerto alveolar es mínimo, salvo en condiciones patológicas donde puede aumentar(Figura 16) (36).

La ventilación alveolar indica el volumen total de aire que llega a los alvéolos y participa en el intercambio de gases en un minuto. Se calcula multiplicando la frecuencia respiratoria por la cantidad de aire que entra en los pulmones, descontando el espacio muerto ($VA = \text{Frecuencia} \times (VT - VD)$) (Figura 16) (36).

En los bebés, la ventilación alveolar es superior que, en los adultos, siendo el doble (100-150 ml/kg/min). Esto hace que los cambios en los niveles de PaCO₂ arterial y al final de la espiración sean indicativos del estado de la ventilación. Debido a esta mayor ventilación alveolar, los lactantes experimentan inducción y recuperación más rápidas con anestésicos inhalados en comparación con los adultos (Figura 16) (29).

Los neonatos se desaturan de forma más rápida que los adultos incluso con apnea y preoxigenación al 100% de oxígeno inspirado. Esto se da debido a una duplicación en la tasa de consumo de oxígeno y para compensar este alto consumo de oxígeno, los neonatos presentan el doble de la ventilación alveolar en comparación a la del adulto (Figura 16) (33).

Figura 17. Esquema espacio muerto y ventilación alveolar.

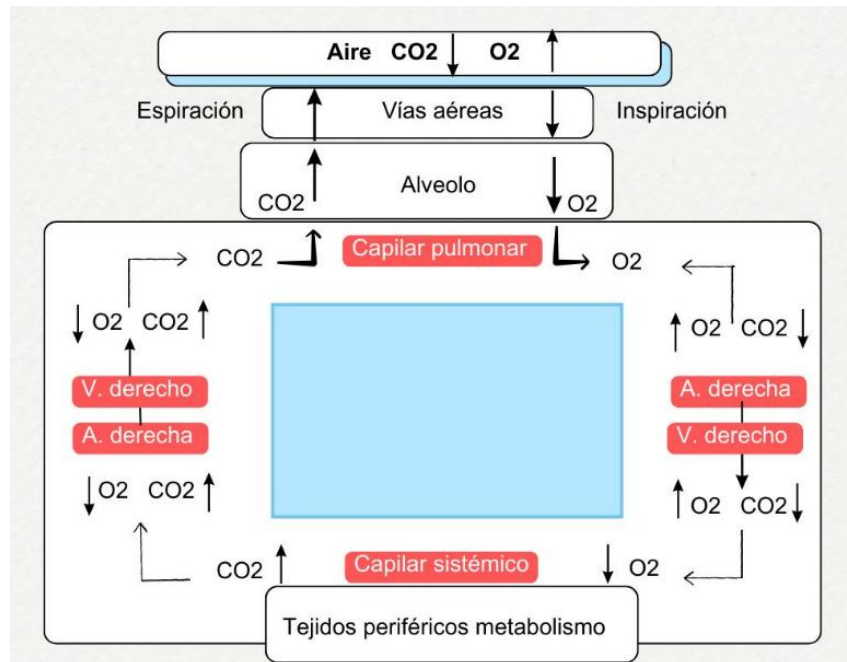


- **El intercambio gaseoso al momento de nacer**

Los alveolos se forman desde los bronquios terciarios y surgen en dos tipos de células: neumocitos tipo I siendo el 90% de las células dando soporte al alveolo, y neumocitos tipo II comprendiendo el 10% con la función de secretar el surfactante(15). Los neonatos tienen una menor reserva y mayor consumo de oxígeno en proporción con su peso, 6 ml / kg / min, mientras que en adultos equivale a 3,5 ml / kg / min(15). En bebés y niños, el intercambio de gases en los alvéolos está influenciado por factores similares a la de los adultos como, la eficiencia de la difusión de gases que depende inversamente del grosor de la membrana y directamente de la superficie de área disponible, que en este caso es de 0.9 m²/kg. El oxígeno se transporta principalmente unido a la hemoglobina y disuelto en el plasma su transporte efectivo hacia los tejidos se ve afectado por la cantidad de hemoglobina, sus propiedades de disociación y el gasto cardíaco. Por otra parte, el dióxido de carbono se lleva en forma disuelta como bicarbonato y carbaminohemoglobina (Figura 17) (36).

Por consiguiente, otro factor determinante en el transporte de oxígeno es la presencia del 2,3-DPG (difosfoglicerato). Esta enzima presente en los glóbulos rojos disminuye la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno. Además, No se une a la hemoglobina fetal y dicha enzima se libera entre las 2 y 3 semanas de vida, alcanza niveles superiores a la de los adultos a partir del 1 mes de edad. Esto resulta en una disminución de la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno, lo cual compensa la anemia fisiológica común en la infancia (29).

Figura 18. Mecanismo de la respiración corporal.



Fuente: Elaboración propia basado en la función pulmonar en el niño, 2007(30)

- **Compliance de los pulmones y del tórax**

Se define como el aumento de volumen causado por cada aumento unitario de presión. En los niños, cambia desde el nacimiento. El cambio se relaciona con la cantidad de elastina y surfactante. La distensibilidad pulmonar de los niños es menor que la de los adultos porque tienen diferentes estructuras alveolares, elastina y tensioactivos(36).

Menos elastina resulta en menos elasticidad pulmonar y una mayor posibilidad de colapso. Después del nacimiento la elastina aumenta simultáneamente con el aumento de los conductos alveolares y prosigue hasta los 18 años (31).

Debido a la compliance reducida que presentan los pacientes pediátricos, son más propensos a lesiones pulmonares inducidas por la ventilación mecánica ya que requieren mayor presión para alcanzar un volumen tidal adecuado, por lo tanto, es recomendado el uso de modos controlados por presión en neonatos ya que permite controlar la presión máxima y evitar el riesgo de barotraumar. Sin embargo el modo ventilatorio debe ser elegido por la experiencia clínica y considerando la fisiopatología de la enfermedad.(37)

- **Producción y Función del Surfactante**

El surfactante es una sustancia esencial generada por los neumocitos tipo 2, cuya función principal es disminuir la tensión superficial en los alvéolos, lo que impide el colapso de los pulmones y facilita su expansión tras el nacimiento. La producción de surfactante es promovida por los glucocorticoides y es vital para prevenir el síndrome de dificultad respiratoria, particularmente en los bebés prematuros (38).

- **Resistencia de las vías respiratorias**

Se define como la presión por unidad de flujo. En los recién nacidos, las vías respiratorias son estrechas; no hay un aumento representativo en el diámetro de las vías respiratorias hasta los cinco años. Por lo tanto, la resistencia de las vías respiratorias de los niños es mayor que la de los adultos, dado que, las vías respiratorias son más pequeñas en las bases de los pulmones; la resistencia es mayor que en las regiones apicales. Mientras que las vías respiratorias superiores constituyen el 65% de la resistencia en los adultos, sólo las fosas nasales constituyen el 50% de la resistencia en los bebés (29).

La resistencia pulmonar depende de diversos factores como:

1. La inercia del sistema respiratorio(29).
2. La resistencia a la fricción del tejido de la pared torácica(29).
3. La resistencia a la fricción del tejido pulmonar(29).
4. La resistencia a la fricción de las vías respiratorias al flujo(29).

Debido a que los neonatos presentan esta característica de vía aérea reducida, el menor diámetro genera una resistencia significativa, por lo cual es esencial disminuir el riesgo de colapso de la vía aérea. Por lo tanto, en ventilación mecánica es relevante manejar tiempos espiratorios adecuados para prevenir atrapamiento aéreo, ajustando la relación I/E según el diagnóstico clínico del neonato(35).

Conclusión

A partir de las temáticas abordadas durante este capítulo, es posible dar cuenta de lo siguiente:

A nivel de la embriología del sistema respiratorio, es importante identificar que existen factores de riesgo gestacionales a nivel, genético, hábitos de la madre, nutricional y metabólico. Estos factores pueden desencadenar alteraciones en la maduración pulmonar, incrementado el riesgo de trastornos neonatales y comprometiendo la funcionalidad respiratoria a largo plazo, por lo cual es esencial implementar intervenciones de prevención y monitoreo desde la gestación, con el objetivo de disminuir la prevalencia de enfermedades respiratorias pediátricas.

Por su parte, a nivel anatómico y fisiológico, se encuentran grandes diferencias entre las estructuras y funciones del sistema respiratorio de niños y adultos, dentro de las cuales resaltan el mayor riesgo de obstrucción debido a la forma cónica de la tráquea, diámetro reducido de los bronquios, y el mayor consumo de oxígeno por kilogramo de peso en comparación con el adulto. Estas diferencias fundamentales reflejan la necesidad por parte de todos los miembros del sector salud de personalizar estrategias, mejorar protocolos de atención y potenciar la capacitación especializada de la vía aérea pediátrica, para garantizar un tratamiento oportuno e integral que reduzca los riesgos asociados al manejo de pacientes pediátricos.

En este sentido, como resultado del proceso de la elaboración del presente capítulo de libro, se evidenció una limitación importante asociada a la reducida disponibilidad de literatura actualizada que analice a profundidad la anatomía y fisiología del sistema respiratorio pediátrico. Dicha falta de literatura actualizada limita la identificación de nuevas particularidades de la función pulmonar en el niño y el progreso de enfoques clínicos. Por tanto, se sugiere como línea de investigación futura el refuerzo de estudios científicos actualizados que permitan distinguir las diferencias de la función pulmonar en el niño y el adulto, por medio de pruebas y evaluaciones fisioterapéuticas con apoyo multidisciplinar. Lo anterior facilita relacionar dichos hallazgos con las particularidades estructurales del sistema respiratorio del niño, con el fin de avanzar en el manejo clínico respiratorio desde fisioterapia.

Aporte del capítulo a la fisioterapia

La fisioterapia respiratoria se especializa en la evaluación, tratamiento, prevención y la optimización de la función pulmonar. Algunos de sus objetivos son: favorecer la ventilación, facilitar la eliminación de secreciones y conservar la vía aérea permeable, aportando así a la estabilidad de la mecánica respiratoria en distintas etapas del ciclo vital. En este sentido, este capítulo del libro brindará contenido entendible que guiará al fisioterapeuta a un mejor abordaje desde la evaluación hasta la intervención en pacientes pediátricos gracias a los principios y conceptos sobre las diferencias anatómicas y fisiológicas entre el niño y el adulto, permitiendo identificar la integridad de la vía aérea respiratoria en los niños.

REFERENCIAS.

1. Wani TM, Bissonnette B, Engelhardt T, Buchh B, Arnous H, AlGhamdi F, et al. The pediatric airway: Historical concepts, new findings, and what matters. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2019 Jun 1;121:29–33.
2. West JB. *Fisiología respiratoria*. 7 th. Madrid: Editorial Medica Panamericana; 2008.
3. Shahbazi MN. Mechanisms of human embryo development: From cell fate to tissue shape and back. *Development (Cambridge)*. 2020 Jul 17;147(14).
4. Zhai J, Xiao Z, Wang Y, Wang H. Human embryonic development: from peri-implantation to gastrulation. *Trends in Cell Biology*. 2022 Jan 1;32(1):18–29.
5. Nikolić MZ, Sun D, Rawlins EL. Human lung development: Recent progress and new challenges. *Development (Cambridge)*. 2018 Aug 1;145(16 Special Issue).
6. Asenjo DA P DA. Características anátomo-funcional del aparato respiratorio durante la infancia. *REV MED CLIN CONDES*. 2017;28(1):7–19.
7. Schittny JC. Development of the lung. *Cell and Tissue Research*. 2017 Mar 1;367(3):427–44.

8. Zepp JA, Morley MP, Loebel C, Kremp MM, Chaudhry FN, Basil MC, et al. Genomic, epigenomic, and biophysical cues controlling the emergence of the lung alveolus. *Science* (80-). 2021 Mar 12;371(6534).
9. Victor Hugo Estupiñan Perez. *Conceptos del cuidado respiratorio pediátrico*. santiago de cali, colombia: universidad santiago de cali; 2021. 310 p.
10. Thompson & Thompson. *Genética en medicina*. 7 th. Philadelphia: Elsevier; 2007.
11. Lykkedegn S, Sorensen GL, Beck-Nielsen SS, Christesen HT. The impact of vitamin D on fetal and neonatal lung maturation. A systematic review. *Am J Physiol - Lung Cell Mol Physiol*. 2015;308(7):L587–602.
12. Abraham M, Alramadhan S, Iniguez C, Duijts L, Jaddoe VWV, Dekker HTD, et al. A systematic review of maternal smoking during pregnancy and fetal measurements with meta-analysis. *PLoS One*. 2017;12(2):1–13.
13. Pérez Piedra MJ, Alvarado Quesada NL, Enríquez Barrantes M. Optimizando el abordaje de la vía aérea: estrategias y consideraciones actuales en medicina. *Rev Medica Sinerg*. 2024 Feb 1;9(2):e1147.
14. Ortiz LE. *Neumología Pediátrica*. *Rev Med Univ Navarra [Internet]*. 2017; Available from: www.neumologia-pediatria.cl
15. Zhande TM, Howie A. Developmental anatomy of the airway. *Anaesth Intensive Care Med [Internet]*. 2024;25(10):671–6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2024.07.005>
16. Zalzal HG, O'Brien DC, Zalzal GH. *Pediatric Anatomy: Nose and Sinus*. *Oper Tech Otolaryngol - Head Neck Surg*. 2018;29(2):44–50.
17. LM G. *La Lengua en el Examen Físico*. *Asoc Médica Homeopática Argentina*. 2014;85:35–9.
18. Di Cicco M, Kantar A, Masini B, Nuzzi G, Ragazzo V, Peroni D. Structural and functional development in airways throughout childhood: Children are

not small adults. *Pediatr Pulmonol*. 2021;56(1):240–51.

19. Álvarez SJ, Molano PD, Robledo M RC. Anatomía de la vía aérea: implicaciones anestésicas. *Cir mayor ambulatoria*. 2012;17:9.
20. Ahookhosh K, Pourmehran O, Aminfar H, Mohammadpourfard M, Sarafraz MM, Hamishehkar H. Development of human respiratory airway models: A review. *Eur J Pharm Sci [Internet]*. 2020;145(August 2019):105233. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2020.105233>
21. Cameron J, Misra U. Respiration: ventilation. *Anaesth Intensive Care Med [Internet]*. 2017;18(12):634–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2017.09.012>
22. Murphy C LJ. Tórax óseo, esternón y costillas. In: *Manual de posiciones y técnicas radiológicas*. 9th ed. Barcelona: Elsevier; 2018. p. 336–352.
23. Watkins J MI. Connective tissues. In: I WJm, editor. *The Pocket Podiatry Guide: Functional Anatomy*. Barcelona: Churchill Livingstone; 2009. p. 107–56.
24. Ruiz A, Latarjet L M. *Anatomía Humana 4 Edición*. Madrid: Editorial Medica Panamericana; 2008. 861 p.
25. Vaca-González JJ, Gutiérrez ML, Garzón-Alvarado DA. Cartílago articular: estructura, patologías y campos eléctricos como alternativa terapéutica. Revisión de conceptos actuales. *Rev Colomb Ortop y Traumatol*. 2017;31(4):202–10.
26. Pérez M L. Evaluación por imágenes del diafragma en el niño. *Rev Chil enfermedades Respir*. 2012;28(3):236–48.
27. Saikia D, Mahanta B. Cardiovascular and respiratory physiology in children. *Indian J Anaesth*. 2019 Sep 1;63(9):690–7.
28. Rico M. *La neumología desde sus raíces [Internet]*. Mexico: Permanyer Mexico; 2018. Available from: www.permanyer.com

29. Vagas E, Gul Akgul A. RESPIRATORY SYSTEM PHYSIOLOGY AND THE DIFFERENCES IN CHILDREN. *Toraks Cerrahisi Bul.* 2012 Jun 1;3(2):77–83.
30. González Pérez-Yarza E, Aldasoro Ruiz A, Korta Murua J, Mintegui Aranburu J, Sardo Prado O. La Función Pulmonar en el Niño [Internet]. Sociedad Español de Neumología Pediátrica. Madrid: Ergon; 2007. 1–144 p. Available from: http://www.neumoped.org/docs/funcionpulmonar_libro.pdf
31. Saikia D, Mahanta B. Cardiovascular and respiratory physiology in children. *Indian Journal of Anaesthesia.* 2019 Sep 1;63(9):690–7.
32. Trachsel D, Erb TO, Hammer J, von Ungern-Sternberg BS. Developmental respiratory physiology. *Paediatr Anaesth.* 2022;32(2):108–17.
33. Lynn DM. The basic principles of anesthesia for the neonate. 2017;54–61.
34. Martínez A., Casado J., Jiménez R. Ventilación mecánica en pediatría. ¿Cómo y cuándo extubar? *Med Intensiva* [Internet]. 2009;27(10):673–5. Available from: <https://www.medintensiva.org/es-ventilacion-mecanica-pediatria-como-cuando-articulo-13055982>
35. Kneyber MCJ, de Luca D, Calderini E, Jarreau PH, Javouhey E, Lopez-Herce J, et al. Recommendations for mechanical ventilation of critically ill children from the Paediatric Mechanical Ventilation Consensus Conference (PEMVECC). *Intensive Care Med.* 2017;43(12):1764–80.
36. Postiaux. Fisioterapia respiratoria en el niño. 1 th, editor. España: McGRAW-HILL. Interamericana; 2000.
37. Coronado-Muñoz Á, Escalante-Kanashiro R. Pediatric acute respiratory distress syndrome: How to protect the lungs during mechanical ventilation? *Bol Med Hosp Infant Mex.* 2021;78(3):181–90.
38. Mckinlay J. Adaptation for life after birth: a review of neonatal physiology. *Anesth Intensive Care Med.* 2020;21:71–9.

