



7° CONGRESO ARGENTINO DE NEUMONOLÓGÍA PEDIÁTRICA
Jornada de Enfermería en Enfermedades Respiratorias Pediátricas
Jornada de Kinesiología Respiratoria



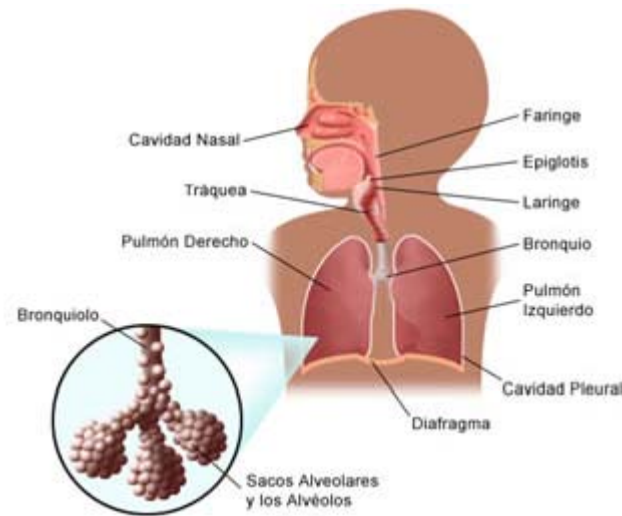
18, 19 y 20 de noviembre de 2015

**Rédito de las Pruebas de función pulmonar
según la edad del paciente**

Dra. María Belén Lucero
Neumóloga Pediatra



HOSPITAL DE PEDIATRÍA
S.A.M.I.C.
"PROF. DR. JUAN P. GARRAHAN"



Las pruebas de función pulmonar (PFP) son una herramienta importante en el diagnóstico, evaluación y manejo de las enfermedades del aparato respiratorio y en la comprensión y evaluación del desarrollo del sistema respiratorio.

¿Cómo medir la FP en los diferentes grupos etarios?

Lactantes



2 años



6 años



- MBW: LCI
- Espiración forzada a volúmenes elevados
- C y R
- Pletismografía

- Espirometría y curva F/V
- Medición de Resistencia:
 - Oscilación forzada
 - Rint
- MBW: LCI

- Espirometría y curva F/V
- Volúmenes pulmonares
- DLCO
- Resistencia de la VA
- MBW: LCI
- Pimax-Pemax

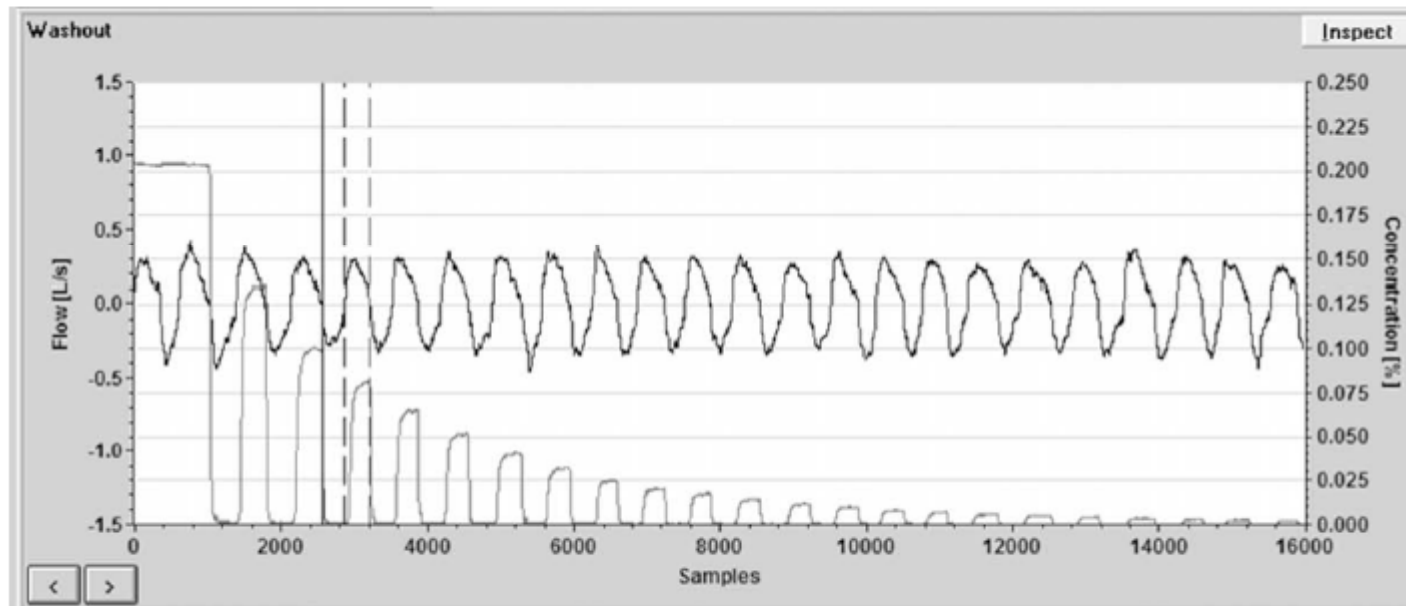
Pruebas de función pulmonar en el lactante

Características:

- Falta de cooperación
- Dinámica pulmonar cambiante
- Requieren sedación
- Duración prolongada
- Equipamiento costoso
- Resistencia parental



Lung clearance index (LCI)



LCI

- Derivado de MBW
- Calcula CRF e Índice de aclaramiento pulmonar
- Alta sensibilidad para evaluar heterogeneidad en la distribución de la ventilación
- Volumen corriente, reproducible, fácil de realizar en todas las edades
- No requiere sedación del paciente
- Equipamiento costoso

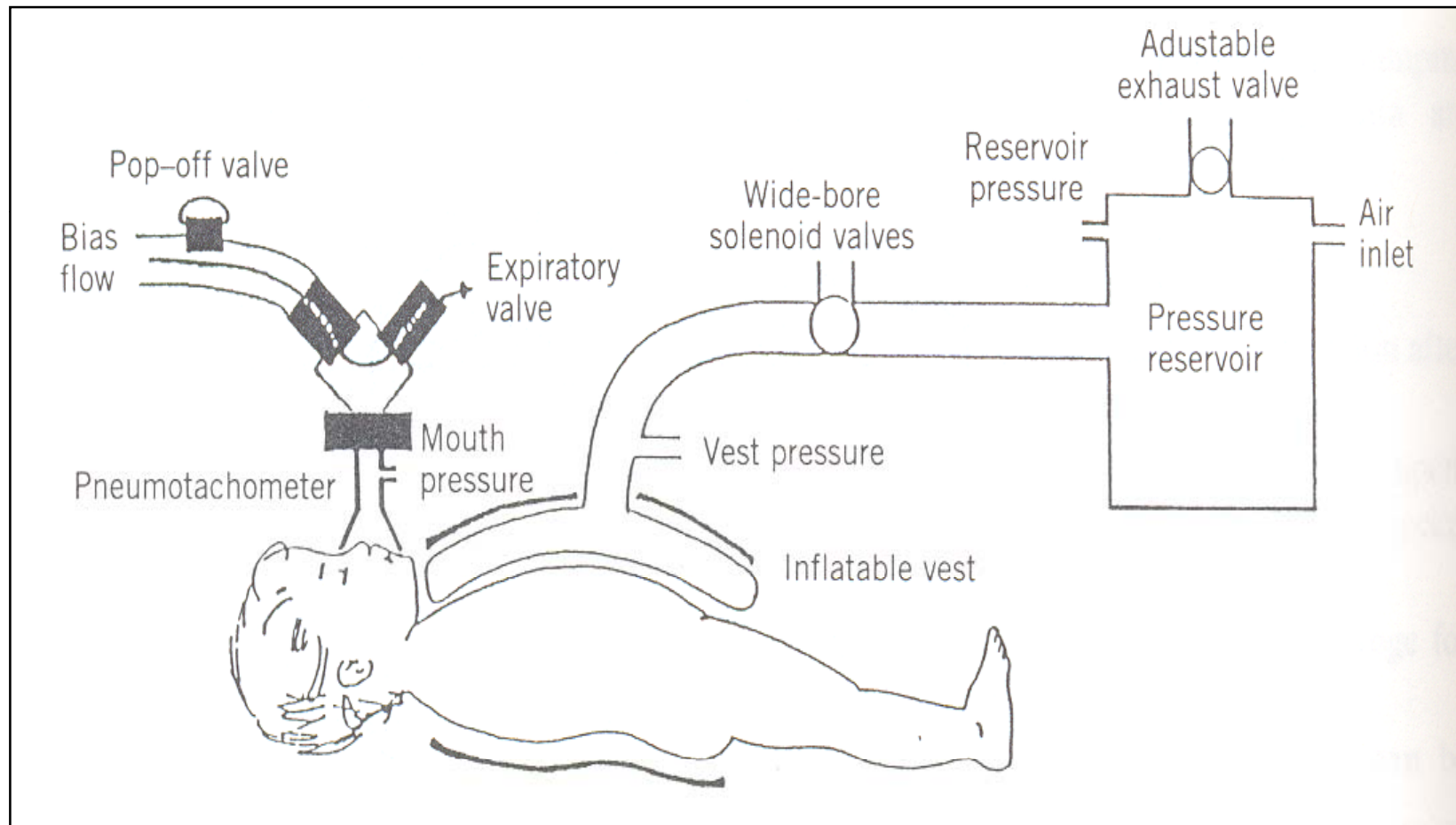
Utilidad de LCI

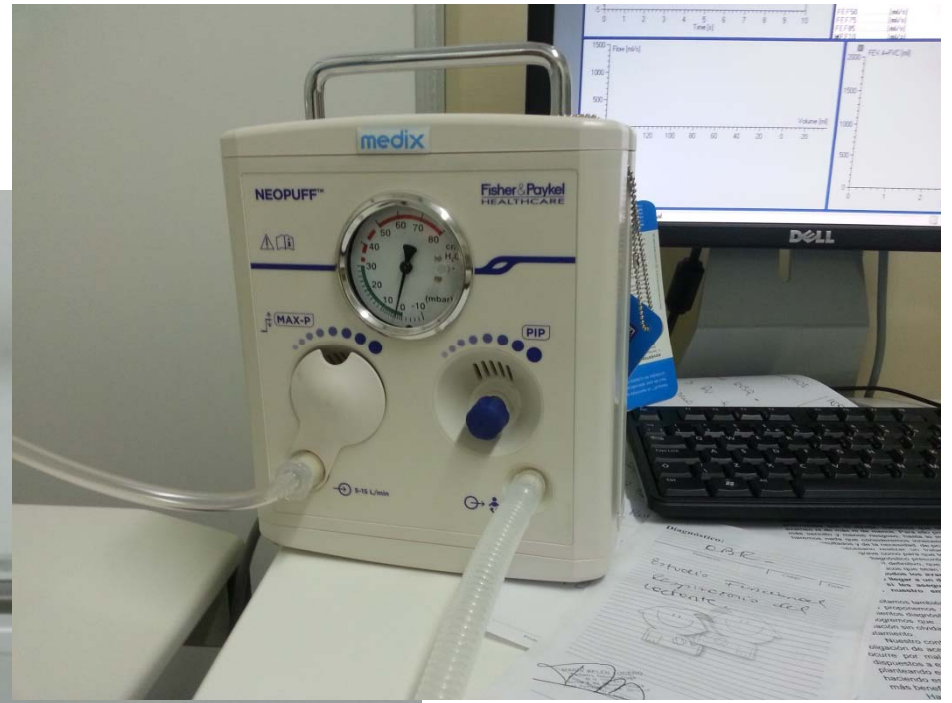
Evalúa el compromiso de la función pulmonar secundario a inflamación y/o cambios estructurales en la vía aérea desde etapas muy tempranas

Fibrosis quística
Asma



Maniobras forzadas a volúmenes elevados (RVRTC)



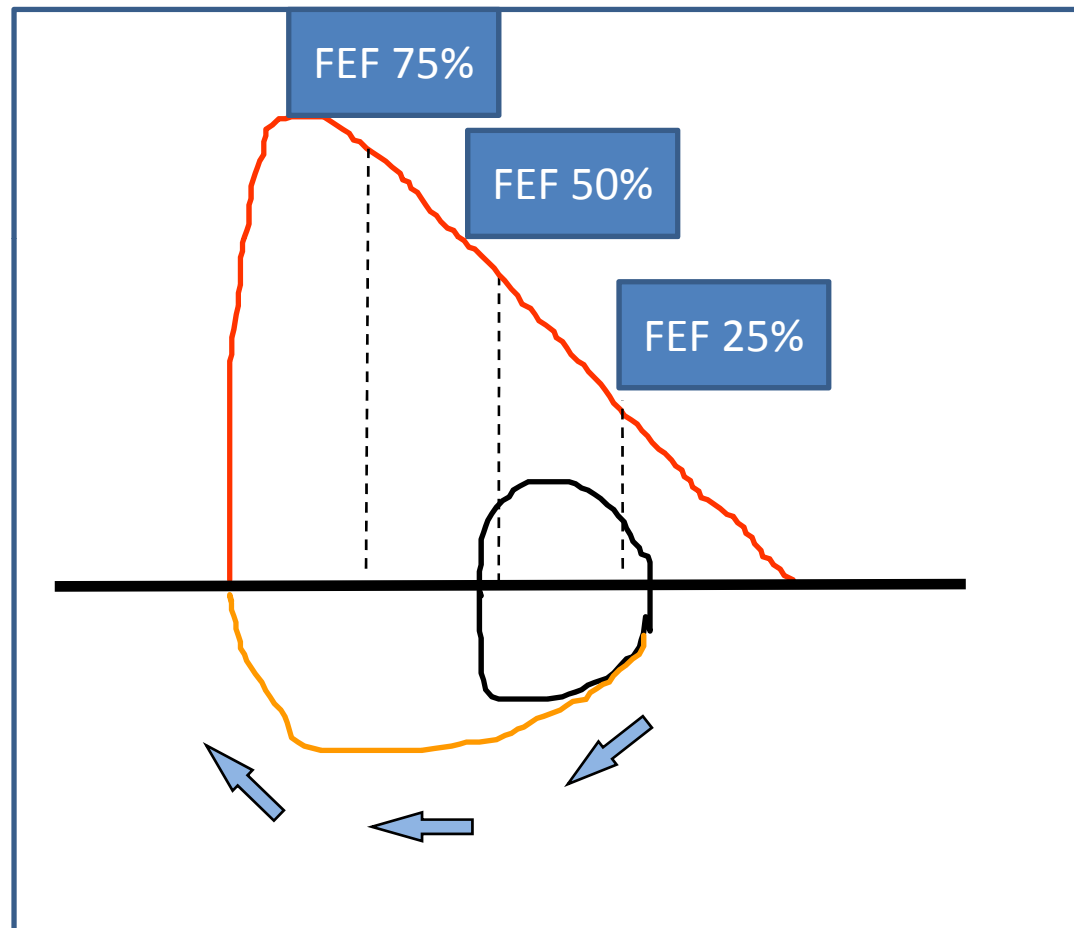




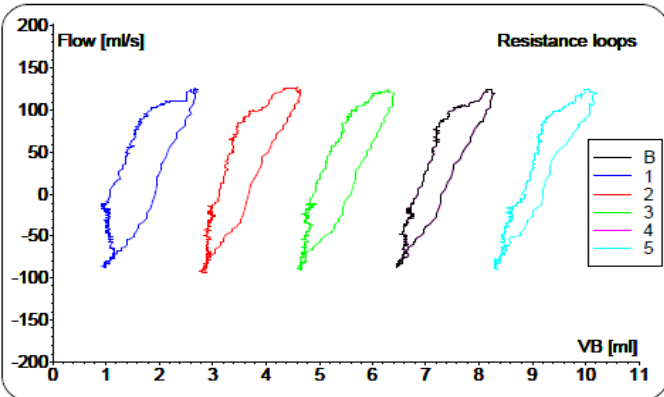
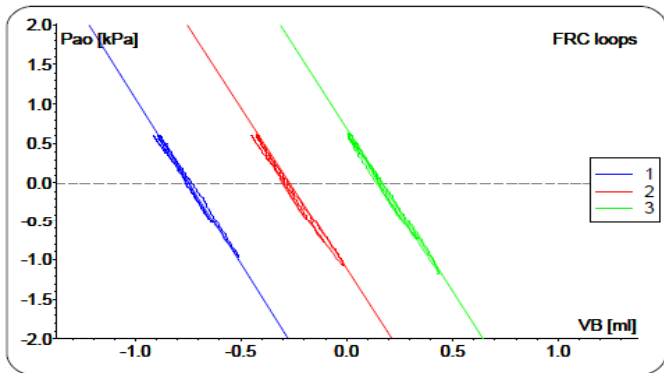
Parámetros Evaluados

FVC
FEF_{25%}
FEF_{50%}
FEF_{75%}
FEF_{25-75%}

VEF_{0,5}
VEF_{0,75}



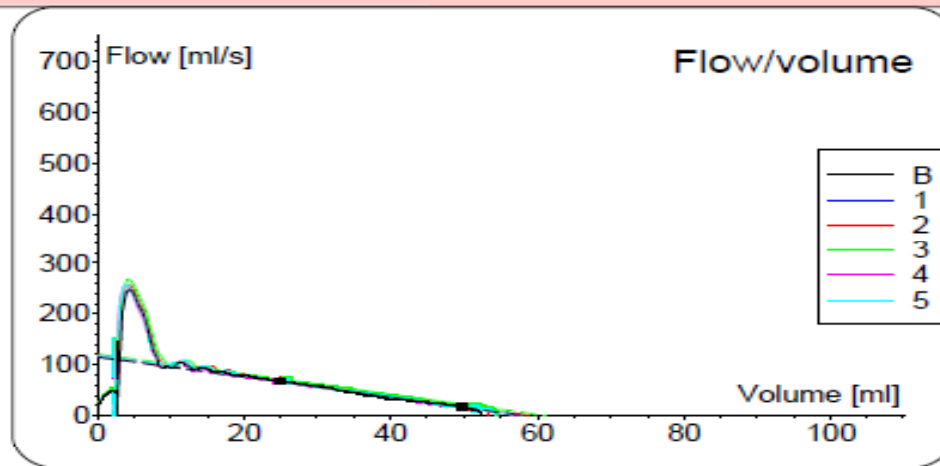
Pletismografía del lactante



	Pred	Basal 1	Basal 2	Basal 3	Best	%Pred F
VT-FRC	61.2	59.6	61.8	62.3	61.3	100.1
VT/kgR		10.7	11.1	11.2	11.1	
RR-FRC	53.0	28.1	27.6	27.0	27.5	52.0
TOGV		211.0	217.1	214.6		
FRCpl	165	147	150	145	147	89.3
FRCpC					1.6	
sRaw	3.39	4.33	4.35	4.62	4.55	134.2
sRinef						
sRexef						
sGaw	0.29	0.23	0.23	0.22	0.22	74.5
EELs%		0.7	1.1	1.0		
Date		030914	030914	030914	030914	
Time		11:08A	11:08A	11:08A	11:08	



Compliance y Resistencia del SR



		ULN	Pred	LLN	Best%Pred	
Rrs SO R/C	[cmH20*s/L]	46.39	42.21	38.02	54.47	129.1
Crs SO R/C	[ml/cmH20]	10.48	8.63	6.78	8.56	99.2
CrsSO/kg	[ml/cmH20/kg]	1.4	1.2	1.1	1.6	126.0

Indicaciones de PFP en lactantes

Aplicación clínica

- Patrón funcional
- Severidad
- Evolución
- Respuesta
broncodilatadora?

Protocolo de seguimiento / investigación

- EPCPV
- FQP
- DBP

AMERICAN THORACIC SOCIETY DOCUMENTS

An Official American Thoracic Society Workshop Report: Optimal Lung Function Tests for Monitoring Cystic Fibrosis, Bronchopulmonary Dysplasia, and Recurrent Wheezing in Children Less Than 6 Years of Age

	Infant RVRTC	Infant Pleth	Preschool Spiro	Preschool sRaw	Preschool Rint	Preschool FOT	MBW
Commercial equipment	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Standard operating procedure	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Safe	Yes [*]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Feasible	Yes [*]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Adequate population-based reference data	No [†]	No [†]	Yes [‡]	No	Yes [‡]	Yes [‡]	Yes [‡]
Within-test intrasubject variability measured	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Discriminates disease population from healthy control subjects							
CF	Yes	Yes	Yes [§]	Yes	No	Conflicting	Yes
BPD	Yes	Yes	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	Probably not
Recurrent wheeze	Yes	No	Yes	Unknown	Yes	Unknown	Probably
Evidence for clinical utility	Not assessed	Not assessed	Not assessed	Not assessed	Not assessed	Not assessed	Not assessed

PFP en Preescolares

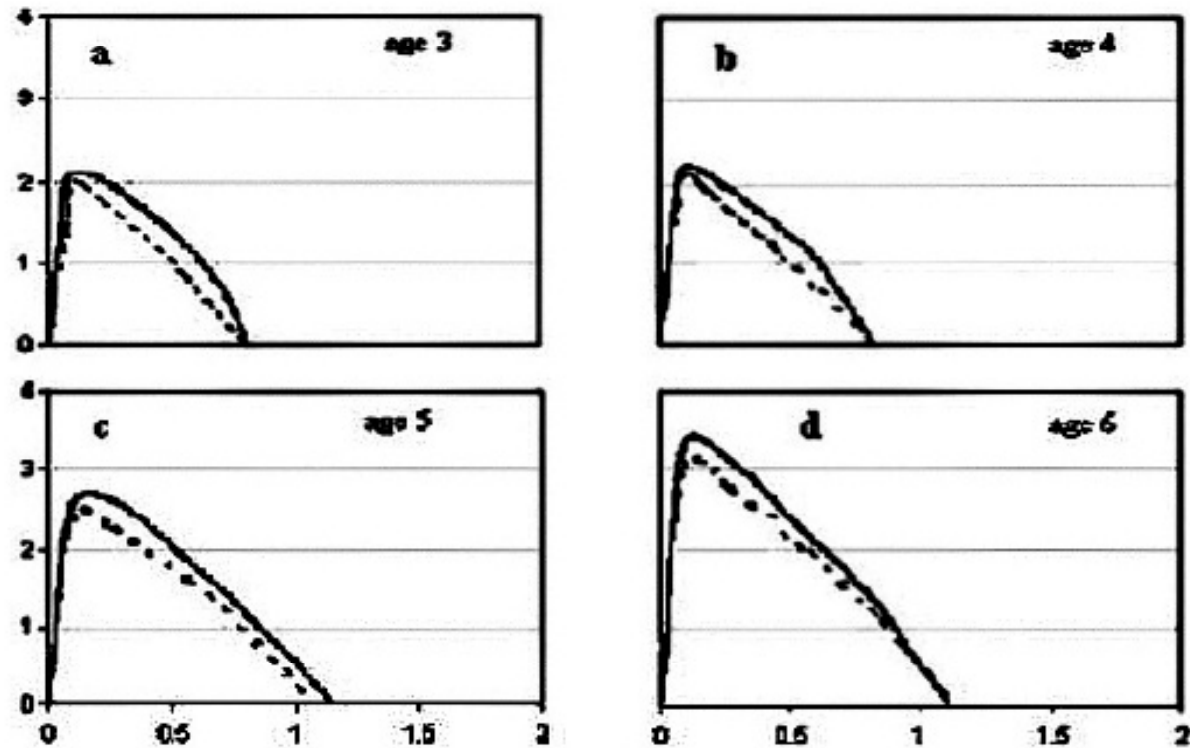


- Crecimiento de las vías aéreas y aumento del número de alveolos
- Osificación de la caja torácica con patrón respiratorio similar al adulto
- Técnicas que requieran poca colaboración y coordinación
- La mayoría de los niños de 2 a 6 años pueden realizar PFP
- No extrapolar valores de referencia de grupos de mayor edad
- Los resultados deben expresarse como DS de la media

Espirometría

- ✓ **Pobre capacidad de atención, baja tolerancia a la frustración.**
- ✓ **Diferencias fisiológicas:**
 - ✓ Volúmenes pulmonares pequeños en relación al tamaño de VA.
 - ✓ Espiración más corta.
 - ✓ Curva F/V es convexa.
- ✓ **Los criterios de aceptabilidad y reproducibilidad difieren de escolares y adultos.**
- ✓ **El rendimiento de la espirometría en este grupo etario varía entre 60 a 100% y es directamente proporcional a la edad**
- ✓ **Ventaja: Seguimiento longitudinal.**

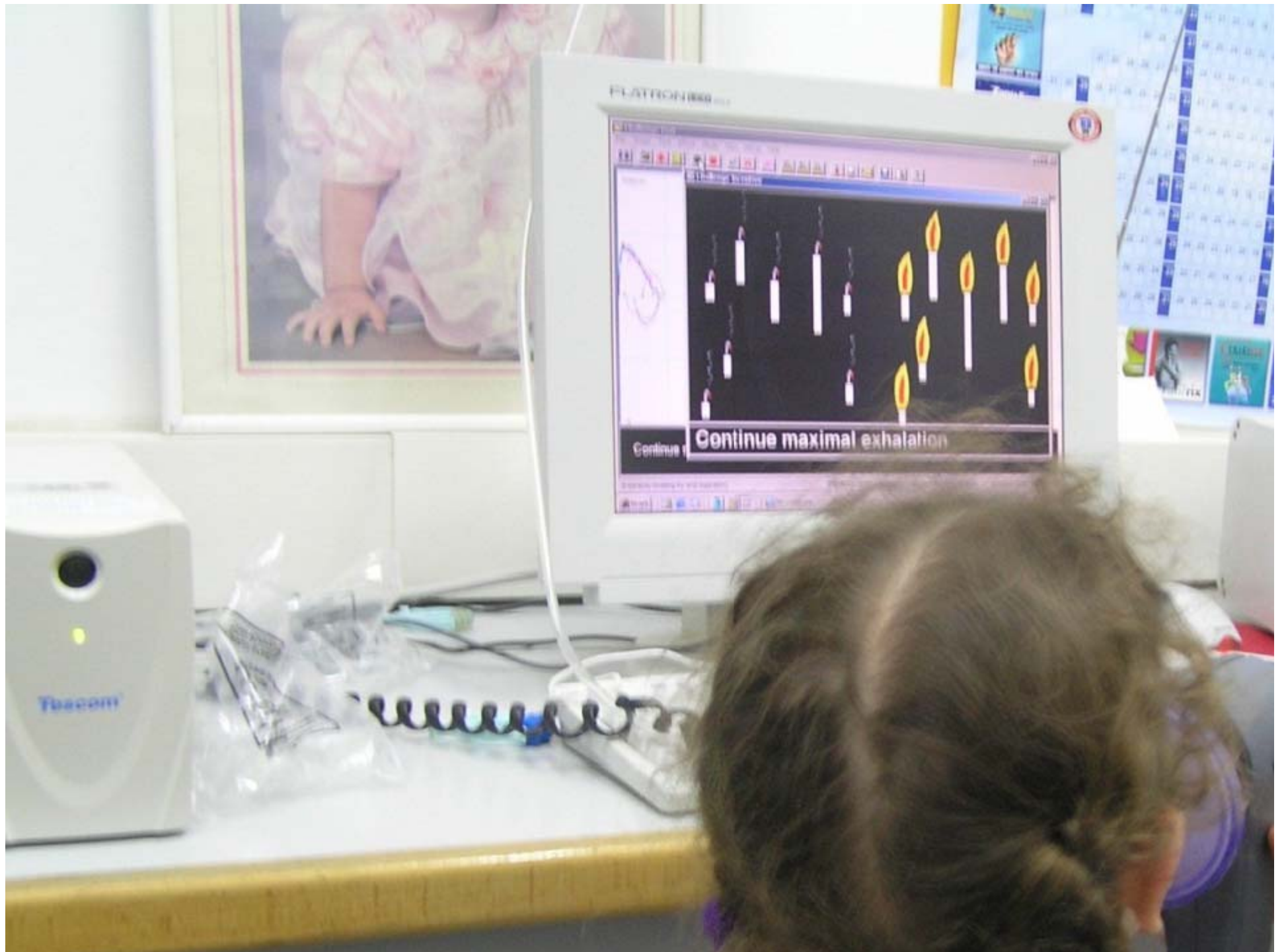
Curva Flujo/Volumen



*Cambios en la forma de la curva flujo volumen entre los 3 y 6 años.
Nótese la forma convexa a los 3 años, que no se practica la maniobra inspiratoria
y que los tiempos espiratorios son de poco más de un segundo*



Adultos	Pre escolares
Inicio de la maniobra VBE no mayor a 5% o 150 ml de CVF	VBE 80 ml o 10-12% CVF
Curva V/T tiempo espiratorio meseta 6 seg	Generalmente el tiempo espiratorio es de 1 seg
VEF1 y VEF/CVF útiles para evaluar obstrucción	VEF 0,5 y VEF 0,75.
Reproducibilidad: diferencia $\leq 5\%$	Reproducibilidad: hasta 10% de diferencia.



An Official American Thoracic Society/European Respiratory Society Statement: Pulmonary Function Testing in Preschool Children

TABLE 3. INDICES TO BE RECORDED AND REPORTED FROM SPIROMETRY

Indices That Should Always Be Reported*

FVC
 FEV_{0.5}
 FEV_{0.75}[†]
 FEV₁[†]

Repeatability for parameters above
 Number of satisfactory attempts
 Posture
 Use of noseclips

Indices That Must Be Recorded for Quality-Control Purposes, and May Be Reported If Desired

FEF₂₅₋₇₅[†]
 FEF₂₅[†]
 FEF₅₀[†]
 FEF₇₅[†]
 PEF
 FET
 VBE

Point at which expiratory flow ceases, expressed as a proportion of PEF

An Official American Thoracic Society/European Respiratory Society Statement: Pulmonary Function Testing in Preschool Children

PUBLISHED PREDICTION EQUATIONS FOR SPIROMETRY INDICES IN PRESCHOOL CHILDREN

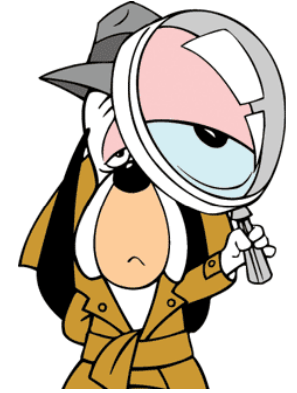
	No. of Children	Age Range (yr), Height Range (cm)	Notes	Indices	Prediction Equation	
Eigen and colleagues (5)	214	3–7, 85–130	Few subjects < 95 cm	FVC (L)	<p>Girls and Boys</p> $\ln(\text{FVC}) = -13.63 + 2.95 \times \ln(\text{height in cm})$ $\ln(\text{FEV}_1) = -12.26 + 2.63 \times \ln(\text{height in cm})$ $\ln(\text{FEF}_{25-75}) = -8.13 + 1.81 \times \ln(\text{height in cm})$ $\ln(\text{PEF}) = -10.99 + 2.54 \times \ln(\text{height in cm})$	
				FEV ₁ (L)		
				FEF ₂₅₋₇₅ (L/s)		
				PEF (L/s)		
Nystad and colleagues (9)	603	3–6, 90–130	Includes some subjects with asthmatic symptoms*	FVC (L)	<p>Girls</p> $\text{FVC} = -1.93 + 0.0279 \times (\text{height in cm})$ $\text{FEV}_{0.5} = -1.17 + 0.0192 \times (\text{height in cm})$ $\text{FEV}_1 = -1.66 + 0.0251 \times (\text{height in cm})$ $\text{PEF} = -3.72 + 0.0589 \times (\text{height in cm})$	
				FEV _{0.5} (L)		<p>Boys</p> $\text{FVC} = -2.52 + 0.0337 \times (\text{height in cm})$ $\text{FEV}_{0.5} = -1.35 + 0.0210 \times (\text{height in cm})$ $\text{FEV}_1 = -2.11 + 0.0295 \times (\text{height in cm})$ $\text{PEF} = -4.04 + 0.0620 \times (\text{height in cm})$
				FEV ₁ (L)		
				PEF (L/s)		
Zapletal and colleagues (10)	173	3–6, 90–130	Few subjects < 105 cm	FVC (ml)	<p>Girls and Boys</p> $\ln(\text{FVC}) = -12.88 + 2.767 \times \ln(\text{height in cm})$ $\ln(\text{FEV}_1) = -12.06 + 2.584 \times \ln(\text{height in cm})$ $\ln(\text{FEF}_{25}) = -9.681 + 2.244 \times \ln(\text{height in cm})$ $\ln(\text{FEF}_{50}) = -8.578 + 1.943 \times \ln(\text{height in cm})$ $\ln(\text{FEF}_{75}) = -7.559 + 1.608 \times \ln(\text{height in cm})$ $\ln(\text{PEF}) = -9.575 + 2.232 \times \ln(\text{height in cm})$	
				FEV ₁ (ml)		
				FEF ₂₅ (L/s)		
				FEF ₅₀ (L/s)		
				FEF ₇₅ (L/s)		
				PEF (L/s)		
Vilozni and colleagues (74)	109	3–6, 85–126		FVC (L)	<p>Girls and Boys</p> $\text{FVC} = 0.0834 \times \exp(0.0243) \times (\text{height in cm})$ $\text{FEV}_{0.5} = 0.0777 \times \exp(0.0223) \times (\text{height in cm})$ $\text{FEV}_1 = 0.0831 \times \exp(0.0231) \times (\text{height in cm})$ $\text{FEF}_{50} = 0.4030 \times \exp(0.0144) \times (\text{height in cm})$ $\text{FEF}_{75} = 0.1642 \times \exp(0.0189) \times (\text{height in cm})$ $\text{FEF}_{25-75} = 0.3080 \times \exp(0.0165) \times (\text{height in cm})$ $\text{PEF} = 0.7150 \times \exp(0.0234) \times (\text{height in cm})$	
				FEV _{0.5} (L)		
				FEV ₁ (L)		
				FEF ₅₀ (L/s)		
				FEF ₇₅ (L/s)		
				FEF ₂₅₋₇₅ (L/s)		
				PEF (L/s)		

Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the global lung function 2012 equations

www.growinglungs.org

Philip H. Quanjer, Sanja Stanojevic, Tim J. Cole, Xaver Baur, Graham L. Hall, Bruce H. Culver, Paul L. Enright, John L. Hankinson, Mary S.M. Ip, Jinping Zheng, Janet Stocks and the ERS Global Lung Function Initiative

Desafíos a investigar



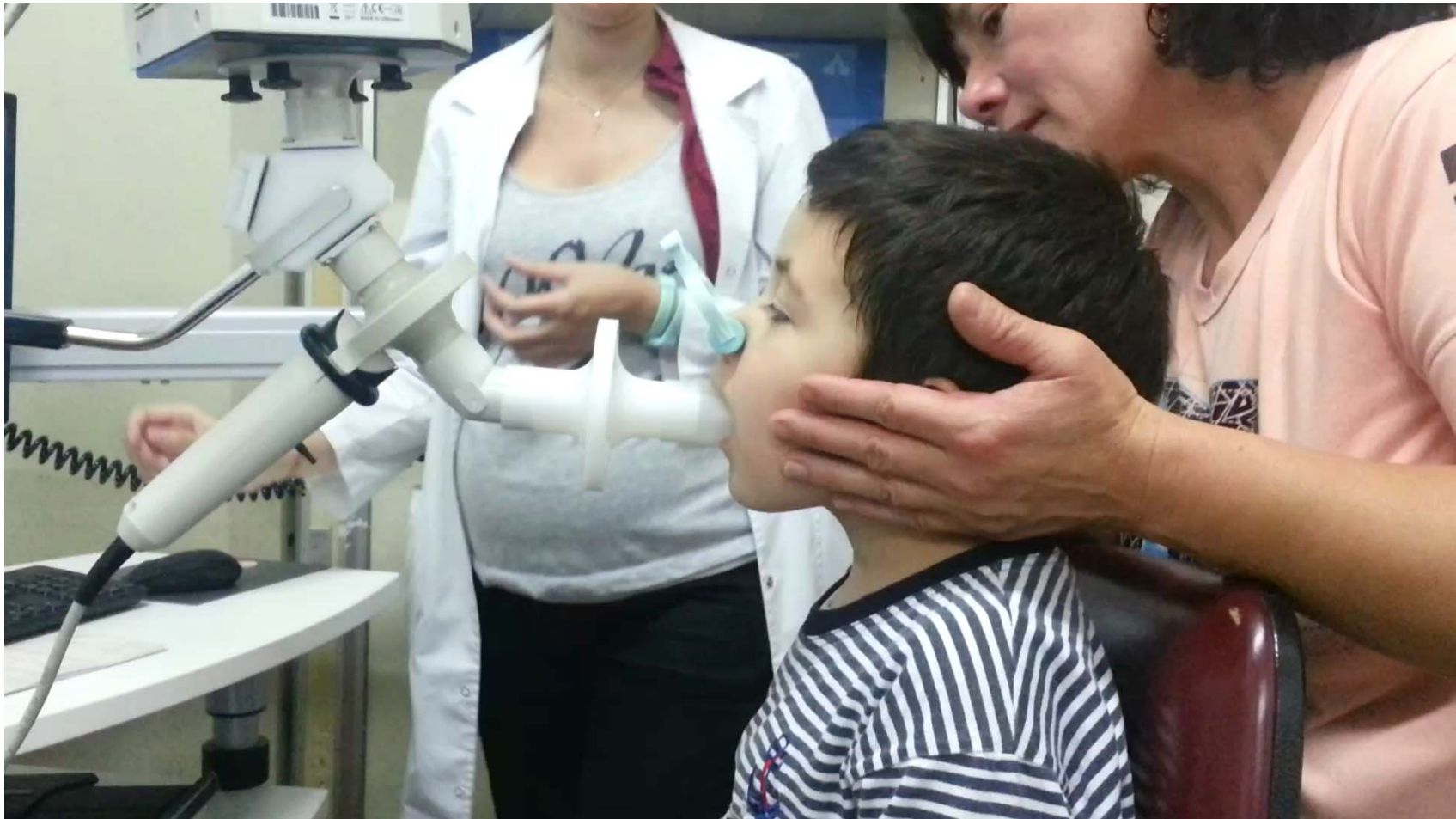
- Ecuaciones de referencia con datos longitudinales desde etapas tempranas de la vida.
- Utilidad de Volúmenes espiratorios cortos (VEF 0,5).
- Software que identifiquen automáticamente maniobras no adecuadas
- Evaluación de la variabilidad a corto y largo plazo en preescolares
- Definición de respuesta broncodilatadora
- Evaluar la aplicabilidad clínica de la espirometría en preescolares en diferentes patologías.

Técnica de Oscilación Forzada (IOS)

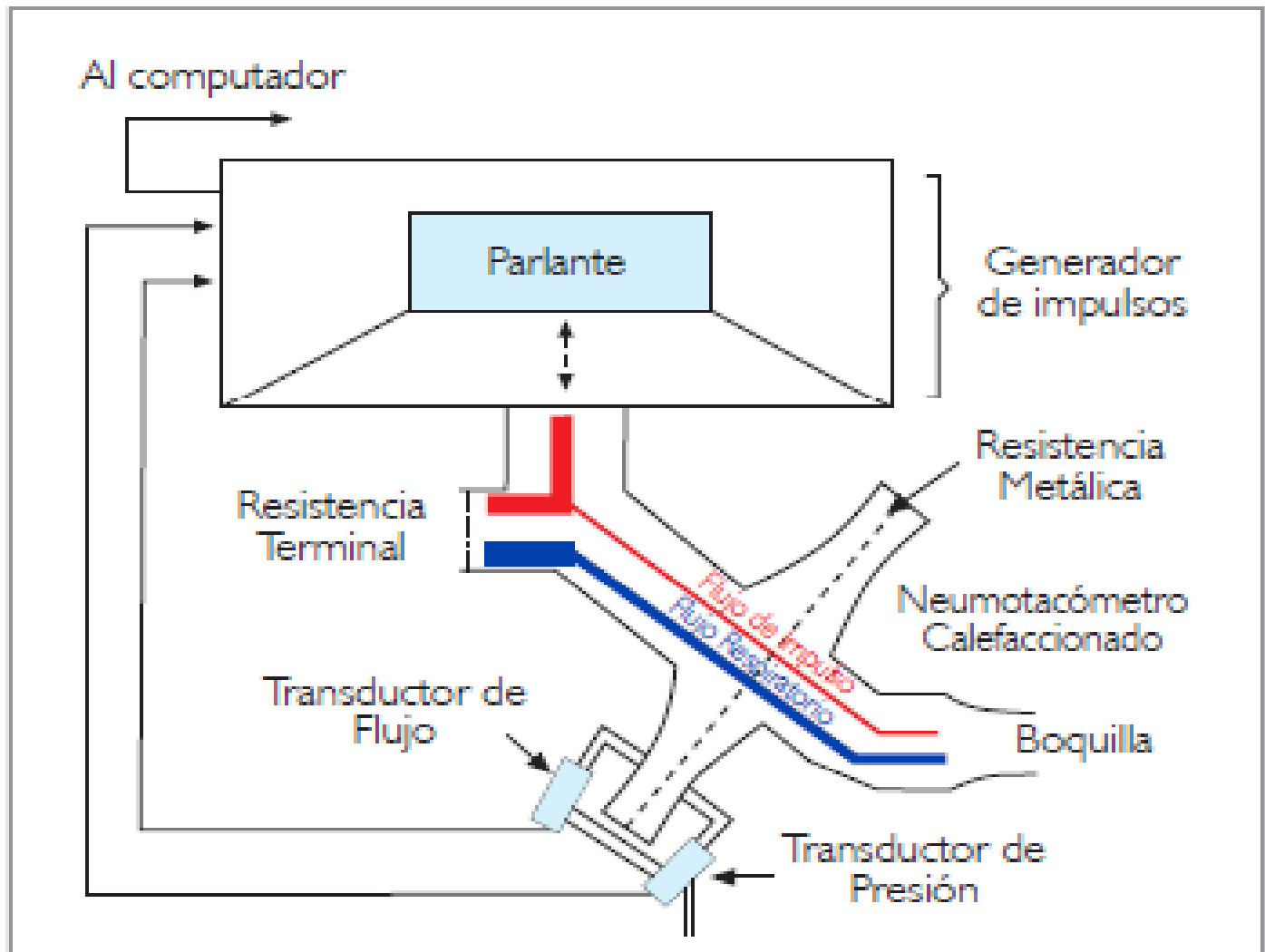


- Determina la **IMPEDANCIA del Sistema Respiratorio (Zrs)**
- No es dependiente del esfuerzo (elimina la influencia del tono broncomotor)
- Cooperación pasiva
- Complementaria a otras PFP
- Equipamiento costoso

Oscilación Forzada



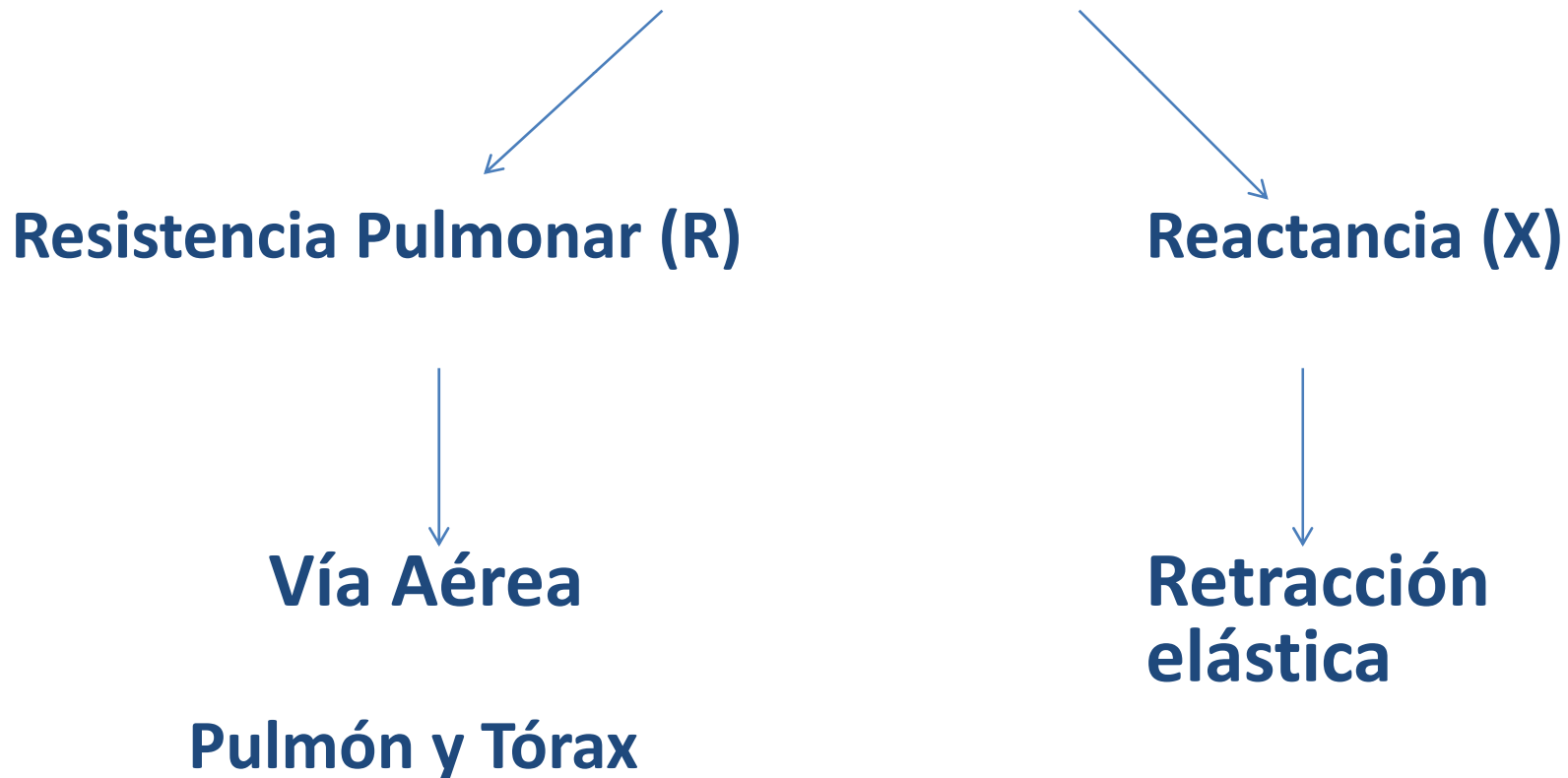
IOS



Oscilometría de Impulso (IOS)

IMPEDANCIA DEL SISTEMA RESPIRATORIO (Z_{rs})

Impedimento natural al flujo de aire que ofrece el sistema respiratorio



IOS: Valores de Referencia

Forced oscillation technique

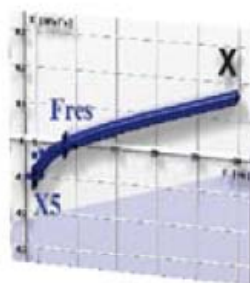
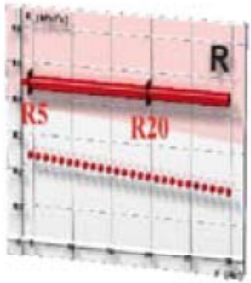
Duiverman and colleagues, 1985 (15)	255	2.3–12.5	18 <100 cm
Ducharme and colleagues, 1998 (195)	206	3–17	16 at 100 cm
Mazurek and colleagues, 2000 (16)	61	2.8–7.4	8 <100 cm
Klug and Bisgaard, 1998 (174)	121	2–7	16 <3 yr

First author [ref.]	Technique	Ethnic group	Subjects n	Age range yrs	Height range cm	Reported prediction equation variables
FREI [23]	IOS	Caucasian – Canadian	222	3–10	90–155	R_{rs} at 5–35 Hz X_{rs} at 5–35 Hz F_{res} AX_{rs}
DENCKER [24]	IOS	Caucasian – Scandinavian	360	2–11	90–162	R_{rs} at 5–20 Hz X_{rs} at 5–20 Hz F_{res}
AMRA [25]	IOS	Asian – Iranian	509	5–18	127–197	R_{rs} at 5–25 Hz X_{rs} at 5–25 Hz
NOWOWIEJSKA [26]	IOS	Caucasian – Polish	626	3.1–18.9	95–193	R_{rs} at 5–35 Hz X_{rs} at 5–35 Hz F_{res}
HALL [27]	MF	Caucasian – Australian	158	2–7	92–127	R_{rs} at 6–10Hz X_{rs} at 6–10Hz F_{dep}
Vu [28]	SF	Asian – Vietnamese	175	6–11	111–154	R_{rs} at 8Hz X_{rs} at 8Hz

Obstrucción Proximal

Resistencia (R)

Reactancia (X)



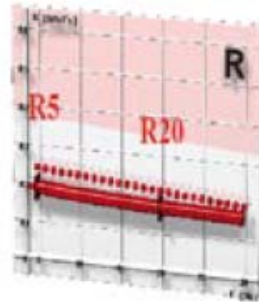
R5 anormal (> 150% pred.)
 $\Delta R5-R20 < 10\%$ no dependiente de la frecuencia

X5 normal

Patrón Normal

Resistencia (R)
 -Consumo de Energía-

Reactancia (X)
 -Acumulación de Energía-



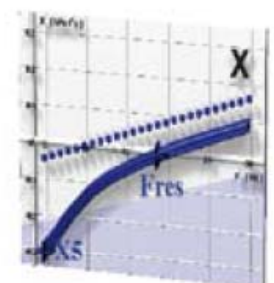
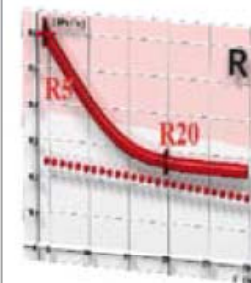
R5 Resistencia Total
 R20 Resistencia Proximall

X5 Resistencia Capacitiva Distal
 Fres Frecuencia de Resonancia

Obstrucción Distal

Resistencia (R)

Reactancia (X)



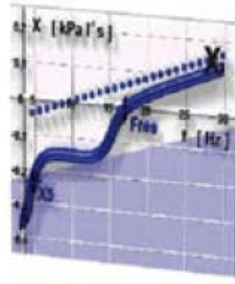
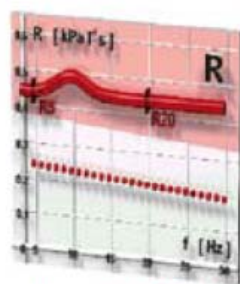
R5 anormal (> 150% pred.)
 $\Delta R5-R20 > 10\%$ no dependiente de la frecuencia

X5 anormal
 $< X5 \text{ pred. } - 0,15 \text{ kPa/l/s}$

Obstrucción Extratorácica

Resistencia (R)

Reactancia (X)



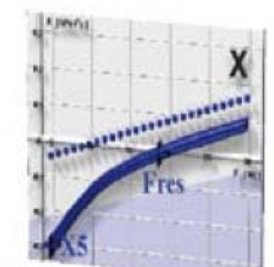
R5 anormal (> 150% pred.)
 Con aumento de R a 10 Hz

Meseta en la curva de X5

Trastorno Neuromuscular

Resistencia (R)

Reactancia (X)



R5 y R20 normales

X5 anormal
 $< X5 \text{ pred. } - 0,15 \text{ kPa/l/s}$

Utilidad de IOS

- Puede utilizarse desde la edad preescolar en adelante
- Maniobras a VC , evita el efecto broncomotor que puede generar el esfuerzo
- Sensible para evaluar respuesta broncodilatadora
- Utilidad en pacientes con diagnóstico de asma, obstrucción bronquial recurrente. Los estudios no son concluyentes en FQ

PFP en mayores de 6 años



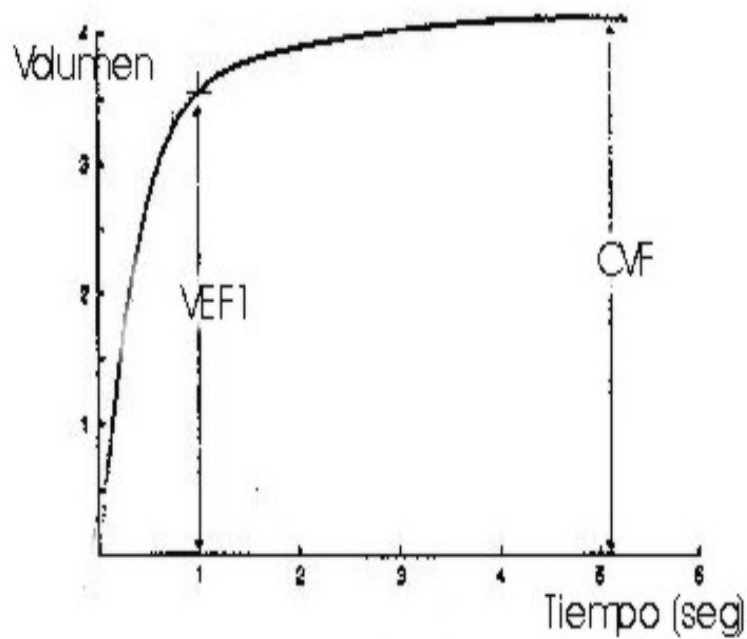
La espirometría es la PFP más ampliamente utilizada a partir de ésta edad.

Espirometría forzada

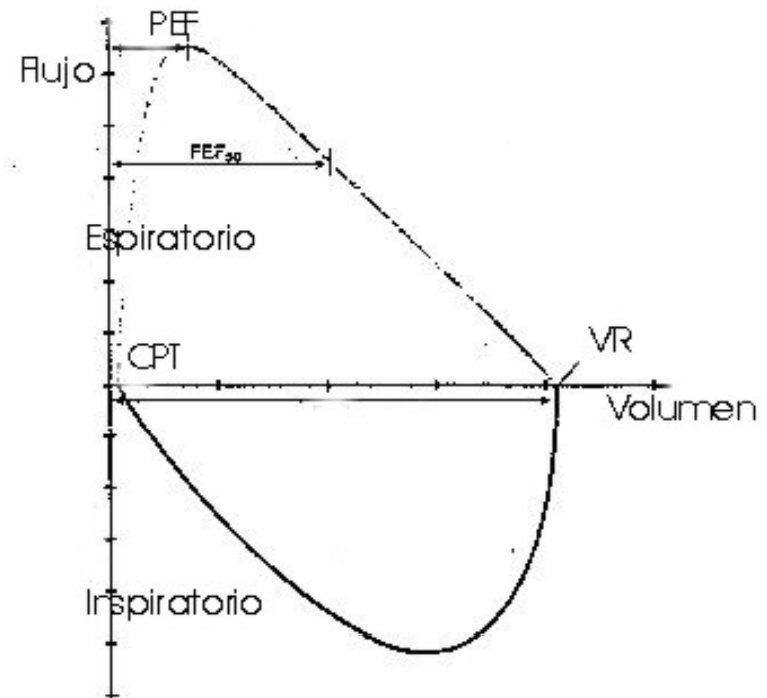
- Permite evaluar la mecánica del sistema respiratorio a través de la medición de volúmenes y flujos.
- Requiere colaboración por parte del paciente y personal entrenado.
- Equipamiento poco costoso.

Tipos de curva

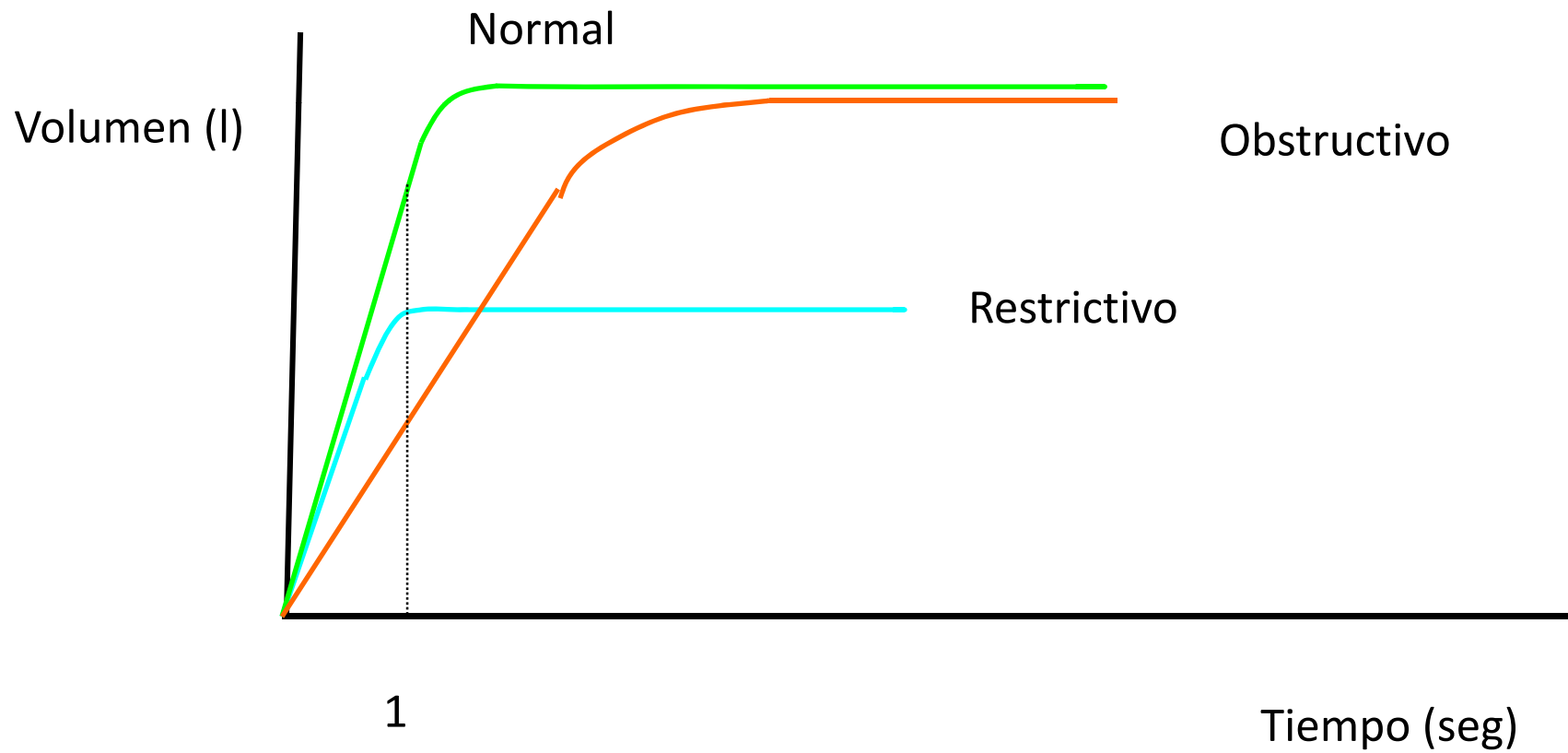
Curva volumen – tiempo



Curva flujo - volumen

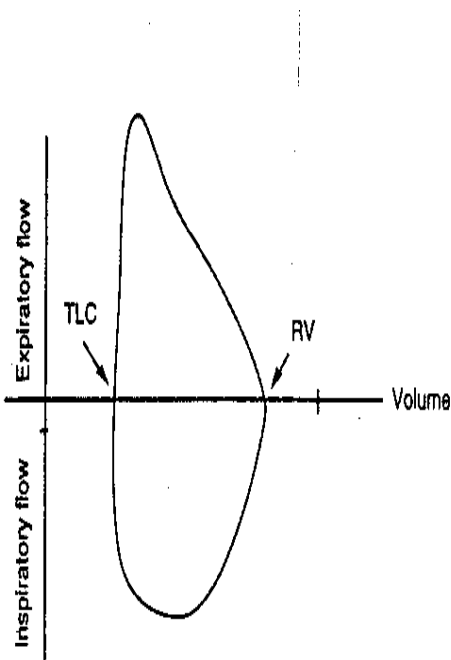


Curva volumen - tiempo

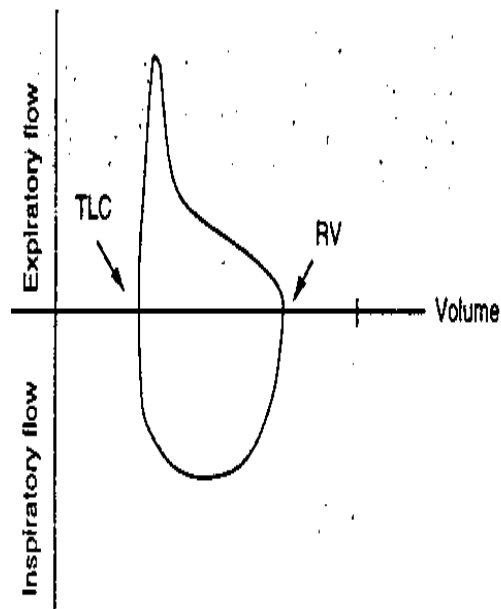


Curvas flujo – volumen

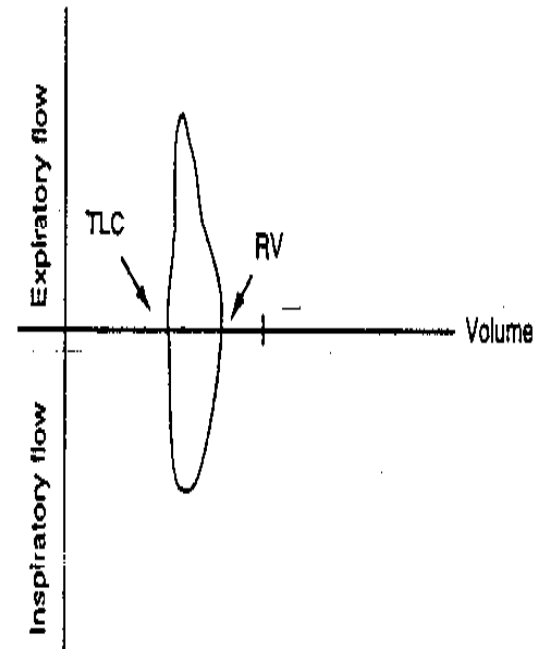
Normal



Obstruccion



Restrictiva

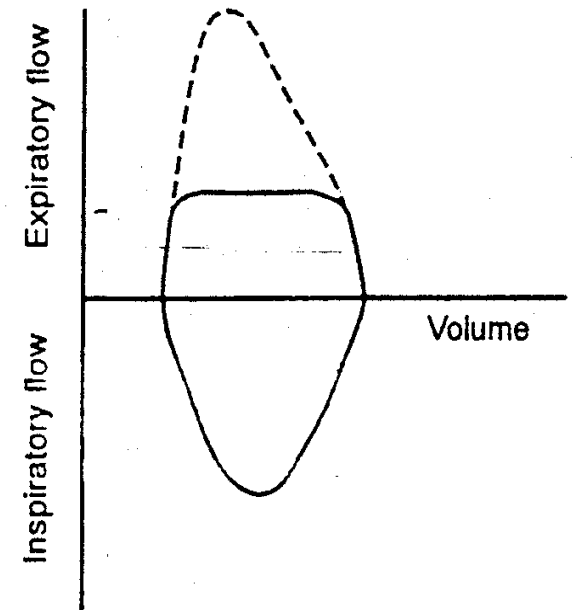
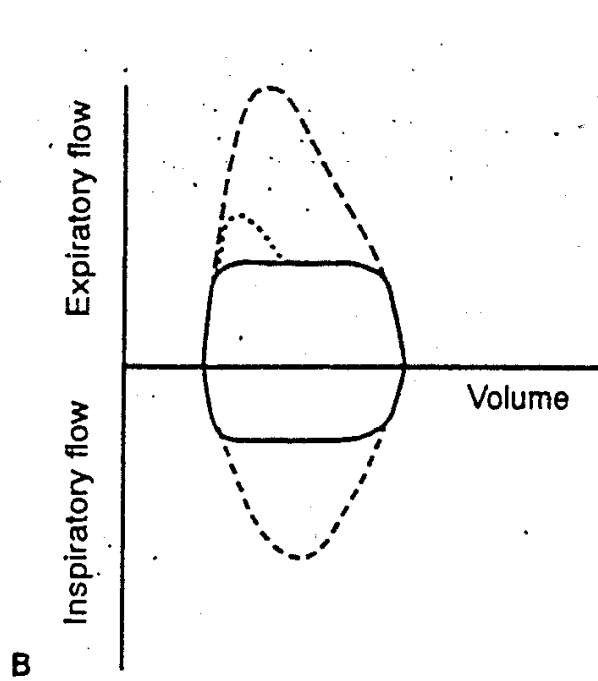
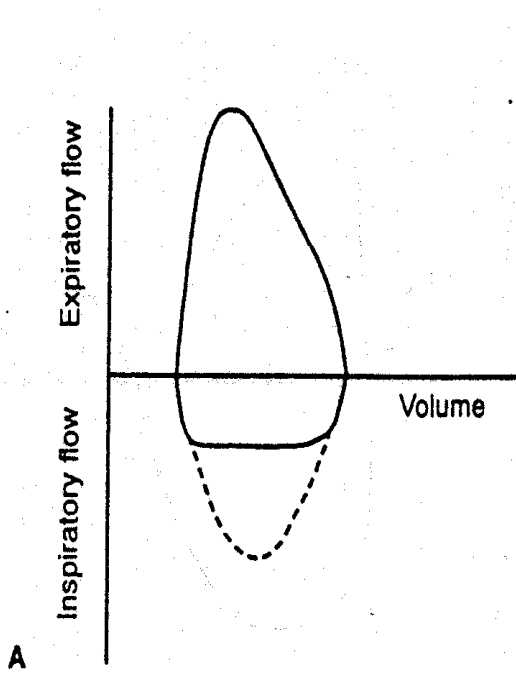


Obstrucción vía aérea central

Extratoracica variable

Extra/intra fija

Intratoracica variable



Indicaciones

- Estudio basal y evolución de enfermedades respiratorias.
- Pesquisa de pacientes con enfermedad sub clínica.
- Evaluación funcional de pacientes trasplantados
- Disnea.
- Evaluación de compromiso pulmonar de enfermedades sistémicas
- Efectos de drogas/radioterapia
- Preoperatorio.
- Incapacidad laboral.
- Test de provocación bronquial.
- Estudios epidemiológicos

Contraindicaciones

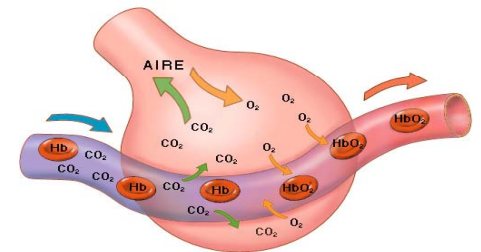
- Angor inestable
- Desprendimiento de retina
- **Neumotórax**
- Aneurisma
- **Cirugía reciente**

Imposibilidad de realizar la maniobra

- Edad
- Patología mental
- Traqueotomía
- Parálisis facial
- Alteraciones bucales

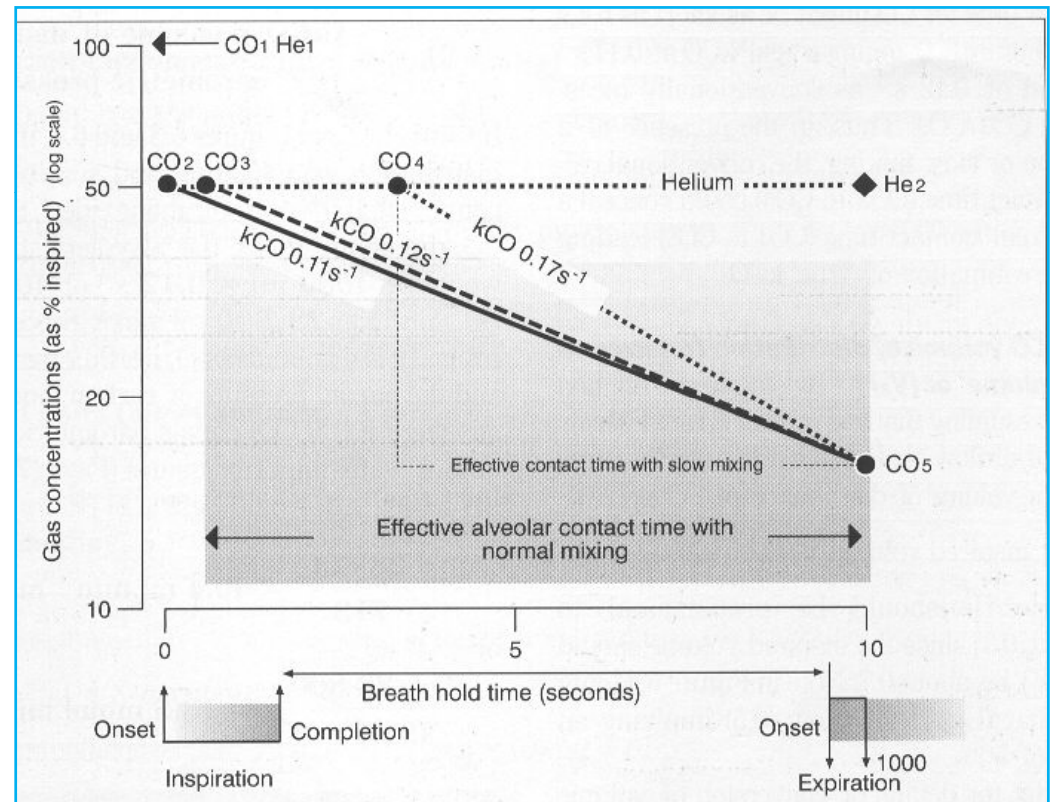
Determinación de la capacidad de difusión: DLCO o TLCO.

- Mide la superficie o área de pulmón disponible para el intercambio de gases
- El gas más utilizado: CO (DLCO ó TLCO)
- Métodos no invasivo:
 - **Método de Respiración única (más usado).**
 - Método de estado estacionario o rebreathing.
 - Método de exhalación constante.

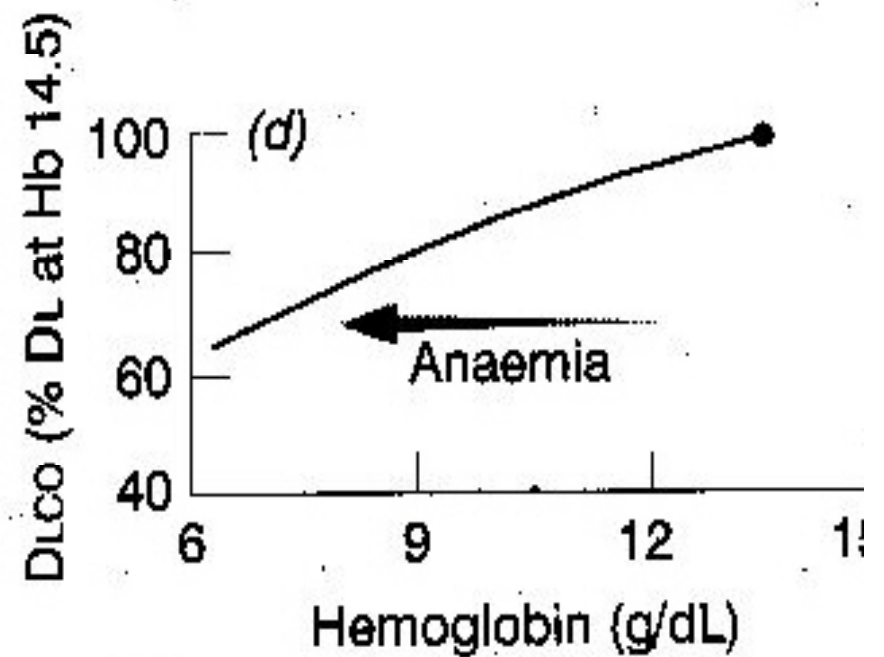
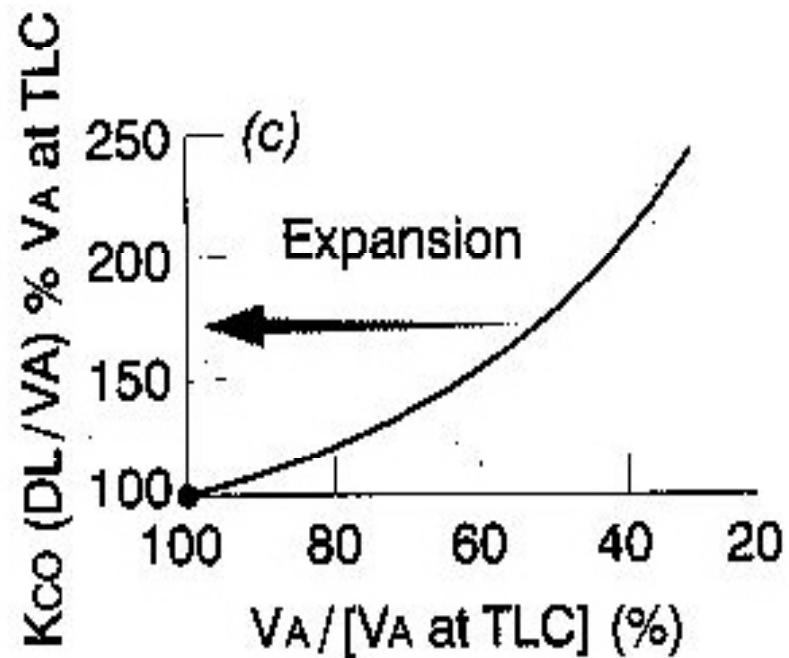
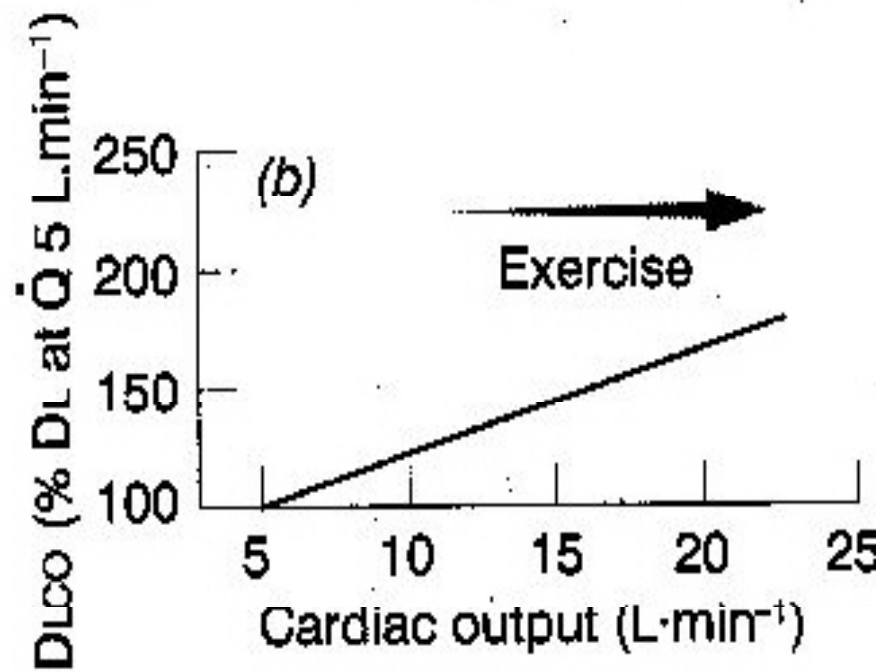
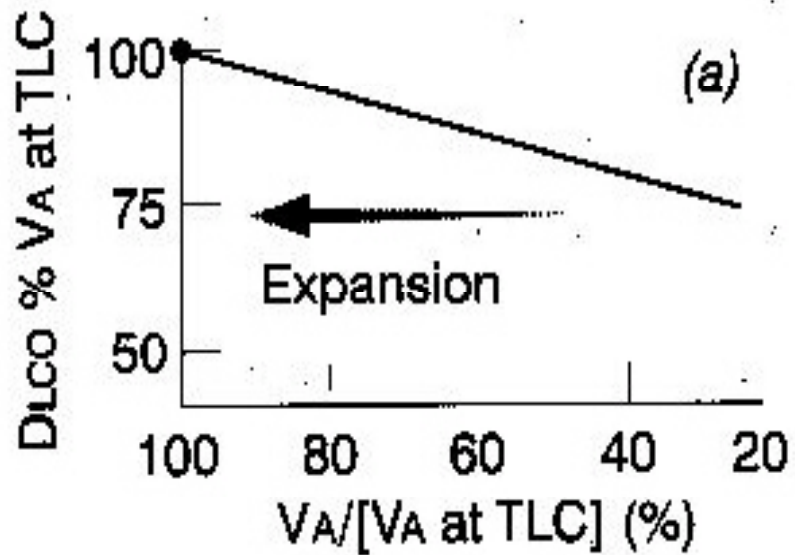


DLCO: Método de respiración única

- ✓ Requiere colaboración del paciente
- ✓ Equipamiento costoso



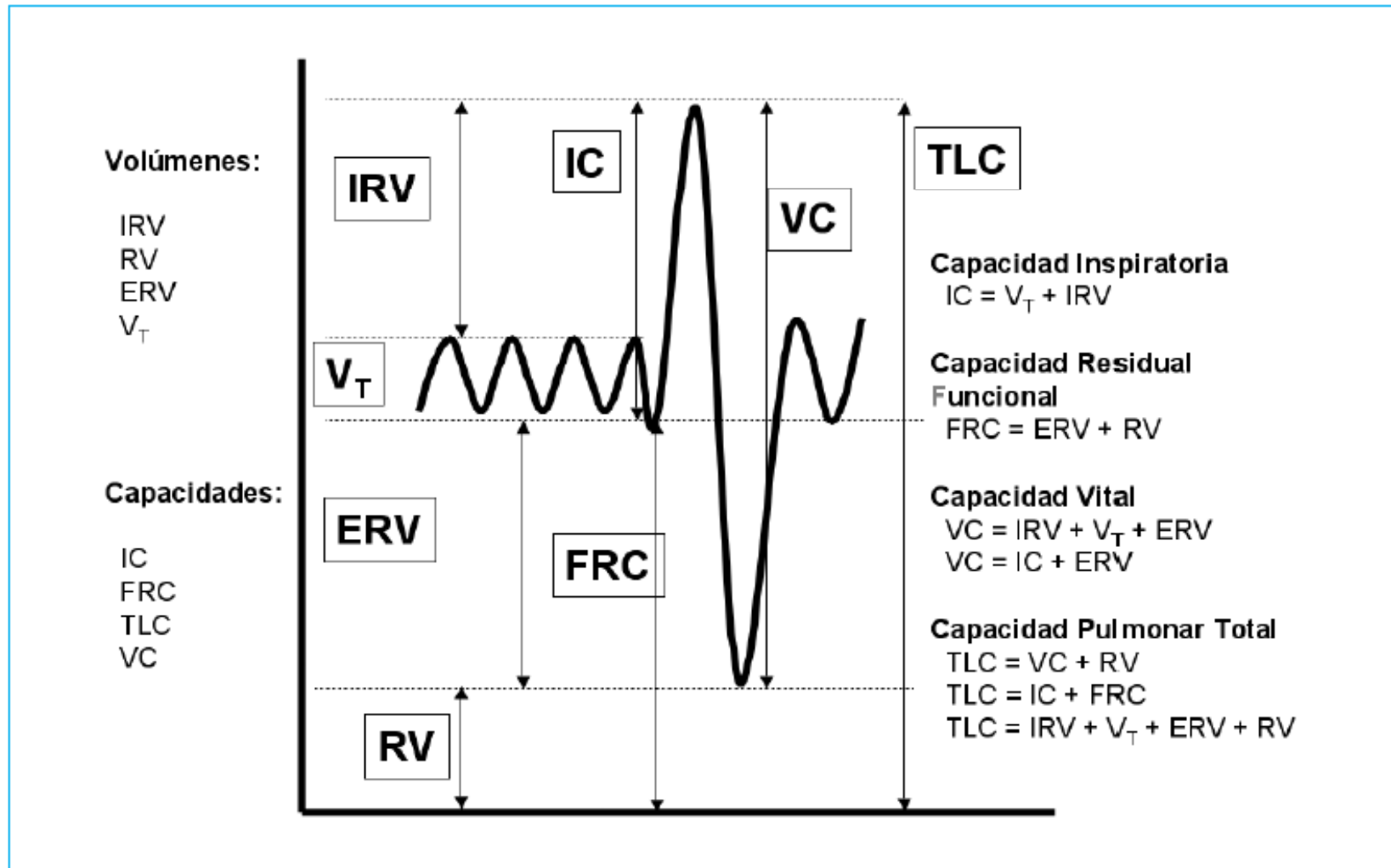
Hughes JMB Lung Function Tests.



Indicaciones

- Monitoreo de tratamiento con agentes tóxicos.
- Diagnóstico y seguimiento de enfermedades intersticiales.
- Detección de compromiso pulmonar en enfermedades sistémicas.
- Monitoreo de hemorragias pulmonares.
- Medición de superficie disponible para intercambio gaseoso.

Volúmenes y capacidades pulmonares



Medición de volúmenes pulmonares

Brindan información indirecta acerca de la resistencia elástica a la distensión del parénquima pulmonar

- **Pletismografía corporal total**
- **Dilución de gases**
 - Dilución de Helio
 - Lavado de Nitrógeno
- **Técnicas radiológicas**

CRF
VR
CPT

Pletismografía corporal total

- Ley de Boyle:

$$V1 \times P1 = V2 \times P2$$

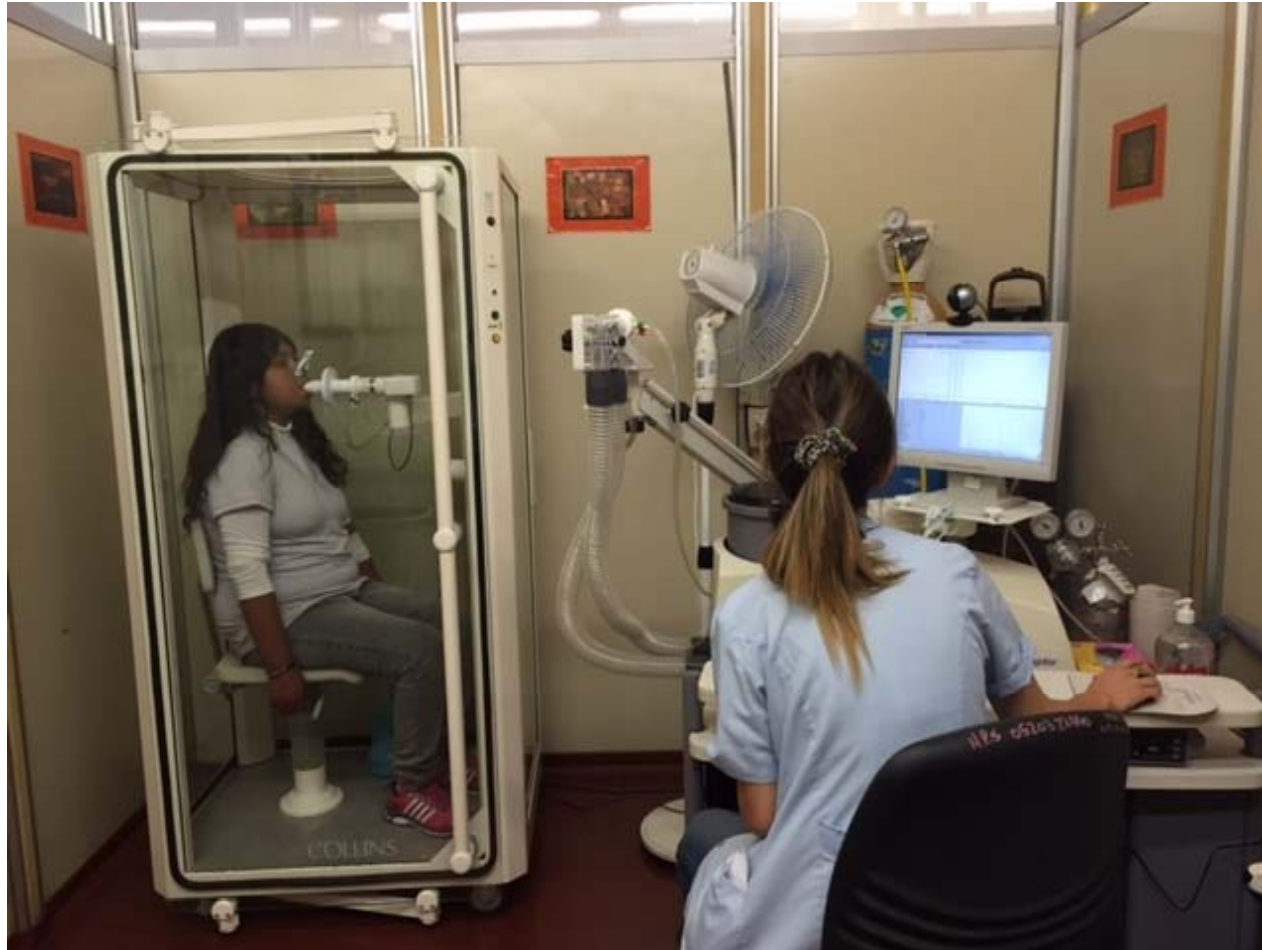
- Permite medir :

- Volumen de gas intratorácico comunicado o no con VA (VTG)

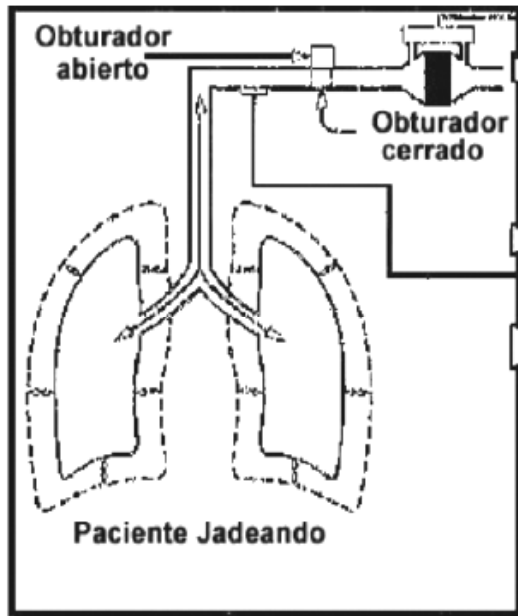
- Resistencia del Sistema Respiratorio.

- Equipamiento costoso
- Requiere colaboración del paciente

Pletismografía corporal total



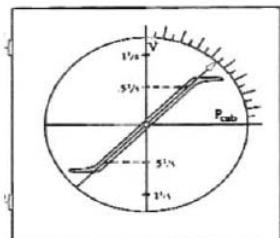
- Obturador abierto: Raw
- Obturador cerrado: TGV



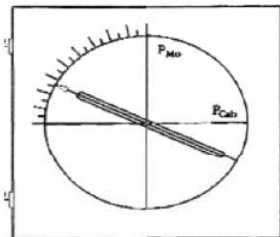
Neumotacógrafo
Flujo aéreo

Transductor Presión en
boca (Pmo)

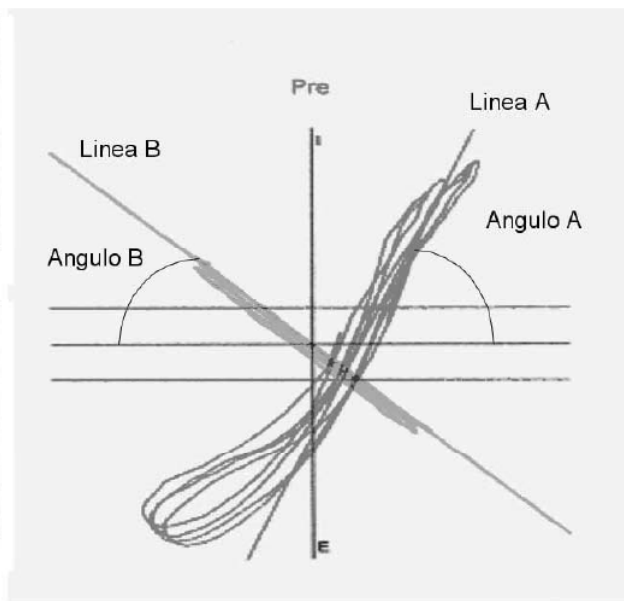
Transductor Presión en
cabina (Pcab)



Obturador abierto



Obturador cerrado



Volúmenes pulmonares por dilución de gases

Miden el gas pulmonar comunicado con la VA y que ventila durante la respiración a VC.

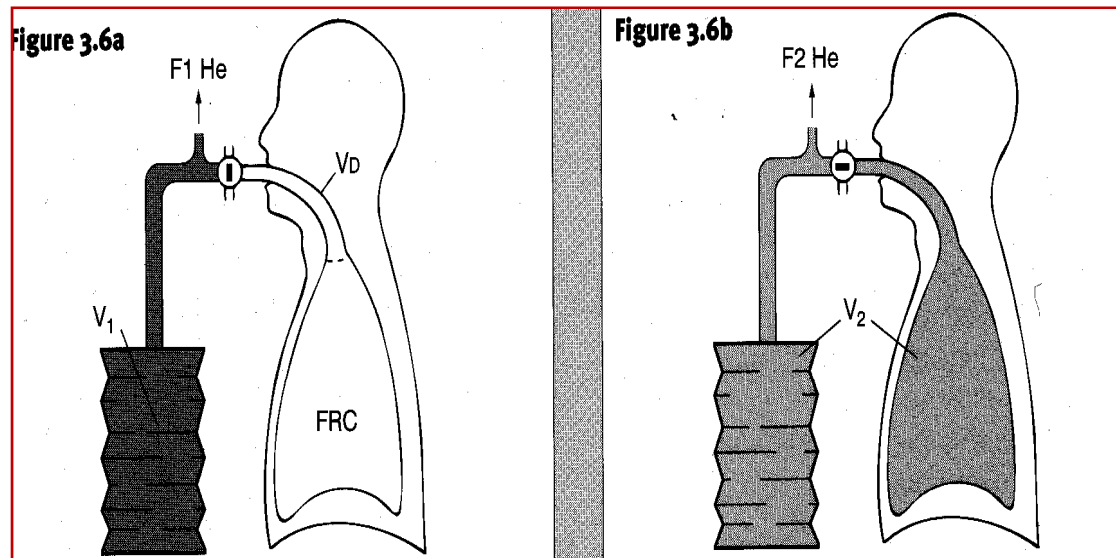
Lavado de nitrógeno

- Paciente respira O₂ 100% y se recoge el gas exhalado.
- Se mide la concentración de N₂. La prueba finaliza cdo la concentración es menor a 1%.
- Permite calcular CRF

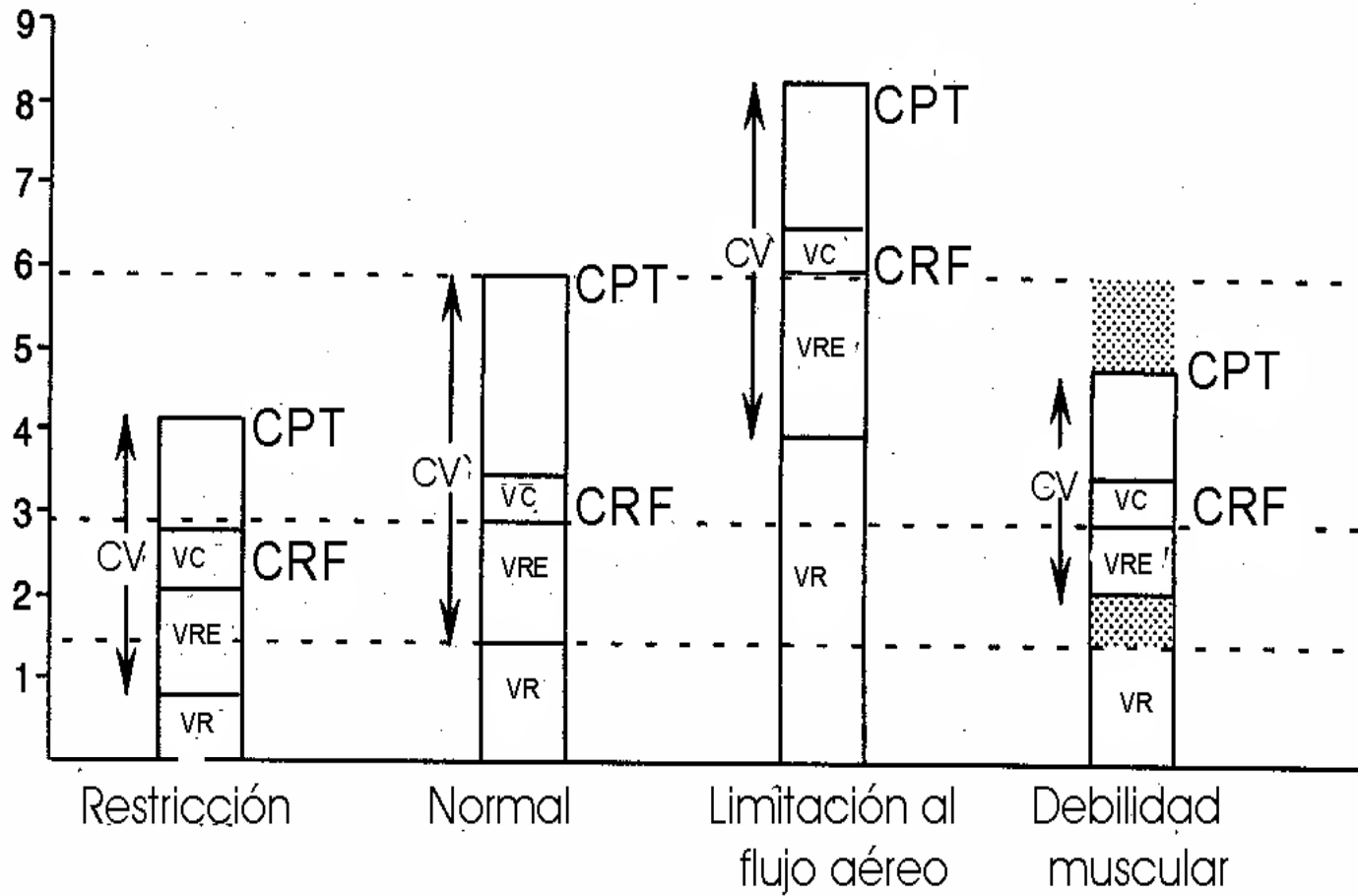
Volúmenes pulmonares por dilución de gases

Miden el gas pulmonar comunicado con la VA y que ventila durante la respiración a VC.

Dilución de Helio



VOLUMEN
(Litros)



Indicaciones para medición de volúmenes pulmonares

- Sospecha de proceso restrictivo
- Sospecha de patrón funcional mixto
- Detección de atrapamiento aéreo
- Detección de respuesta broncodilatadora
- Detección de Obstrucción al flujo aéreo
- Normalización de la medición de resistencia al flujo aéreo.

Conclusiones

- Las PFP constituyen una herramienta fundamental en el diagnóstico, seguimiento y pronóstico de patologías respiratorias
- Deben ser utilizadas criteriosamente teniendo en cuenta la edad y la sospecha diagnóstica
- Es fundamental para su realización e interpretación el seguimiento de guías estandarizadas

Muchas Gracias

