



Fisiopatología Respiratoria

Asignatura de Fisiopatología
Fonoaudiología y Tecnología Médica
2005

Alteraciones Ventilatorias 1

Lain Felipe Díaz C.
Laboratorio de Fisiopatología Molecular

COMPONENTES DEL APARATO RESPIRATORIO:

- Los pulmones (incluyendo vías respiratorias y zonas de intercambio gaseoso)
- Los centros respiratorios en el SNC (tronco encefálico y médula)
- La pared torácica (diafragma y músculos intercostales)
- La circulación pulmonar

Todos los componentes actúan de forma concertada para llevar a cabo la función principal del pulmón:

Intercambio gaseoso rápido,

- el paso de O₂ desde el aire a la sangre venosa y
- la salida de CO₂ en sentido opuesto.

Se pueden producir perturbaciones de la función del sistema si:

- falla alguno de los componentes, o
 - se alteran las relaciones entre éstos.
- **Falla Respiratoria:** cualquier condición que afecta la función ventilatoria o los pulmones en si mismos, y que puede tener como consecuencia una falla en la función pulmonar
- Como resultado de una falla respiratoria el nivel de O₂ en la sangre puede ser muy bajo, y/o el nivel de CO₂ muy alto.

- Esto puede suceder de dos maneras:
 1. Por una **falla del intercambio gaseoso** (de O₂ y CO₂ entre la sangre y los espacios aéreos del pulmón),
 2. Por una falla del movimiento de aire hacia los pulmones y desde estos: **falla ventilatoria**.

Los signos y síntomas de la falla respiratoria no son específicos: dependen de la causa de la falla y del estado del paciente antes que se produzca la falla.

El diagnóstico preciso depende de dos tipos de exámenes:

Examen de gases de la sangre: PaO₂, PaCO₂, pH, HCO₃⁻.

Espirometría: mide volúmenes estáticos y flujos de aire (o ventilación) del pulmón y vías respiratorias.

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA
ZONAS CONDUCTORA Y RESPIRATORIA

	<u>Zona conductora:</u>	<u>Zona respiratoria:</u>
Longitud:	~cm	~mm
Volumen:	~150 ml (<i>espacio anatómico muerto</i>)	~ 3000 ml (<i>intercambio gaseoso</i>)
Movimiento de los gases:	Flujo masivo por Δ presión	Difusión por Δ presión parcial del gas

Estructura y función del aparato respiratorio:
EL CENTRO RESPIRATORIO

Se ubica en el tronco encefálico,
Es estimulado de dos modos:

- **Directamente** por el pH del líquido cefalorraquídeo, que a su vez depende directamente de la PaCO₂ de la sangre.
El aumento de la PaCO₂ lo estimula, en tanto que un descenso brusco de la misma puede producir apnea por falta de estímulo.
- **Indirectamente**, a través de los quimiorreceptores aórticos y carotídeos, siendo el estímulo en este caso **la hipoxia**.
La disminución de la PaO₂ lo estimula (y viceversa)

FASES DE LA RESPIRACION: se distinguen 5 procesos coordinados:

- 1. Ventilación (\dot{V}):** Es el flujo de aire fresco desde la atmósfera a los alvéolos.
Veremos los factores involucrados en la **ventilación alveolar, \dot{V}_A** .
- 2. Perfusión (\dot{Q}):** Es el flujo de sangre venosa a través de la circulación pulmonar hasta los capilares y el retorno de sangre oxigenada al corazón izquierdo.
- 3. Intercambio gaseoso:** Es la transferencia de gases por **difusión** en la membrana alveolo capilar con una buena relación \dot{V}/\dot{Q} .
- 4. Transporte de gases:** Es el transporte de O_2 (unido a la hemoglobina) y de CO_2 (disuelto en el plasma) hacia y desde los tejidos, respectivamente.
- 5. Difusión de O_2 y CO_2** entre los capilares sistémicos y las células.
Respiración celular

En esta clase veremos los mecanismos fisiopatológicos que conducen a:

Alteraciones de la Ventilación Pulmonar o Alteraciones Ventilatorias.

Con ayuda de un examen funcional como la **espirometría**, podemos dividir las alteraciones ventilatorias en:

- 1. Alteraciones Ventilatorias Obstructivas**
- 2. Alteraciones Ventilatorias Restrictivas**

Definición:

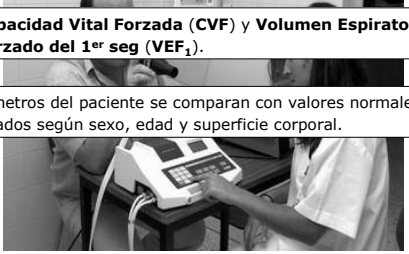
- Alteración ventilatoria **obstructiva**: aumento de la resistencia de las vías aéreas al flujo de aire (por disminución de su calibre).
- Alteración ventilatoria **restrictiva**: caracterizada por una disminución de los volúmenes y capacidades (Σ volúmenes) pulmonares.

El Espirómetro y la Espirometría

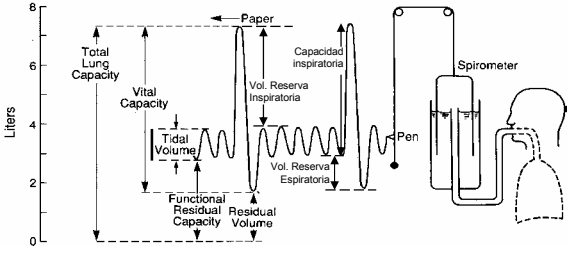
Parámetros que se miden:

- Volumen corriente (V_T) y frecuencia respiratoria (f)**
- Capacidad Vital Forzada (CVF) y Volumen Espiratorio Forzado del 1er seg (VEF₁).**

Parámetros del paciente se comparan con valores normales tabulados según sexo, edad y superficie corporal.



Espirometría: Volumen corriente (V_T) y Ventilación total (\dot{V}_E)



Vol. Corriente (o Tidal): $V_T \approx 500$ ml
Frecuencia respiratoria: $f \approx 15 \text{ min}^{-1}$
Ventilación total, \dot{V}_E (L/min) $\Rightarrow \dot{V}_E = V_T \cdot f$
 $\dot{V}_E \approx 6 - 8 \text{ L/min}$

\dot{V}_E : vol. total de aire expirado/min, incluye ventilación del espacio muerto, pues:

$\dot{V}_E = V_T \cdot f$
 $V_T = V_D + V_A$
(V_A : vol gas alveolar en V_T)
 $\dot{V}_E = (V_D \cdot f) + (V_A \cdot f)$
 $\dot{V}_E = \dot{V}_D + \dot{V}_A$
 $\dot{V}_A = \dot{V}_E - \dot{V}_D$

VOLUMES
TIDAL VOLUME 500 ml
ANATOMIC DEAD SPACE 150 ml
ALVEOLAR GAS 3,000 ml
PULMONARY CAPILLARY BLOOD 70 ml

FLOWS
TOTAL VENTILATION 7,500 ml/min
FREQUENCY 15/min
ALVEOLAR VENTILATION 5,250 ml/min
PULMONARY BLOOD FLOW 5,000 ml/min

Ventilación alveolar, \dot{V}_A : vol. de aire que llega al alvéolo/min

Factores que influyen en \dot{V}_A : f , V_T y V_D

1. Si V_T y f bajan, $\Rightarrow \dot{V}_E$ y \dot{V}_A disminuyen

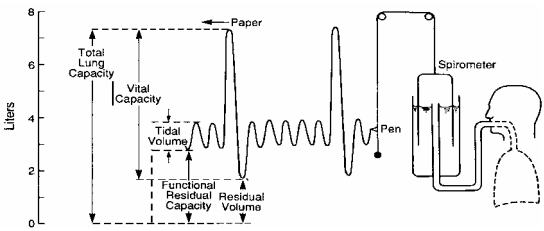
2a. \dot{V}_E normal, pero con f alta: $\Rightarrow \dot{V}_A$ disminuye (respiración rápida superficial)

f (min^{-1})	V_T (ml)	V_D (ml)	$\dot{V}_E = V_T \cdot f$ (ml/min)	$\dot{V}_D = V_D \cdot f$ (ml/min)	$\dot{V}_A = \dot{V}_E - \dot{V}_D$ (ml/min)
8	1000	150	8000	1200	6800
14	571	150	8000	2100	5900
28	286	150	8000	4200	3800

2b. \dot{V}_E normal, pero con V_D creciente: $\Rightarrow \dot{V}_A$ disminuye

f (min^{-1})	V_T (ml)	V_D (ml)	$\dot{V}_E = V_T \cdot f$ (ml/min)	$\dot{V}_D = V_D \cdot f$ (ml/min)	$\dot{V}_A = \dot{V}_E - \dot{V}_D$ (ml/min)
16	500	150	8000	2400	5600
16	500	200	8000	3200	4800
16	500	250	8000	4000	4000

Espirometría: capacidad vital forzada (CVF) y VEF_1



- **CVF**: vol. máximo espirado luego de una inspiración máxima.
- **VEF_1** , volumen expiratorio forzado en el 1^{er} segundo de espiración.
- Índice de Tiffenau: **$(VEF_1 / CVF) \%$**

1. En condición basal
2. Después de la administración de un broncodilatador. Cambio es significativo si $> 15\%$ del basal.

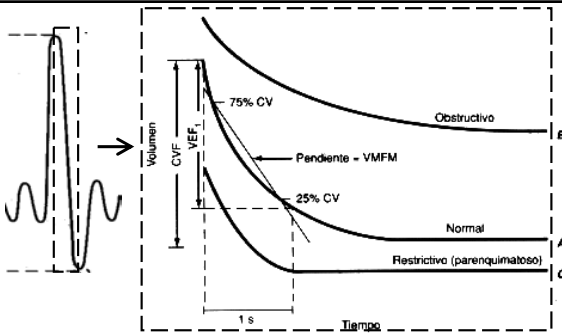
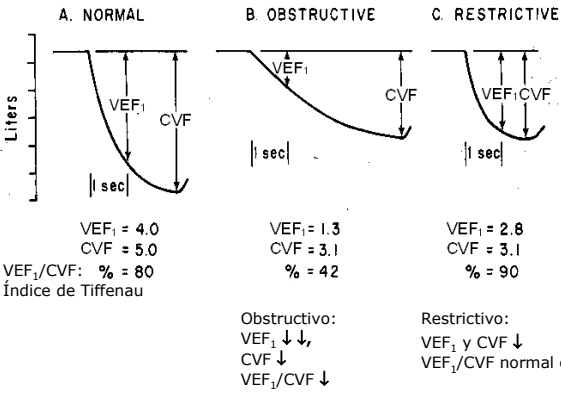
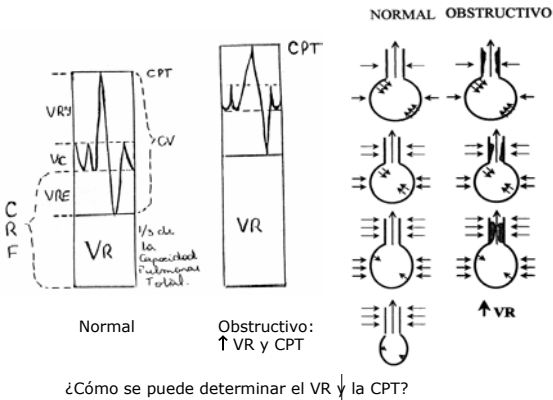


FIGURA 250-2. Trazado espirográfico de la espiración forzada, comparando un trazado normal (A) y los correspondientes a una enfermedad parenquimatosa obstructiva (B) y restrictiva (C). El cálculo de CVF, VEF_1 y VMFM sólo se muestra para el trazado normal. Como no existe la medida del volumen absoluto de comienzo con espirometría, las curvas se han colocado arbitrariamente para mostrar los volúmenes pulmonares relativos de comienzo en las diferentes circunstancias.



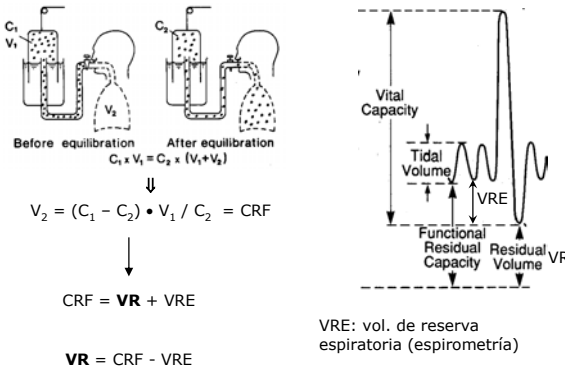
Obstructivo:
 $VEF_1 \downarrow$,
 $CVF \downarrow$
 $VEF_1/CVF \downarrow$

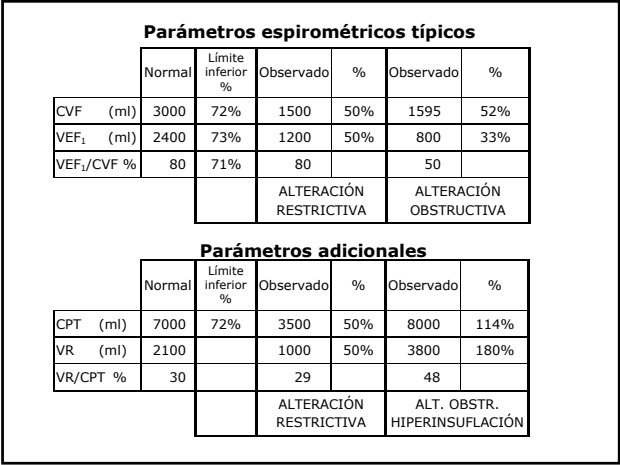
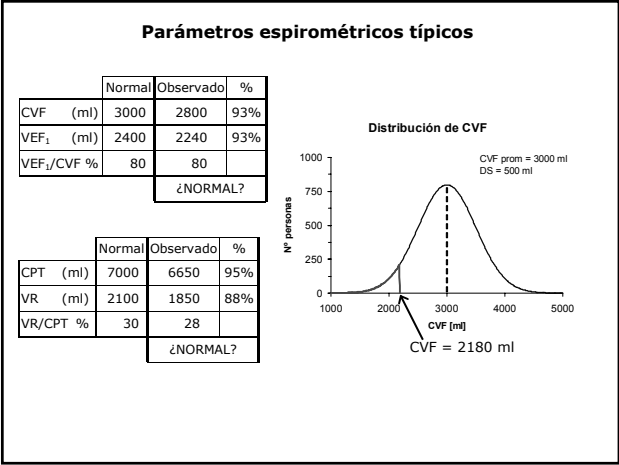
Restrictivo:
 VEF_1 y $CVF \downarrow$
 VEF_1/CVF normal o \uparrow



¿Cómo se puede determinar el VR y la CPT?

Medición de la **capacidad residual funcional (CRF)** por dilución de He





En resumen:

- Todas las condiciones que disminuyen la CV por **restricción del volumen** toracopulmonar y/o de su **movilidad** se agrupan bajo la denominación de alteraciones ventilatorias **restrictivas**.
- En cambio las enfermedades **obstructivas** limitan la función a través de un aumento de la **resistencia de la vía aérea**.

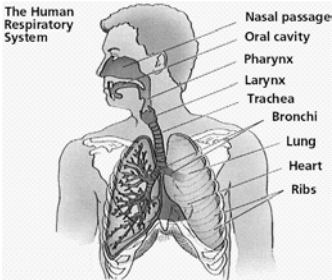
FIN

Estructura y función del aparato respiratorio:
VIAS AÉREAS DE CONDUCCIÓN: FLUJO DE AIRE

Vía aérea superior o alta:
nariz, faringe y laringe

Vía aérea inferior o baja:
tráquea y bronquios.

Separadas entre si por el cartílago cricoides.



Estructura y función del aparato respiratorio:
ZONAS CONDUCTORA Y RESPIRATORIA



Zona conductora:

- Traquea
- Bronquios (1-3)
- Bronquiolos (4-15)
- Bronquiolos terminales (16)

⇒ **espacio muerto anatómico**, volumen de gas de ~ 150 ml.

Zona de transición y respiratoria:

- Bronquiolos respiratorios (17-19)
- Ductos alveolares (20-22)
- Sacos alveolares (23)

⇒ sólo en los terminales alveolares ocurre intercambio de gases:
ventilación alveolar: flujo de aire (ml/min) que llega a los alvéolos.

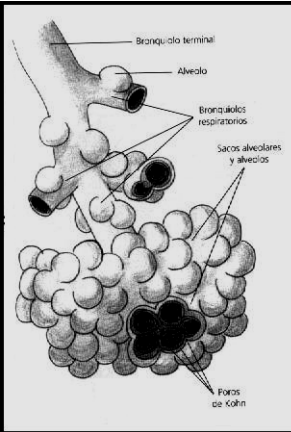
UNIDADES DE INTERCAMBIO GASEOSO.

La **unidad respiratoria pulmonar o acino:** zona de pulmón que depende de un bronquiolo terminal. Aquí encontramos:

- ♦ **Bronquiolos respiratorios** (17-19),
- ♦ **Conductos alveolares** (20-22),
- ♦ **Sacos alveolares** (23),

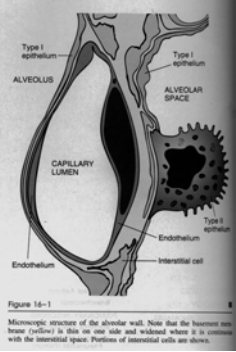
que acaban en unos 10-16 alveolos, en los cuales se realiza la transferencia de gases.

En esta zona es en donde está la mayor cantidad del volumen pulmonar unos 2.500-3.000 ml.



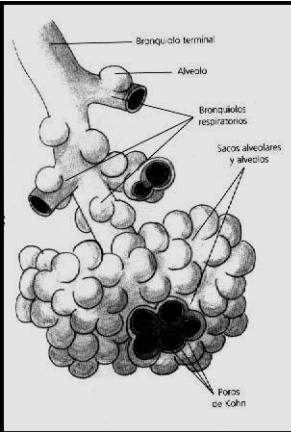
ESTRUCTURA MICROSCÓPICA DE LOS ALVEOLOS:

- ♦ **Capilares:**
 - delineados por endotelio.
 - se encuentran en las paredes alveolares, entre las unidades de intercambio gaseoso.
- ♦ **Membrana basal y tejido intersticial:**
 - rodea y separa las células endoteliales de las células epiteliales alveolares.
- ♦ **Epitelio alveolar:** capa continua de 2 tipos de neumocitos:
 - Tipo I: células planas que cubren el 95% de la superficie alveolar.
 - Tipo II: células redondeadas,
 - 1) Son la fuente del surfactante pulmonar
 - 2) Son las principales células involucradas en la reparación del epitelio alveolar cuando hay destrucción de las células tipo I.
- ♦ **Macrófagos alveolares.**
 - Derivan de los monocitos sanguíneos. Pueden estar libres dentro de los espacios alveolares ó unidos laxamente a las células epiteliales.

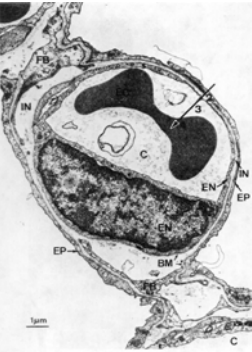


*Las paredes alveolares están perforadas por numerosos poros de Kohn:

permiten el paso de bacterias y exudado entre alveolos adyacentes.



Estructura y función del aparato respiratorio:
INTERFASE SANGRE-AIRE: LOS ALVÉOLOS.



Barrera sangre-aire:
~0,5 µm de grosor
50-100 m² de superficie

O₂ y CO₂ se mueven por difusión simple, por lo tanto el movimiento:

- es 1/α al grosor de la barrera
- es α a la superficie de la barrera

Alta superficie: hay capilares en las paredes de
300 millones de alvéolos
c/u ~1/3 mm diámetro
volumen: 4 lt
(esfera de 4 lt: 0.01 m²)

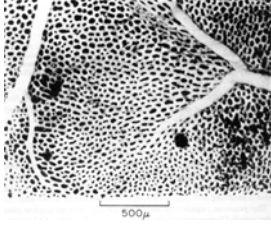
Estructura y función del aparato respiratorio:
IRRIGACION SANGUINEA

El pulmón recibe un **doble aporte sanguíneo:**

1. Aporte del circuito menor por las arterias pulmonares (con sangre venosa),
2. Aporte del circuito mayor o sistémico mediante las arterias bronquiales (con sangre arterial) que nacen de la porción proximal de la aorta torácica o de las intercostales superiores.

- Las venas bronquiales desembocan en la vena álgicos y en aurícula derecha, y en menor proporción en las venas pulmonares.
- La circulación pulmonar es de baja resistencia.
- La presión de arteria pulmonar es 1/8 de la presión sistémica.

Estructura y función del aparato respiratorio:
VASOS SANGUÍNEOS Y FLUJO.



Red ramificada de vasos:
arteria pulmonar – capilares – vena pulmonar

Capilares:
red densa en la pared del alvéolo:
superficie casi continua de sangre.