

11222  
20/1

Universidad Nacional Autónoma de México



FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES

SECRETARIA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA  
SUBSECRETARIA DE ASISTENCIA  
DIRECCION GENERAL DE REHABILITACION  
CURSO DE ESPECIALIZACION EN MEDICINA DE REHABILITACION

REHABILITACION RESPIRATORIA  
EN EL NIÑO

*L. Camacho*  
TRABAJO DE INVESTIGACION CLINICA  
QUE PRESENTA LA

Dra. Ma. de los Angeles Barbosa Vivanco  
PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALISTA EN  
MEDICINA DE REHABILITACION

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E /

INTRODUCCION . . . . .	6
ASPECTOS EMBRIOLOGICOS Y ANATOMICOS DEL APARATO RESPIRATORIO . . . . .	7
CONFIGURACION GENERAL DEL APARATO RESPIRATORIO . . . . .	19
BASES FISIOLÓGICAS VENTILACION PULMONAR . . . . .	28
MECANICA DE LA RESPIRACION . . . . .	48
PATOMECANICA DE LA RESPIRACION. . . . .	66
REHABILITACION . . . . .	75
MEJORAMIENTO DE LA FUNCION RESPIRATORIA . . . . .	76
MEJORAMIENTO DE LA MECANICA RESPIRATORIA . . . . .	95
REACONDICIONAMIENTO FISICO . . . . .	112
ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA . . . . .	114
EDUCACION HIGIENICA . . . . .	122
REFERENCIAS . . . . .	125

## I N T R O D U C C I O N

La rehabilitación, con sus variados métodos y recursos, tiene aplicación práctica en el tratamiento de las enfermedades respiratorias del niño, en muchas de las cuales constituye el recurso más importante que se puede ofrecer para mejorar su sintomatología, su función respiratoria y su calidad de vida.

En el momento presente el campo de la medicina ofrece un panorama diferente al de hace varias décadas, debido a que el mejoramiento en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades agudas ha conducido a disminuir la mortalidad general y al aumento de las enfermedades crónicas y de las secuelas invalidantes.

Los antibióticos, la cirugía, los corticosteroides y otros recursos terapéuticos están permitiendo prolongar la vida de pacientes con Mucoviscidosis, Asma Bronquial Severa, Tuberculosis Pulmonar, Tumores Pulmonares, etc., pero dando por resultado la presencia de secuelas que ocasionan insuficiencia respiratoria de grado variable, que a su vez impide que los pacientes se desempeñen eficientemente en las actividades de la vida diaria.

**ASPECTOS EMBRIOLÓGICOS Y ANATÓMICOS  
DEL APARATO RESPIRATORIO**

## ASPECTOS EMBRIOLOGICOS Y ANATOMICOS DEL APARATO RESPIRATORIO

En el ser humano el primer esbozo del aparato respiratorio aparece en la segunda mitad de la cuarta semana, como un surco acanalado y longitudinal en el piso de la faringe primitiva, que resulta del hundimiento del endodermo faríngeo, caudal a la eminencia hipobronquial y a nivel de la 4a. y 5a. -bolsas faríngeas. El canal recién formado recibe el nombre de divertículo laringotraqueobronquial. Su hundimiento continúa alargándose en dirección --caudoventral, paralelo al esófago primitivo, constituyendo así una estructura tubular evaginada del endodermo faríngeo.

A mediados de la 5a. semana, a partir de la eminencia hipobranquial, se desarrolla una lengüeta que hacia la sexta semana forma la epiglotis. Los bordes izquierdo y derecho forman las prominencias aritenoides. Dos evaginaciones del tubo laringotraqueal favorecen la formación de las cuerdas vocales.

La traquea, desde su aparición en la 4a. semana con el esbozo laringotraqueal, se evagina ventralmente en forma de tubo que crece caudalmente y paralelo al esófago. Para la 5a. semana, su extremo distal se bifurca en dos esbozos bronquiopulmonares y continúa descendiendo hasta un total aproximado de 8 segmentos o somitas.

Durante la sexta semana nuevos brotes de tipo monopódico surgen desde los bronquios primarios,

originando así los bronquios secundarios o principales de cada futuro lóbulo pulmonar. A partir de estos bronquios secundarios se formará el árbol bronquial por sucesivas divisiones dicotómicas que siguen un plan muy regular hasta que aparecen los conductos alveolares en que la división se vuelve irregular, ya que de cada bronquiolo respiratorio surgen de tres a seis conductos alveolares.

La secuencia de los conductos aéreos durante la ramificación es como sigue:

- Dos bronquios primarios
- Bronquios secundarios (dos izquierdos y tres derechos)
- Grandes bronquios
- Bronquiolos de varios órdenes
- Bronquiolos terminales (50 a 80 de cada lóbulo)
- Bronquiolos respiratorios
- Conductos alveolares y
- Sacos alveolares y alveolos.

La ramificación anteriormente mencionada se inicia en el segundo mes fetal y para el sexto mes se han producido de 17 a 18 generaciones de ramas, llegando a un total de 24 generaciones, que se completan en la edad adulta.

En resumen, el desarrollo pulmonar se puede dividir en tres etapas: la primera llamada glandular, comprendida desde la 5a. semana al quinto mes fetal, constituye la formación de los bronquios y bronquiolos respiratorios, durante el sexto mes fetal, apareciendo en esta misma etapa los primeros alveolos con evaginaciones saculares de los bronquiolos respiratorios y una intensa vascularización; la tercera etapa recibe el nombre de alveolar y comprende desde el sexto mes fetal hasta el término y aún postnatalmente hasta la mitad de la niñez, en la cual se forman las generaciones 20, 21 y 22 de conductos alveolares. Después del nacimiento, los alveolos se expanden y su epitelio pasa de cuboidal a aplanado.

## CARACTERISTICAS ANATOMICAS BRONCOPULMONARES

### EN EL NIÑO A DIFERENTES EDADES

El crecimiento y desarrollo del pulmón continúa después del nacimiento, con respecto al aumento en el número de divisiones bronquiolares y alveolares, así como el diámetro de las cavidades alveolares y por lo tanto, al área de la superficie de difusión.

La diferenciación anatómica del árbol respiratorio en la vida extrauterina estriba, principalmente, en:

- a) El grado de vascularización de los tabi

ques alveolares;

- b) La cantidad de tejido mesenquimatoso -- que contienen los mismos tabiques;
- c) Un incremento en el número de divisiones bronquiales y alveolares;
- d) El aumento en el calibre de las vías -- aéreas;
- e) Cambios en la composición anatómica de la pared bronquial.

Del grosor y del grado de vascularización - de los tabiques alveolares, depende la mayor o menor dificultad en la difusión y perfusión pulmonar del recién nacido.

También hay cambios importantes en la pared bronquial:

- a) La presencia de cilios y células calciformes en el epitelio
- b) Las glándulas mucosas en la submucosa
- c) El músculo y el armazón cartilaginoso - de su pared.

## CARACTERISTICAS ANATOMICAS TRAQUEOPULMONARES EN EL RECIEN NACIDO (POST-MORTEM)

La traquea del recién nacido tiene una longitud de 3 cm. y un calibre de 3mm. en su parte superior, de 4 mm. en su parte media y 3 mm. en la inferior. El epitelio de la mucosa de la traquea es cilíndrico, pseudoestratificado, ciliado, con células calciformes que descansan sobre una membrana basal bien definida y la submucosa contiene glándulas de mucina bien desarrolladas, su cartílago está dispuesto en forma de anillos incompletos en el tercio posterior, completándose con músculo liso.

Los bronquios extrapulmonares miden 0.6 cm. el del lado derecho y 1.1 cm. el del lado izquierdo con un diámetro de 3 mm. cada uno y la composición histológica es la misma que la de la traquea.

Los bronquios lobares tienen un calibre de 2 mm. con excepción de la llingula que sólo mide - - 1 mm., con características semejantes a las de la traquea, excepto que los cartílagos se hacen progresivamente más pequeños y menos completos conforme se alejan de la traquea.

Los bronquios intrapulmonares tienen un calibre de 1 a 1.5 mm. de diámetro, los cuales, al -- igual que los bronquios más pequeños, muestran una mucosa con epitelio de células cilíndricas altas, ciliadas y otras elaboradoras de moco. La submucosa presenta muy escasas glándulas de mucina. El -- músculo liso está presente en forma ostensible y el

cartilago no es abundante.

Los bronquiolos tienen un calibre de 60 a 200 micras, su epitelio es cilíndrico bajo, algunas células presentan cilios y no muestran glándulas -- elaboradoras de moco; por fuera del epitelio se -- aprecia en estructura fibrilar y escaso músculo liso.

El diámetro de los conductos alveolares es de 50 a 60 micras, en éstos el revestimiento epitelial es plano y el soporte de su pared es a base de fibras colágenas, reticulares y elásticas.

Las cavidades alveolares son de 64 micras y los tabiques alveolares de 30 micras de espesor a esta edad. Los tabiques interalveolares están compuestos de una malla de fibras reticulares, elásticas y de colágena en cuyo seno se encuentran el lecho vascular con células septales y a cada lado -- existe un revestimiento de células alveolares, continuación del epitelio del resto del árbol respiratorio.

La vasculatura precapilar puede mostrar en algunos casos persistencia del patrón fetal, es decir, arteriolas de pared gruesa y luz pequeña.

También es pertinente mencionar la existencia de plexos nerviosos por fuera de la pared de -- los bronquios, no así de los bronquiolos donde sólo se observan fibras nerviosas.

La pleura es delgada, constituida por colágena y elástica, con un revestimiento de células me

soteliales, conteniendo en su espesor los vasos linfáticos que se continúan con los interlobulillares para drenar finalmente a los ganglios del hilio pulmonar.

El pulmón del recién nacido puede considerarse maduro cuando histológicamente muestra un lecho vascular bien desarrollado en los tabiques alveolares y el tejido mesenquimatoso es escaso o ya no existe.

#### CARACTERISTICAS ANATOMICAS TRAQUEOBRONCOPULMONARES EN EL NIÑO AL MES DE EDAD (POST-MORTEM)

Al mes de edad, la longitud de la traquea es de 4 cm., la luz tiene un diámetro de 4, 5 y 6 mm. en su parte superior, media e inferior respectivamente, con sus elementos histológicos bien diferenciados, los cuales se continúan así a los bronquios extra e intrapulmonares.

Los bronquios extrapulmonares miden 0.7 cm. de longitud del lado derecho y 2.2 cm. el del lado izquierdo, con un calibre de 5 mm. respectivamente.

La luz de las ramas lobares de los bronquios es de 3 mm. para el superior derecho, 2 mm. para el medio y 3 mm. para el inferior derecho; de 2 mm. para el superior izquierdo, 1 mm. para la lingula y 2 mm. para el inferior izquierdo. Este calibre se va reduciendo a medida que se ramifican los bronquios, de tal manera que los bronquiolos tienen

una luz de 80 a 230 micras.

A continuación siguen conductos alveolares con un diámetro inicial de 130 micras para ampliarse y formar los atrios, los cuales a su vez, se abren a las cavidades alveolares con un diámetro promedio de 100 micras y con un tabique interalveolar de 20 micras de espesor, en el que el tejido mesenquimatoso ya no existe.

#### CARACTERISTICAS ANATOMICAS TRAQUEOPULMONARES EN EL NIÑO A LOS 6 MESES DE EDAD (POST-MORTEM)

A los 6 meses de edad, la longitud de la -- traquea es de 5 cm.; sus diámetros superior, medio e inferior son de 7, 9 y 7 mm.

El bronquio derecho con longitud de 1.5 cm. y diámetro de 5 mm.; el bronquio izquierdo con longitud de 3 cm. y diámetro de 5 mm.

Los bronquios lobares tienen diámetro de -- 4 mm. el superior derecho, 3 mm. el medio, 4 mm. el inferior derecho; de 4 mm. el superior izquierdo, -- 2 mm. el de la llingula y 3 mm. el inferior izquierdo.

La luz de los bronquios intrapulmonares varía entre 1.5 y 2.5 mm.

La luz de los bronquiolos es de 1.5 mm.

Los conductos alveolares tienen un diámetro de 130 micras; los alveolos de 150 micras, con un tabique interalveolar de 20 micras de espesor.

## CARACTERISTICAS ANATOMICAS TRAQUEOBRONCOPULMONARES EN EL NIÑO AL AÑO DE EDAD

Al año de edad, la traquea mide 5 cm. de longitud y 8 mm. de diámetro en su parte superior y 9 mm. en las partes media e inferior.

Los bronquios extrapulmonares miden 2 cm. de longitud y 7 mm. de diámetro el derecho y 3 mm. de longitud con 6 mm. de diámetro el izquierdo.

Los bronquios lobares tienen un diámetro de 5 mm. en el lóbulo superior derecho; 4 mm. en el lóbulo medio; 5 mm. el lóbulo inferior derecho; 5 mm. el lóbulo superior izquierdo; 4 mm. en la llingula y 4 mm. en el lóbulo inferior izquierdo.

Los bronquios intrapulmonares grandes tienen un calibre de 3 mm. y los pequeños de 2 mm.

Los bronquiolos miden 1.5 mm. de diámetro.

Los conductos alveolares miden 130 micras y las cavidades alveolares 150 micras.

A esta edad los cambios más importantes consisten en el número de ramificaciones del árbol respiratorio (que para entonces son alrededor de 18 a

20 divisiones de las vías aéreas), y en el aumento gradual del calibre de las vías aéreas.

#### CARACTERISTICAS ANATOMICAS TRAQUEOBRONCOPULMONARES EN EL NIÑO A LOS 5 AÑOS DE EDAD (POST-MORTEM)

A los 5 años de edad, la longitud de la traquea es de 6.5 cm. con diámetro de 9 mm.

El bronquio derecho mide 2 cm. de longitud, con 10 mm. de diámetro y el izquierdo 3.5 cm. de longitud con 10 mm. de diámetro.

Las ramas lobares del bronquio derecho tienen una luz de 5 mm. de diámetro para el superior, 4 mm. para el medio, 5 mm. para el inferior y del lado izquierdo 5 mm. para el superior, 3 mm. para la llingula y 5 mm. para el inferior.

La luz de los bronquiolos es de 1 mm. aproximadamente y la de los conductos alveolares de 130 micras.

Los vasos venosos, arteriales y linfáticos aumentan su calibre en forma proporcional.

Los ganglios linfáticos peribronquiales e hiliares no alcanzan medio centímetro de diámetro.

CARACTERISTICAS ANATOMICAS TRAQUEOBRONCOPULMONARES  
EN EL NIÑO A LOS 10 AÑOS DE EDAD (POST-MORTEM)

A los 10 años de edad la longitud de la traquea es de 8.5 cm. y su diámetro es de 13 mm.

Los bronquios extrapulmonares no han sufrido cambios en su longitud y calibre.

Las ramas lobares han aumentado de 1 a 2 mm. en su diámetro.

Los bronquios intrapulmonares y los bronquios lobares llegan a 1.5 mm. de diámetro.

El diámetro de las cavidades alveolares es de 160-190 micras y el espesor de los tabiques alveolocapilares es de 20 a 30 micras.

CONFIGURACION GENERAL DEL  
APARATO RESPIRATORIO

## CONFIGURACION GENERAL DEL APARATO RESPIRATORIO

El aparato respiratorio consiste en las vías aéreas a saber: nariz, faringe, laringe, traquea, bronquios y pulmones.

La laringe es una válvula de tipo esfínter que actúa en la entrada de un fuelle, impide que lleguen alimentos a la traquea, regula la corriente del aire y en ocasiones cerrándose, eleva la presión torácica con el propósito de despejar las vías aéreas superiores mediante un esfuerzo expulsivo al abrirse súbitamente la válvula. La laringe no es un órgano especializado para el habla. Muchos animales cuya laringe es más complicada que la humana carecen de voz; en realidad, el habla depende principalmente del cerebro, el cual regula los músculos respiratorios, faríngeos y bucales. Los pacientes sometidos a laringectomía pueden hablar sin aprender a dilatar la porción superior del esófago, de manera que el aire vibre cuando la columna aérea que proviene de la traquea pasa por el extremo abierto que no posee ya válvula laríngea.

La laringe está cubierta por los músculos infrahióideos; éstos en ocasiones no se unen a la línea media, de manera que la laringe está separada de la superficie sólo por la piel y las capas aponeuróticas. Está limitada a los lados por los músculos esternocleidomastoideos y los grandes vasos del cuello y la abrazan en la parte inferior los lóbulos de la glándula tiroidea. Tapizada en su cara -

posterior por mucosa faringea, la laringe forma la pared anterior de la porción laringea de la faringe y esta última la separa de la cuarta, la quinta y la sexta vértebras cervicales. Está suspendida del hueso hioides por los músculos y el ligamento tirohioideos y la unen al cráneo los músculos estilofaringeo, glosostafilino y salpingofaringeo; hacia abajo las paredes y la cavidad de la laringe se continúan con la traquea, órgano elástico que permite bastante movimiento vertical a la laringe. La posición de la laringe es más alta al emitir sonidos -- agudos; en estado de reposo ocupa un sitio relativamente más alto en el niño y en la mujer adulta. Al tragar, la laringe asciende junto con el hueso hioides, al cual se acerca y también varía su altura al elevar o bajar la barbilla.

En la niñez, la laringe no presenta diferencias según el sexo; durante la pubertad y la adolescencia, la laringe de la mujer crece poco, pero la del varón aumenta en todas sus dimensiones y el diámetro anteroposterior casi se duplica y el cartilago tiroides se hace sobresaliente.

La traquea es un tubo fibromuscular flexible y dilatado de 10 cm. de longitud y 2.5 cm. de diámetro, poco más o menos reforzado por 16 a 20 -- cartílagos traqueales, que a menudo se llaman "anillos", pero tienen la forma de herraduras abiertas hacia atrás; en toda su longitud, la traquea está adosada al esófago el cual sigue la curva del raquis dorsal. La traquea se extiende desde el borde inferior del cartilago cricoides enfrente a la sexta vértebra cervical, desciende inclinándose algo a la derecha y se bifurca en bronquios principales de

recho e izquierdo, a nivel del borde superior de la quinta vértebra dorsal y del ángulo esternal. El último cartílago traqueal sobresale debajo de la bifurcación en la quilla o carina, y origina una prominencia en la mucosa. La traquea aumenta de longitud por elevación de su extremo superior en la hiperextensión del cuello y al tragar y también durante la inspiración, pues en este caso el extremo inferior desciende con los pedículos pulmonares. La porción cervical, por detrás de los músculos esternocleidohioideo y esternotiroideo, está envuelta -- por una aponeurosis pretraqueal y está abrazada por la glándula tiroidea; el istmo de esta última queda por delante del segundo al cuarto cartílagos y los lóbulos se adosan a los lados de los cartílagos -- cuarto a sexto; por debajo de la glándula; siguen -- un trayecto superficial en relación con la traquea, las venas tiroideas inferiores y la arteria tiroidea media. Las arterias carótida primitiva y tiroidea inferior están situadas hacia afuera y los nervios laríngeos recurrentes ocupan el canal traqueo-esofágico.

La porción torácica está en el mediastino superior, por detrás de los restos del timo, del tronco venoso braquiocefálico izquierdo y las tres ramas principales del cayado aórtico. Las ramas -- del cayado aórtico divergen hacia el cuello y gradualmente vienen a colocarse a los lados de la traquea, el tronco arterial braquicefálico a la derecha y a la izquierda la carótida y la subclavia izquierdas. Asimismo, en el lado derecho están el vaso y la vena acigos, que describen una curva sobre el bronquio derecho; hacia la izquierda y siguiendo una curva posterior, el cayado aórtico acompañado -

del nervio laríngeo recurrente izquierdo que asciende entre el cayado y la traquea antes de unirse en el canal traqueoesofágico. Por fuera de estas estructuras están las pleuras y los pulmones. En el extremo inferior de la traquea hay abundantes ganglios linfáticos, algunos de los más voluminosos -- del organismo.

#### Bronquios principales derecho e izquierdo:

Tienen aproximadamente la mitad del calibre de la traquea (1.25 cm. de diámetro) y están reforzados por cartílagos en herradura semejantes a los traqueales. Cursan oblicuamente hacia abajo y afuera desde la bifurcación traqueal en dirección del pedículo pulmonar. La bifurcación de la traquea está desplazada hacia la derecha por la aorta y el pedículo pulmonar izquierdo es desplazado hacia la izquierda por el corazón; por ello es normal que el bronquio derecho sea más corto que el izquierdo, -- (2.5 y 5 cm. respectivamente), más vertical y también de mayor calibre, pues el pulmón derecho es -- más voluminoso. En consecuencia es más probable -- que los cuerpos extraños se alojen en el bronquio -- derecho. Detrás de cada bronquio principal, los -- neumogástricos se disgregan formando el plexo pulmonar posterior; ambos bronquios están rodeados por -- acúmulos de ganglios linfáticos. El bronquio izquierdo pasa por debajo del cayado aórtico, cruza -- por delante del esófago y por detrás de la arteria pulmonar izquierda y se divide en ramas para los lóbulos pulmonares superior e inferior. El bronquio -- derecho pasa por debajo del cayado de la vena aórtica y se bifurca en bronquio hiperarterial, que continúa por detrás de la arteria pulmonar derecha has

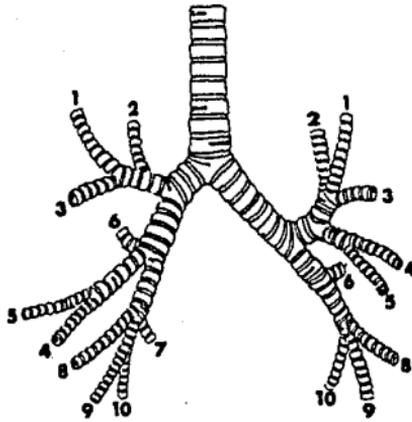
ta llegar a los lóbulos medio e inferior y bronquio hipoarterial, que pasa por arriba de la arteria hacia el lóbulo superior.

La dirección de los bronquios es importante tanto para el desarrollo y la diseminación de las enfermedades como para su tratamiento, especialmente el drenaje bronquial. Así por ejemplo, con el paciente en posición supina, las secreciones descienden por gravedad al segmento apical del lóbulo inferior, siguiendo el bronquio (6); en posición de pie, el pus que hay en el segmento apical del lóbulo superior desciende a los segmentos basales por los bronquios 8, 9 y 10 y no alcanza los segmentos intermedios.

El pulmón izquierdo, excepto cerca del hilio, está dividido en lóbulos superiores e inferiores por la cisura oblicua; esta cisura comienza hacia atrás por delante de la tercera costilla, cruza la 4a. y 5a. costillas y sigue la mayor parte de su trayecto por el quinto espacio intercostal, hasta cortar el borde inferior del pulmón a 5 cm. de la línea media.

En términos generales, con el sujeto tocándose con la mano la coronilla, esta línea está inmediatamente por debajo del borde vertebral del homoplato.

El lóbulo superior incluye todo el borde anterior y su porción en forma de lengüeta entre la escotadura cardíaca y la cisura oblicua se denomina lingula. El lóbulo inferior es más voluminoso e incluye la mayor parte de la base y de la cara posterior.



DISPOSICION GENERAL DE LOS BRONQUIOS

El pulmón derecho también está dividido en lóbulos superior e inferior por la cisura oblicua; sin embargo, también hay un lóbulo medio que se separa del lóbulo superior por la presencia de la cisura horizontal, la cual se extiende desde la cisura oblicua en la línea axilar media, cruza el borde anterior a la altura del cuarto cartílago costal y se dirige al hilio. Así pues, el lóbulo medio es prismático triangular y forma parte de las caras externas, interna y basal, de manera análoga a la lingula del pulmón izquierdo, con el cual guarda relación. Así tenemos la disposición general de los -- bronquios:

**LOBULO SUPERIOR**  
Derecho e Izquierdo

1. Bronquio apical (\*)
2. Bronquio posterior (\*)
3. Bronquio anterior

**LOBULO MEDIO**  
Derecho

**LINGULA**  
Izquierdo

- |                     |                               |
|---------------------|-------------------------------|
| 4. Bronquio lateral | 4. Bronquio lingular superior |
| 5. Bronquio medial  | 5. Bronquio lingular inferior |

**LOBULO INFERIOR**  
Derecho e Izquierdo

6. Bronquio superior
7. Bronquio basal medial
8. Bronquio basal anterior
9. Bronquio basal lateral
10. Bronquio basal posterior

(\*) - En el pulmón izquierdo a veces se fusionan -- los bronquios 1 y 2 y forman el bronquio apical posterior.

Los pulmones, derecho e izquierdo, son dos sacos aéreos cónicos semejantes a esponjas que ocupan su hemitorax correspondiente y están fijados -- por el pedículo al mediastino y sostenidos hacia -- abajo por el diafragma. Están formados por muchísimas cavidades aéreas pequeñas y de pared delgada -- llamadas alveolos, en cuyas paredes se oxigena la -- sangre. Una membrana de revestimiento delgada y ad -- herente, la pleura, lisa, húmeda y brillante, que -- refleja sobre el interior de la jaula torácica, di -- minuye la fricción durante los movimientos respira -- torios. A través de la pleura transparente se ad -- vierten los lobulillos superficiales piramidales, -- dibujados por tabiques delgados de tejido conjuntivo. Los pulmones son rosados en etapa temprana de la vida y después presentan moteado gris pizarra -- por la inhalación de partículas de carbón y polvo.

Cada pulmón presenta vértica, base o cara -- diafragmática por el borde inferior; una cara exter -- na o costal que presenta un borde anterior y una ca -- ra interna que tiene partes vertebral y mediastíni -- ca.

**BASES FISIOLÓGICAS**  
**VENTILACION PULMONAR**

## BASES FISIOLÓGICAS VENTILACION PULMONAR

Al intercambio de gases respiratorios entre el medio ambiente y el aire alveolar, por convección, se denomina ventilación pulmonar. La suficiencia de esta función depende de la integridad de:

- a) Sistema de regulación
- b) Vías aéreas
- c) Conjunto de alveolos pulmonares

Por lo tanto, la insuficiencia de la ventilación puede estar causada por alteraciones del sistema regulador, por alteraciones obstructivas o por alteraciones restrictivas.

### A. REGULACION DE LA VENTILACION.

El sistema regulador depende de dos elementos: los centros nerviosos y los quimiorreceptores. Los primeros regulan fundamentalmente el ritmo, la amplitud y la coordinación del ciclo ventilatorio y los últimos regulan primordialmente la ventilación alveolar, manteniendo dentro de límites normales la presión parcial de los gases respiratorios en la sangre. Los centros respiratorios son el pneumotáxico y el apneústico, ambos localizados en la protuberancia y los centros inspiratorios y espiratorios localizados en el bulbo. El centro pneumotáxico re

gula la frecuencia y la amplitud ventilatoria, su ablación produce bradipnea y su estimulación taquipnea. Inhibe periódicamente al centro apneústico. Su remoción, aunada a la sección del vago, produce el paro ventilatorio en posición de inspiración máxima apneusis. El centro apneústico produce un espasmo tónico inspiratorio que es regulado a través de impulsos aferentes provenientes de los centros neumotáxicos, bulbares y vagales. Si se extirpa la protuberancia se producen movimientos ventilatorios incoordinados. Los centros bulbares inspiratorios y espiratorios poseen ritmicidad intrínseca, pero son modulados por los estímulos de los centros respiratorios protuberanciales y vagales. Si se secciona el bulbo por debajo de los centros inspiratorio y espiratorio, se produce el paro ventilatorio en apnea.

Existen además reflejos periféricos que intervienen en la regulación de la respiración, como los viscerales y los que reaccionan al dolor, la temperatura y los estímulos mecánicos de las articulaciones. Así por ejemplo, el reflejo de Hering-Brener inhibe la inspiración a medida que el pulmón se distiende a partir de impulsos provenientes de receptores en el parénquima pulmonar.

Los quimiorreceptores están localizados en el sistema nervioso central y en el tejido cromaffn a lo largo de los grandes vasos. Si la presión de bióxido de carbono o la concentración de hidrogeniones se eleva en la zona de los quimiorreceptores centrales, la ventilación aumenta y viceversa.

Los quimiorreceptores periféricos son los -

cuerpos carotídeos y los cuerpos aórticos, los cuales responden a los cambios de la presión de oxígeno en la sangre arterial, en tal forma que las concentraciones elevadas de oxígeno disminuyen la ventilación y viceversa.

El estímulo de la hipoxemia arterial se potencializa cuando se combina con la elevación de la presión arterial de bióxido de carbono. Por otro lado, es probable que el cuerpo carotídeo responda más bien a las oscilaciones de la presión de bióxido de carbono, que a un aumento estable de la misma y se sugiere que este mecanismo participe en la desproporcionada hiperventilación que acompaña al ejercicio físico ligero, durante el cual la presión arterial de bióxido de carbono presenta oscilaciones hasta de 7 mm. de Hg.

Las anomalías de la regulación de la ventilación pueden ocasionar hiperventilación o hipoventilación alveolares, y son ocasionadas frecuentemente en el niño por hemorragia intracraneana, meningoencefalitis, intoxicaciones, poliomielitis, tumores intracraneales, edema pulmonar, enfermedades degenerativas de los músculos respiratorios, etc.

La hiperventilación alveolar aumenta ligeramente la presión alveolar de oxígeno ( $PA O_2$ ) y puede disminuir importantemente la presión alveolar de bióxido de carbono ( $PA CO_2$ ). En cambio, la hipoventilación alveolar puede disminuir seriamente la presión alveolar de oxígeno y elevar de manera importante la presión alveolar de bióxido de carbono. Por lo tanto el bióxido de carbono es el gas espiratorio que puede ser utilizado para valorar la venti

lación alveolar, pues existe una relación inversa y proporcional entre la presión alveolar de bióxido de carbono y la ventilación alveolar. La fórmula que la relaciona es la siguiente:

$$PA_{CO_2} = \frac{V \cdot CO_2}{V_a} \cdot 0.863$$

En donde  $V_{CO_2}$  es la producción de bióxido de carbono en mililitros sobre minuto;  $V_a$  es la ventilación alveolar en litro sobre minuto y  $PA_{CO_2}$  es la presión alveolar de bióxido de carbono en mm. Hg.

Es fácil entender esta relación si se analiza desde el siguiente punto de vista: las células producen determinada cantidad de bióxido de carbono en un minuto; la ventilación alveolar elimina dicha cantidad en igual lapso de tiempo. Debido a esta proporcionalidad se mantiene una presión constante de bióxido de carbono en el aire alveolar y por lo tanto, en el medio interno del organismo. Si se presenta un aumento en el metabolismo celular (fiebre, ejercicio), la producción de bióxido de carbono se eleva, pero si la ventilación alveolar es normal aumentará proporcionalmente conservándose el equilibrio de la presión de bióxido de carbono en el aire alveolar y en el medio interno. Es decir, una función ventilatoria suficiente deberá seguir las variaciones en la producción de bióxido de carbono del organismo. Por lo tanto, en la práctica, las modificaciones en la producción de bióxido de carbono no son causa de alteraciones en la presión alveolar de  $CO_2$ , en cambio la disminución de la ventilación alveolar originará una elevación de la - -

PA CO<sub>2</sub> y viceversa.

Por otro lado, hay que tomar en cuenta que existen alveolos con ventilación pero sin perfusión capilar, los que, sumados al espacio muerto anatómico (vías aéreas destinadas exclusivamente a la conducción del aire), constituyen el espacio muerto fisiológico (V<sub>ds</sub>). La suma de la ventilación del espacio muerto (V<sub>ds</sub>) más la ventilación alveolar (V<sub>a</sub>) es la ventilación total de un minuto o volumen minuto (V<sub>e</sub>). Normalmente la proporción entre V<sub>a</sub> y la V<sub>ds</sub> es de alrededor de 2 a 1.

#### B. ALTERACIONES VENTILATORIAS RESTRINGIDAS.

Además de la resistencia opuesta por las vías aéreas al movimiento del aire durante la inspiración, los pulmones tienen que vencer las resistencias elásticas ocasionadas por la propiedad de la materia a oponerse a la deformación por la fricción de las moléculas y por la inercia de las mismas. A dicha resistencia se le denomina elasticidad (E). En la práctica se utiliza para medirla, a su recíproca denominada distensibilidad (C=1/E). La unidad de distensibilidad es la de volumen sobre la presión V/P.

Cuando existe una alteración que disminuye la distensibilidad pulmonar, por ejemplo fibrosis, la diferencia de presiones que se necesita para inspirar un volumen igual de aire, es mayor, o bien, si se utiliza la misma diferencia de presiones que en un pulmón normal, el volumen de aire inspirado por el pulmón fibrótico es menor.

Para determinar la distensibilidad pulmonar y torácica total (C), es preciso medir simultáneamente el cambio en el volumen y la diferencia de presión transpulmonar, lo cual se realiza utilizando un osciloscopio y registrando cambios de presión en el eje horizontal y los cambios de volumen en el vertical.

La capacidad vital es el mayor volumen de aire que un sujeto puede espirar a partir del punto máximo inspiratorio. Si dicho volumen es espirado lo más rápidamente posible, se le llama capacidad vital forzada. La capacidad vital se mide mediante espirómetros de agua (Stead-Wells), de fuelle (Wedge) o de motor (Wright). Para uso clínico son suficientes los de este último tipo. En pediatría es necesario utilizar espirómetros de 1 a 10 litros de capacidad máxima.

La medición de los volúmenes estáticos del pulmón, fue una de las primeras determinaciones realizadas en el campo de la fisiología pulmonar y cuando comprende a dos o más volúmenes, se le denomina capacidades. Las de más utilidad práctica son las siguientes:

Capacidad vital (Vc)

Capacidad residual funcional (FRC)

Volúmen espiratorio de reserva (RV)

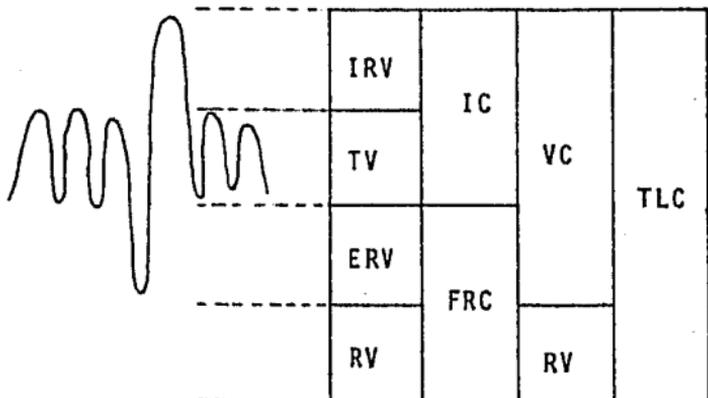
Capacidad pulmonar total (TLC)

Volúmen de aire corriente (TV)

Otras de interés fundamentalmente académico son las que siguen:

Capacidad inspiratoria (IC)

Volúmen inspiratorio de reserva (IRV)



Volúmenes (V) y Capacidades (C) Pulmonares

Una relación muy útil es la que existe entre el volúmen espiratorio de reserva (RV) y la capacidad pulmonar total (TLC), la cual normalmente es de 0.20 a 0.25, es decir, que el volúmen residual es la cuarta o quinta parte de la capacidad pulmonar total, constituyendo el resto la capacidad vital. Cuando esta relación aumenta, por aumento del volúmen residual, indica atrapamiento de aire. Esta alteración a su vez, eleva la capacidad residual funcional, ya que el volúmen residual es parte de aquella. Habitualmente el atrapamiento de aire es secundario a la obstrucción de las vías aéreas durante la espiración.

Los métodos más prácticos para medir los volúmenes pulmonares son los de dilución que emplean helio o nitrógeno y la pletismografía que emplea los cambios simultáneos de presión y volúmen, estando el paciente dentro de una cubierta rígida y cerrada o bien con platismógrafo invertido en el cual se utiliza una mascarilla.

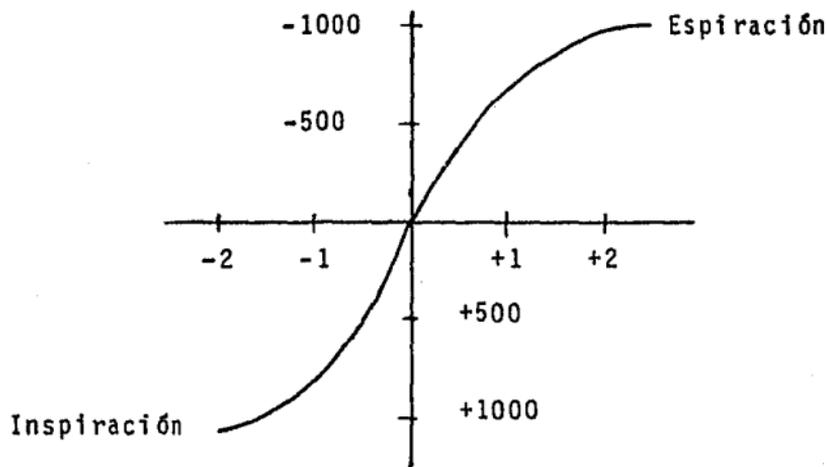
### C. ALTERACIONES VENTILATORIAS OBSTRUCTIVAS.

La obstrucción de las vías aéreas puede ser localizada (cuerpo extraño) o difusa (asma); central (laringomalasia) o periférica (enfisema); intraluminal (pólipos) o extraluminal (crecimiento ganglionar).

La resistencia que oponen las vías aéreas al movimiento del fluido gaseoso durante la inspiración y la espiración, depende del calibre de las mismas y por lo tanto en el niño es muy variable.

La relación entre la resistencia, la diferencia de presiones y el flujo del fluido gaseoso, es similar a la Ley de Ohm:  $R = P/V$

Para medir la resistencia de las vías aéreas es necesario medir la diferencia de presión transpulmonar y simultáneamente determinar el flujo espiratorio o inspiratorio. Esto se logra más fácilmente si se expone en la pantalla de un osciloscopio simultáneamente presión y flujo.



CURVA PRESION - FLUJO

La recíproca de la resistencia es la conductancia  $G = 1/R$  y representa la facilidad con que fluye el gas en las vías aéreas, pero es poco usada en la práctica. Habitualmente es de mayor uso clínico la medición de los flujos forzados, especialmente del espiratorio. Según la técnica empleada, son utilizadas las siguientes determinaciones:

- FEV 0.5 - Volúmen espiratorio forzado después de medio segundo
- FEV 1.0 - Volúmen espiratorio forzado después de un segundo
- FEV 2.0 - Volúmen espiratorio forzado después de dos segundos
- FEV 3.0 - Volúmen espiratorio forzado después de tres segundos
- PEF - Flujo espiratorio máximo
- MMEF - Flujo espiratorio máximo medio
- FEF 0-25% - Flujo espiratorio forzado entre 0 y 25% de la capacidad vital
- FEF 25-75% Flujo espiratorio forzado entre el 25 y el 75% de la capacidad vital
- FIF - Flujo inspiratorio forzado

Quando la capacidad vital es pequeña no resultan útiles las mediciones de volúmen espirado

después de un determinado tiempo (FEV 0.5, FEV 1.0, FEV 2.0 y FEV 3.0). Por lo tanto, en el niño es mejor medir FEF 0-25% y FEF 25-75% o aún mejor FEF y MMEF .

En la práctica la disminución de los flujos espiratorios se puede interpretar como aumento de la resistencia al movimiento de aire en las vías aéreas. A la disminución del FEF 0-25% o del PEF se le califica como de alteración ventilatoria del tipo obstructivo central y a la disminución del FEF 25-75% o del MMEF, como del tipo obstructivo periférico.

La resistencia del flujo del fluido gaseoso depende también de que sea laminar o turbulento, -- siendo menor en el primero en el cual no hay obstáculos agregados a la resistencia natural del conducto aéreo. Las turbulencias en el árbol respiratorio se originan principalmente por bifurcaciones y por la presencia de secreciones. También influye -- la composición del aire inspirado, siendo menor, -- por ejemplo, con el helio por la menor densidad de este gas.

#### D. TRABAJO RESPIRATORIO.

El trabajo mecánico de la ventilación es -- utilizado para mover la caja torácica, el diafragma, las estructuras mediastinales y abdominales, las -- pulmonares y el aire.

La presión utilizada se opone principalmente a cuatro tipos de resistencias, siendo una de --

Las más importantes la elasticidad o rigidez de los pulmones, otra la del árbol traqueobronquial como -- conductor del aire, la tercera es la originada por la viscosidad de los tejidos pulmonares y por último, la presión es utilizada para acelerar la masa - de los tejidos pulmonares.

Este trabajo inspiratorio es realizado principalmente por los músculos inspiratorios y la elasticidad de la caja torácica, pero cuando se alcanza o sobrepasa la presión neutral de la caja torácica, este trabajo es realizado solamente por la contracción muscular.

Durante la espiración se utiliza la energía que se almacenó en la fase inspiratoria en forma de retroimpulsión elástica.

Aproximadamente la tercera parte del trabajo desarrollado contra la resistencia elástica, depende de la película líquida que cubre la superficie de los alveolos y las porciones terminales de las vías de conducción. Dicha capa líquida posee un complejo grupo de sustancias al cual se le ha denominado surfactante alveolar, debido a su acción modificadora de las fuerzas de tensión superficial alveolares.

## DIFUSION O TRANSFERENCIA PULMONAR

Se denomina genéricamente difusión o transferencia pulmonar al intercambio de los gases respiratorios entre el aire alveolar y la sangre capilar

pulmonar y la combinación química de dichos gases - para ser transportados en el plasma y los eritrocitos.

Se llama Capacidad de Difusión Pulmonar a - la cantidad de un gas que se desplaza desde el alveolo hasta la sangre que circula por el capilar -- pulmonar por cada mm Hg. de diferencia, entre su -- presión alveolar y su presión capilar pulmonar por minuto.

Los factores que determinan la capacidad de difusión pulmonar son los siguientes:

- a) Area disponible para que se realice el intercambio
- b) Distancia que necesitan desplazarse las moléculas del gas de uno a otro lado de la membrana alveolo capilar.
- c) Volúmen de sangre en los capilares pulmonares
- d) Tiempo de circulación de la sangre capilar pulmonar
- e) Afinidad de la hemoglobina por el gas
- f) Coeficiente de solubilidad del gas en los medios líquidos
- g) Coeficiente de difusibilidad del gas en los medios gaseosos.

Se ha calculado que la membrana alveolo capilar del ser humano tiene 40 a 50 metros cuadrados de superficie por cada metro cuadrado de superficie corporal, la que, en condiciones patológicas, puede reducirse considerablemente, como sucede en el enfisema pulmonar o en las resecciones pulmonares quirúrgicas.

La membrana alveolo capilar está constituida por:

- a) El endotelio del capilar pulmonar
- b) La membrana basal
- c) La célula alveolar tipo I de revestimiento y
- d) La capa líquida formada principalmente por el surfactante alveolar.

Esta membrana mide como promedio 0.5 micras de espesor, por lo que las moléculas del gas tienen que desplazarse en total aproximadamente, una micra entre el aire alveolar y el eritrocito.

La presencia de un infiltrado en la membrana alveolo capilar o la substitución de las células alveolares por fibroblastos, disminuyen la capacidad de difusión pulmonar.

En condiciones de reposo, se ha calculado que un eritrocito permanece expuesto al aire alveolar aproximadamente 0.75 segundos a través de la membrana alveolo capilar, tiempo suficiente para --

permitir el equilibrio entre las presiones de los gases respiratorios en ambos lados de la membrana. Durante el ejercicio máximo, el tiempo de exposición de la sangre al aire alveolar es aproximadamente de 0.25 segundos, tiempo suficiente en condiciones normales para permitir el equilibrio de los gases respiratorios. Cuando la capacidad de difusión pulmonar se encuentra disminuida, es frecuente que en reposo, el tiempo sea suficiente para permitir el equilibrio y no exista hipoxemia capilar pulmonar y consecuentemente arterial. En cambio, durante el ejercicio enérgico, el tiempo es insuficiente y aparece la hipoxemia capilar pulmonar y por lo tanto arterial. En este hecho se fundamenta la valoración cualitativa de la capacidad de difusión pulmonar mediante la gasometría arterial realizada durante el ejercicio físico.

Existen varios métodos para cuantificar la capacidad de difusión pulmonar, la mayor parte de los cuales miden la cantidad de CO en milímetros que atraviezan la membrana alveolo capilar en un minuto, y por cada milímetro Hg. de diferencia de presión de este gas entre el aire alveolar y la sangre del capilar pulmonar. No se emplea directamente la medición del oxígeno debido a que en la sangre venosa que llega al capilar pulmonar existe cierta cantidad de oxígeno difícil de determinar dando errores en la cuantificación.

#### PERFUSION PULMONAR.

A la perfusión o circulación pulmonar se le estudian las siguientes características: volumen, flujo, presión, resistencia y distribución. El flujo

permitir el equilibrio entre las presiones de los gases respiratorios en ambos lados de la membrana. Durante el ejercicio máximo, el tiempo de exposición de la sangre al aire alveolar es aproximadamente de 0.25 segundos, tiempo suficiente en condiciones normales para permitir el equilibrio de los gases respiratorios. Cuando la capacidad de difusión pulmonar se encuentra disminuida, es frecuente que en reposo, el tiempo sea suficiente para permitir el equilibrio y no exista hipoxemia capilar pulmonar y consecuentemente arterial. En cambio, durante el ejercicio enérgico, el tiempo es insuficiente y aparece la hipoxemia capilar pulmonar y por lo tanto arterial. En este hecho se fundamenta la valoración cualitativa de la capacidad de difusión pulmonar mediante la gasometría arterial realizada durante el ejercicio físico.

Existen varios métodos para cuantificar la capacidad de difusión pulmonar, la mayor parte de los cuales miden la cantidad de CO en milímetros que atraviezan la membrana alveolo capilar en un minuto, y por cada milímetro Hg. de diferencia de presión de este gas entre el aire alveolar y la sangre del capilar pulmonar. No se emplea directamente la medición del oxígeno debido a que en la sangre venosa que llega al capilar pulmonar existe cierta cantidad de oxígeno difícil de determinar dando errores en la cuantificación.

#### PERFUSION PULMONAR.

A la perfusión o circulación pulmonar se le estudian las siguientes características: volumen, flujo, presión, resistencia y distribución. El flujo

jo, la presión y la resistencia se encuentran relacionadas de una manera similar a la ley eléctrica - Ohm:

$$\text{Resistencia} = \text{presión/flujo}$$

La diferencia de presiones puede considerarse en las siguientes formas:

- a) Presión de impulso: la diferencia de -- presiones entre dos puntos a lo largo - del flujo circulatorio
- b) Presión transmural: diferencia de presiones entre dos puntos a uno y otro la do de la pared del vaso.
- c) Presión absoluta: diferencia de presio nes entre un punto en particular y la - presión atmosférica.

En el caso del circuito pulmonar, la dife-- rencia entre la presión en el ventrículo derecho y la aurícula izquierda sería la presión de impulso - de la sangre circulando por el circuito menor.

La diferencia entre la presión en el capi-- lar pulmonar y la presión alveolar es el fenómeno - de presión transmural.

La diferencia entre la presión en la arte-- ria pulmonar y la presión atmosférica determina la presión absoluta arterial pulmonar.

La presión de impulso es la que vence la re

sistencia de la fricción y es la responsable del -- flujo pulmonar; así, al aumentar la resistencia se eleva la presión de impulso y la presión absoluta - en la arteria pulmonar. La hipoxemia crónica produce vasoconstricción sostenida con aumento del espesor de la capa media de las arteriolas pulmonares y por lo tanto, aumento en la resistencia del circuito pulmonar o sea hipertensión arterial pulmonar.

La presión transmural puede alterarse por modificaciones en la presión alveolar. Es importante que se conserve una relación normal entre la ventilación alveolar y la perfusión del capilar pulmonar correspondiente, ya que si esta relación se altera, tanto por aumento como por disminución, se -- produce hipoxemia y consecuentemente insuficiencia respiratoria.

#### TRANSPORTE DE OXIGENO.

Las moléculas de oxígeno que atraviezan la membrana alveolo capilar son transportadas por la - sangre en dos formas:

1. Un pequeño volúmen disuelto en el plasma y
2. Otra cantidad mayor combinada con hemoglobina.

Al volúmen total de oxígeno contenido en -- 100 ml. de sangre en ambas formas, se le llama contenido de oxígeno.

La pequeña cantidad de oxígeno que es transportada disuelta en el plasma, se relaciona directamente y proporcionalmente con la presión de oxígeno.

La cantidad de oxígeno que es transportada en combinación con la hemoglobina depende de la presión de oxígeno de acuerdo con la curva de disociación de la hemoglobina, la cual se desplaza hacia la derecha o hacia la izquierda, de acuerdo con la temperatura, la presión de  $\text{CO}_2$  y el Ph.

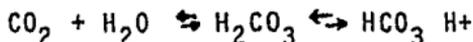
#### TRANSPORTE DE BIOXIDO DE CARBONO.

Al igual que el oxígeno, el bióxido de carbono es transportado a la sangre tanto en el plasma como en el eritrocito.

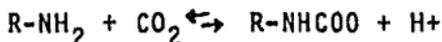
La menor parte se transporta en el plasma - en tres formas:

a) Disuelto

b) Hidratado en la siguiente forma:



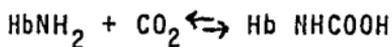
c) Combinado con las proteínas del plasma:



Constituyendo una porción mínima.

La mayor parte se transporta en el eritrocito en tres formas:

- a) Disuelto
- b) Hidratado. En este caso la velocidad - de la reacción es de 13,000 veces mayor que la similar del plasma debido a que no se acumulan iones hidrógeno ni iones bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y debido a la presencia de la anhidrasa carbónica.
- c) Combinada con la hemoglobina



**MECANICA DE LA RESPIRACION**

## MECANICA DE LA RESPIRACION

Las premisas mecánicas de la respiración -- son el incremento y la disminución rítmica de la ca pacidad torácica; para lograrlo, ésta de-e estar -- dispuesta a cambiar su forma.

### I. MECANICA DEL TORAX EN REPOSO.

Para cambiar la capacidad de volumen del tó rax, el factor más importante, aunque no el único, es el movimiento de las costillas, que en su parte anterior se mueve contra el esternón y en su parte posterior, contra la columna vertebral. Mientras -- ésta permanece prácticamente estacionaria, el movi- miento de las costillas es transmitido al esternón, haciéndolo tomar parte en la incursión respiratoria.

#### A. EL MOVIMIENTO ENTRE LAS COSTILLAS Y LAS VERTE-- BRAS.

##### 1. El anclaje.

Todas las costillas, con excepción de las -- últimas dos, están unidas a las vertebras de la co- lumna por una doble articulación: una entre la ca- beza de las costillas y el cuerpo vertebral y la -- otra, entre el proceso transversal de la vèrtebra y el tubérculo de la costilla. Cada articulación to- mada por sí sola, permitirá tres grados de movimien- to libre; este doble anclaje limita el movimiento a un grado aproximadamente en un eje combinado. Este

eje corre a través del centro de la capítula de la costilla y de su tubérculo, siendo éstos los cuerpos convexos de las articulaciones. La articulación costovertebral entre las cabezas y los cuerpos de las vértebras, es bipartita. La cabeza está insertada entre el borde inferior del propio cuerpo vertebral y el borde superior de la siguiente vértebra inferior; ambas están separadas por un disco intervertebral.

Los ejes de las articulaciones costovertebrales están relacionados con los planos cardinales del cuerpo como sigue: son bolicuos hacia los tres planos, pero su oblicuidad cambia de costilla a costilla. Los ejes combinados de las costillas superiores se acercan más al frente de las costillas y al plano sagital. Consecuentemente, las costillas superiores, así como se mueven hacia su eje frontal, se columpian arriba y abajo. Las costillas inferiores, en el movimiento hacia su eje que las acerca más al plano sagital, se cuelgan hacia afuera y hacia adentro.

Los planos del anillo costal son por sí mismos oblicuos a los planos cardinales del cuerpo. Se inclinan hacia adelante y hacia atrás en relación a la columna vertebral. La menor inclinación produce un acercamiento mayor del anillo de la costilla hacia el plano horizontal, el superior y el inferior; están en la caja torácica y se adaptan más a la expansión respiratoria. La inclinación de las costillas disminuye desde la primera costilla para abajo. Sin embargo, el patrón de inclinación tiene gran variación individual, lo que dificulta establecer una medida regular para la inclinación

de las costillas. En ciertas condiciones patológicas, la inclinación del ángulo puede ser excesivamente larga, produciendo un tórax plano como el que se ve en la tuberculosis; o puede ser pequeño como el que se aprecia en un tórax enfisematoso.

## II. REFUERZOS Y RESTRICCIONES LIGAMENTOSAS.

Considerando el movimiento ininterrumpido - de estas articulaciones, uno debe esperar que estén ampliamente reforzadas por un extenso aparato ligamentoso.

- a) Las articulaciones costovertebrales están aseguradas por ligamentos radiales que soportan al aparato capsular.
- b) Los ligamentos tuberculocostales refuerzan a la articulación entre el proceso transversal y el tubérculo de las costillas.
- c) Los ligamentos costotransversales, en su porción anterior y posterior, van de la punta superior del cuello de la costilla, a la vértebra de arriba.
- d) Una membrana costovertebral llena el espacio entre el proceso transversal y el cuello de la costilla.
- e) Todos estos ligamentos son necesarios - para salvaguardar a las dos articulaciones entre las costillas y las vértebras.

## B. UNION ENTRE COSTILLAS Y ESTERNON.

### 1. El anclaje.

La punta anterior de la costilla está unida al esternón como sigue: no hay articulación entre la primera costilla y el apófisis; en muchos casos ésta existe de la segunda a la séptima costillas, - pero siempre la hay de la segunda a la quinta costillas. Existe una unión esternocostal en forma de - una verdadera articulación. Hacia la pubertad, el esternón tiene de cinco a seis segmentos que corresponden a la unión de la segunda a la quinta costilla, por lo que no es sorprendente encontrar que de la segunda a la cuarta y algunas veces hasta la - quinta costilla, las articulaciones son bipartitas, similarmente a la de la cabeza de las costillas y - los cuerpos vertebrales. La placa fibrosa que divide estas articulaciones se continúa con el empalme fibroso que une los segmentos del esternón.

### 2. Los refuerzos y restricciones ligamentosas.

Estas articulaciones también tienen un aparato ligamentoso elaborado. Los más importantes -- son los ligamentos radiales, anteriores y posteriores, que refuerzan las articulaciones. En el espacio intercostal y en mutua relación a los músculos intercostales, se extienden los ligamentos internos y externos, fibras cuyo homónimo muscular es paralelo.

### C. EL EQUILIBRIO AUTOMÁTICO DE LAS ESTRUCTURAS NO CONTRACTILES DEL TORAX.

Este equilibrio se mantiene por fuerzas - - elásticas almacenadas en la caja torácica, llamando se también equilibrio intrínscico, debido a la tensión que existe en la unión de las vértebras, costillas y esternón, se amontona una gran cantidad de energía intrínscica de la resistencia elástica de las partes. Esta situación se compara con el equilibrio intrínscico existente en la columna vertebral. Parte de las fuerzas provienen de la elasticidad de las costillas que están unidas al tórax con resistencia elástica. Esta aumenta o disminuye con la inspiración o con la aspiración, de acuerdo al movimiento de las costillas. Si las paredes torácicas fueran cortadas longitudinalmente en ambos lados, la parte anterior del tórax se proyectaría hacia adelante. Un segundo equilibrio del factor intrínscico de la caja torácica son los ligamentos que refuerzan las uniones entre las costillas y las vértebras por atrás y a las costillas y esternón por el frente. Estos ligamentos también se fijan al tórax por resistencia elástica. Por ejemplo, los ligamentos radiales anterior y posterior de las articulaciones costovertebrales, están ambos bajo tensión, misma que disminuye y aumenta alternativamente con los movimientos de las costillas. Bajo estas circunstancias no es sorprendente que el tórax, pueda aguantar una gran presión antes de que se rompan las costillas. Esta resistencia se compara con la de una rama elástica en contraste con una rama seca del mismo hueso.

Para establecer un nivel neutral de este equilibrio intrínscico, se debe encontrar la posi-

ción en la cual todas las estructuras no contractiles estén bajo la misma tensión elástica. Para cada estructura, la posición neutral es diferente, lo que dificulta el poder hablar de una posición neutral común, más bien tendría que buscarse una posición promedio de equilibrio. Para el tórax, como un todo, ésta está entre la máxima inspiración y espiración. Para el tórax, el punto neutro descansa de alguna manera en el lado de la inspiración, lo cual significa que estando en reposo el tórax se ajusta ligeramente en la posición de inspiración. Cada uno de los anillos de las cinco costillas superiores, después de haber sido separados de las más bajas, asume una posición media en la unión costo-vertebral, entre la elevación y la depresión extrema.

### III EL TORAX EN MOVIMIENTO.

#### A. EL MOVIMIENTO DE LAS COSTILLAS.

Investigando los cambios propios de las costillas que ocurren en la unión condrocostal durante el acto de la respiración, encontramos que el ángulo aumenta en la inspiración y disminuye en la espiración: la costilla se estira en la inspiración y se contrae en la espiración. El ángulo espiratorio más pequeño se acerca más al ángulo natural mientras toma fuerza para estirar a la costilla durante la inspiración. En la máxima espiración, nuevamente el ángulo es más pequeño que en la posición de descenso. Consecuentemente en la máxima espiración, la elasticidad se opone más al encorvamiento de la costilla, así como mayormente se opone al estira-

miento de la costilla en la inspiración; por lo tanto, la máxima espiración no es automática, ya que requiere de cierta fuerza muscular.

Entre más se expande el tórax en la inspiración, más se levantan las costillas superiores y más se estiran hacia afuera, estirándose más en el ángulo condrodorsal.

## B. EL MOVIMIENTO DEL ESTERNÓN.

Tomando en consideración que el movimiento de las costillas es independiente, nos preguntamos el efecto que tiene este movimiento sobre el esternón. Por lo que se refiere a la inclinación hacia afuera, mientras el movimiento sea simétrico, el esternón mantendrá su posición; sin embargo, la subida y bajada de las costillas superiores necesariamente lleva consigo al esternón. Así como las costillas cambian su longitud durante la respiración, las superiores hacia arriba y hacia abajo, y las inferiores columpiándose hacia adelante y hacia atrás, el esternón recibe un impacto al cual debe acomodarse.

El movimiento impartido al esternón es triple:

1. Movimiento traslatorio perpendicular - alto y bajo;
2. Movimiento rotatorio en el plano sagittal cerca del axis frontal, que origina

que la punta superior del esternón se mueva hacia adelante y la punta inferior hacia atrás.

3. Otro movimiento de traslación en el plano sagital, es el que lleva a todo el esternón hacia atrás y hacia adelante. El movimiento hacia adelante y hacia arriba se lleva a cabo por la elevación de las costillas superiores durante la inspiración, y el movimiento hacia abajo y hacia atrás, ocurre con la depresión de las costillas bajas en la espiración.

#### IV. DINAMICA DE LA RESPIRACION.

##### A. MUSCULOS INSPIRATORIOS.

###### 1. El diafragma.

Este es el más importante de todos los músculos inspiratorios. Es un músculo plano que tiene su tendón localizado en su centro, rodeado por una orla de fibras musculares. Estas se unen al frente al proceso xifoides y en la superficie interna de la mitad anterior de la séptima a la decimosegunda costillas. Por atrás, las fibras se unen a la superficie anterior de las vértebras lumbares, desde la primera hasta la tercera. El músculo forma una gran cúpula cuyos puntos cóncavos están hacia abajo y hacia adelante. Consecuentemente en la contracción el impulso impartido por el contenido de la cavidad abdominal es dirigido hacia abajo contra la

pelvis y hacia adelante contra la pared abdominal. Antiguamente no se conocía ningún otro músculo respiratorio que el diafragma. Galen lo añadió a los intercostales, pero Borelli reconoció que la respiración depende del diafragma. Duchenne observó que la contracción del diafragma tracciona las costillas hacia adentro y cierra la caja torácica si la presión abdominal es nula y concluyó que la presión abdominal es esencial para la función diafragmática. También debido a Duchenne, sabemos ahora que la respiración puede sostenerse solamente con el diafragma, en contraste con Borelli quien insistió que la respiración no podría llevarse a cabo sin la ayuda de los músculos intercostales.

## 2. Músculos intercostales.

Fue Duchenne quien cita que la respiración adecuada era posible en una total parálisis del diafragma y todos los otros músculos inspiratorios auxiliares. También se han reportado casos en los que la espiración era posible utilizando únicamente a los músculos intercostales, habiendo una parálisis total de los abdominales y espiratorios auxiliares. Esto ilustra la importancia que tienen los intercostales, tanto en la función inspiratoria como en la espiratoria.

## 3. Músculos inspiratorios auxiliares.

a) Los escalenos. Estos músculos salen del proceso transversal de las vértebras cervicales y se unen a la primera y a la segunda costillas. En las inspiraciones forzadas, elevan las costillas.

b) El esternocleidomastoideo. Este músculo actúa como un inspirador auxiliar elevando al esternón. Para llevar a cabo esta función, la cabeza debe estar erecta mediante los músculos posteriores del cuello.

## B. MUSCULOS ESPIRATORIOS.

Uno de los principales músculos espiratorios está en la porción interósea de los intercostales. Todas las fibras intercostales que descienden hacia adelante, son inspiratorias e incluyen a todos los intercostales externos; todas las fibras -- que ascienden hacia adelante son espiratorias, significando las porciones interóseas de los intercostales internos, mientras que todas las fibras de -- los espacios intercartilaginosos de las costillas, ya sea que descienden o ascienden hacia adelante, -- son inspiratorias.

Esto se refiere a las porciones intercartilaginosas de los intercostales internos, ya que éstos no tienen porciones intercartilaginosas.

Los músculos espiratorios más poderosos son aquellos de la pared abdominal: el recto, los oblicuos interno y externo y el transverso. Todos estos músculos ejercen tracción de las costillas bajas y deprimen y estrechan al arco costal.

Entre la caja torácica, el diafragma y la pared abdominal, existe una especie de equilibrio triple. Duchenne observó que al descender el diafragma, la amplitud de la apertura baja del tórax --

que debería acompañar esta acción, no se lleva a cabo cuando falta la presión abdominal que debe producirse por los músculos de la pared, como es el caso de la parálisis, en donde el arco costal se inunda hacia adentro. Nuevamente en la espiración, cuando se contraen los músculos y se aumenta la presión abdominal, el diafragma es forzado hacia arriba dentro de la caja torácica. Esto es la proyección del contenido abdominal por la presión de los músculos rectos. El centro de este equilibrio triple está en el arco costal. Para sacar la mayor ventaja debe estar bien estabilizado si los músculos, ya sea del diafragma o los abdominales, deben actuar. Los músculos abdominales y torácicos se combinan para estabilizar este arco contra la tracción del diafragma.

El diafragma y los músculos abdominales son fuerzas que controlan la respiración abdominal. La respiración abdominal pura ocurre cuando no hay otras fuerzas activas que permitan el elongamiento de la caja torácica. La proyección del abdomen durante la inspiración, es originada por el descenso del diafragma y la relajación de la pared abdominal.

Los músculos espiratorios auxiliares son -- los triangulares del esternón, quienes siempre ejercen tracción de las costillas bajas, lo que disminuye el ángulo costal; el cuadrado lumbar que aplana la parte lateral y posterior de la pared abdominal y el serrato mayor postero-inferior que fuerza a -- las costillas bajas hacia abajo y hacia dentro.

## V. INTERCAMBIO RESPIRATORIO Y CAPACIDAD VITAL.

En una respiración tranquila, el intercambio de aire que se lleva a cabo es de aproximadamente 500 cc. En estados de emergencia, la naturaleza tiene una muy considerable reserva y la inspiración forzada puede añadir otros 1600 cc. y es posible, - después de una inspiración normal, expeler otros -- 1600 cc. de los pulmones. Esto, con el intercambio usual de 500 cc. añadirá una capacidad vital de - - 3,700 cc. Se ha sabido que bajo esfuerzos particulares, esta capacidad puede llegar a 7,000 cc.

Esta poderosa expulsión de aire residual, - requiere naturalmente de la cooperación de todos -- los músculos espiratorios incluyendo a los auxiliares. La primera mitad de la espiración, corresponde al relajamiento de la tensión elástica de las paredes torácicas, pero la última y más poderosa mitad es definitivamente por esfuerzo muscular que -- compromete la cooperación de todos los músculos espiratorios. Ficks establece que aún en la espiración normal existe un procedimiento más o menos activo que requiere de la cooperación de los oblicuos y transversos abdominales, con las porciones interóseas de los intercostales internos. Es muy probable que en una respiración muy tranquila, la posición neutral del tórax sea alcanzada en la espiración, sin ningún esfuerzo espiratorio en particular, sino que la espiración es un proceso activo normal.

Por otro lado, si la línea neutral está en el lado inspiratorio, podrá suponerse que salva el esfuerzo inspiratorio; pero esto es sólo cierto en un sentido estricto; porque como regla, el requeri-

miento inspiratorio es mucho mayor y es dudoso que en la respiración más tranquila la posición inspiratoria, representada por el equilibrio intrínseco, sea suficiente. Consecuentemente, la inspiración es siempre un procedimiento activo.

## VI. RELACION DE LA RESPIRACION CON LA COLUMNA VERTEBRAL.

### A. INCLINACION HACIA ATRAS.

El esternón se eleva, la pared abdominal se encuentra bajo gran tensión y se aproxima a la columna vertebral y se aumenta la expansión de las costillas. Es preeminentemente la primera costilla la que eleva al esternón, en parte porque ésta es corta y porque tiene la mayor incursión. Cuando se calcifican los cartílagos costales, el movimiento de las costillas se limita, porque ya no pueden ajustarse a la longitud apropiada valiéndose de esta porción cartilaginosa; tanto la costilla como el esternón, deberán moverse ahora más o menos, como una sola unidad.

En la inclinación hacia atrás, las costillas bajas también son sostenidas hacia abajo por la tensión de la pared abdominal. Esto aumenta el espacio pulmonar en dirección longitudinal, pero el diámetro sagital del tórax disminuye. En esta postura, la incursión de las costillas está considerablemente disminuida, en parte por la posición de la columna y -- por otra por la acción que la pared abdominal ejerce sobre las costillas bajas.

## B. INCLINACION HACIA ADELANTE.

Aquí, la columna se inclina hacia la pared abdominal, pero las costillas se encorvan y convergen; el esternón se inclina hacia atrás especialmente en su punta baja. Los pulmones están amontonados y su incursión es altamente limitada como en la hiperextensión.

## C. INCLINACION LATERAL.

Las costillas se extienden al lado convexo y se aumenta el espacio torácico; sin embargo, en el lado cóncavo se juntan y la incursión respiratoria, como un todo, es disminuída.

## D. ROTACION LONGITUDINAL.

La rotación longitudinal también influencia la respiración, aunque menos que en otras posturas; pero ya que frecuentemente se combina con la inclinación lateral, comparte las desventajas de ésta última en relación a la función respiratoria.

## E. LA POSICION ERECTA NORMAL.

No hay duda de que esta postura es la mejor para el sistema respiratorio. La más favorable es la postura militar o la postura de atención, aunque desde el punto de vista del esfuerzo muscular, es la más económica.

## VII. TIPOS DE RESPIRACION. RESPIRACION TORACICA Y ABDOMINAL.

El mecanismo respiratorio normal es una combinación de respiración torácica y abdominal que relativamente varía con el individuo. La identificación de la respiración torácica es la elevación de las costillas en la inspiración, el levantamiento del esternón y el aplanamiento de la pared abdominal. Algunas veces, en respiración torácica forzada, la pared es traccionada haciendo una apertura - bajo el arco costal.

La característica de la respiración abdominal es que la pared abdominal en la inspiración - se abomba siguiendo la contracción del diafragma, - el cual aumenta la presión intra-abdominal. El - abombamiento desaparece en la espiración, especialmente cuando ésta es enérgica y en donde los músculos abdominales son llevados hacia adentro por los abdominales transversos; el arco costal y las costillas permanecen estacionarias. Durante la inspiración, en la respiración abdominal, se afecta exclusivamente por la contracción y aplanamiento del diafragma. La inspiración, por otra parte, es debida enteramente a la contracción de la pared abdominal y a la presión contra el diafragma relajado.

En el hombre, la respiración es más abdominal y en la mujer es más torácica. Inconscientemente se utiliza más la respiración torácica o abdominal, según la atención que se le preste a cada una. Hultkrantz considera el intercambio torácico respiratorio de 490 cc. y el abdominal de 170 cc.

También existe una interesante relación entre el estar despierto o dormido. Durante el sueño, las incursiones respiratorias son grandemente disminuidas, frecuentemente a 1/10 (Mosso). Tanto el hombre como la mujer muestran, durante el sueño, un relativo aumento en la respiración torácica y una disminución en la abdominal. (Strasser).

La respiración costal todavía es posible -- aún cuando el movimiento del esternón se haga más difícil debido a la falta de movilidad de las costillas, pero se efectúa principalmente por las incursiones laterales de las costillas media y baja.

Strasser distingue dos tipos de respiración costal:

1. La respiración costal normal: todas las costillas se mueven paralelamente, las superiores hacia arriba y hacia abajo, la inclinación es hacia afuera lateralmente, el esternón va hacia arriba y hacia adelante en la inspiración.

2. La respiración costal lateral: un movimiento puramente lateral de las costillas bajas. Las razones de esto son dobles: en algunos casos puede existir una flexión anormal de la cabeza, la cual impide la elevación de la primera costilla y del esternón, aún en posición erecta. En otra, el cartílago costal de la primera costilla está oscificado y en algunas otras, el cambio de la articulación costovertebral y esternocostal interfiere en la incursión.

También existe una diferencia en la respiración costal entre la pronación y la postura lateral. En esta última, el movimiento lateral de la costilla se hace más prominente.

Las incursiones más regulares y uniformes - del esternón, se llevan a cabo en una postura erecta normal, es aquí en donde la respiración torácica prevalece y la diafragmática se subordina. Es la posición más apropiada para el mecanismo respiratorio saludable y eficiente.

**PATOMECANICA DE LA RESPIRACION**

## PATOMECANICA DE LA RESPIRACION

Las dificultades mecánicas de la respiración se presentan en las condiciones patológicas siguientes:

- a) Obstrucción de las vías respiratorias superiores.
- b) Insuficiencia ventilatoria originada por malformaciones congénitas de la caja torácica.
- c) Deformación causada por flexibilidad anormal del tórax.
- d) Restricciones de la movilidad torácica, basadas en lesiones degenerativas de los ligamentos o articulaciones.
- e) Pérdida del poder respiratorio muscular.
- f) Enfermedades o neoplasias de los órganos torácicos.

### A. OBSTRUCCION DE LAS VIAS RESPIRATORIAS SUPERIORES

Tales obstrucciones son principalmente originadas por la inflamación de las amígdalas y adenoides; menos frecuentemente se deben al crecimiento de la tiroides que presiona o desvía a la tráquea. El ritmo respiratorio no se ve muy afectado; la respiración bucal suple la insuficiencia de aire a través -

de la nariz, pero una cierta turbación se presenta en el esfuerzo, mismo que se evita. Se debe poner especial atención al efecto de la postura que se presenta en la obstrucción de las vías respiratorias altas, por las amígdalas y adenoides. Esta, es frecuentemente la causa de una mala postura. Las dificultades que presenta la tráquea por la compresión, son más serias y pueden requerir un tratamiento quirúrgico.

#### B. INSUFICIENCIA VENTILATORIA ORIGINADA POR MALFORMACIONES CONGENITAS DE LA CAJA TORACICA.

Una deformidad torácica congénita degenera en un tórax en embudo, frecuentemente asociada con anomalías anatómicas del diafragma. La retracción del extremo inferior del esternón originada por la contracción diafragmática, se facilita por la suavidad y flexibilidad de las costillas.

El efecto mecánico es muy parecido al del raquitismo, ya que los músculos abdominales están débiles y faltos de tono.

Una sinostosis temprana del esternón, también puede trastornar el movimiento del tórax. Normalmente la unión cartilaginosa, se encuentra en la unión de la segunda costilla con el esternón. Si no hay tal, entonces se encuentra una unión cartilaginosa similar del segmento del esternón a la tercera costilla, ya que el mecanismo del tórax requiere de alguna parte de la porción superior del esternón contra la inferior, se deduce que la sinostosis temprana del segmento del esternón, tiene algún efecto en la respiración. El esternón es corto, lo que no fa-

vorece, ya que el cartílago inferior de la costilla debe ser más largo y tener movilidad para mediar el movimiento costoesternal.

La ausencia congénita de las costillas casi siempre está asociada con alguna anomalía vertebral, pero no parece que afecte la respiración a menos que exista un defecto en el tamaño del tórax. La capacidad vital no se trastorna, porque desde muy temprano el cuerpo se acomoda a la forma de respirar. En defectos severos, se puede apreciar una retracción de la pared abdominal en la inspiración. Son muy raros los defectos congénitos de los músculos torácicos; - raramente se puede apreciar la ausencia del pectoral mayor, se ha reportado en conjunción con deformidades congénitas de los miembros superiores y en escoliosis congénita.

#### C. DEFORMACION CAUSADA POR FLEXIBILIDAD ANORMAL DEL TORAX.

El raquitismo tiene un efecto marcado en la configuración del tórax. Debido a su flexibilidad, el equilibrio entre él mismo, el diafragma y las paredes abdominales, no pueden llevarse a cabo. El tórax se vence ante la tracción del diafragma y se desarrolla la tan llamada Hendidura de Harrison. La respiración se hace más abdominal.

#### D. RESTRICCIONES DE LA MOVILIDAD TORACICA, BASADAS EN LESIONES DEGENERATIVAS DE LOS LIGAMENTOS O ARTICULACIONES.

Las deformidades permanentes y particularmen

te la mala postura, tienen efectos definitivos en la mecánica de la respiración torácica y prevalece la respiración abdominal.

#### E. PERDIDA DEL PODER RESPIRATORIO MUSCULAR.

Los cambios degenerativos que trastornan la movilidad de las articulaciones torácicas, pueden ser: la calcificación senil de los ligamentos, o los cambios artríticos que afectan profundamente el mecanismo de la respiración. En la artritis crónica de la columna, especialmente en la del tipo anquilósico, puede abolirse totalmente el movimiento de las costillas. Aún la simple calcificación u osificación del cartílago de la costilla o la anquilosis de las articulaciones costoesternales, tiene una influencia detrimente de la respiración. Podría alcanzar inclusive, el punto en donde la respiración torácica se elimina definitivamente. Es obvio que exista una disminución de la capacidad vital tempranamente en el desarrollo de una anquilosis artrítica crónica de la columna, y en muchos casos la disminución de la respiración es el primer signo objetivo del proceso artrítico.

#### F. ENFERMEDADES O NEOPLASIAS DE LOS ORGANOS TORACICOS.

Esta condición puede llevar a cambios específicos en detrimento de la respiración. Están más marcados si la enfermedad de la columna está localizada, en la mitad superior de la región dorsal. En este caso, el tórax deformado se aplana en direc-

ción anteroposterior y las costillas toman una inclinación aguda hacia abajo. El esternón sobresale aún más en su base.

Por otro lado, si la joroba se localiza en la región dorsal baja o en la lumbar, entonces la inclinación de las costillas no cambia materialmente. De hecho, las costillas inferiores se hacen más horizontales y la caja torácica aparece alargada en dirección anteroposterior y aplanada de lado a lado.

#### ENFISEMA. HIDRO O NEUMOTORAX. TUMORES.

Estas condiciones dentro de la cavidad torácica, hacen que el tórax tome la forma del de un recién nacido, siendo mantenido en una posición más inspiratoria.

#### XIFOSIS SENIL.

Se encuentra una posición más espiratoria de la columna dorsal en la xifosis senil. Aquí, la inclinación de las costillas se precipita y el tórax se aproxima en forma tal como en la tuberculosis dorsal superior. Es particularmente la rigidez de la caja la que afecta la respiración, porque la calcificación de los cartílagos y ligamentos interfiere con la elevación y depresión de las costillas. La capacidad vital es baja.

## PARALISIS.

Las dificultades respiratorias más importantes son las que se encuentran en condiciones paráliticas, especialmente en la poliomielitis y en la mielitis traumática y ascendente.

### 1. PARALISIS DEL DIAFRAGMA.

Ya que el diafragma no puede descender en la inspiración, el espacio torácico no puede incrementarse hacia abajo. La respiración se hace totalmente costal. En la parálisis unilateral, se puede apreciar el descenso asimétrico del diafragma. Debido a los músculos intercostales, la parálisis del diafragma es aún compatible con la vida, aunque la reserva respiratoria se reduce a un punto tal, que cualquier esfuerzo es cuestionable. Es solamente cuando los intercostales están paralizados también, que se puede esperar una precipitación fatal por bronquitis o neumonía.

Duchenne observó que la parálisis del diafragma en pacientes histéricos, origina las mismas dificultades respiratorias.

### 2. PARALISIS DE LOS INTERCOSTALES.

En la parálisis de los intercostales, la respiración torácica es abolida y toma lugar la abdominal y diafragmática. En secuelas de poliomielitis, la inhibición de la respiración torácica puede ser el resultado de un espasmo de los intercostales

y no debido a una verdadera parálisis.

### 3. PARALISIS DE LOS MUSCULOS DE LA PARED ABDOMINAL

La parálisis de los músculos abdominales -- que interfieren con la espiración, es muy común en secuelas de poliomielitis. Como se ha perdido el tono muscular y los músculos están distendidos por la presión de las vísceras durante el movimiento -- inspiratorio, el abdomen se distiende y se desarrolla una condición similar a la viceroptosis, que de hecho existe. La inspiración abdominal aún es posible por la acción del diafragma, pero la gran dificultad respiratoria descansa en la pérdida del choque espiratorio. En la parálisis unilateral en donde la espiración abdominal todavía se lleva a cabo en el lado sano, el abdomen se distiende durante la inspiración, así como el contenido abdominal se contrae hacia este mismo lado.

### 4. PARALISIS DE LOS MUSCULOS DEL DORSO.

La parálisis de los músculos del dorso, así como la parálisis asimétrica de los músculos de la pared abdominal, frecuentemente resulta en una asimetría de la columna vertebral, una escoliosis parálitica. Tales asimetrías transmiten su efecto al tórax que comparte la deformación de la columna. El resultado es que el lado cóncavo de la columna, deforma la capacidad del tórax reduciéndolo grandemente, y la respiración costal se lleva a cabo mayormente en el lado convexo. En casos severos, la respiración del lado convexo nunca es suficiente pa

ra compensar la deficiencia del lado cóncavo y la -  
reserva respiratoria permanece mucho más baja.

## R E H A B I L I T A C I O N

MEJORAMIENTO  
DE LA FUNCION RESPIRATORIA

## MEJORAMIENTO DE LA FUNCION RESPIRATORIA

Muchos de los cambios que se presentan en el aparato respiratorio en las enfermedades pulmonares crónicas, son irreversibles lo que ocasiona que sean poco vulnerables a la acción de los diversos recursos terapéuticos, médicos y quirúrgicos. Sin embargo, es posible mejorar la función respiratoria de estos pacientes y su funcionamiento global, si se les proporcionan condiciones que les permitan la mayor y mejor utilización de su función respiratoria residual, la cual se encuentra frecuentemente disminuida, adicionalmente, debido a factores agregados tales como mala mecánica respiratoria, exceso acumulo de secreciones traqueobronquiales, sobreprotección, inactividad, temor, etc.

Se hace indispensable que a estos pacientes se les ayude a vivir mejor mediante tratamiento de rehabilitación que comprenda tanto los aspectos físicos, como psicológicos y sociales.

La rehabilitación física comprende los siguientes aspectos:

1. Higiene bronquial
2. Mejoramiento de la mecánica respiratoria
3. Reacondicionamiento de la tolerancia al ejercicio físico
4. Entrenamiento para el mejor desempeño de las actividades de la vida diaria.

## HIGIENE BRONQUIAL.

La higiene bronquial tiene como propósito drenar las secreciones del árbol traqueo bronquial para permitir el flujo más libre del aire en los conductos aéreos y alveolos pulmonares. Comprende los siguientes procedimientos: nebulizaciones, posición, percusión, tos y expectoración.

## NEBULIZACIONES.

El tratamiento aerosol con soluciones salinas, espasmolíticos y otras drogas generalmente preceden al drenaje postural, ya que permite adelgazar las secreciones, mejora la dinámica del flujo aéreo y da cierto alivio sobre el bronco espasmo, lo que a su vez mejora la efectividad del mecanismo de la tos.

Si la aerosoloterapia es usada para adelgazar el moco, su aplicación debe preceder al drenaje postural; si se administran antibióticos en aerosol, entonces el drenaje postural debe ser realizado primero para despejar la obstrucción de las vías aéreas y permitir una mejor absorción y difusión de la droga. Se hace evidente, por lo tanto, que la secuencia de las medidas terapéuticas debe ser decidida sobre la base del propósito y los efectos obtenidos.

## DRENAJE BRONQUIAL

El drenaje óptimo de la secreción es obtenido en las posiciones en las cuales los lóbulos y segmentos bronquiales pueden ser drenados indivi-

dualmente y para ello el área a drenar debe estar colocada en una posición superior y las ramas del árbol bronquial deben ser inclinadas a un ángulo suficiente que permita actuar efectivamente a la gravedad, llevando las secreciones hacia el bronquio principal a partir del cual pueden ser expectoradas.

Aunque debe enfatizarse la importancia de usar las posiciones óptimas, debe tenerse presente que ocasionalmente deben ser modificadas de acuerdo a las necesidades y tolerancia de cada paciente.

En los pacientes que han sido sometidos a lobectomías, el objetivo es evitar la acumulación de secreciones y mantener una expansión completa de los lóbulos remanentes.

En decúbito lateral el pulmón normal más bajo, es decir, del lado sobre el cual el paciente descansa, tiene un índice mayor de ventilación y de oxigenación debido a la posición más alta del diafragma sobre el lado más bajo. Después de la cirugía pulmonar, particularmente en pacientes con atelectacia, puede ocurrir lo opuesto y el lado afectado puede ser ventilado mejor cuando es colocado en una posición superior. No sólo el drenaje postural puede realizarse mejor en esta posición, sino que también se puede observar una mejor respiración, -- asistir la misma o enseñarla sobre el lado más elevado.

Si se ha removido un pulmón completo ambos lados requieren atención. El muñón del árbol bronquial sobre el lado afectado así como el del lado no comprendido, deben ser drenados.



do sin mucho esfuerzo (por lo menos en pacientes -- que pasan la mayor parte del tiempo en posición -- erecta). Este procedimiento puede ser invertido -- cuando se trata de pacientes muy enfermos que pasan la mayor parte del tiempo en posición supina, lo -- que ocasiona la acumulación de secreciones en lóbu- los superiores. Otra secuencia de drenaje puede -- ser aquella que comienza con los segmentos comprome- tidos y continúa con las áreas menos afectadas.

#### TECNICA DEL DRENAJE POSTURAL.

El paciente se coloca en la mesa de drenaje postural manteniendo la cabeza 14 pulgadas más baja que las piernas. En la posición de decúbito supino se colocará una almohada abajo del sacro y manten- drá las caderas y rodillas flexionadas.

En decúbito lateral se coloca una almohada entre las costillas y la cadera y en decúbito prono con la cabeza flexionada.

En cada posición se mantiene el paciente -- dos minutos.

Si se utiliza percutor, éste se colocará -- con orientación centrípeta y la intensidad varía en forma estimativa de acuerdo a la robustez del pa- ciente.

A la vez se instruye al paciente para hacer ejercicios de tos asistida.

**PRECAUCIONES:**

- No percutir sobre área precordial
- No percutir sobre columna vertebral
- Si el paciente presenta disnea y cianosis, suministrar oxígeno por cateter de dos a cuatro litros por minuto.
- Debe vigilarse al paciente principalmente en los cambios de posición, pues puede presentar sensación de lipotimia o hiperventilación por hipersensibilidad del seno carotideo, hipotensión postural, hipoxemia secundaria.

**DRENAJE POSTURAL.**

Se han descrito en forma más o menos precisa las posiciones que deben emplearse para un adecuado drenaje del árbol bronquial y que describiremos a continuación, de acuerdo a los lóbulos y segmentos ya mencionados anteriormente en ambos pulmones.

**PULMON DERECHO.**

Segmento 1. Lóbulos superiores, segmentos apicales posteriores.

El paciente se coloca sentado e inclinado hacia adelante. Se percute la parte postero supe--

rior del tórax, encima de la escápula, los dedos --  
contornean la parte superior de los hombros del ni-  
ño. (Figura 1 - parte superior).



FIGURA 1

Segmento 2. Lóbulos superiores segmentos - supero anteriores derechos. Paciente sentado, un tanto echado hacia atrás. Se percute la parte superior del hombro y la anterior del tórax. Las manos de la terapeuta contornean el tórax, de modo que la posición ahuecada de la mano quede sobre la clavícula. (Figura 1 - parte inferior).

Segmento 3. Lóbulos inferiores, segmentos basales anteriores derecho. Paciente en decúbito dorsal, en alrededor de 45 grados de declive. Percútese ligeramente las costillas inferiores. (Figura 2 - Esquema superior).

Segmento 4. Lóbulos inferiores, segmentos basales posteriores derecho. Paciente en decúbito ventral, con aproximadamente 45 grados de declive. Percútese justo encima de la undécima y duodécima costillas. (Figura 2 - Esquema medio).

Lóbulo medio derecho 6. Paciente en casi - 30 grados de declive, en cuarto de rotación hacia la izquierda desde el decúbito dorsal. Percútese la costilla derecha. (Figura 2 - Esquema inferior).



FIGURA 2

## PULMON IZQUIERDO.

Segmento 1. Lóbulos superiores, segmento - apical posterior izquierdo. Paciente sentado, un tanto inclinado hacia adelante. Se percute la parte postero superior del tórax, encima de la escápula. Los dedos contornean la parte superior de los hombros del niño. (Figura 3 - Parte superior).

Segmento 2. Lóbulos superiores, segmentos súpero anterior izquierdo. Paciente sentado, un tanto echado hacia atrás. Se percute la parte superior del hombro y la anterior del tórax. Las manos de la terapeuta contornean el tórax, de modo que la porción ahuecada de la mano quede sobre la clavícula. (Figura 3 - Parte inferior).

Segmento 3. Lóbulo inferior, segmentos basales anterior izquierdo. Paciente en decúbito dorsal, con 45 grados de declive. Percútanse ligeramente las costillas inferiores. (Figura 4 parte media superior).

Segmento 5. Lóbulo inferior, segmento basal externo izquierdo. Niño tendido sobre el lado derecho en aproximadamente 45 grados de declive. - Percútese el tórax lateral izquierdo a nivel de la octava costilla. (Figura 4 - Parte superior).

Segmento 4. Lóbulos inferiores, segmentos basales posterior izquierdo. Paciente en decúbito ventral con aproximadamente 45 grados de declive. - Percútese justo encima de la undécima y duodécima - costillas. (Figura 4 - Parte media inferior).



FIGURA 3

Língua 7. Lóbulo superior, segmento lingular. Pa-  
ciente en aproximadamente 30 grados de declive, un  
cuarto de vuelta desde el decúbito dorsal. Se per-  
cute la tetilla izquierda. (Figura 4 - Parte infe-  
rior).



FIGURA 4

## PULMON DERECHO

SEGMENTOS	POSICIONES
Lóbulos superiores Segmentos apicales posteriores (1)	Sentado e inclinado hacia adelante (Figura 1 - Par- te superior)
Lóbulos superiores Segmentos supero <u>an</u> teriores (2)	Sentado reclinado hacia -- atrás (Figura 1 - Parte - inferior).
Lóbulos inferiores Segmento basal <u>ante</u> rior derecho (3)	Decúbito dorsal con decli- ve de 45° (Figura 2 - Par- te superior)
Segmento basal pos- terior (4)	Decúbito ventral con decli- ve de 45° (Figura 2 - Par- te media)
Lóbulos medio (6)	Decúbito con rotación de - un cuarto hacia la izquier- da desde el decúbito dor-- sal y declive de 30° (Figu- ra 2 - Parte inferior).

## PULMON IZQUIERDO

SEGMENTOS	POSICIONES
Lóbulos superiores Segmento apical pos <u>ter</u> ior (1)	Sentado e inclinado hacia adelante (Figura 3 - Parte superior)
Lóbulos superiores Segmentos sup <u>er</u> o an <u>te</u> rior (2)	Sentado reclinado hacia -- atrás (Figura 3 - Parte in <u>fer</u> ior)
Lóbulos inferiores Segmento basal an <u>te</u> rior (3)	Decúbito dorsal con decli <u>ve</u> de 45° (Figura 4 - Parte media superior)
Segmento basal late <u>ra</u> l (5)	Decúbito lateral derecho - con decli <u>ve</u> de 45° (Figura 4 - Parte superior)
Segmento basal pos <u>te</u> rior (4)	Decúbito ventral con decli <u>ve</u> de 45° (Figura 4 - Parte media inferior)
Língula (7)	En decúbito con un cuarto de vuelta hacia la derecha y decli <u>ve</u> de 30° (Figura 4 Parte inferior).

## PERCUSION Y VIBRACION.

Las observaciones clínicas han demostrado - que los pacientes que han tenido un período suficiente de vibración y percusión efectiva, expulsan mayores cantidades de secreciones que aquellos pacientes en los cuales únicamente se ha realizado el drenaje postural.

El efecto mecánico del impacto sobre la superficie del cuerpo, alcanza las estructuras bronquiales ocasionando el desprendimiento de las mucosidades que se encuentran adheridas a las paredes bronquiales, lo cual ayuda a expulsar las secreciones viscosas desprendidas.

Las técnicas usadas deben ser ajustadas a las necesidades individuales del paciente.

El palmoteo, la vibración y la succión del tórax, dan la impresión de que son técnicas inespecíficas que pueden ser fácilmente aprendidas. Sin embargo, no deben ser usadas por personal sin entrenamiento.

Estas manipulaciones si no son correctas y efectivamente aplicadas, fallan en producir resultados y pueden fácilmente dañar la piel, los tejidos blandos, las estructuras óseas y los órganos internos.

Ha sido reportado que durante la broncoscopia bajo anestesia general, las vibraciones dadas durante la espiración, exprimen las secreciones de los bronquiolos en los grandes bronquios. El meca-

nismo que causa este efecto no es aún claramente entendido. El reflejo tusígeno es también mejor provocado durante la espiración; se requiere mayor investigación para precisar si el reflejo es estimulado a través de los estímulos sensoriales de la mano percutoria o por el movimiento de las secreciones u otros factores.

#### EXPULSION DE LAS SECRECIONES BRONQUIALES.

Una tos productiva seguida por la expectoración de secreciones, es de la mayor importancia para el éxito del drenaje postural. Desafortunadamente muchos pacientes, especialmente niños, encuentran difícil despejar sus vías aéreas de esta manera.

La mecánica normal de la tos es bien conocida y ha sido descrita por muchos investigadores. La tos es inducida por la irritación de las fibras aferentes de las ramas faríngeas del nervio glosofaríngeo, así como de las terminaciones sensitivas del nervio vago en la laringe, traquea y membranas mucosas de la faringe y de los grandes bronquios. Los impulsos son transmitidos al centro de la tos. Los impulsos del centro de la tos son entonces, transmitidos a los músculos del tórax y la laringe. Una cantidad considerable de aire es inspirado, la glotis se cierra, las cuerdas vocales se juntan firmemente para atrapar el aire en los pulmones; los músculos abdominales se contraen empujando al diafragma hacia arriba mientras otros músculos espiratorios también se contraen forzosamente. El efecto combinado de las altas presiones intrapleurales e in-

tra-abdominal sobre el flujo del volumen, crean una alta velocidad lineal de la columna de aire con una alta energía cinética la cual, a la apertura de la glotis, produce la aceleración y desplazamiento de cualquier material extraño en los bronquios o la traquea.

Durante la tos se han notado marcados cambios en luz de la traquea y de los bronquios, también se ha notado que la acción de la alta presión interpleural espiratoria sobre la traquea y los bronquios es tan importante para el objetivo de la tos porque genera un alto volumen de flujo.

En los pacientes con enfermedad pulmonar, generalmente la velocidad del flujo de aire es mucho menor en los pequeños bronquios que en los de tamaño mediano. Los pequeños bronquios, así como las terminales que no tienen una estructura cartilaginosa, son las vías en donde ocurre la mayor resistencia al paso del aire durante la espiración. Sin embargo, las vías aéreas superiores y las nasales contribuyen significativamente a la resistencia pulmonar total. Estas observaciones son de interés para la terapeuta física, cuyo objetivo es enseñar al paciente las técnicas más eficientes de tos. Los esfuerzos deben ser dirigidos a que el paciente desarrolle una presión suficientemente alta en los bronquios y en la traquea. Esto es, intentando instruir al paciente a aerear lo mejor posible sus pulmones, mediante una bien controlada inspiración profunda con una expansión completa de todas las porciones de los pulmones. También debe enfatizarse la aereación de las bases y de cualquier área en que se encuentre obstrucción. Esto es seguido por una fuerza

da fase espiratoria de la tos.

Deben evitarse los esfuerzos espiratorios - cortos y el jadeo antes o durante la tos, ya que es tos esfuerzos inspiratorios máximos incontrolados, ineficientes y jadeantes, frecuentemente vistos en pacientes con insuficiencia respiratoria obstructiva, aumentan el trabajo de la respiración y dejan rápidamente exhausto al paciente.

**MEJORAMIENTO DE LA MECANICA RESPIRATORIA**

## MEJORAMIENTO DE LA MECANICA RESPIRATORIA

El mejoramiento de la mecánica respiratoria es llevado a cabo mediante ejercicios respiratorios que mejoran la función respiratoria y ejercicios -- posturales que, además de corregir la postura, mejoran la condición físico general, favorecen el desarrollo normal de las actividades de la vida diaria del niño en el hogar y en la escuela y mejoran el estado psicológico.

El método general de los ejercicios respiratorios y posturales es el siguiente:

### Ejercicios respiratorios:

#### 1. Ejercicios de relajación.

Objetivo: Enseñar al paciente a relajar los músculos del cuello y del tronco para que permitan una buena respiración, ya que es frecuente que estén tensos, provocando que los movimientos respiratorios sean de poca amplitud.

Posición: Sentado en una silla inclinado ligeramente hacia adelante.

#### Método:

- a) Contraer la parte posterior de la cabeza, cuello, hombros y brazos, - llevando estos últimos hacia atrás y contar hasta dos.

- b) Relajarse dejando caer hacia adelante la cabeza y los brazos, redondeando los hombros y contando hasta cuatro. (Figura 1 - Parte superior)

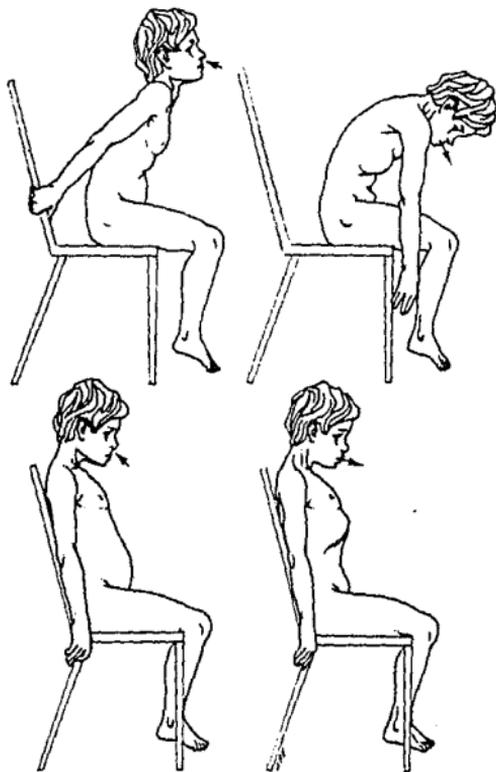


FIGURA 1

2. Ejercicios de respiración diafragmática sentado.

Objetivo: Enseñar al niño la respiración diafragmática sentado.

Posición: Sentado en una silla con la espalda descansando contra el respaldo y completamente relajado.

Método:

- a) Expulsar lentamente el aire del tórax, contrayendo los músculos abdominales y deprimiendo el abdomen. -- (Figura 1 - Parte inferior).
- b) Relajar los músculos abdominales y tomar aire a través de la nariz. -- (Figura 1 - Parte inferior).

3. Ejercicios de respiración diafragmática acostado.

Objetivo: Enseñar al niño la respiración diafragmática y el uso de los músculos abdominales.

Posición: Acostado en decúbito dorsal, con las rodillas flexionadas, completamente relajado. Colocar una mano del niño sobre su abdomen, para que aprenda a mejorar los movimientos de éste durante la respiración correcta.

**Método:**

- a) Pedir al niño que expulse el aire - de los pulmones lentamente por la - boca, pidiéndole al mismo tiempo, - que contraiga los músculos abdominales "sumiendo el vientre" y siguiendo el movimiento del mismo con la - mano. (Figura 2 - Parte superior).
- b) Pedir al niño que tome aire por la nariz, abombando el abdomen, si- - guiendo el movimiento del mismo con la mano que se encuentra colocada - en el abdómen. (Figura 2 - Parte - superior).

**4. Ejercicios de respiración diafragmática asistida.**

**Objetivo:** Enseñar al niño a expulsar - el aire de los pulmones en la forma más completa posible, ayudando con la mano al diafragma.

**Posición:** Acostado en decúbito dorsal con las rodillas flexionadas. La terapista debe colocar una mano sobre el abdomen de éste.

**Método:**

- a) Pedir al niño que expulse lentamente el aire de los pulmones haciendo un sonido de "S". Al mismo tiempo,

la terapeuta debe hundir su mano en la parte superior del abdomen, para ayudar al diafragma a expulsar el aire en forma completa. (Figura 2 Partes inferiores).

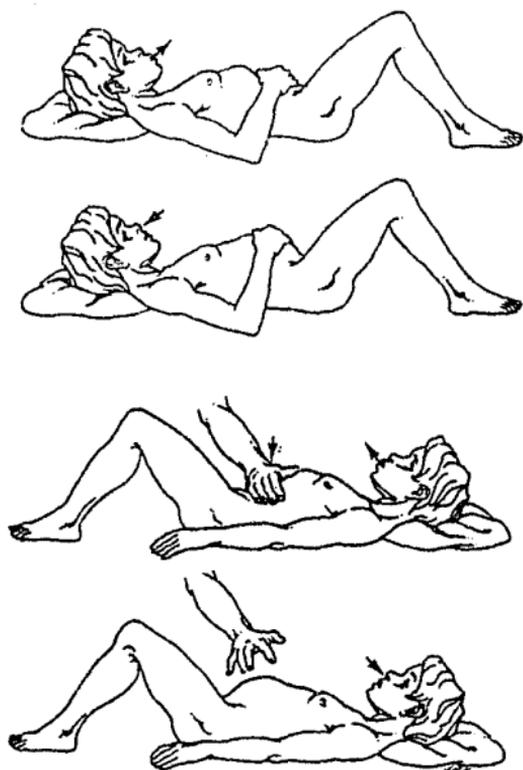


FIGURA 2

## 5. Ejercicio de compresión lateral manual.

**Objetivo:** Enseñar al niño la expulsión de aire de los pulmones, ayudando con las manos a los músculos intercostales.

**Posición:** En decúbito dorsal, con las rodillas flexionadas, la cabeza y los hombros descansando sobre un cojín. -- Las manos del asistente, con los dedos juntos, deben ser colocadas sobre la -- parte lateral de las costillas.

### Método:

- a) Pedir al niño que expulse el aire de los pulmones, lentamente por la boca, haciendo un sonido de "S". -- Al finalizar, la terapeuta deberá -- apretar rápida pero cuidadosamente con las manos, para ayudar a completar el vaciamiento del aire. (Figura 3 - Parte superior).
- b) Pedir al niño que tome aire a través de la nariz, empujando las costillas inferiores contra la resistencia de las manos de la terapeuta permitiendo ésta, la expansión del tórax. (Figura 3 - Parte inferior)

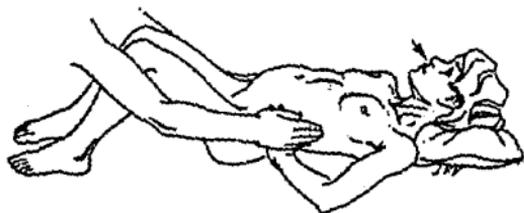
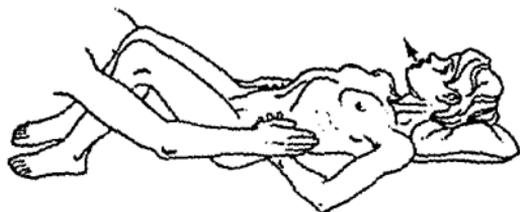


FIGURA 3

6. Ejercicios de músculos abdominales. --  
Flexión del tronco.

Objetivo: Fortalecer los músculos abdominales superiores, al mismo tiempo que se hace la expulsión del aire de los pulmones.

Posición: En decúbito dorsal con las rodillas flexionadas y las manos entrelazadas por detrás de la nuca.

Método:

- a) Sentarse colocando el codo derecho sobre la rodilla izquierda, mientras se expulsa lentamente el aire de los pulmones. (Figura 4 - Parte superior).
- b) Regresar a la posición inicial, - - mientras se toma aire. Repetir el ejercicio colocando el codo izquierdo sobre la rodilla derecha. Al principio será necesario sostener al niño de los pies y de la espalda (Figura 4 - Parte superior).



FIGURA 4

7. Ejercicios de músculos abdominales. --  
Elevación de las piernas.

Objetivo: Fortalecer los músculos abdominales inferiores, al mismo tiempo que se hace la expulsión de aire de los pulmones.

Posición: Sentado sobre una superficie firme con las piernas extendidas y los pies juntos, apoyándose en las manos.

Método:

- a) Sin doblar las rodillas, levantar - ambos pies alrededor de 30 cm. del suelo, mientras se expulsa el aire de los pulmones. (Figura 4 - Parte inferior).
- b) Regresar a la posición inicial, - - mientras se toma aire por la nariz. Al principio debe ayudarse al niño a levantar los pies. (Figura 4 - - Parte inferior).

## 8. Ejercicios de flexión de pie.

**Objetivo:** Conseguir la más completa expulsión de aire de los pulmones, a través de la compresión del abdomen y de la parte inferior del tórax y de disminuir la acción de la gravedad sobre el diafragma, al no tener que desplazarse éste hacia arriba.

**Posición:** Parado con los pies juntos y los brazos relajados a los lados, sostener al niño por detrás con ambas manos.

**Método:**

- a) Expulsar lentamente el aire de los pulmones, haciendo el sonido de "S" y al mismo tiempo flexionar, primero la cabeza y luego los hombros y el tronco, hasta casi torcer las rodillas, contrayendo al mismo tiempo los músculos abdominales.
- b) Levantar la cabeza y los hombros tomando aire conforme se endereza la parte superior del tronco, gradualmente.

**Ejercicios posturales:**

### 1. Posición preliminar.

**Objetivo:** Enseñar la postura correcta en posición de pie, al mismo tiempo que

## la respiración.

**Ejercicios posturales:** La postura se mantiene mediante el tono de los diferentes músculos del cuerpo. En los defectos posturales algunos grupos de músculos se encuentran débiles, mientras que otros han perdido su elasticidad. Los ejercicios posturales, especialmente indicados en cada caso, tienen por objeto mejorar las condiciones de esos grupos musculares, con el fin de facilitar el que se adopte una buena postura.

**Posición:** De pie, contra la pared, con los pies separados aproximadamente 10 cm., el peso del cuerpo distribuido por igual en ambas piernas, los hombros simétricamente horizontales; la barba en ángulo recto respecto al cuello y los brazos colgando a los lados, con los codos, muñecas y dedos extendidos y las palmas de las manos pegadas a los muslos.

### Método:

- a) Expulsar el aire de los pulmones al mismo tiempo que se contraen los músculos abdominales y gluteos y se aplana contra la pared la parte baja de la espalda, hombros y cabeza.
- b) Relajar los músculos abdominales y gluteos y tomar aire. (Figura 5 - Lateral izquierda).

## 2. Elevación de los brazos.

**Objetivo:** El del ejercicio anterior.

**Posición:** Igual que en el ejercicio anterior.

**Método:**

- a) Girar los brazos lentamente hacia adentro hasta que los pulgares queden en contacto con los músculos. Luego, elevar los brazos hacia adelante, hasta que queden en contacto con las orejas y al mismo tiempo, tomar aire.
- b) Descender los brazos a la posición inicial, expulsando el aire de los pulmones con sonido de "S". (Figura 5 - Lateral derecha).

## 3. Flexión de tronco.

**Objetivo:** Estirar los músculos posteriores del tronco y de los miembros inferiores, para mejorar la postura al mismo tiempo que la respiración.

**Posición:** Decúbito dorsal, con la rodilla derecha flexionada y la izquierda extendida. El pie izquierdo contra la pared y los brazos relajados a los lados.

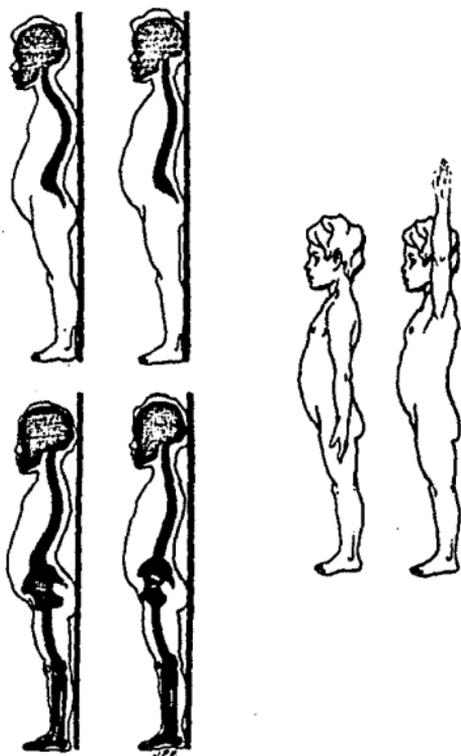


FIGURA 5

**Método:**

- a) Flexionar el tronco, tratando de -- que el niño se alcance el pie iz-- quierdo con ambas manos. La tera-- pista debe mantener la rodilla iz-- quierda correspondiente, extendida y con una mano en la espalda del ni-- ño, ayudando a flexionar; el niño -- deberá expulsar aire de los pulmo-- nes.
- b) Regresar a la posición inicial y to-- mar aire. Repetir el ejercicio con la rodilla izquierda flexionando y la derecha extendida.

**4. Inclinación lateral del tronco.**

**Objetivo:** Corregir la escoliosis y/o -- mejorar la expansión de un henitórax y la función respiratoria.

**Posición:** Sentado en un banquillo o si-- lla, con los brazos colgando a los la-- dos.

**Método:**

- a) La persona que asiste, rodeará con los brazos el tórax del niño, colo-- cando las manos entrelazadas sobre el lado derecho del tórax.
- b) Pedir al niño que se incline late--

ralmente hacia su derecha dejando caer el peso del cuerpo en forma relajada, en tanto que la terapeuta lo sostiene firmemente con sus manos. Al mismo tiempo el niño deberá tomar aire por la nariz procurando expandir lo más posible el hemitórax izquierdo.

- c) Regresar a la posición inicial y respirar tranquilamente.

**RECONDICIONAMIENTO FISICO**

## REACONDICIONAMIENTO FISICO

El programa de reacondicionamiento físico - tiene como objetivo obtener un aporte adecuado de oxígeno de acuerdo a los requerimientos metabólicos expresados en mets. Un met es la cantidad de consumo de oxígeno en condiciones basales (aproximadamente 3.5 mets por kilogramo de peso por minuto); de ahí que se pueden obtener predecibles y realizar un programa de acondicionamiento físico, midiendo el  $\text{VO}_2$  Max. consumido durante el esfuerzo.

Al paciente se le debe instruir para lograr una buena reeducación muscular respiratoria en el desarrollo de actividades simples como deambular en terreno regular, adiestrarlo en las actividades de la vida diaria, subir y bajar escaleras, etc. Este reacondicionamiento físico se complementa con el uso del ergómetro y el uso de la banda sinfn.

**ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES  
DE LA VIDA DIARIA**

## ENTRENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

Es de mucha utilidad contar con un estudio de Actividades de la Vida Diaria al iniciar el tratamiento y, de encontrarse limitaciones, dictar las medidas convenientes para que simultáneamente al manejo de la función dañada, se rehabilite al paciente.

Una nueva valoración de las Actividades de la Vida Diaria al dar por terminado el tratamiento, dará una buena idea del futuro final de todo el esfuerzo médico realizado.

Desafortunadamente, lo habitual es que los pacientes sean dados de alta y continúan teniendo múltiples restricciones que les impide mantener relaciones normales familiares, con profesores o compañeros, ya sea por verdadera incapacidad física, psicológica, por sobreprotección o por falta de entrenamiento y orientación. Así, es común el caso de niños con padecimientos pulmonares, renales, cardíacos, etc., que no obstante tener controlado su padecimiento, continúan siendo vestidos por la madre, sus juegos no son propios para su edad y no asisten con regularidad a la escuela.

Se consideran Actividades de la Vida Diaria todas aquellas que realiza un sujeto durante un día normal.

Este término y su concepto deben ser del conocimiento de todo médico, ya que cuando un paciente no realiza ninguna de las Actividades de la Vida Diaria, se considera que presenta una invalidez total; si realizara el 60%, su invalidez sería de un 40%. Esto significa que el estudio de las Actividades de la Vida Diaria constituye el método por excelencia para juzgar acerca del grado de invalidez.

Las Actividades de la Vida Diaria pueden dividirse, para su estudio y entrenamiento, en la siguiente forma:

EXPEDIENTE CLINICO:  
 REGISTRO REHABILITACION:  
 FECHA:

FREC. RESPIRATORIA:  
 FREC. CARDIACA:  
 T. ARTERIAL:

NOMBRE:

(Al inicio de la prueba)

EDAD:

SEXO:

OCUPACION:

DIVISION:

DIAGNOSTICO:

	NORMAL	CON DISNEA	CIANOSIS	FR. CARD.	OTRA SINTOMA TOLOGIA (Anotar si el ejercicio lo hace de pie o sentado).
CAMA Al acostarse Al levantarse Cambio de posición Al sentarse en la cama					
VESTIDO Pijama-Bata Calzones-Pantaleta Camiseta-Brassiere Camisa-Blusa					

EXPEDIENTE CLINICO:

(Al inicio de la prueba)

REGISTRO REHAB.:

FECHA:

NOMBRE:

	NORMAL	CON DISNEA	CIANOSIS	FR. CARD.	OTRA SINTOMATOLOGIA (Anotar si el ejercicio lo hace de pie o sentado).
Pantalones-Falda Calcetines-Medias Zapatos					
HIGIENE PERSONAL Lavarse los dientes Cara y cabeza Miembros superiores Tronco Miembros inferiores Uso de sanitario y Defec. Secarse después de aseo Peinarse					

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA 19

EXPEDIENTE CLINICO: .

(Al inicio de la prueba)

REGISTRO REHAB.:

FECHA:

NOMBRE:

	NORMAL	DISNEA	CIANOSIS	FREC. CARD.	OTRA SINTOMATOLOGIA (Anotar si el ejercicio lo hace de pie o sentado)
<b>ALIMENTACION</b> Manejo de tenedores, taza vaso, cuchillos, etc. Deglución sólidos Deglución líquidos Masticación					
<b>ACTIVIDADES DE HOGAR</b> Barrer-Usa aspiradora Sacudir-Tender camas Trapear piso Doblar ropa-Colgarla Lavar ropa					
<b>ACTIVDS. DE TRASLACION</b> Uso silla de ruedas Deambulación menos de 20 metros					

EXPEDIENTE CLINICO:

(Al inicio de la prueba)

REGISTRO REHAB.:

FECHA:

NOMBRE:

	NORMAL	DISNEA	CIANOSIS	FREC. CARD.	OTRA SINTOMATOLOGIA (Anotar si el ejercicio lo hace de pie o sentado).
Deambular más de 20 m. Caminar rápido Caminar despacio Subir escaleras Bajar escaleras Caminar en terreno irregular					
ACTIVIDADES DEL TRABAJO ESCOLAR Descripción					
ACTIVIDADES DE RECREACION Juego Boliche - Juegos de mesa Otros deportes					

EXPEDIENTE CLINICO:

(Al inicio de la prueba)

REGISTRO REHAB.:

FECHA:

NOMBRE:

	NORMAL	DISNEA	CIANOSIS	FREC. CARD.	OTRA SINTOMATOLOGIA (Anotar si el ejercicio lo hace de pie o sentado).
<b>ACTIVIDADES DE VIAJE</b> Caminar 50 m. Subir y bajar banquetas Atravesar calles Subir y bajar del camión					
<b>ACTIVIDADES DE RELACION PERSONAL</b> Hablar con personas Hablar en voz alta Cantar en público					

**EDUCACION HIGIENICA**

## EDUCACION HIGIENICA

## HIGIENE RESPIRATORIA.

Desde la mayor importancia que estos pacientes lleven una vida higiénica que les permita un correcto crecimiento y desarrollo, libre de enfermedades agregadas y que propicie el mejor control de su enfermedad pulmonar y evite las crisis de insuficiencia respiratoria hasta donde esto sea posible. Por lo tanto, debe prestarse especial atención a -- las medidas de carácter preventivo; adecuadas condiciones nutricionales; un conveniente equilibrio de actividad física y reposo; adecuado trato que propicie el mejor desarrollo emocional y las mejores condiciones posibles de habitación, vestido y medio ambiente.

La participación de la familia es de importancia fundamental en el tratamiento y rehabilitación de niños con enfermedades pulmonares crónicas, por lo que se debe dedicar tiempo especial para instruir al paciente, a su familia o a las personas -- responsables de su cuidado, acerca de las metas, medicamentos y programas de rehabilitación. Se debe informar acerca de la conveniencia de proporcionar un ambiente sano al niño, evitando el contacto con agentes irritantes y su convivencia con personas -- con hábito de fumar, ya que se ha hecho evidente, -- en algunos estudios, que esto propicia las enfermedades respiratorias del niño y las exacerba.

Deberá hacerse hincapié en que no debe exponerse a permanecer en sitios con importante conta

minación ambiental, a evitar las infecciones del tracto respiratorio y los cambios bruscos de temperatura, sin que ésto, por otro lado, conduzca a la sobreprotección que limita aún más las actividades del niño.

## R E F E R E N C I A S

1. STEINDLER. Kinesiology of the Human Body. under Normal and Pathological Conditions.
2. RANGEL CARRILLO, MA. DE LOURDES. DRA. Insuficiencia Respiratoria en Pediatría.
3. LOUGH DOERSHUK STERN. Terapia Respiratoria en Pediatría.
4. REYES CASTELLANOS, AURELIO; RABAGO SANCHEZ, JESUS. Manual de Terapéutica Inhalatoria y Cuidados Respiratorios.
5. BOLETIN MEDICO DEL HOSPITAL INFANTIL DE MEXICO. Vol. XXIV No. 5 Sept-Oct, 1967. p 913, 929.
6. LOCKHART, R.D.; HAMILTON, G.F.; FYFE, F.W. - - Anatomía Humana.
7. GUTHRIE, A.G. and PETTY, T.L. Physical Therapy 50: p, 1333. 1970.
8. AMBRUS, L.; WARNECLE S. Physical Therapy. Rev. 47: 369. 1967.
9. GHORY, J.E. Clinical Pediatrics. 16: 879. - 1977.
10. BECK, M.E. Physical Therapy 48: 467. 1968.
11. BECK, M.E.; WOHL. Physical Therapy. 48: 472. 1968.

12. KASS IRVING; HERBERT, HERBERT. R. 48: 145 - 1970.
13. MILLER, W.F. Amer. Journal of Medicine. 1958
14. KNAPP, MILAND E. Respiratory Rehabilitation. 1970.
15. MILLER, W.F. Physical Therapeutic Measures in the Treatment of Chronic Broncopulmonary Disorders. 1958.
16. AMBRUS, L.; THAL, S.H.; WEINSTEIN, S.; WARNECKE JUANITA. 113, 354. 1964.
17. SELIGMAN, T.; RANDEL, H.O.; STEVENS, J.J. 50: 641. 1970.