

espai 

Espirometria a Atenció Primària

Toni Santigosa Ayala

Metge de Família EAP Tarragona 7

Membre del GdT Malalties respiratòries de la CAMFIC

Professor Associat Universitat Rovira i Virgili

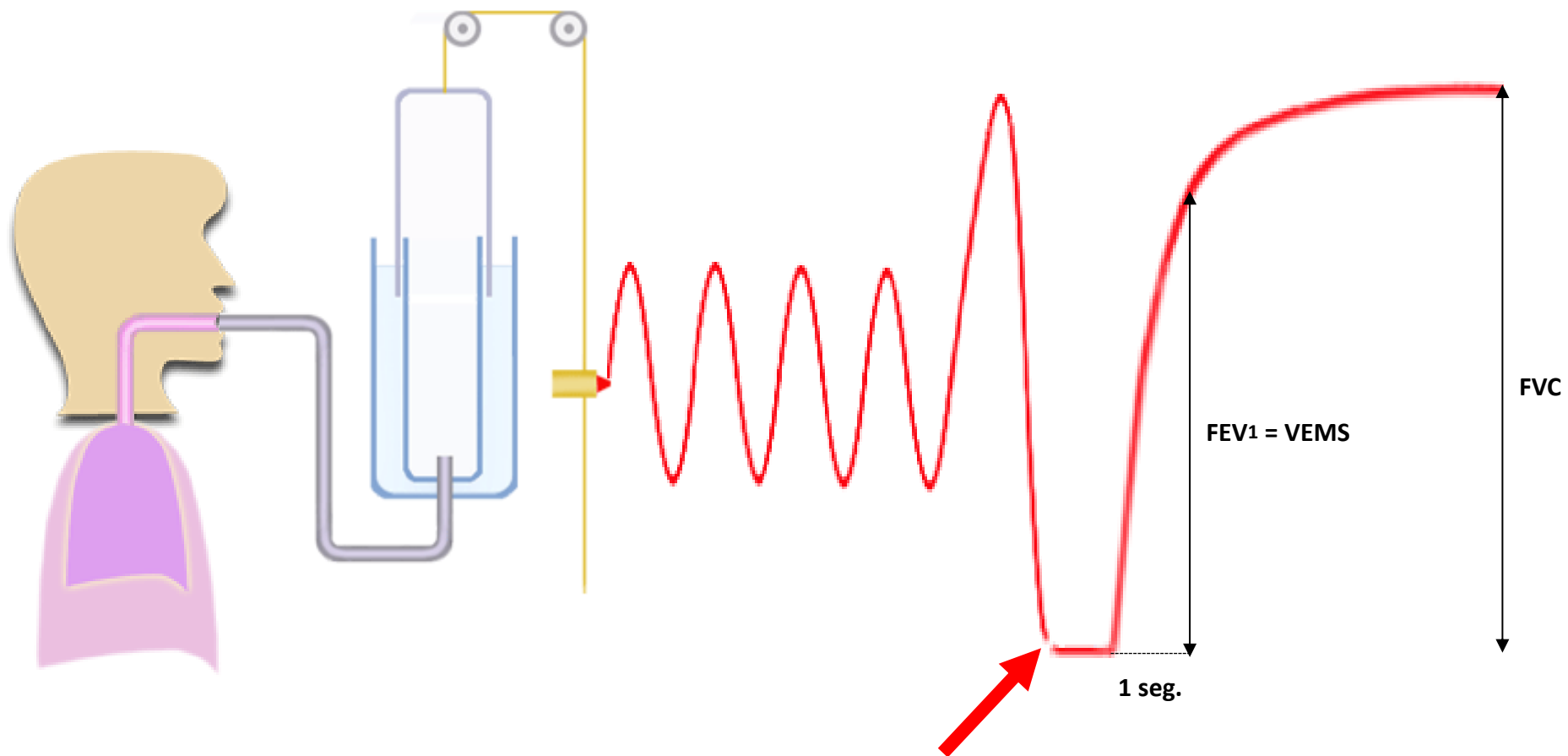


ESPIROMETRIA FORÇADA

És la prova que avalua el funcionament de la ventilació pulmonar, en una situació controlada, analitzant la magnitud dels **volums** i la velocitat amb que són mobilitzats (**fluxos**), durant una maniobra d'expiració forçada, comparant-los amb valors de referència.



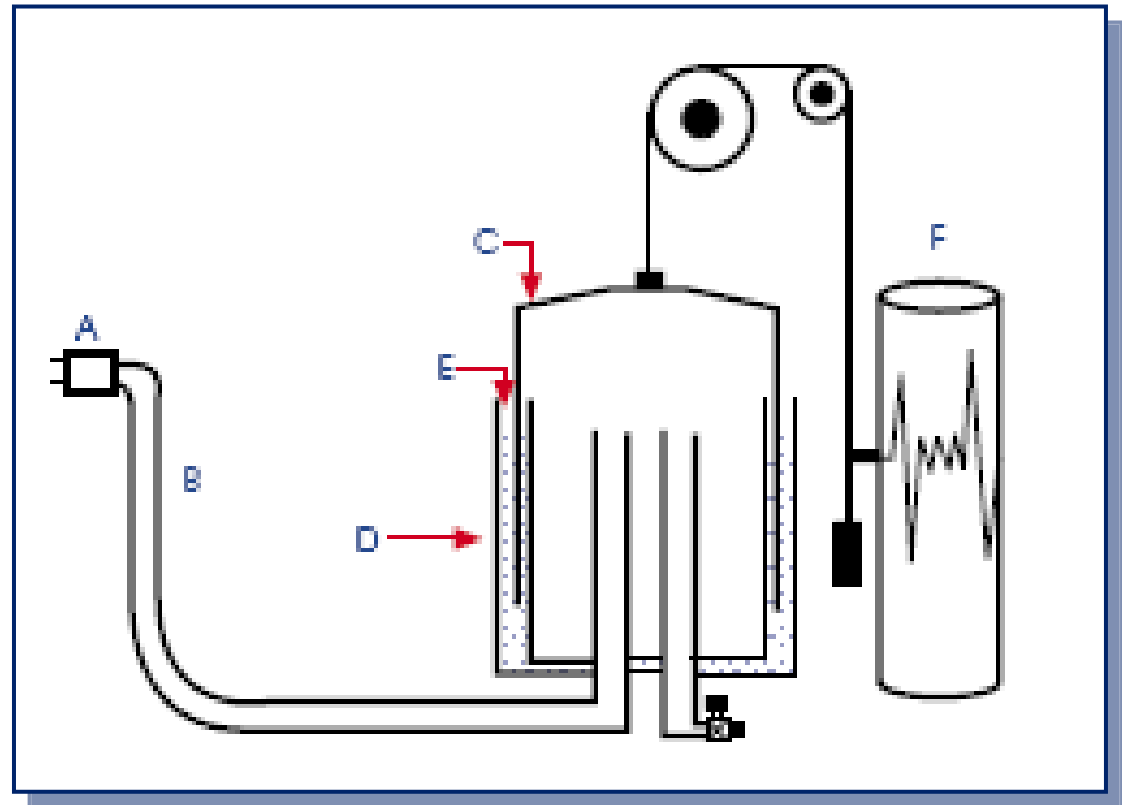
ESPIROMETRIA FORÇADA



Tipus d'espírometre

Espiròmetres tancats

- De campana
- De pistó
- De manxa



Espiròmetre de campana

Espiròmetre tancat - d'aigua

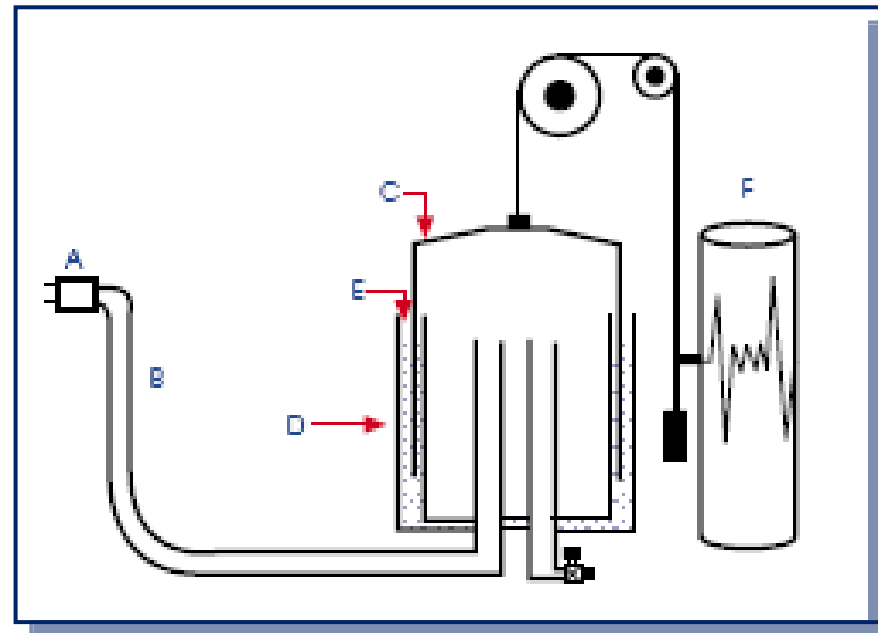
Campana introduïda en un recipient amb aigua



Desplaçament de la campana amb l'aire espirat



Registre dels desplaçament en un rodet de paper



Espiròmetre de pistó

Espiròmetre tancat - sec

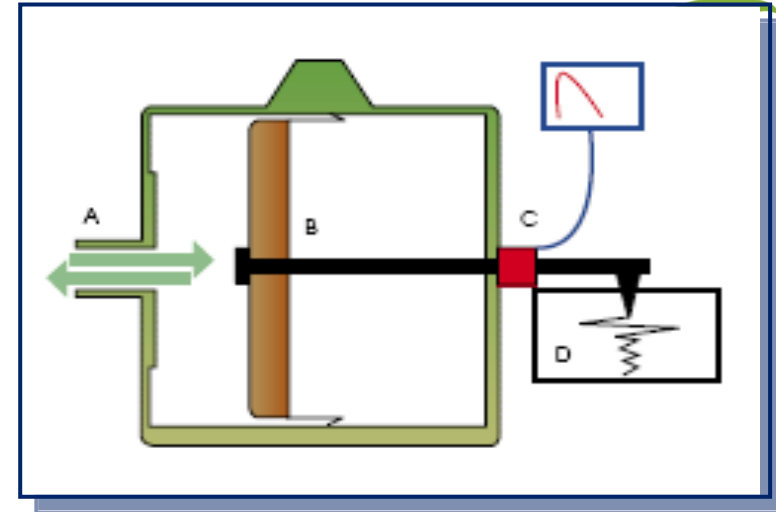
Pistó dins d'un cilindre de metall
o plàstic



Desplaçament del pistó amb
l'aire espirat



Registre dels desplaçament
en un paper



Espai pistó-cilindre segellat amb material flexible
que no deixa escapar l'aire



Espiròmetre de manxa

Espiròmetre tancat - sec

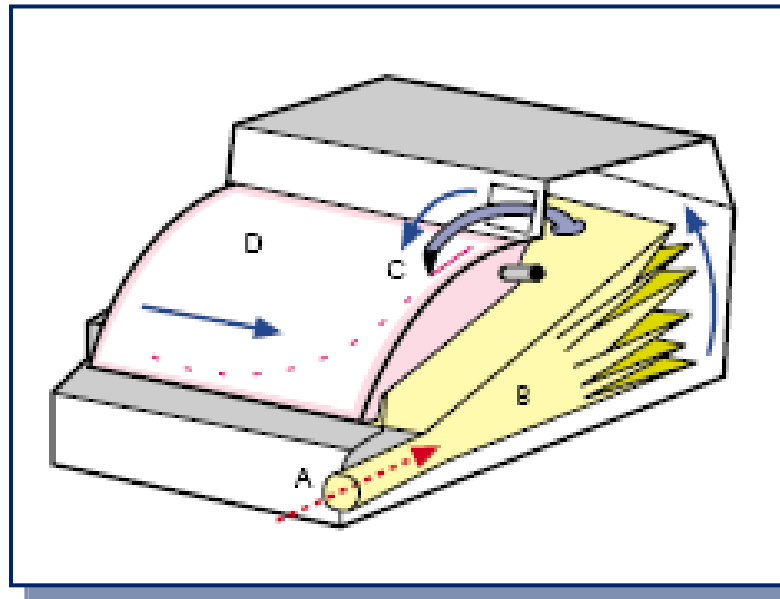
Manxa dins d'un espai tancat



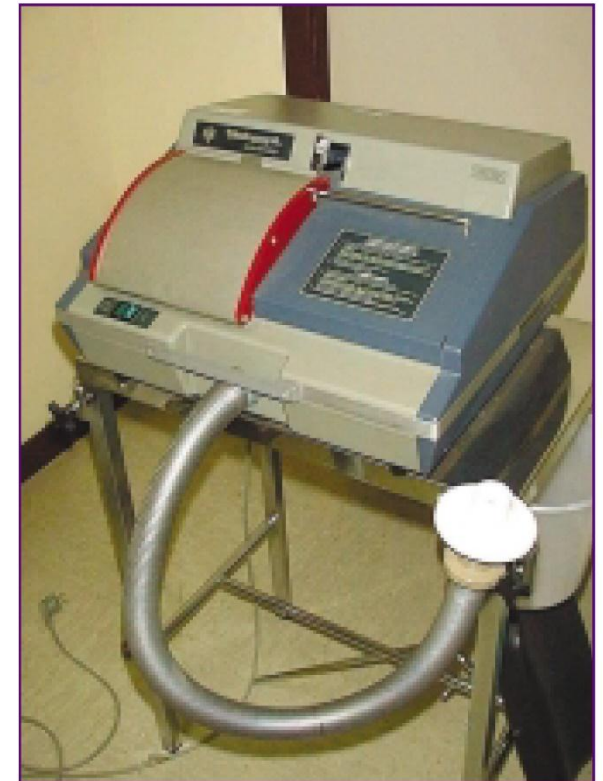
Desplaçament de la manxa amb l'aire espirat



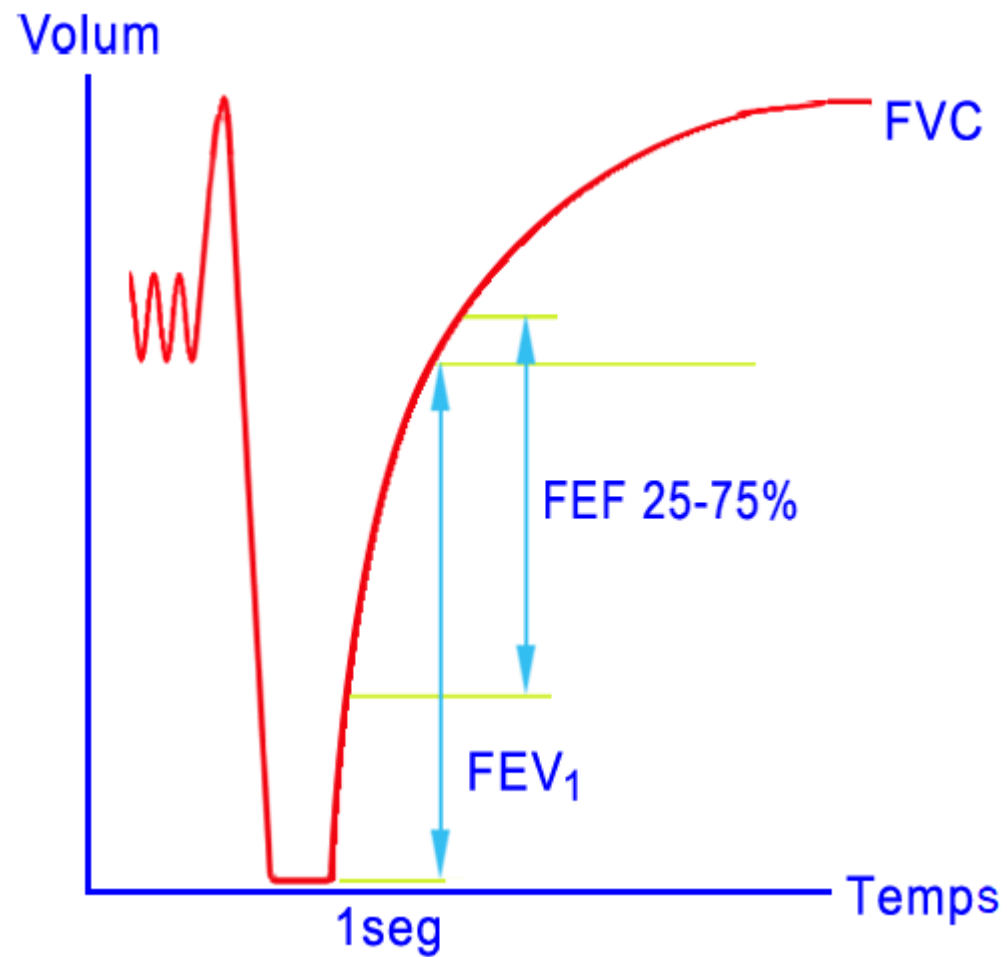
Registre dels desplaçament en un paper



- ✓ Generalment registra l'espiració forçada
- ✓ Espiròmetre més estès fins l'aparició del pneumotacògraf.



Gràfica volum-temps



Espiròmetres oberts o de flux

- Espiròmetres oberts
- Capçal amb sensor de flux
- Relació dels volums amb el temps
- Càlcul de volums per un microprocessador
- Dos tipus de corbes:
 - Flux/volum
 - Volum/temps

Tipus de sensors

- Pneumotacògraf tipus **Fleish**
- Pneumotacògraf tipus **Lilly**
- Espiròmetre de **turbina**
- Espiròmetre d'**ultrasons**
- Altres: Termisor, Venturi, Pitot,...



Neumotacógrafo

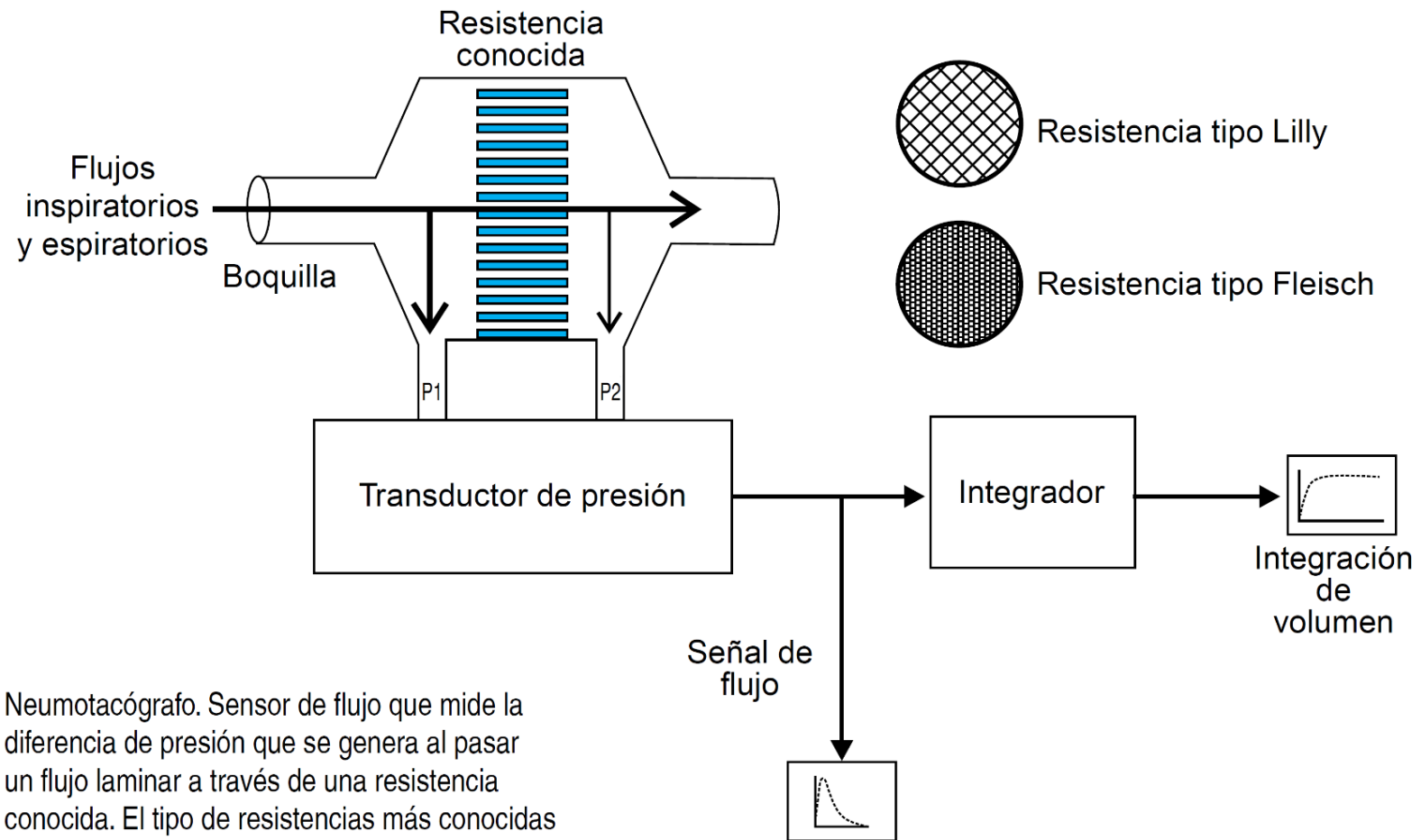
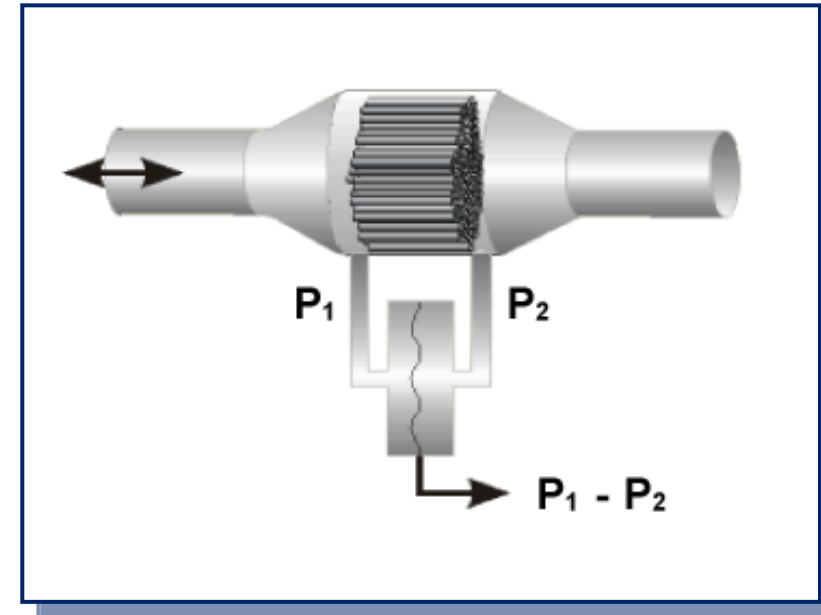


Figura 1: Neumotacógrafo. Sensor de flujo que mide la diferencia de presión que se genera al pasar un flujo laminar a través de una resistencia conocida. El tipo de resistencias más conocidas son la de tipo Lilly y tipo Fleisch.

Pneumotacòmetre tipus Fleisch

- Resistència coneguda (**tubs capil·lars**)
- Mesura de diferències de pressió dels dos extrems ($P_1 - P_2$)
- Flux directament proporcional (microprocessador)

Segons resistència, diversos tipus de pneumotacògraf



Principal problema: condensació i escalfament

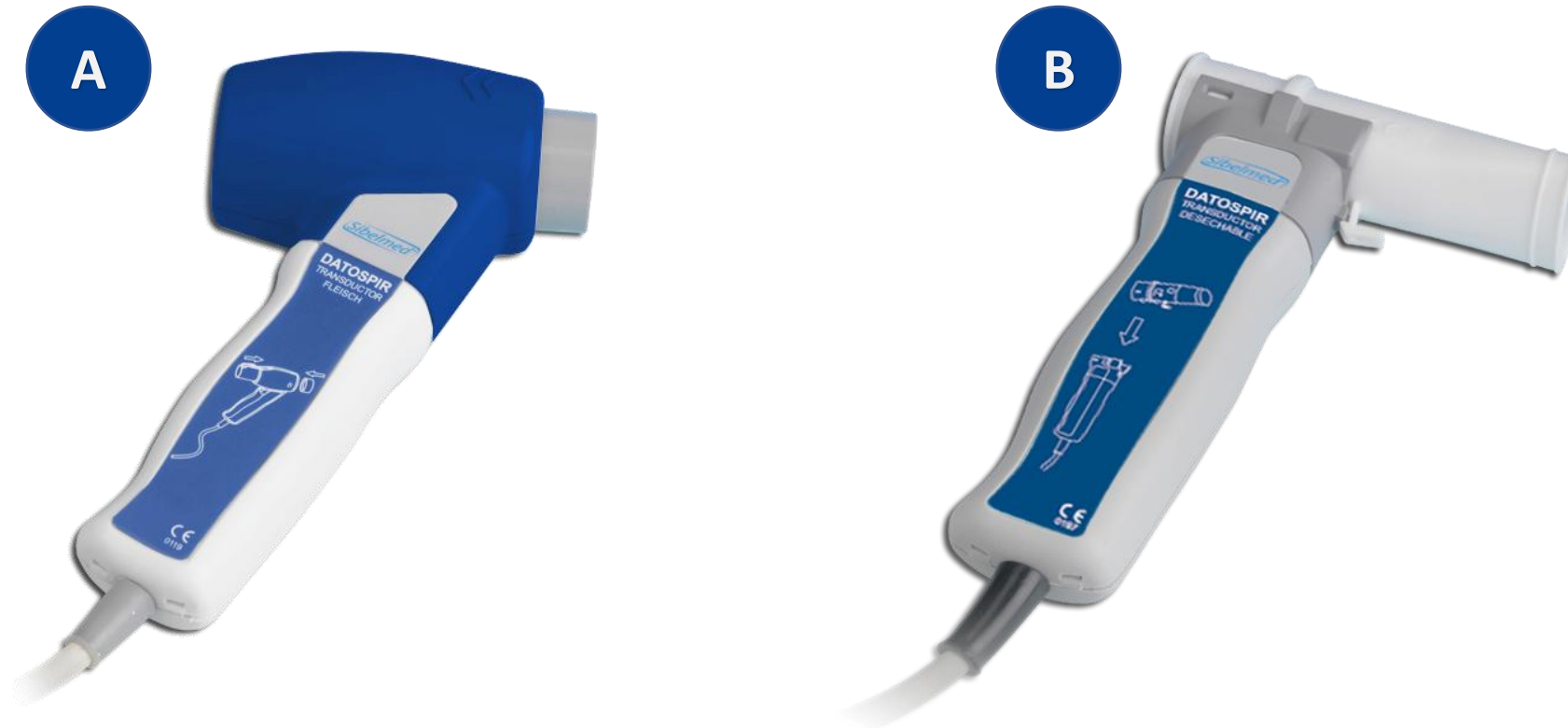
Pneumotacòmetre tipus Lilly

- Resistència coneguda (**tamís**)
- Mesura de diferències de pressió dels dos extrems (P1 – P2)
- Flux directament proporcional (microprocessador)



Fiablers i amb filtre rebutjable

Pneumotacòmetre de tipus Fleisch (a) i Lilly (b)

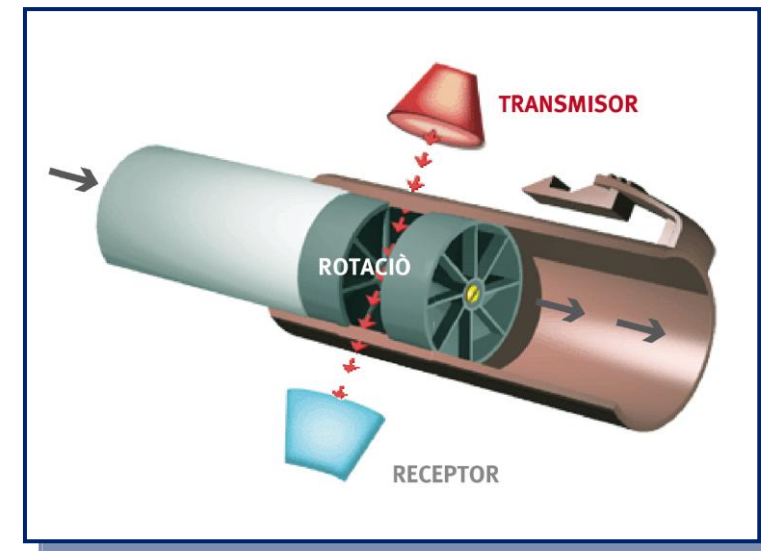


Espiròmetre de turbina

- Capçal amb un eix sobre el que gira una hèlice
- Sensor òptic
- Font de llum interrompuda per les aspes de l'hèlice

**Velocitat
del gir**

Directament proporcional al flux



Molt estès (portabilitat i baix cost)

Espiròmetre termistor (de fil calent)

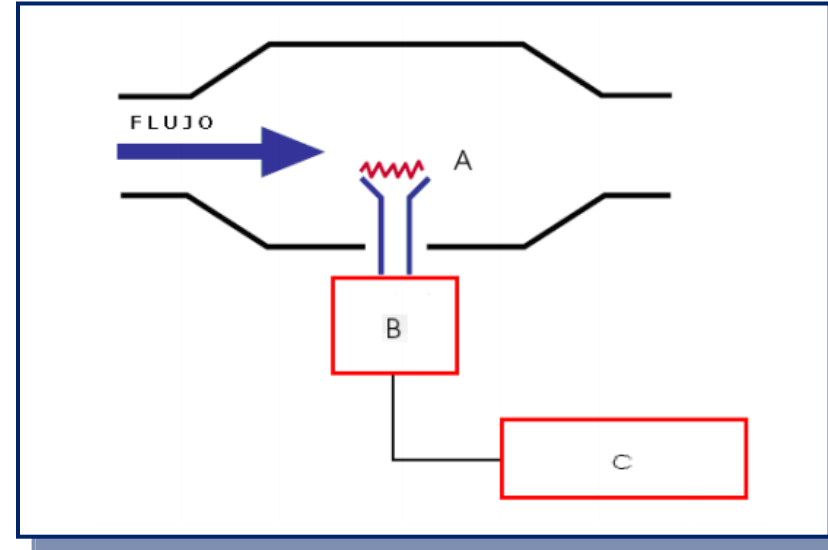
Pas del flux d'aire



Refredament del fil



Corrent elèctrica consumida
directament proporcional al flux



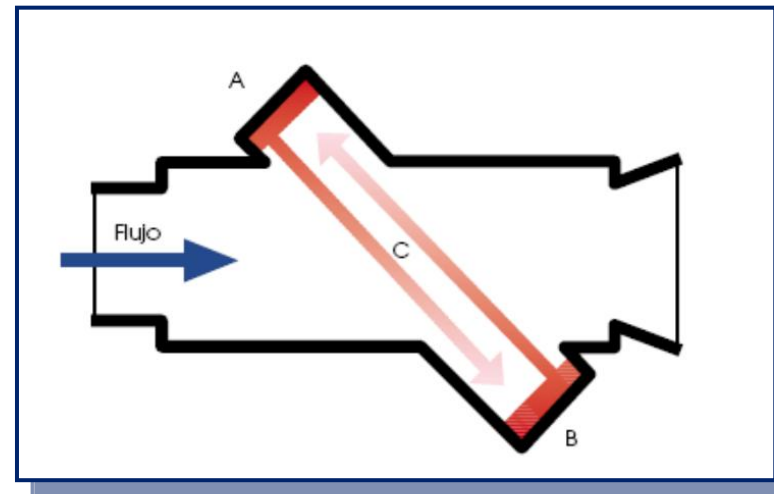
- ✓ Fil metàl·lic (platí)
- ✓ Escalfament elèctric constant a 220 °C

Espiròmetre d'ultrasons

Ultrasons en dos sentits

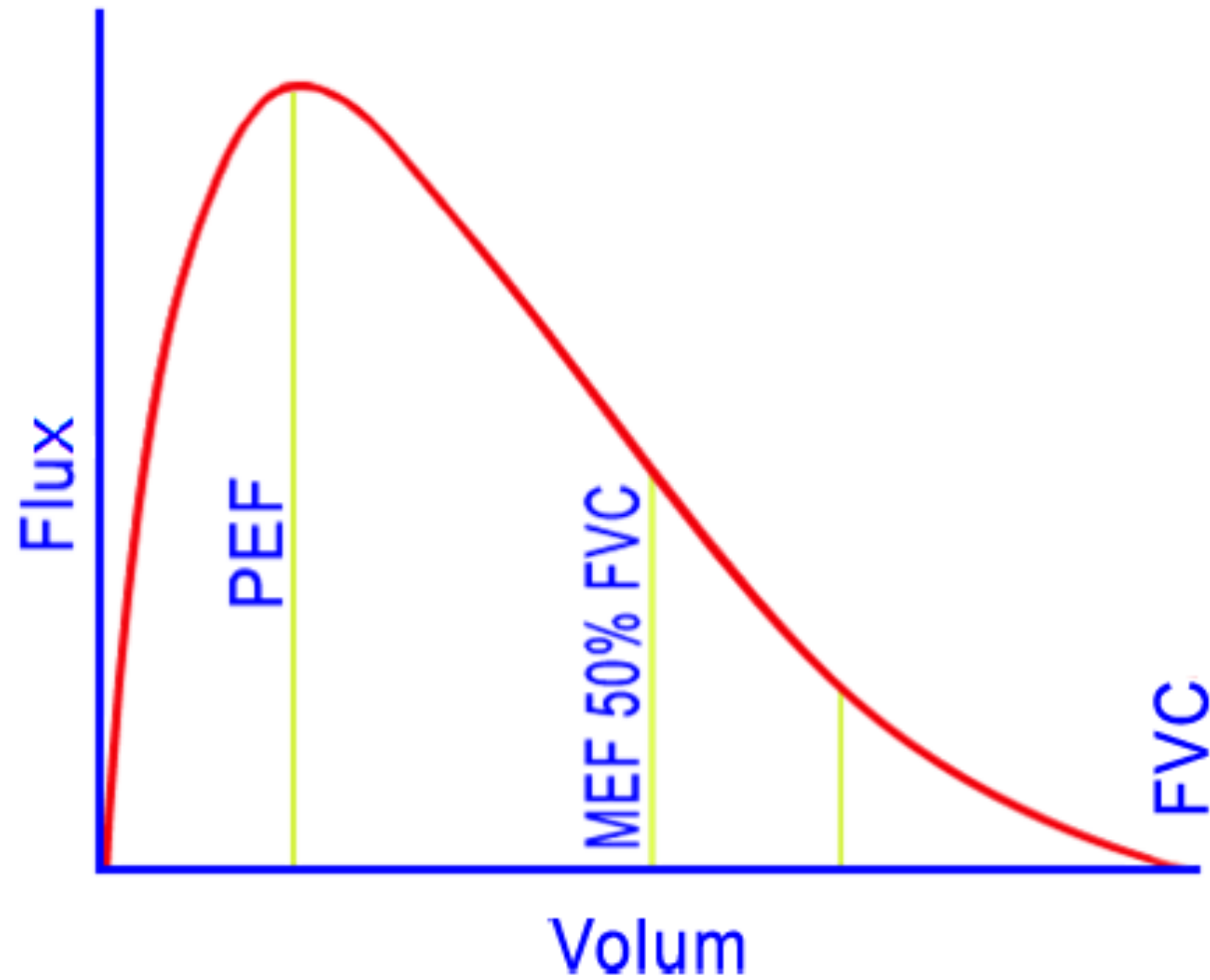


Calcula diferències de
temps dels dos sentits



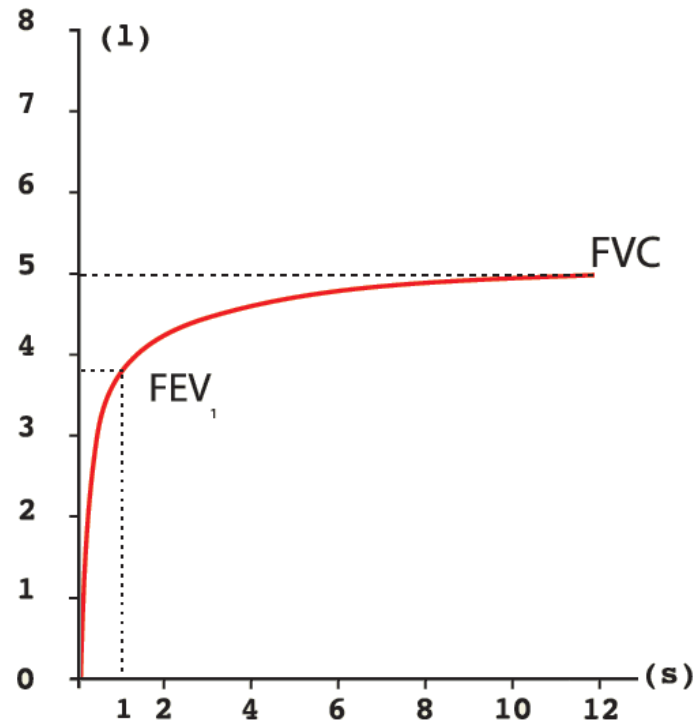
Gran exactitud (preu elevat)

Gràfica flux-volum

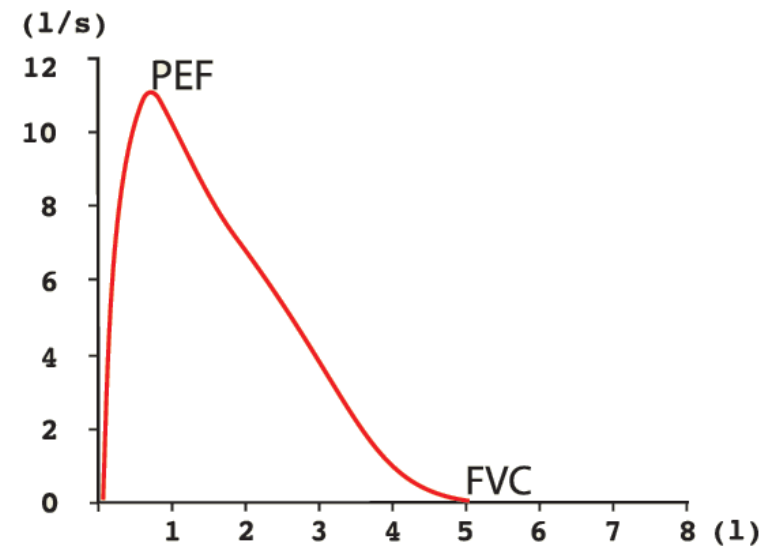


Representació de l'espirometria

Espirometria: corbes volum-temps i flux-volum



Corba volum/temps

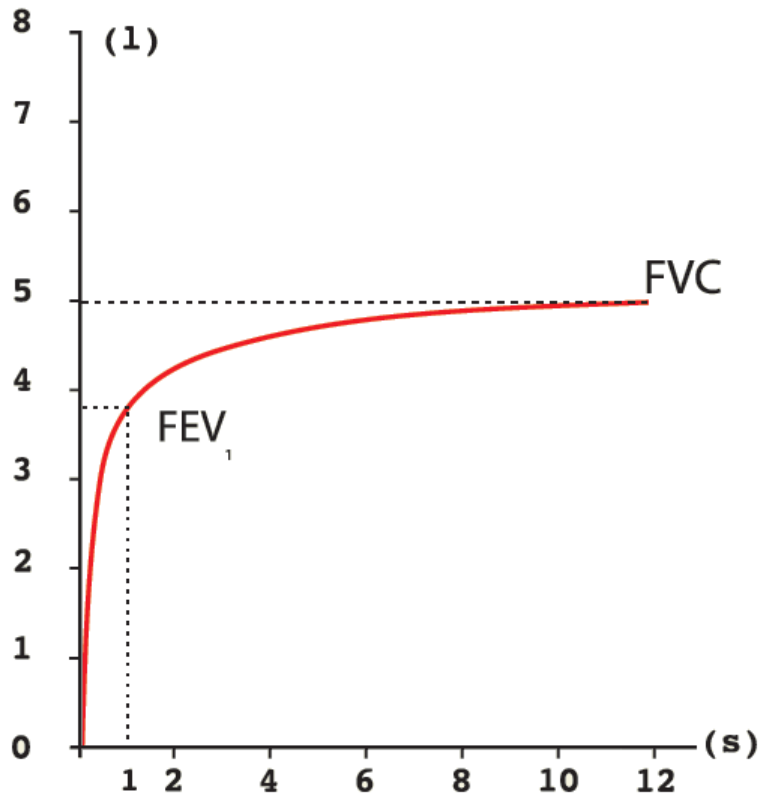


Corba flux/volum

Paràmetres de l'espirometria

Espirometria forçada

Corba volum-temps



FVC

Capacitat vital forçada: Volum d'aire expulsat durant la maniobra forçada (L)

FEV₁

Volum expiratori forçat en el primer segon (L)

FEV₁/FVC

Expressa el volum d'aire expirat en el primer segon respecte al màxim que pot ser expulsat durant la maniobra d'expiració forçada (%)

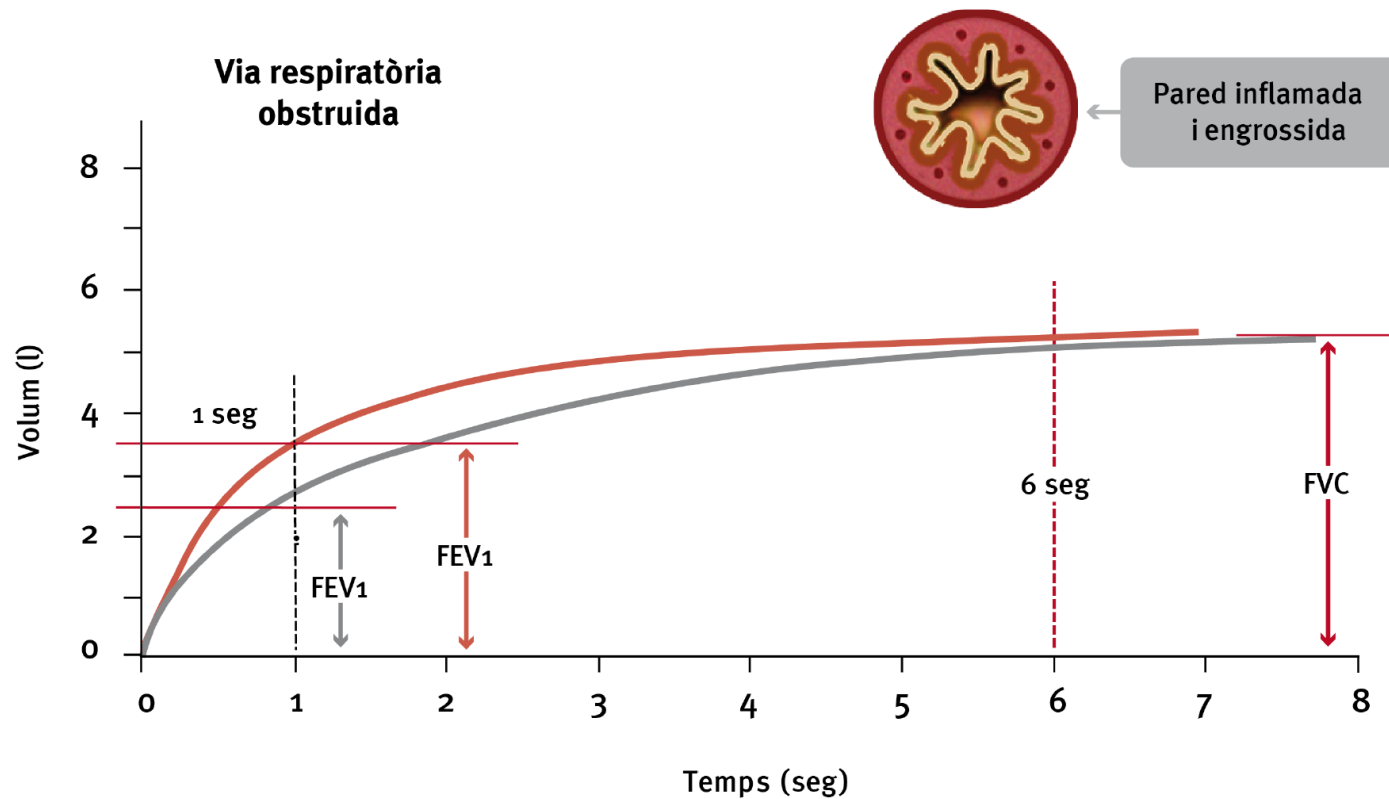
FET

Temps durant la maniobra d'expiració forçada (segons)

FVC \approx FEV₆

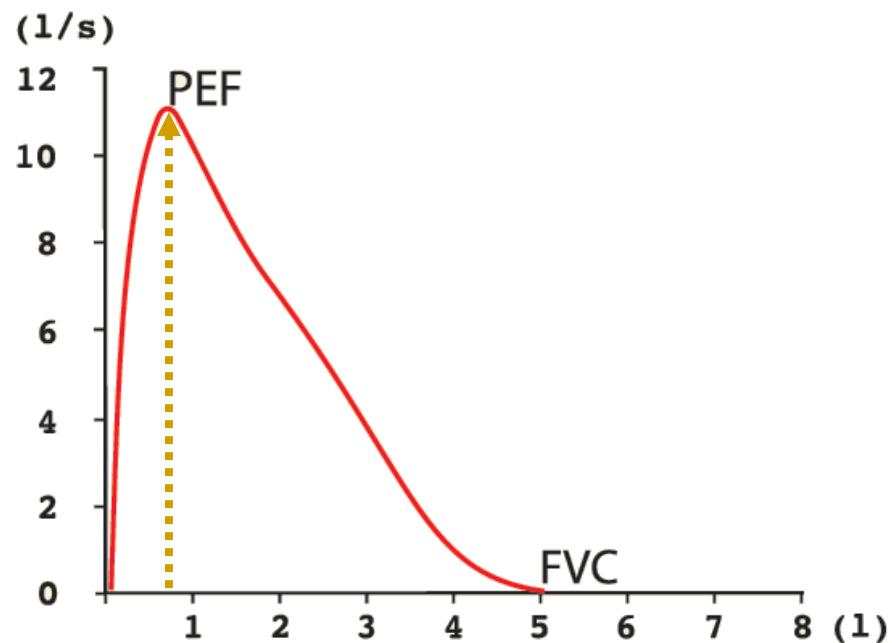
FEV₆: volum espiratori forçat en el 6è segon (L)

En alguns pacients el FEV₆ pot ser una bona alternativa a la FVC



Espirometria forçada

Corba flux-volum



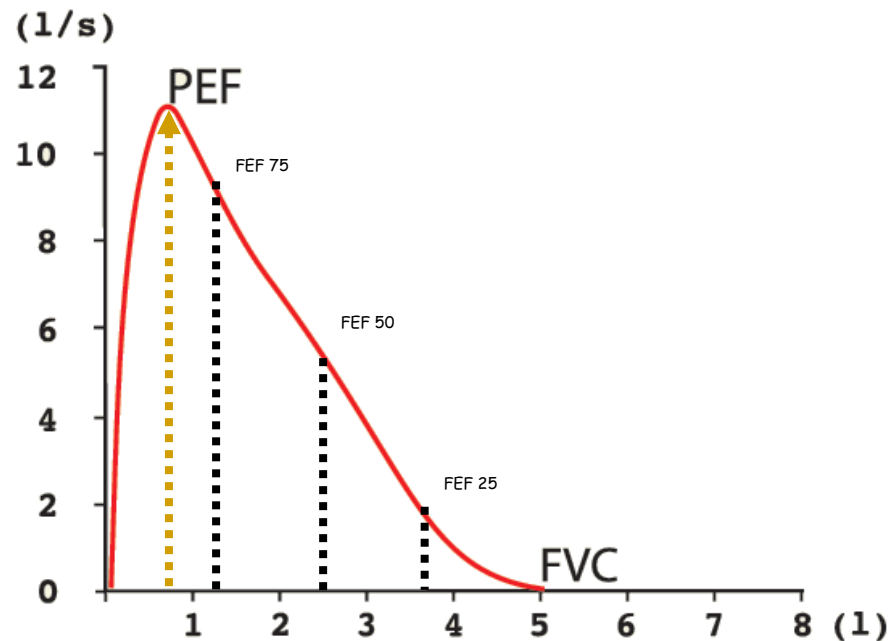
FVC

PEF

- Flux màxim expiratori o flux pic
- Flux màxim aconseguit durant una maniobra d'expiració forçada
- Es genera abans d'haver expulsat el 15% de la FVC i ha de mantenir-se 10 msec com a mínim.
- S'expressa en L/seg
- Paràmetre esforç dependent
- Bon paràmetre pel seguiment de pacients amb obstrucció variable

Espirometria forçada

Corba flux-volum



FEF₅₀%

Flux màxim quan s'ha espirat el 50% de la capacitat vital

FEF₂₅₋₇₅%

Flux màxim entre el 25 i el 75% de la FVC

Els fluxos mesoespiratoris podrien detectar obstrucció precoçment (petita via).

Malauradament són molt variables.

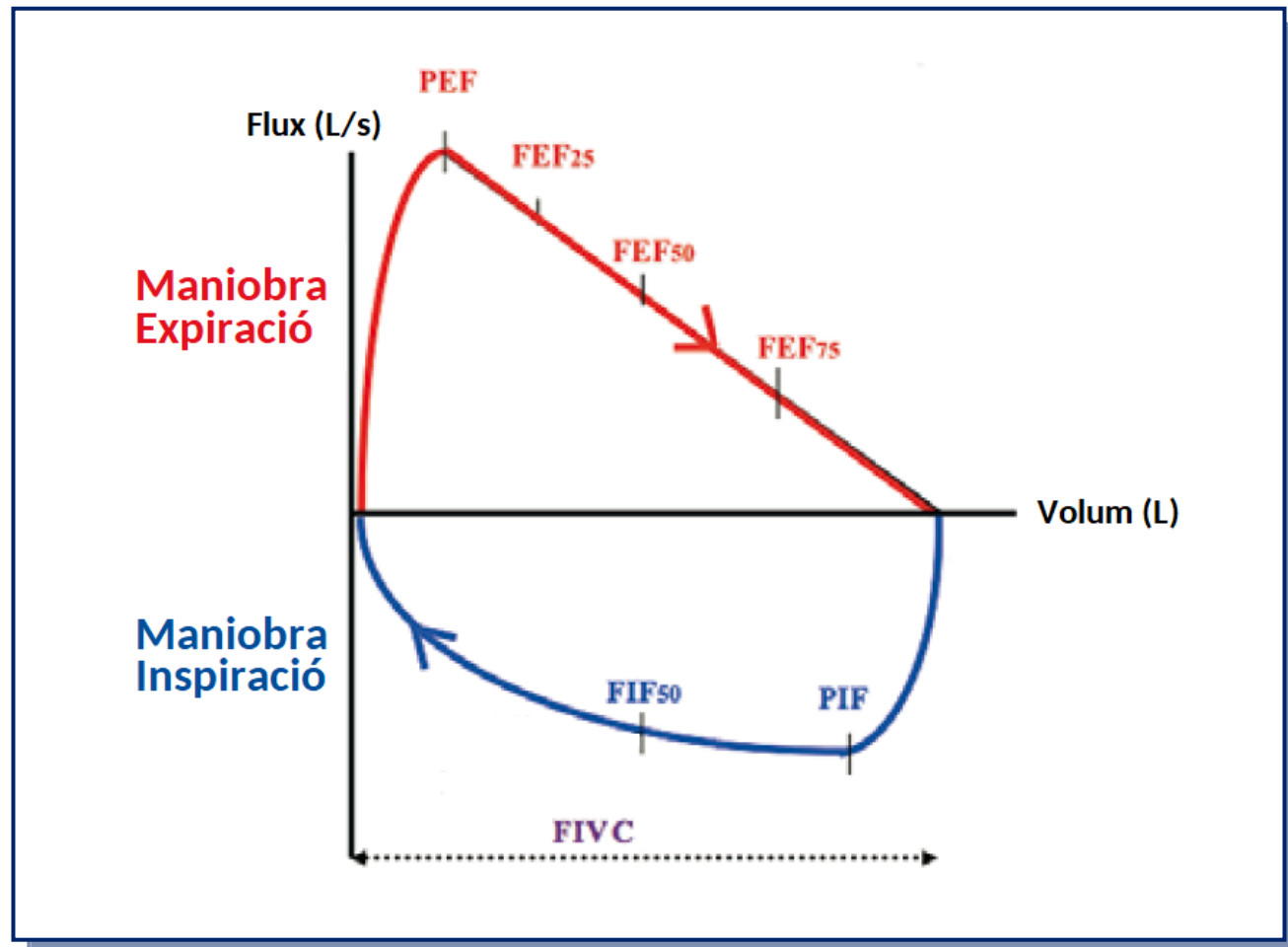
Inspirometria

La branca inspiratòria de la corba flux/volum

FIVC

Capacitat vital inspiratòria forçada:
Volum d'aire inspirat després de la maniobra forçada (L).

Quan la FIVC és major que la FVC en 100 mL es considera que el pacient no ha fet una inspiració màxima abans de l'expiració forçada i, per tant, la prova no és vàlida.



Acceptabilitat i Reproductibilitat

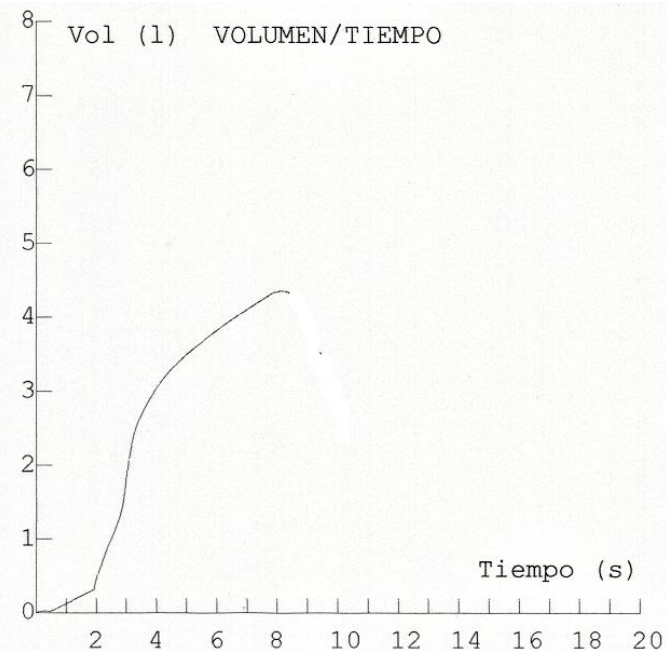
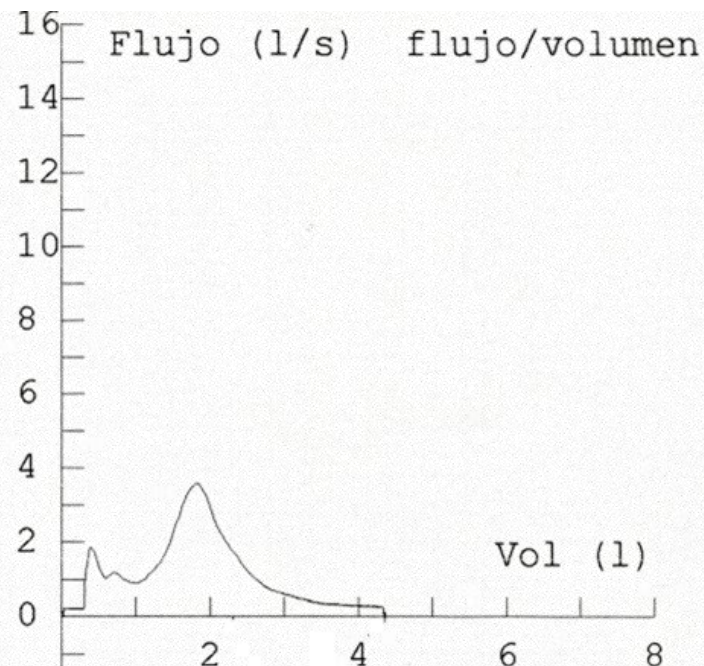
Paciente: Pinón, Colás ID: 0002 Fecha: 03/02/2003
Sexo: M Edad: 42 Talla: 175 Peso: 65 Raza: Europea
Fumador: no Teór.: SEPAR/SEPAR 100%
Fecha rev. cal.: 03/02/2003

Parámetros		Teór.	Prueba	%Teór.
FVC	L	5.20	4.36	83.8
FEV 1	L	4.01	2.68	66.8
FEV 1/FVC	%	77.08	61.45	79.7
PEF	L/M	593.38	7.80	1.3
FEF 25-75	L/S	3.89	1.18	30.4

Què n'opines d'aquesta prova?

Paciente: Pinón, Colás ID: 0002 Fecha: 03/02/2003
 Sexo: M Edad: 42 Talla: 175 Peso: 65 Raza: Europea
 Fumador: no Teór.: SEPAR/SEPAR 100%
 Fecha rev. cal.: 03/02/2003

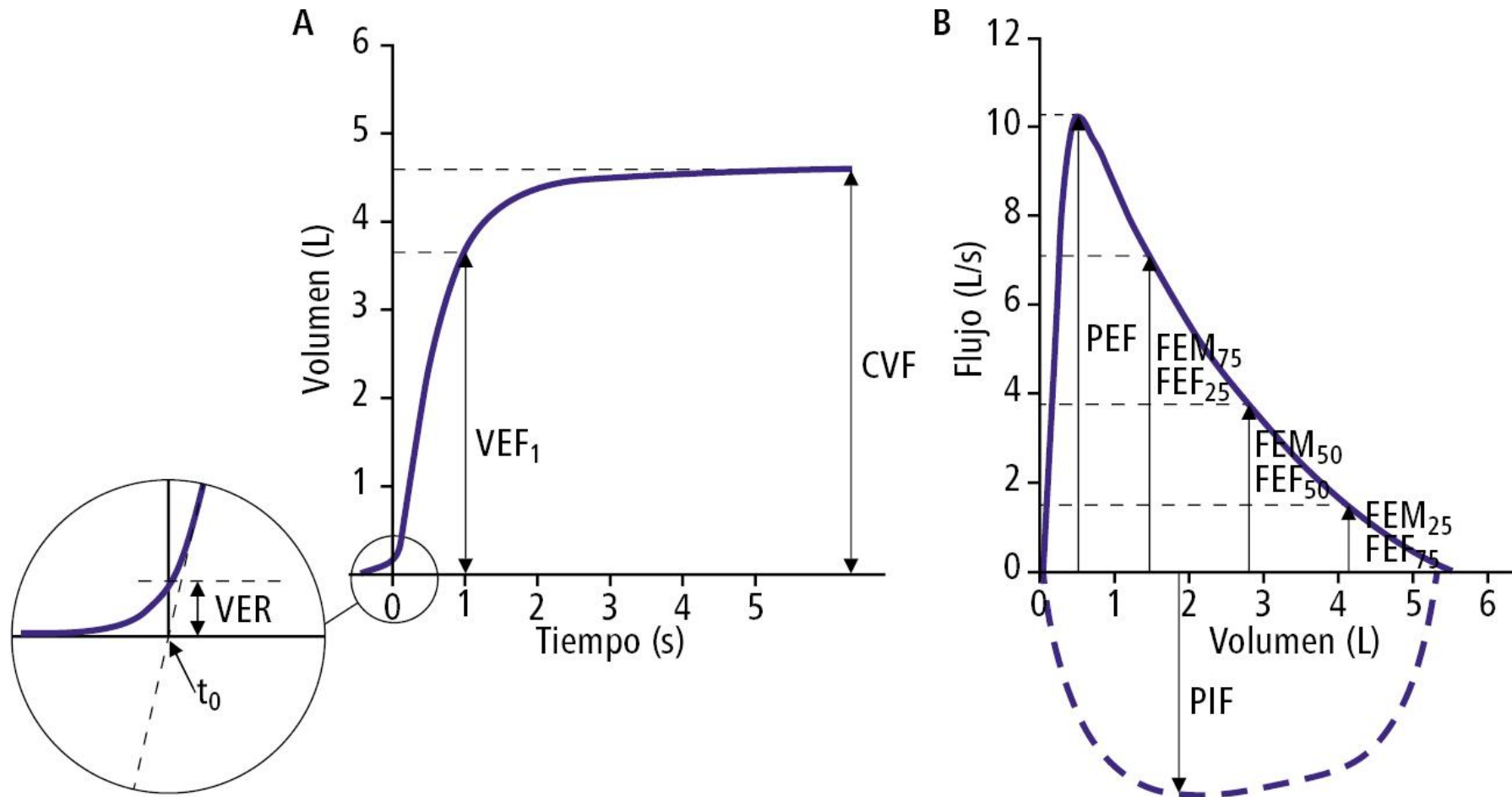
Parámetros		Teór.	Prueba	%Teór.
FVC	L	5.20	4.36	83.8
FEV 1	L	4.01	2.68	66.8
FEV 1/FVC	%	77.08	61.45	79.7
PEF	L/M	593.38	7.80	1.3
FEF 25-75	L/S	3.89	1.18	30.4



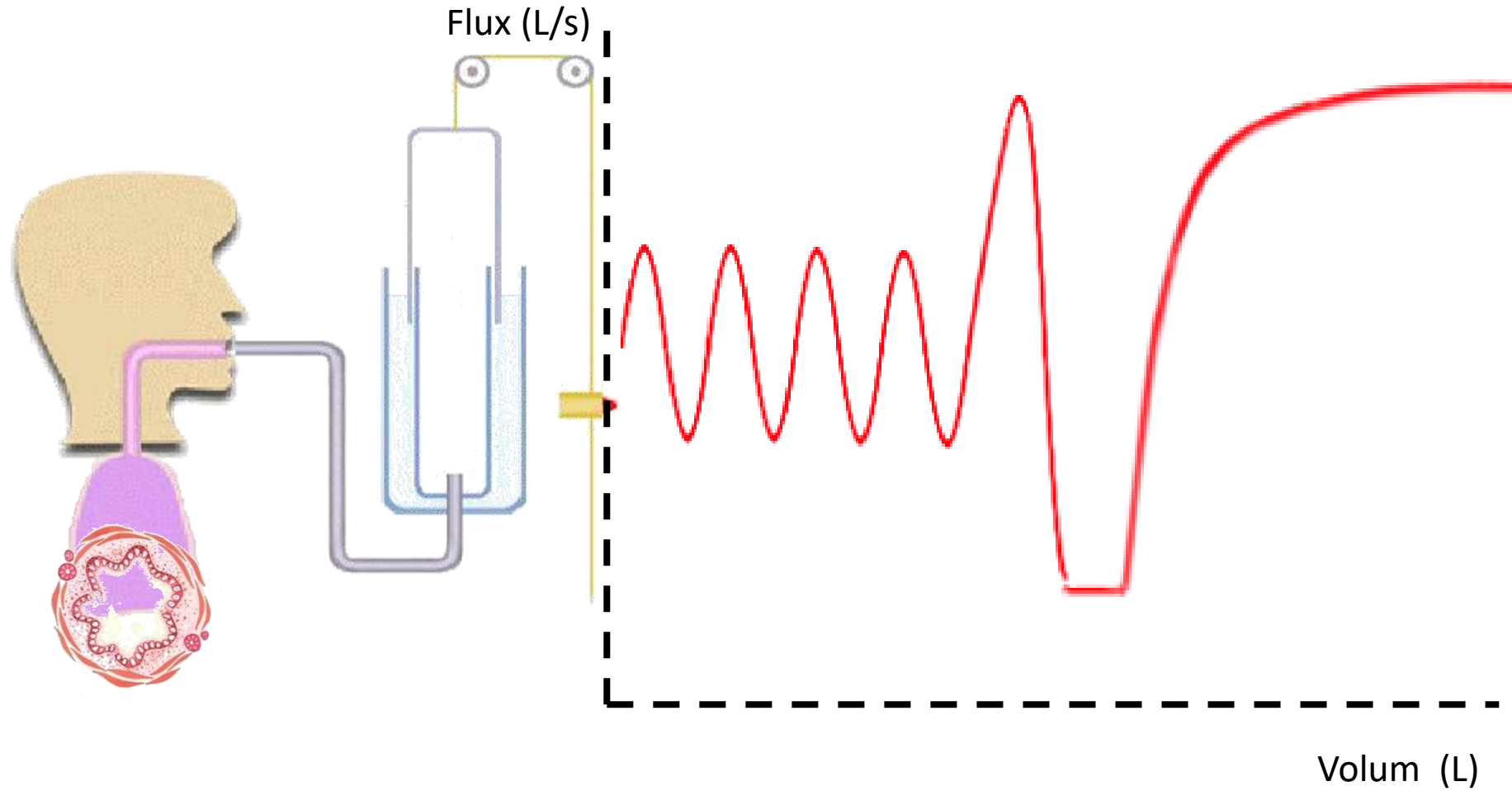
¿Qué es lo más importante?



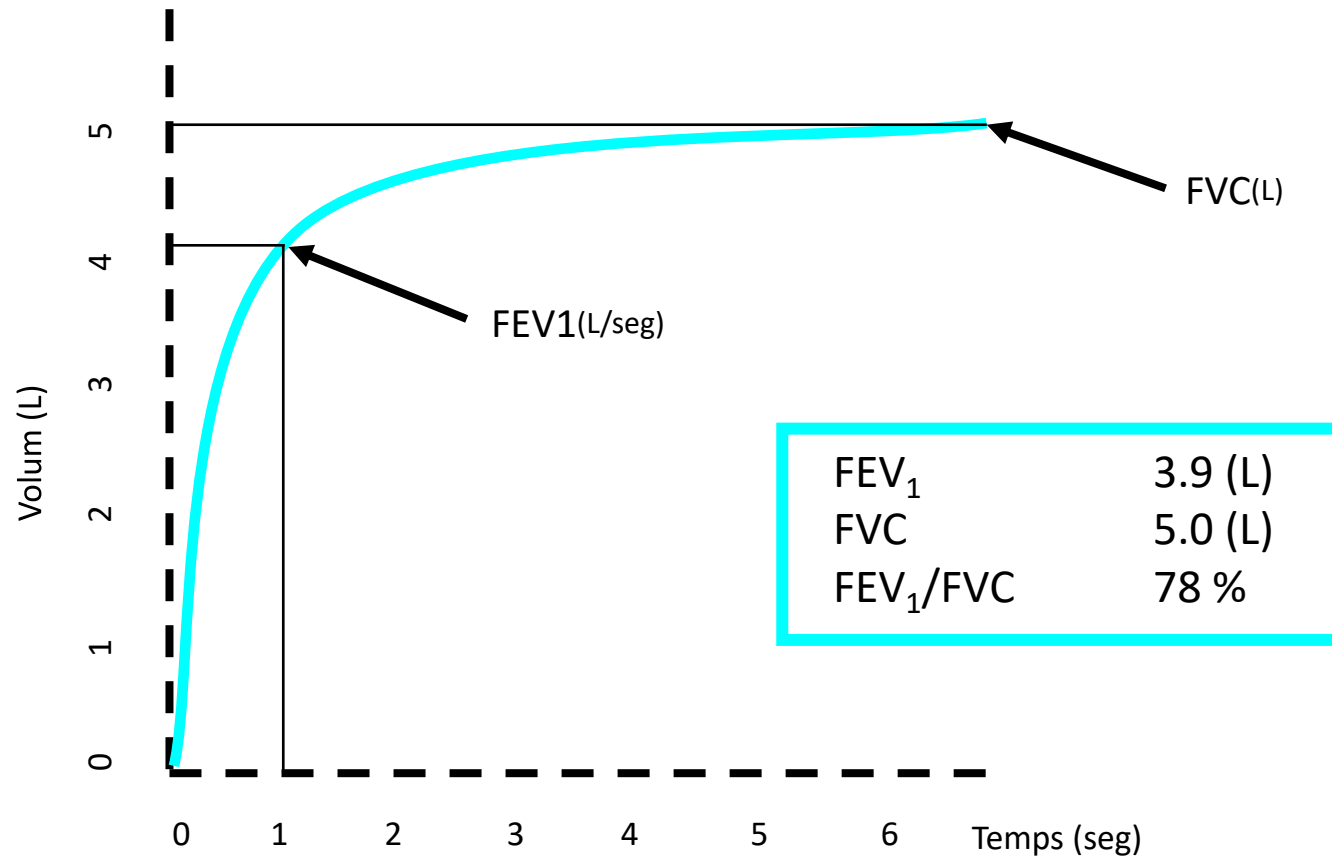
Acceptabilitat



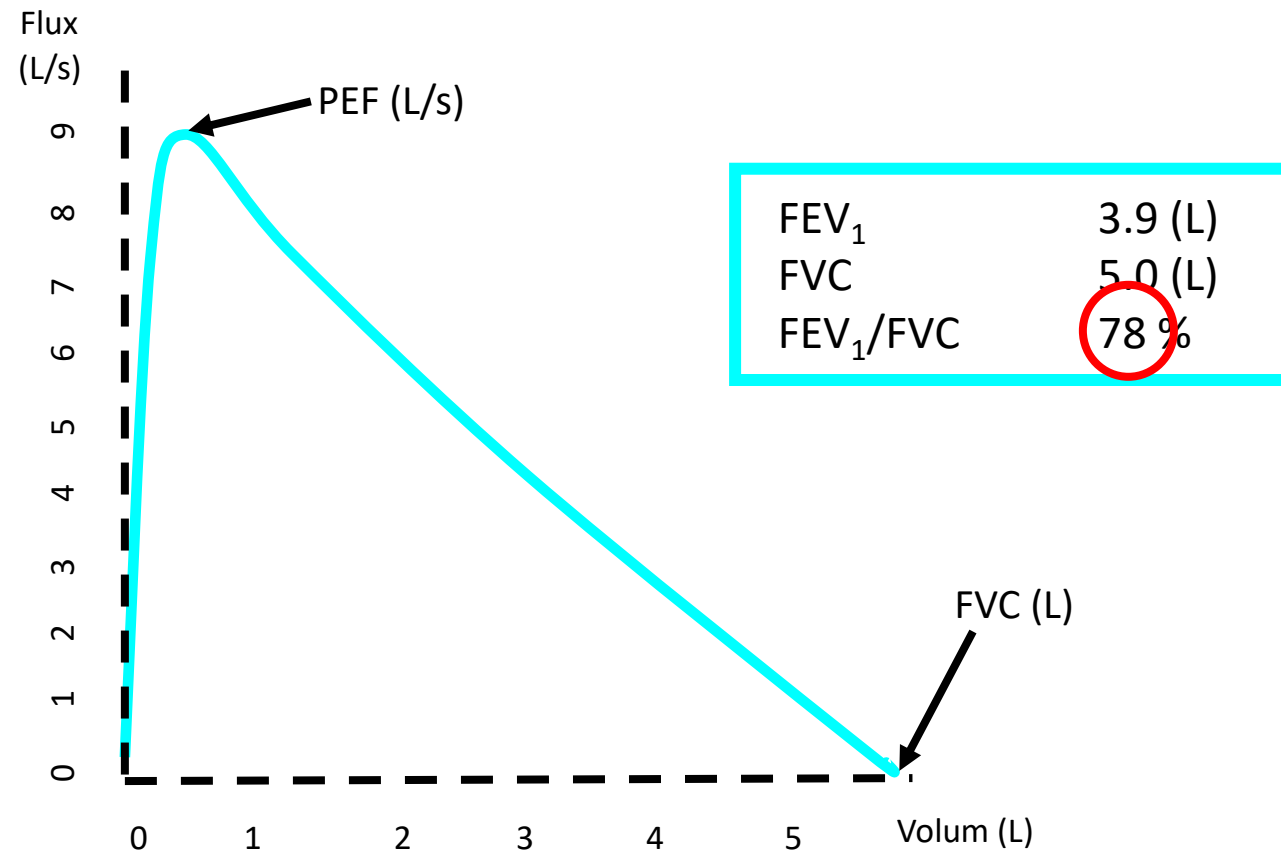
Espirometria **normal**



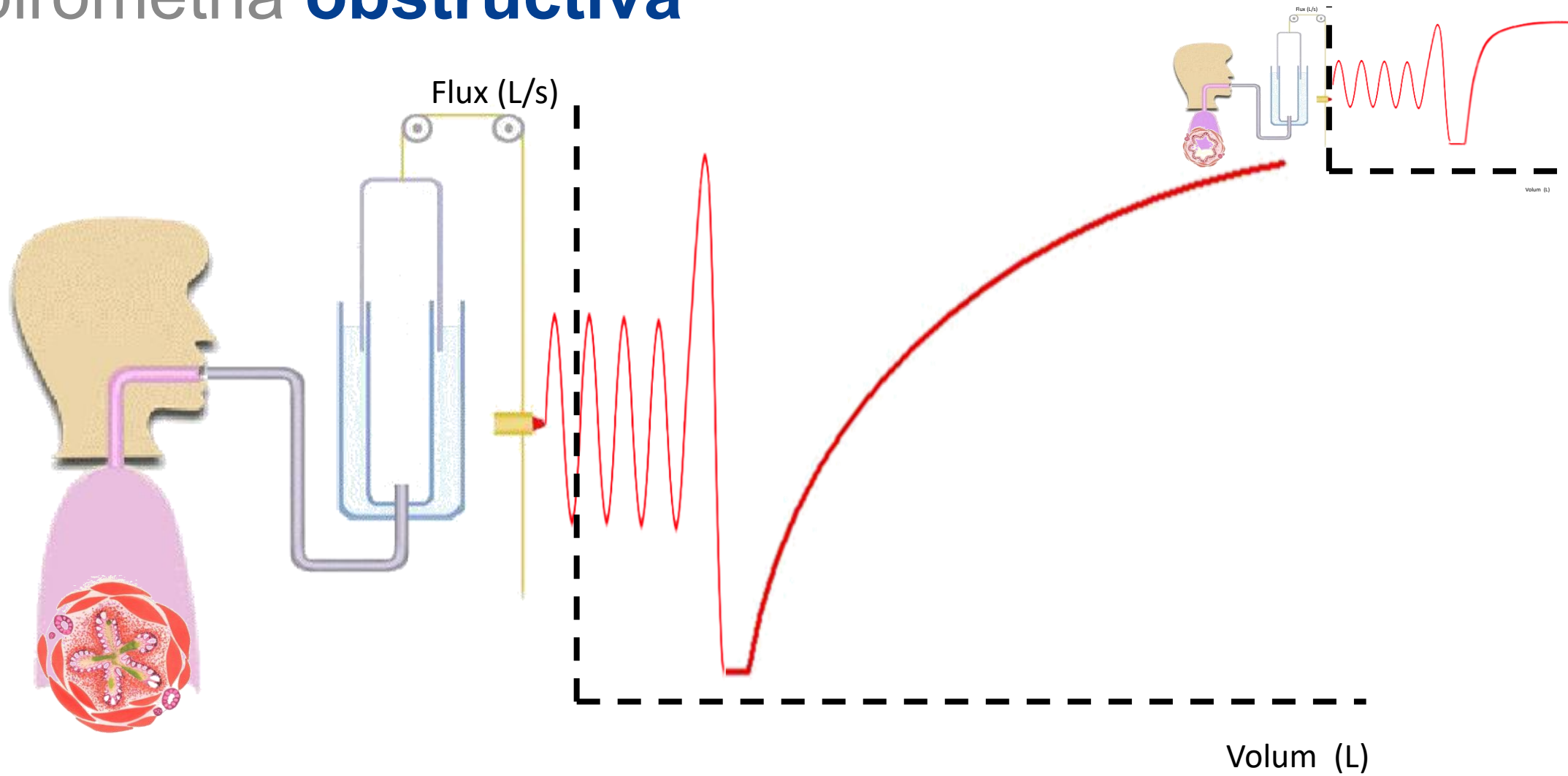
Espirometria **normal** corba volum/temps



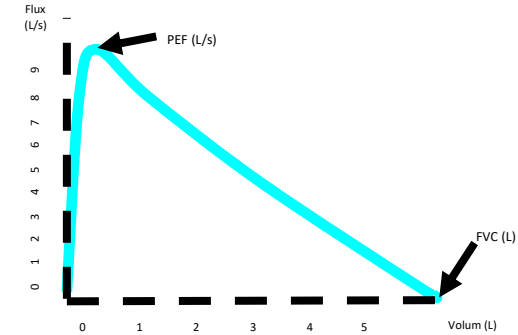
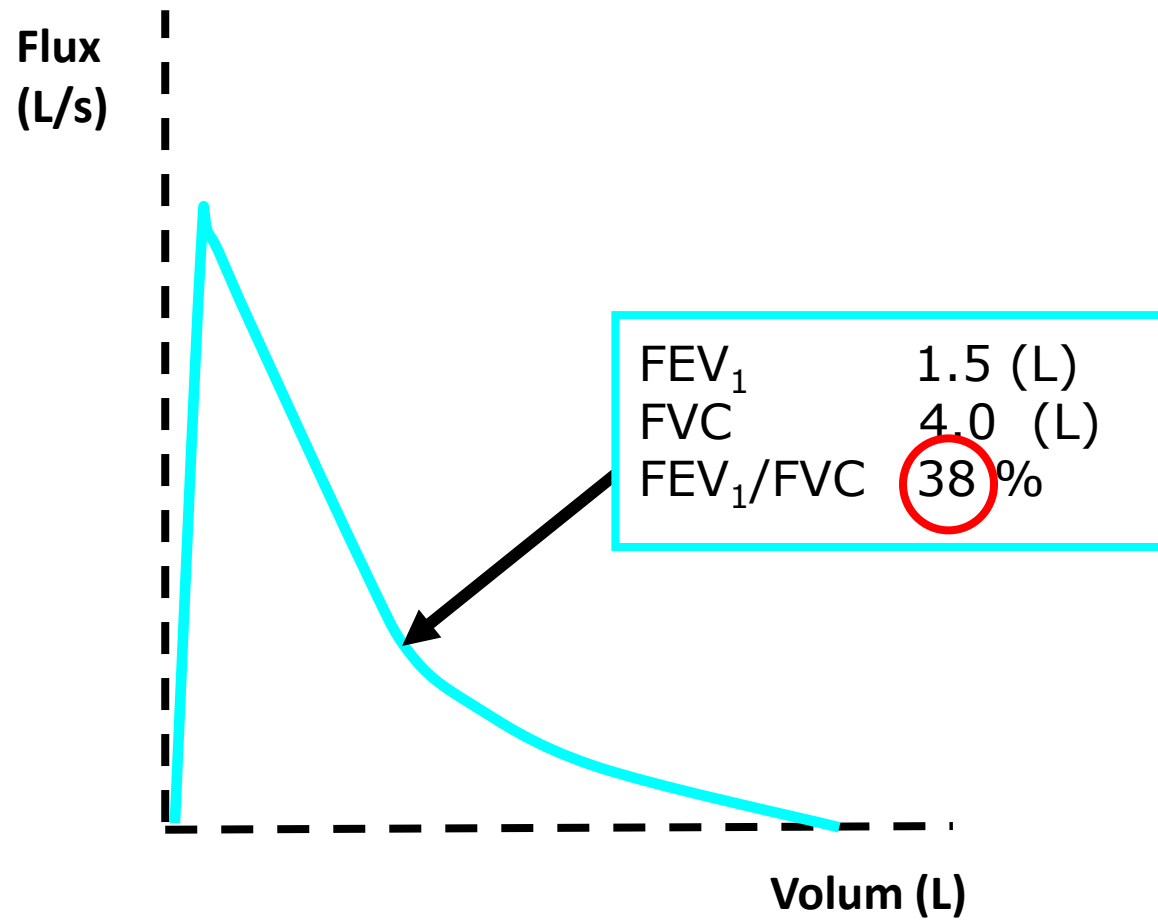
Espirometria **normal** corba flux/volum



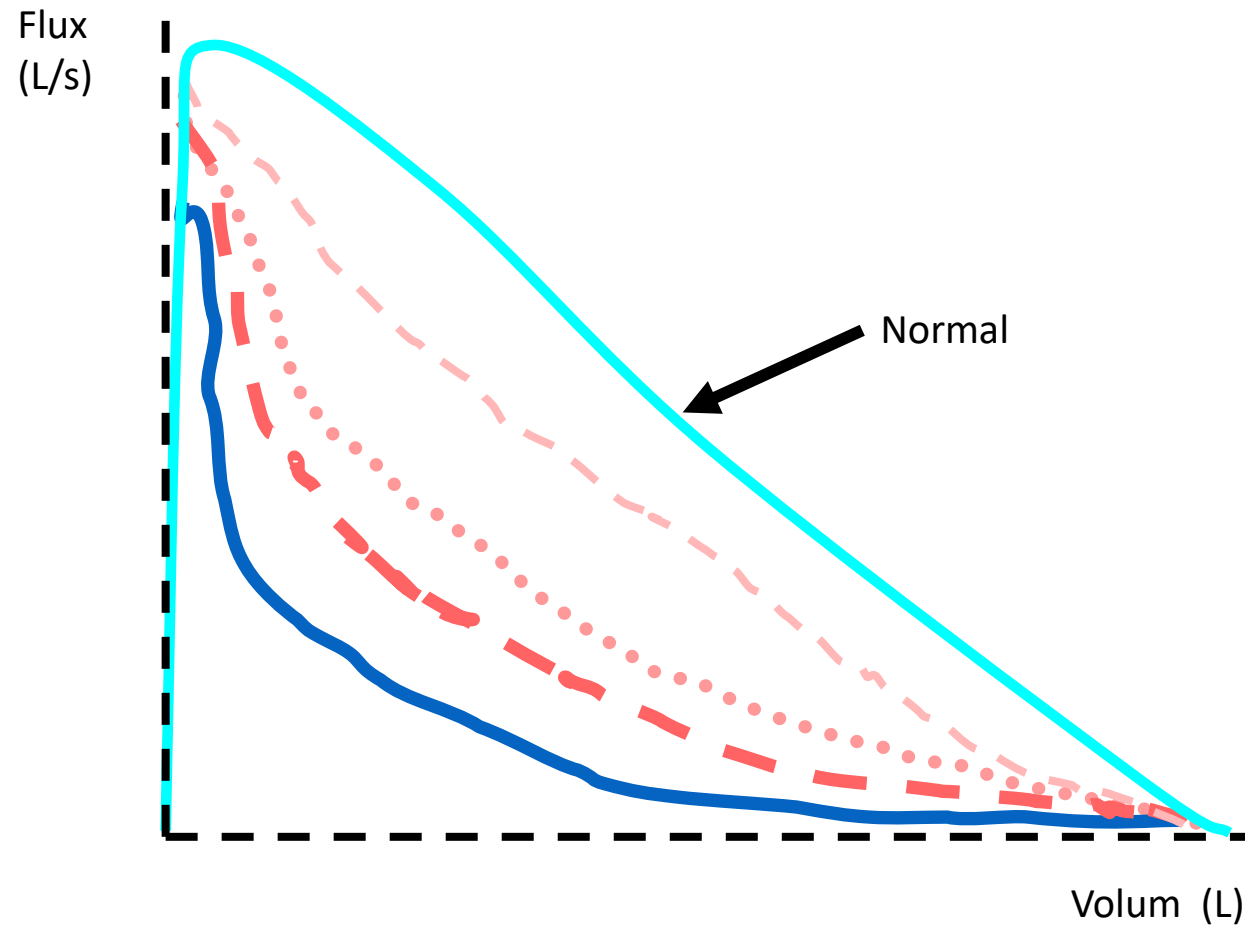
Espirometria **obstructiva**



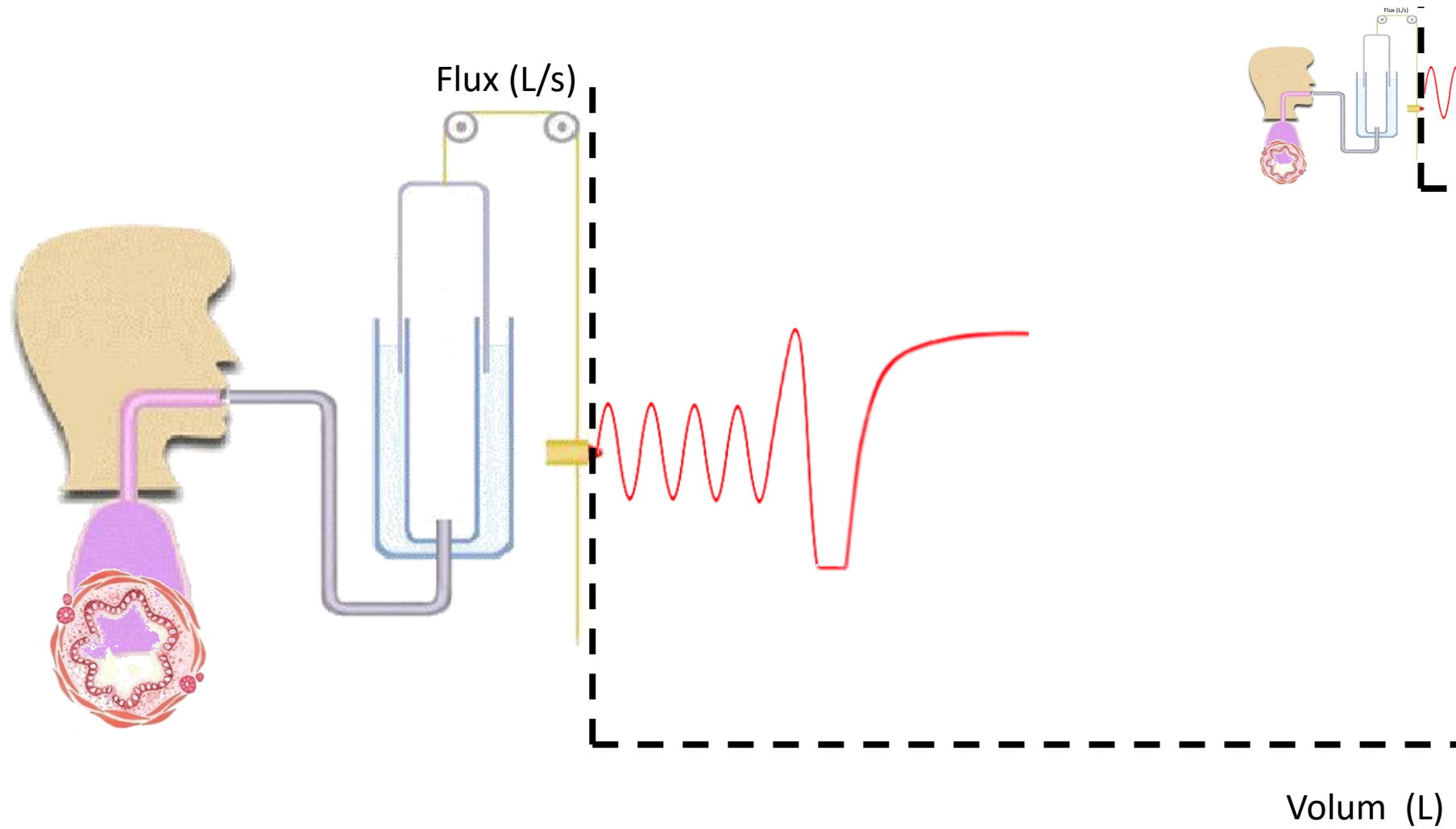
Espirometria **obstructiva** corba flux/volum



Espirometria **obstructiva** corba flux/volum

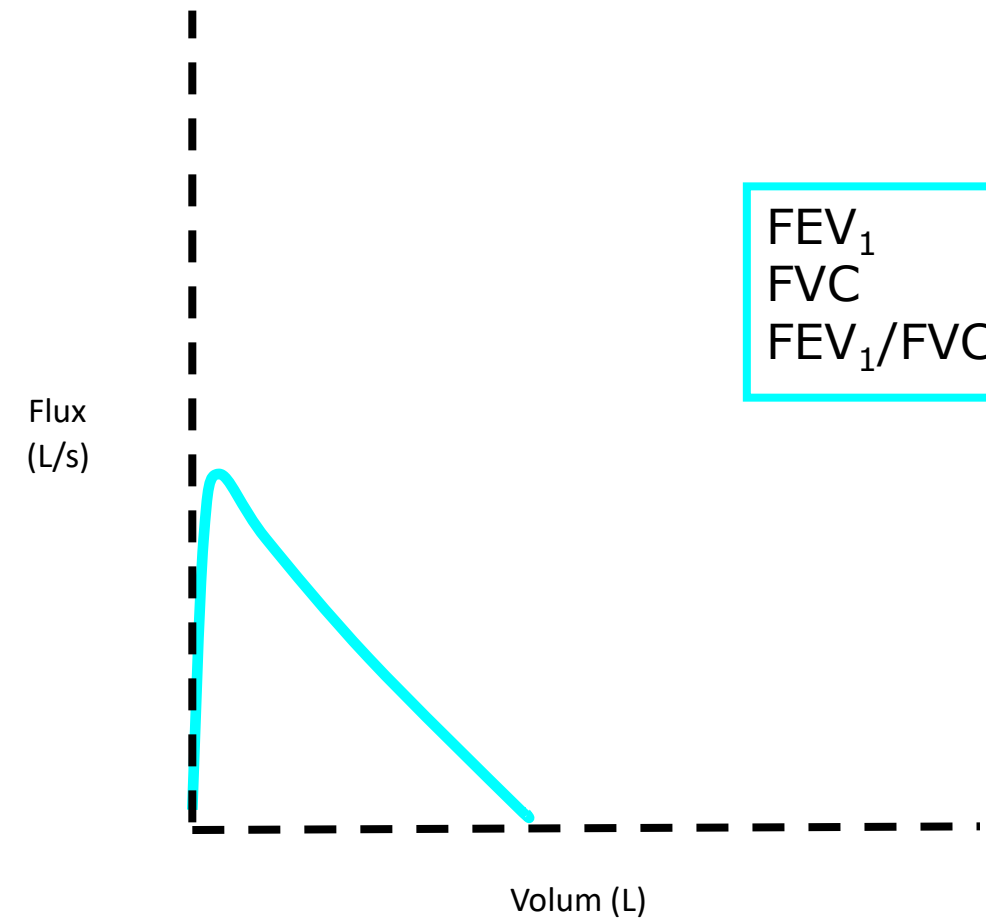
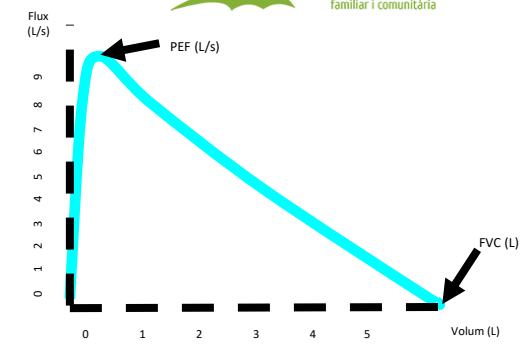


Espirometria **no obstructiva**



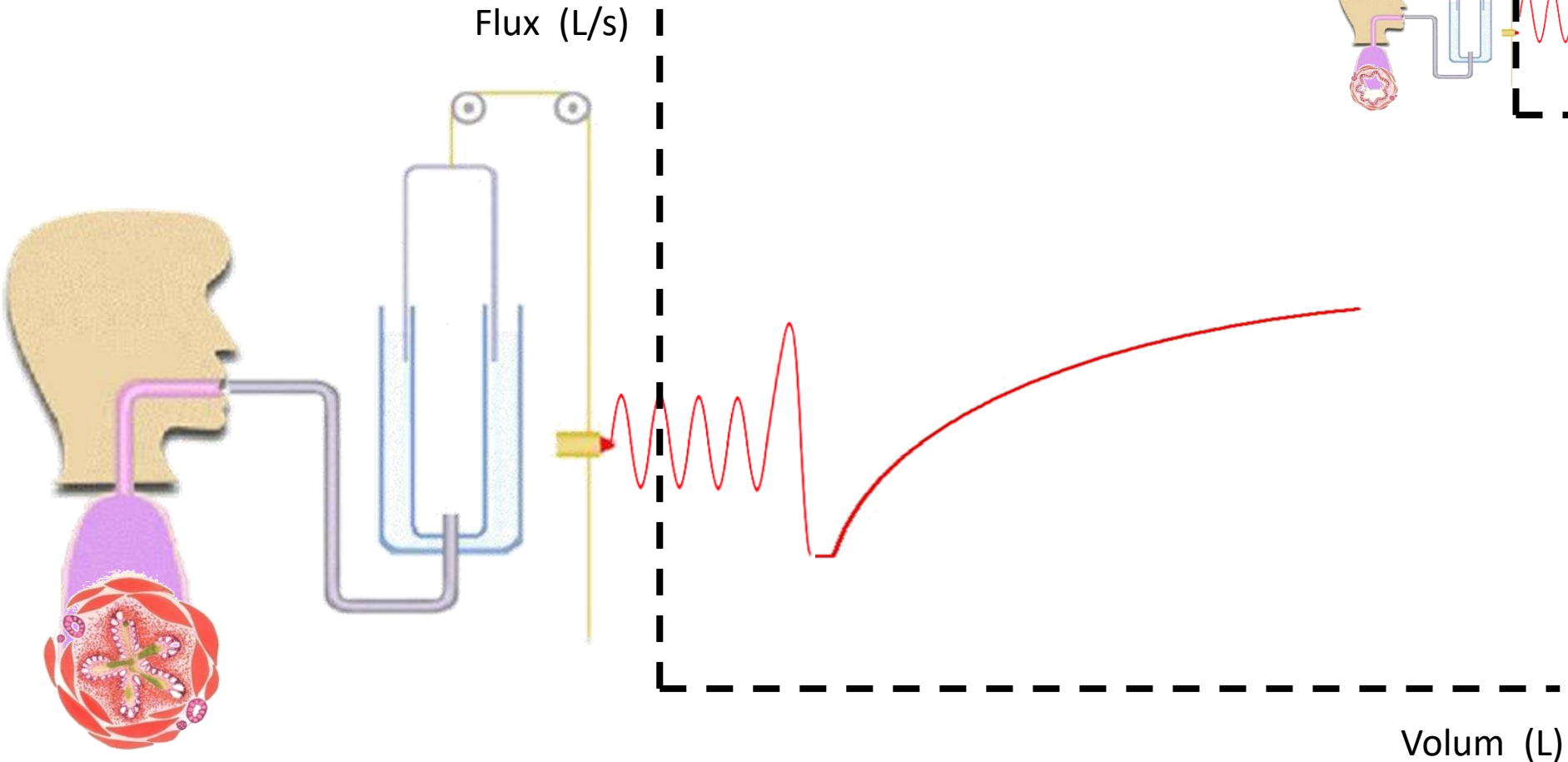
Espirometria **no obstructiva**

corba flux/volum

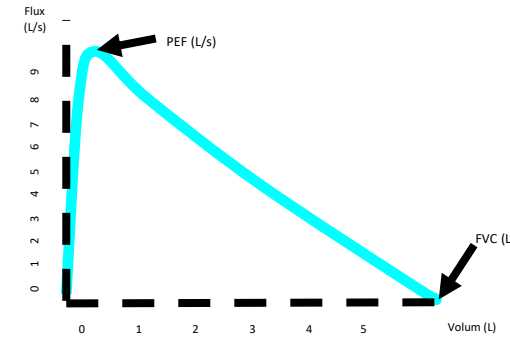
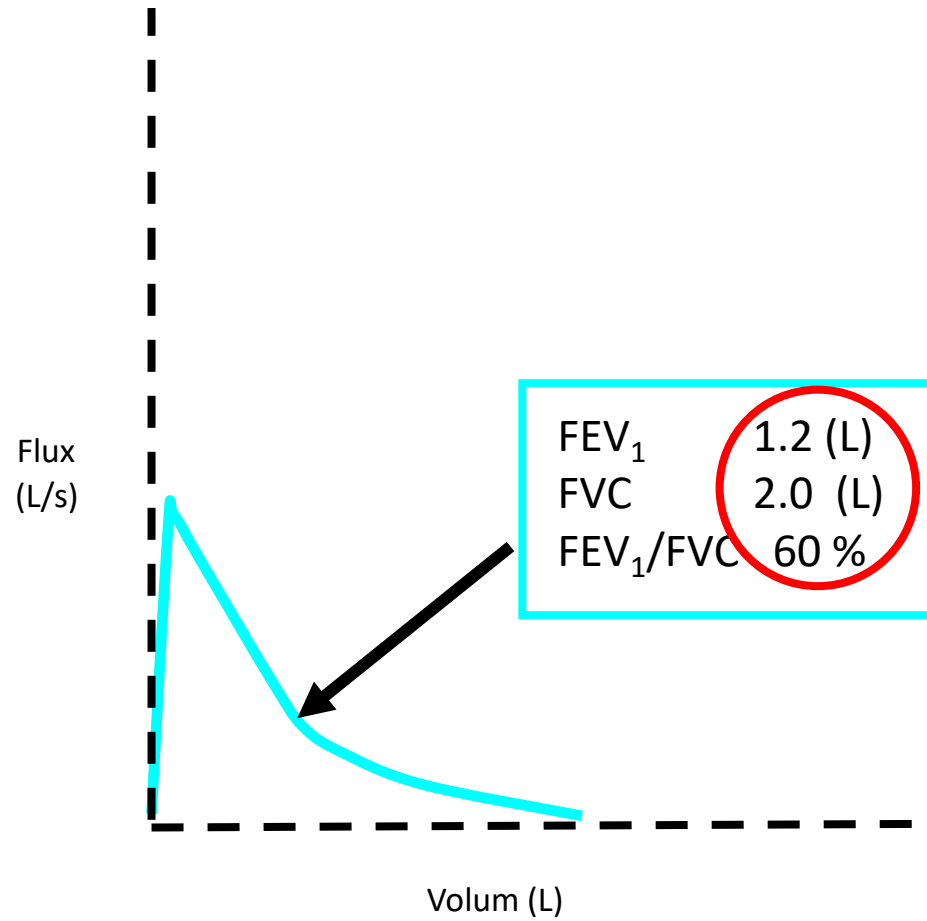


FEV ₁	1.5 (L)
FVC	1.9 (L)
FEV ₁ /FVC	79%

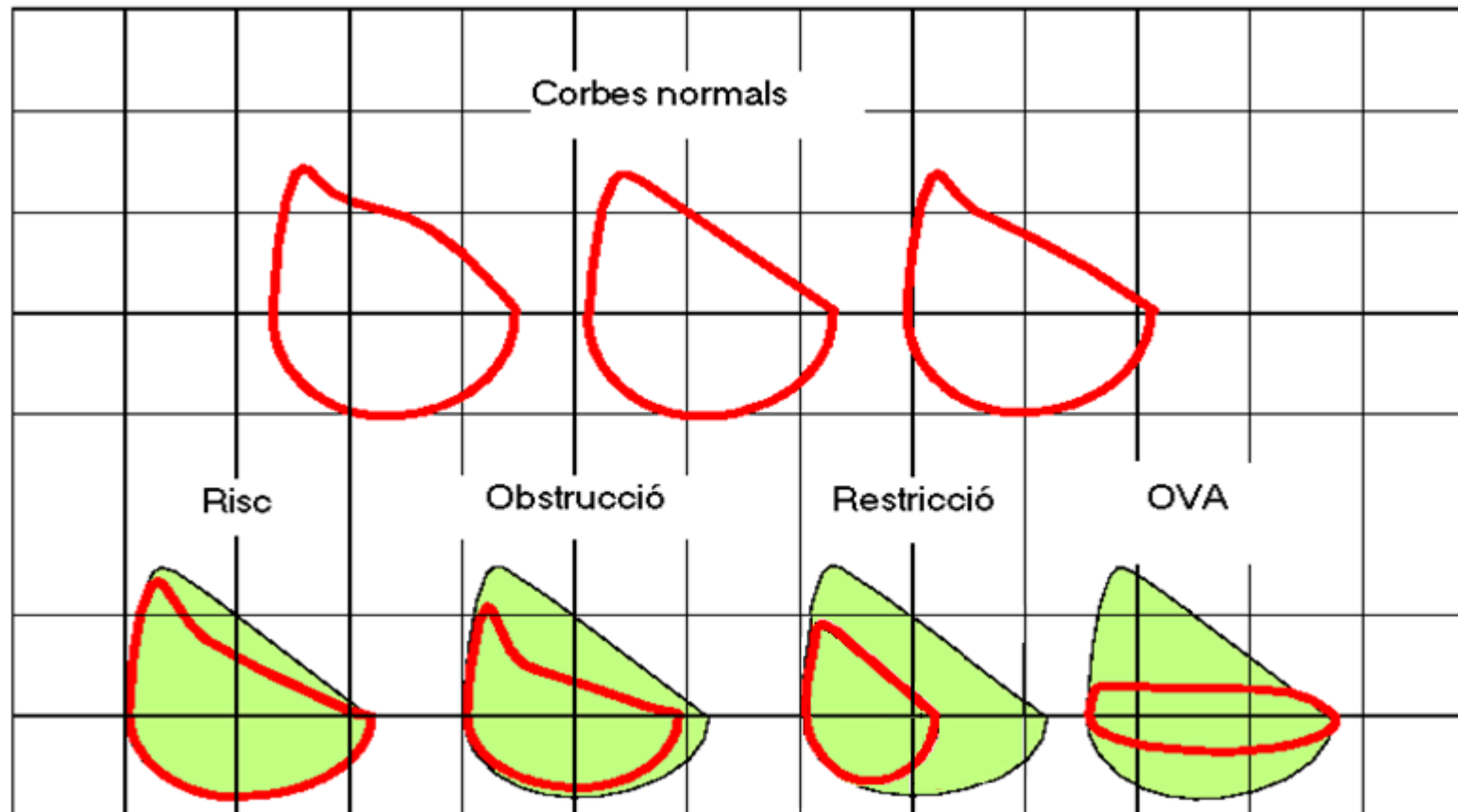
Espirometria **mixta**



Espirometria mixta



Morfologia de les corbes



- La diferència de valors entre les dues millors corbes (de com a mínim tres realitzades que compleixin criteris d'acceptabilitat) han de ser inferiors a 150ml tant en la FVC com en el FEV1

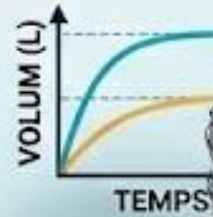
PARAMETRO	PRE.	REF	(%)	POST	(%)
Mejor FVC (l)	4.79	4.47	107	4.73	0
Mejor FEV1 (l)	3.98	3.49	114	3.95	0
FVC (l)	4.79	4.47	107	4.73	0
FEV1 (l)	3.98	3.49	114	3.94	0
FEV1/FVC (%)	83.03	79.84	104	83.26	0
PEF (l/s)	7.05	7.20	98	6.95	-1
FEF25%-75% (l/s)	3.72	3.52	106	3.74	1
FET100% (s)	2.51			5.91	81
FEV6 (l)	4.79			4.73	0
FEV1/FEV6 (%)	83.03			83.26	0
Indice EPOC(%)	0.00			0.00	
Edad del Pulmón	13.01			14.54	11

Reproductibilidad: FVC: Si, FEV1: Si

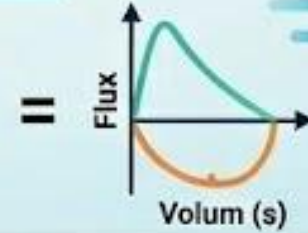
INTERPRETACIÓ D'UNA ESPIROMETRIA



CONCEPTES CLAU: PARÀMETRES PRINCIPALS



QUOCIENT FEV_1/FVC



PATRONS D'ESPIROMÈTRICS

PATRÓ NORMAL



DUBTES
SOBRE
EL PATRÓ?

PATRÓ OBSTRUCTIU (ex: EPOC, Asma)

PATRÓ RESTRICTIU (ex: Fibrosi Pulmonar)



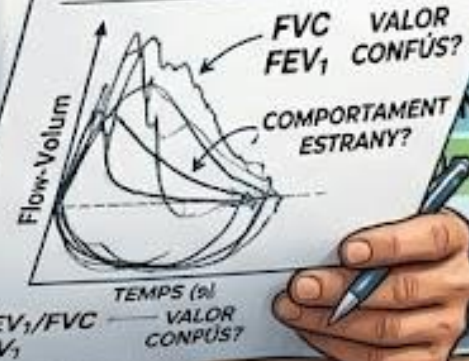
- $FVC < LIN$
- FEV_1/FVC és normal o augmentat
- $FEV_1 < LIN$ (proporcionalment baix amb la FVC)



Funció Pulmonar Normal

- $FEV_1/FVC \geq$ limit inferior normal (LIN) per adults o $> 0.7-0.8$
- $FVC \geq 80\%$ (o LIN)
- $FEV_1 \geq 80\%$ (o LIN)

SPIROMETRIY REPORT



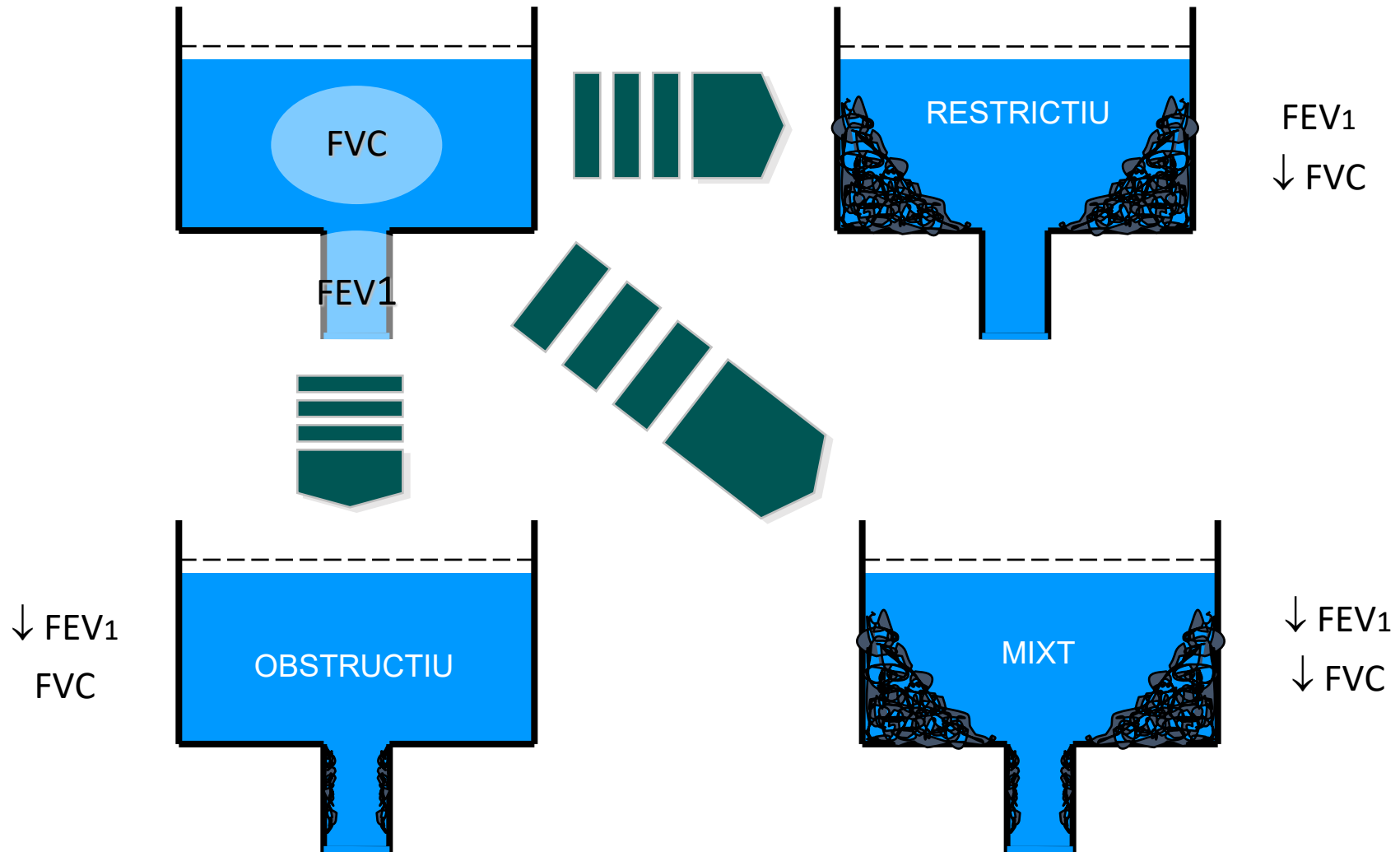
Volum Pulmo

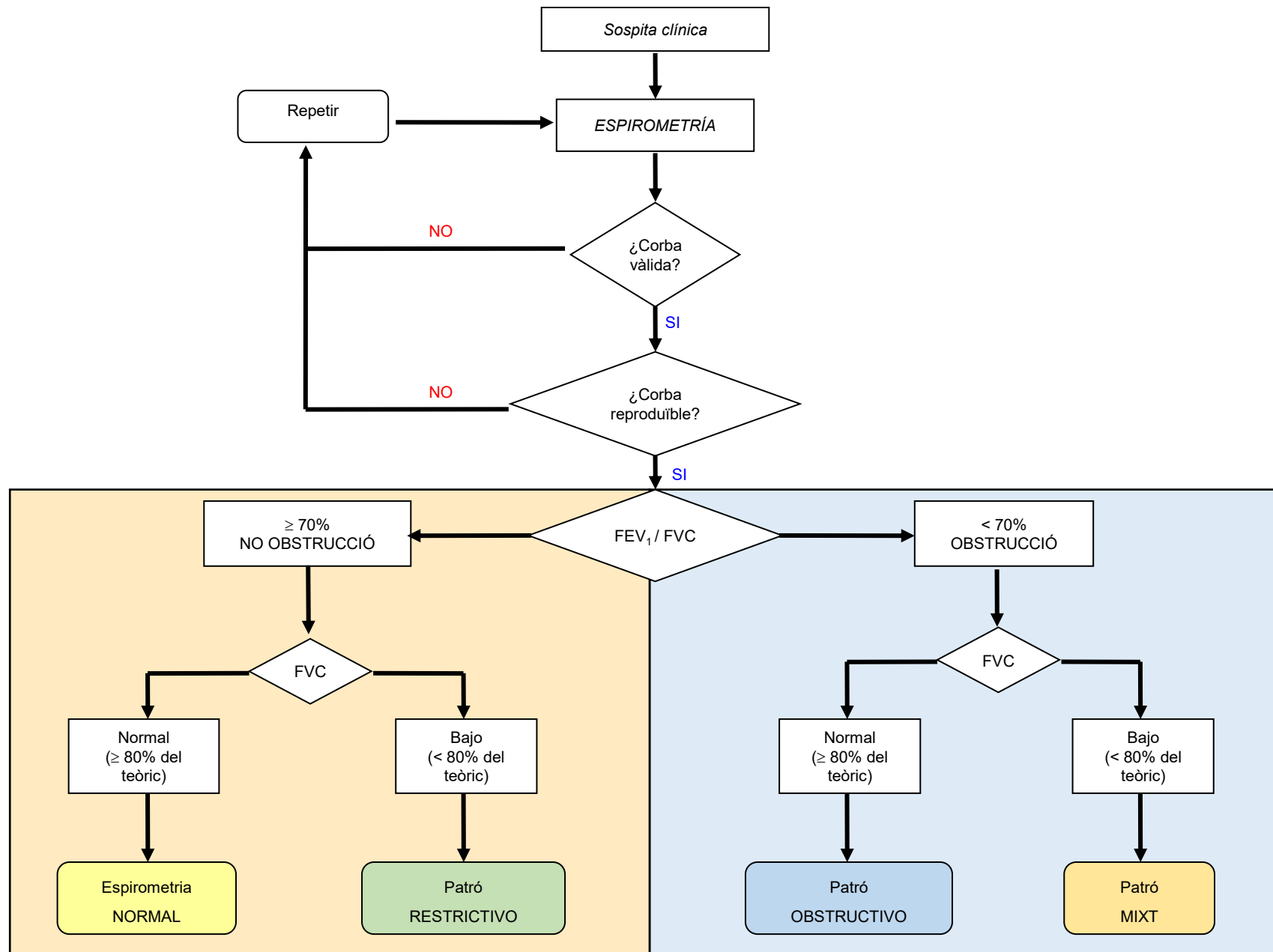
CONSIDERACION

INTER

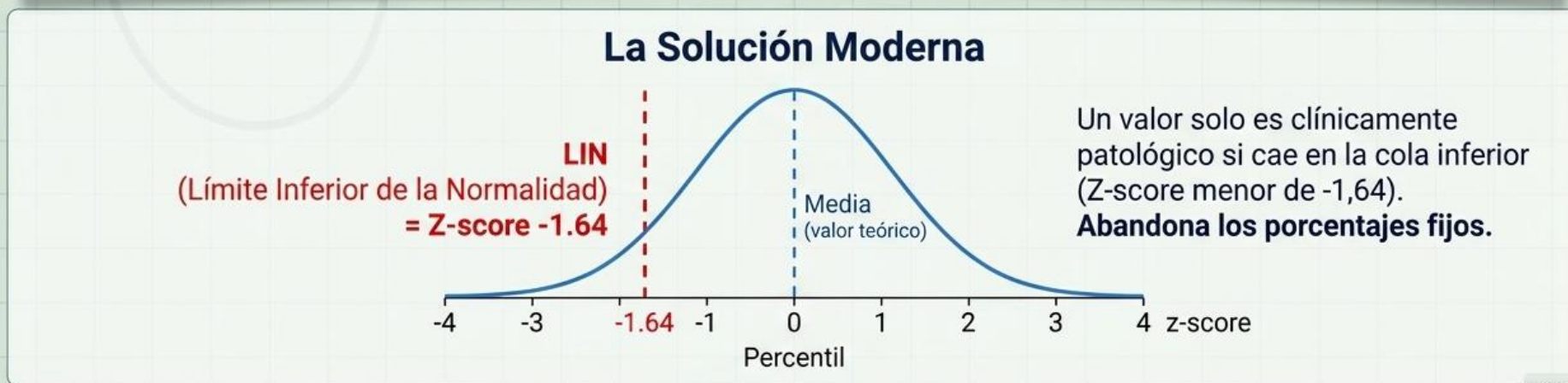
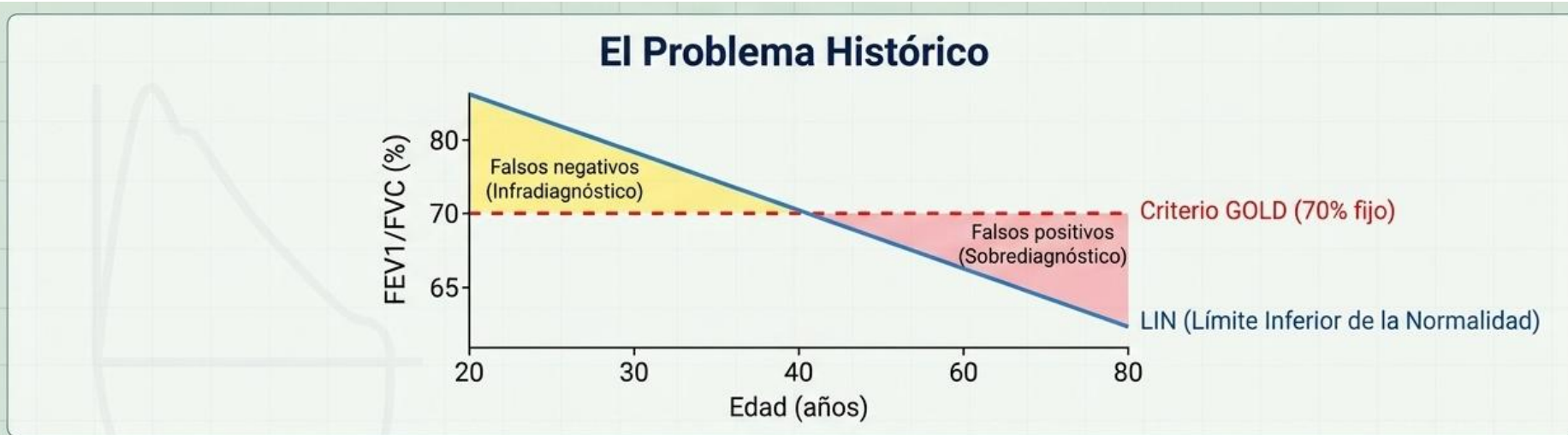


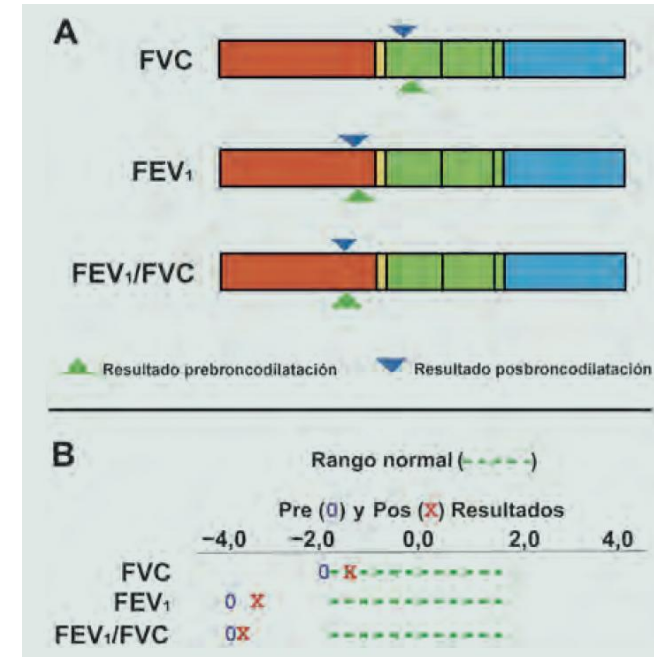
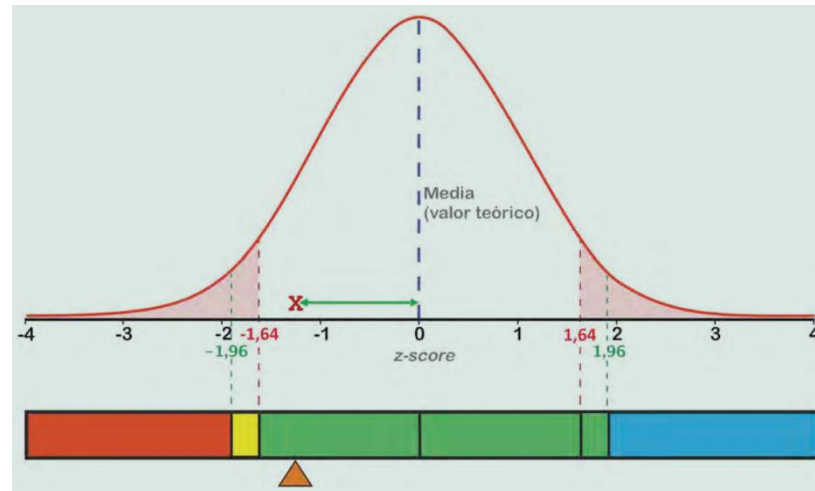
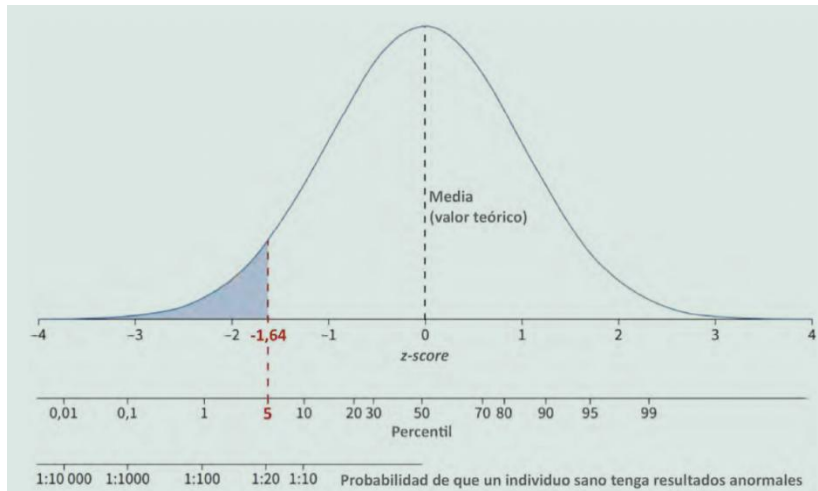
Teoria dels "lavabos"





Fi a la regla del 70%





Les ecuacions de la Global Lung Function Initiative (GLI) proporcionen valors de referència per al FEV₁, FVC, FEV₁/FVC i FEF25–75 basats en un model LMS (Lambda-Mu-Sigma) que ajusta la distribució de la funció pulmonar segons:

- Edat (3–95 anys)
- Gènere
- Alçada
- **Grup ètnic** (Caucàsico, Afroamericano, NE Asiàtic, SE Asiàtic, Otros)

$$Z = \frac{\left(\frac{\text{Medició}}{M}\right)^L - 1}{L \cdot S}$$

L (Lambda): coeficient d'asimetria; M (Mu): mediana; S (Sigma): coeficient de variació

El principal avantatge d'aquestes fórmules és que permeten una interpretació contínua i no lineal al llarg de la vida, evitant el biaix dels anteriors percentatges sobre els valors predits.

Què és Z score?

- Mesura estadística de dispersió
- Indica quantes desviacions estàndard s'allunya un valor de la mitjana

z	Percentilo
5	99,99997
4	99,99683
3	99,87
2	97,72
1,645	95,00
0	50,00
-1,645	5,00
-2	2,28
-3	0,13
-4	0,00317
-5	0,00003

GLI 2022

Interpretació professional del Z-score:

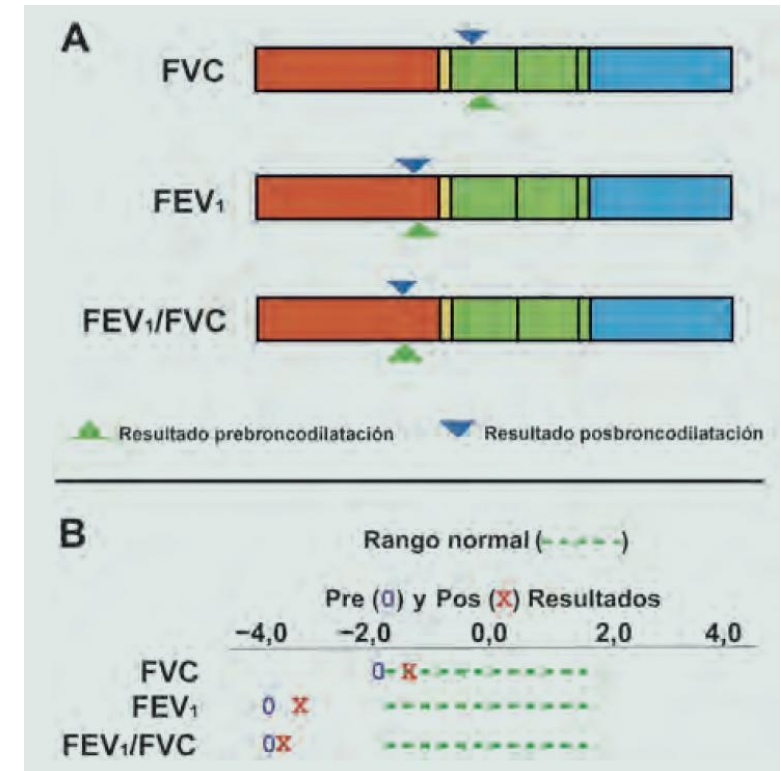
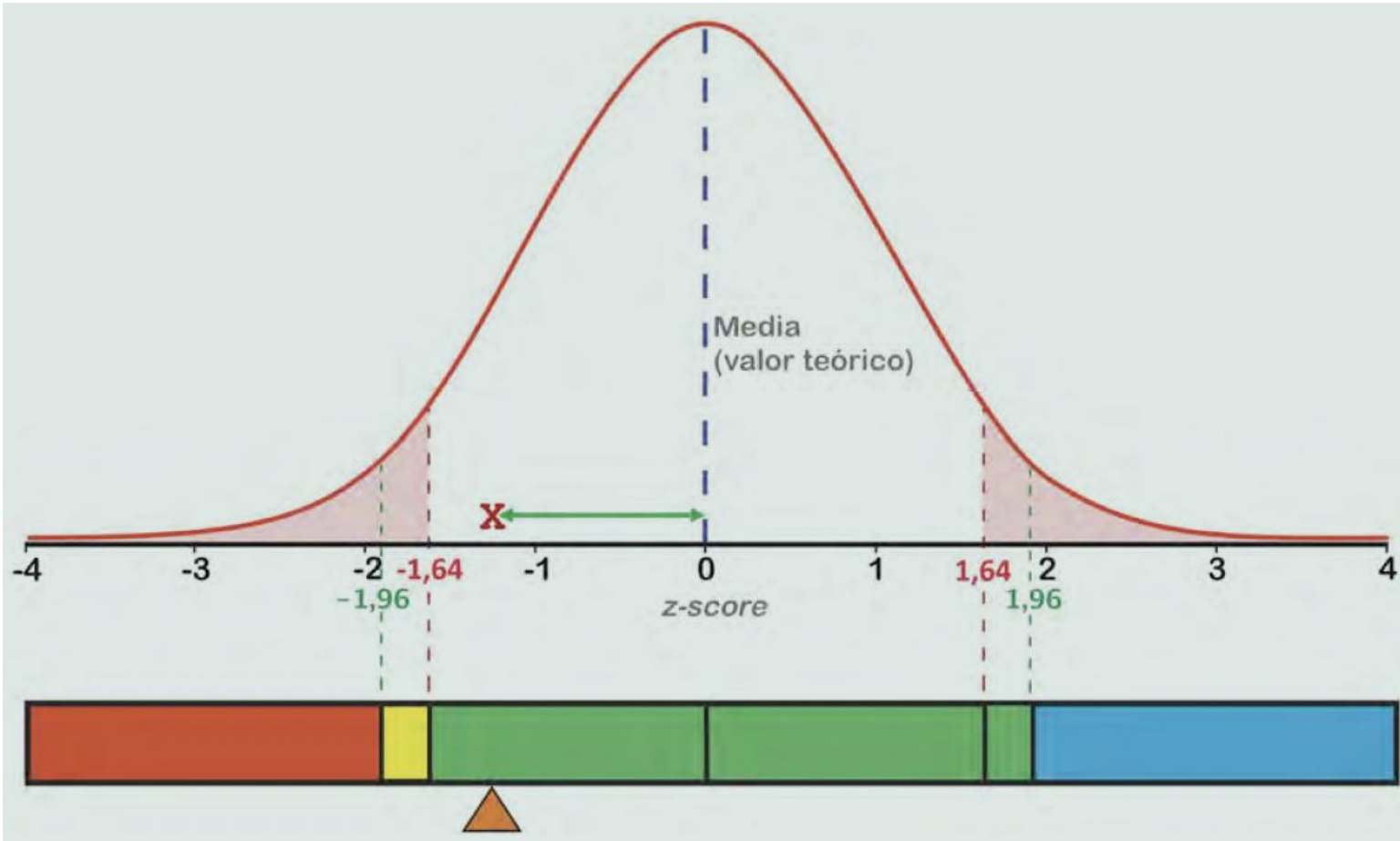
- 0: valor exactament en la mitjana de la població sana
- $-1,645$: límit inferior de la normalitat (LLN, percentil 5)
- $< -1,645$: valor anormalment baix
- $> +1,645$: valor anormalment alt (menys rellevant a l'espirometria)

GLI 2022

Perquè GLI és millor que el percentatge fix del predit

- Evita sobrediagnòstic d'obstrucció en nens petits i en gent gran.
- Evita infradiagnòstic en adults joves.
- Z-scores permeten comparacions longitudinals més precises.
- El LLN basat en percentil 5 és estadísticament sòlid, a diferència del punt de tall fixe del 70%.

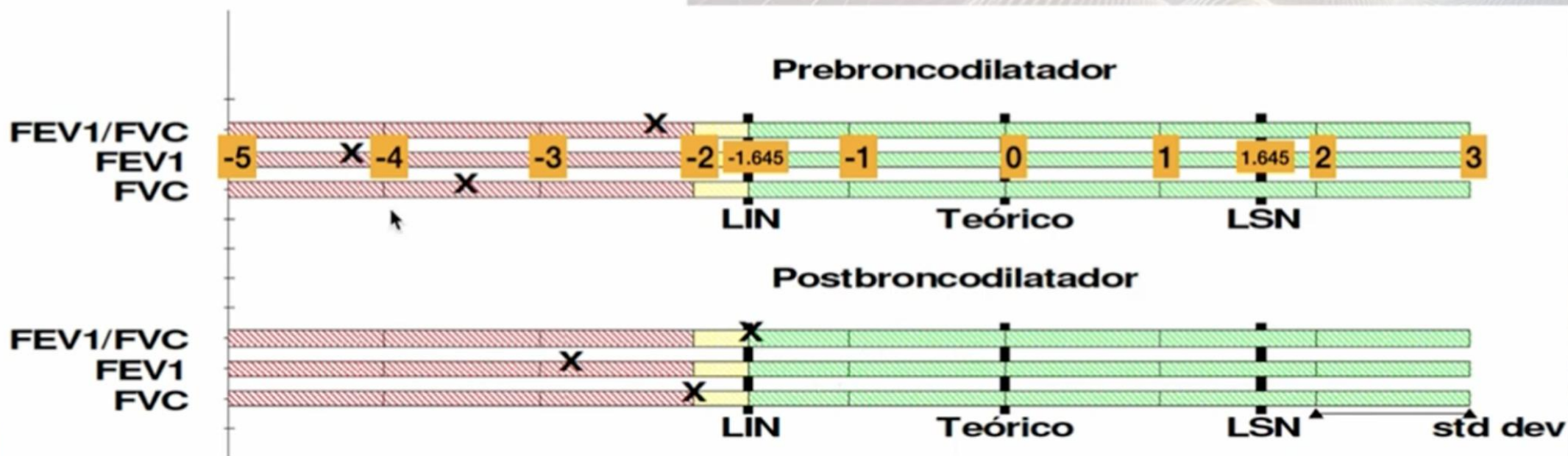
GLI 2022





Z score

--ESPIROMETRÍA--

	Pre BD				Post BD				
	<u>Teórico</u>	<u>Real</u>	<u>% Teórico</u>	<u>Z Score</u>	<u>Real</u>	<u>% Teórico</u>	<u>% Cambio</u>	<u>LIN</u>	<u>LSN</u>
FVC (L)	3,48	*2,04	*58	-3,48	*2,63	*75	+28	2,78	4,21
FEV1 (L)	2,92	*1,38	*47	-4,22	*1,92	*65	+38	2,34	3,49
FEV6 (L)	3,45	*2,03	*58	-3,69	*2,63	*76	+29	2,82	4,09
FEV1/FVC (%)	84	*68	*80	-2	73	86	+7	73	93
FEV1/FEV6 (%)	85	*68	*80	-3	*73	*85	+6	76	94
FEV1/SVC (%)	84								
FEF 25-75% (L/sec)	3,26	*0,93	*28	-3,63	2,30	70	+147	2,06	4,68
FIVC (L)		2,11			2,10		+0		
FEF50%/FIF50% (%)	90-100	49			146		+197		
Expiratory Time (sec)		7,16			7,40		+3		



GLI 2022

[Home](#) [Help](#) [LungTracker](#) [Contact](#)

CUSTOM CALCULATOR

Age (years) Height (cm)

Please enter to 1 decimal place if available

Male Female

Please consult the documentation for the units to use for each input

Spirometry

Ethnicity

Race-neutral

Caucasian

African American

North East Asian

South East Asian

Other/mixed

Measured values

PRE Bronchodilator	POST Bronchodilator
<input type="text" value="FEV1"/>	<input type="text" value="FEV1"/>
<input type="text" value="FEV0.75"/>	<input type="text" value="FEV0.75"/>

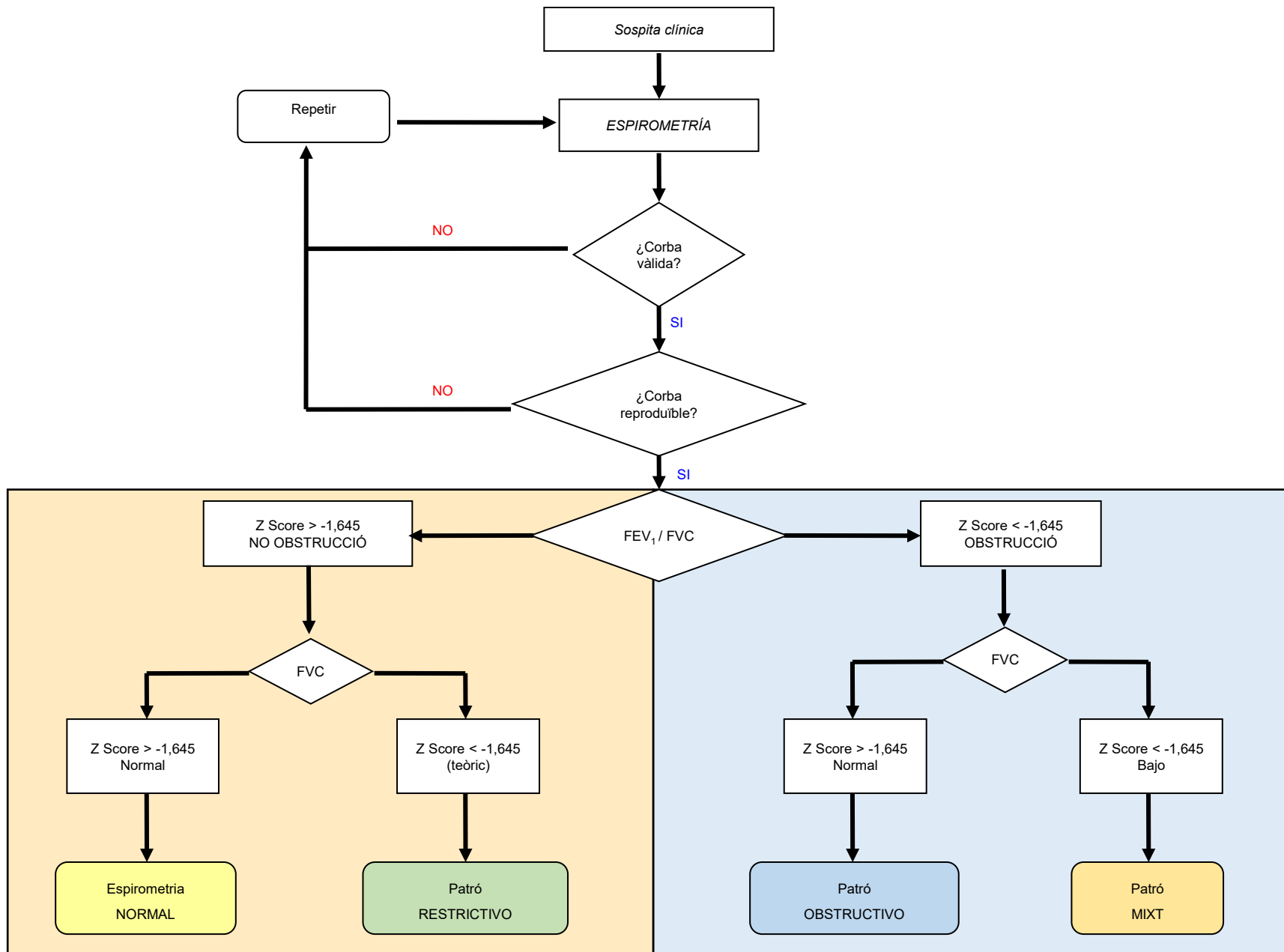
Welcome to the Global Lung Function Initiative calculators for Spirometry, TLCO and Lung volume.

[Click here](#) for more information on each calculator and [Click here](#) for Help and more information on how to obtain calculations for single and multiple records and how to access our API. [Click here](#) to use our new Lung Function Tracker for longitudinal analysis.

Print Copy CSV Excel

Calculator	Index	Measured	Predicted	Z-Score	LLN	ULN	% Predicted	BDR % Change
Spirometry - pre-BD	FEV1							
	FVC							
	FEV1/FVC							
	FEF25-75							
	FEV0.75							
Spirometry - post-BD	FEV1							
	FVC							
	FEV1/FVC							
	FEF25-75							
	FEV0.75							

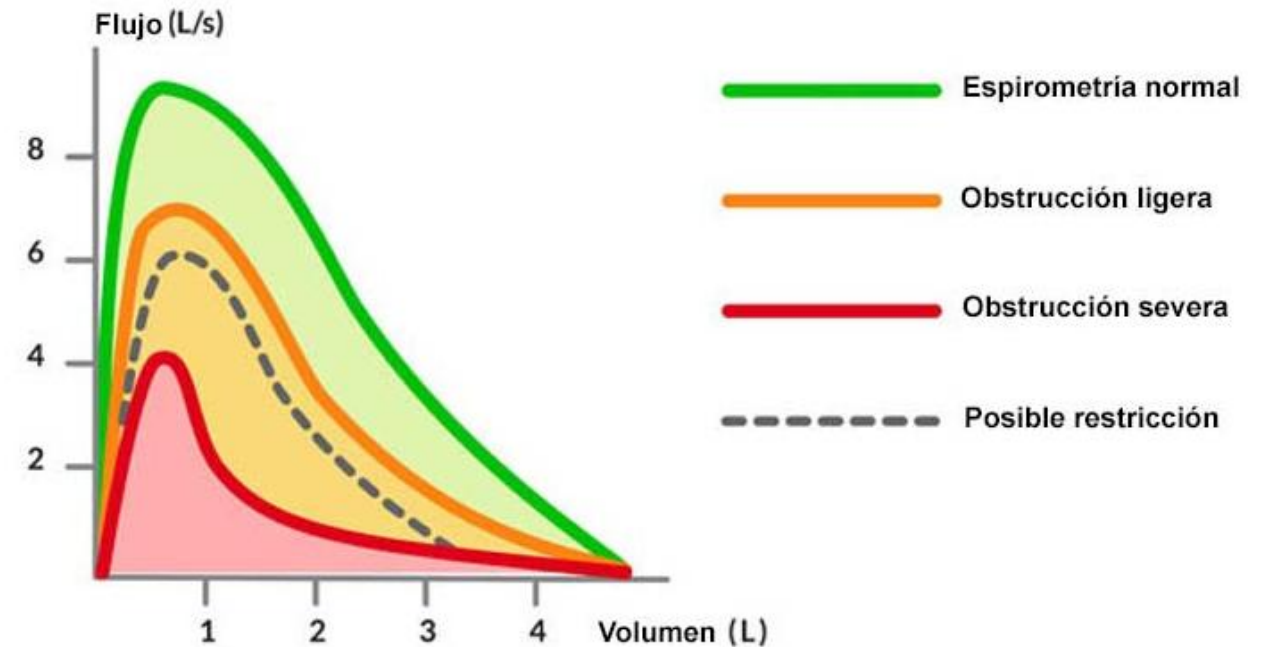
<https://gli-calculator.ersnet.org>



GLI 2022

Gravetat de l'obstrucció segons FEV1

- Lleu: Z score entre -2,5 i -1,645
- Moderada: z score entre -2,5 i -4,0
- Greu: Z score < -4,0

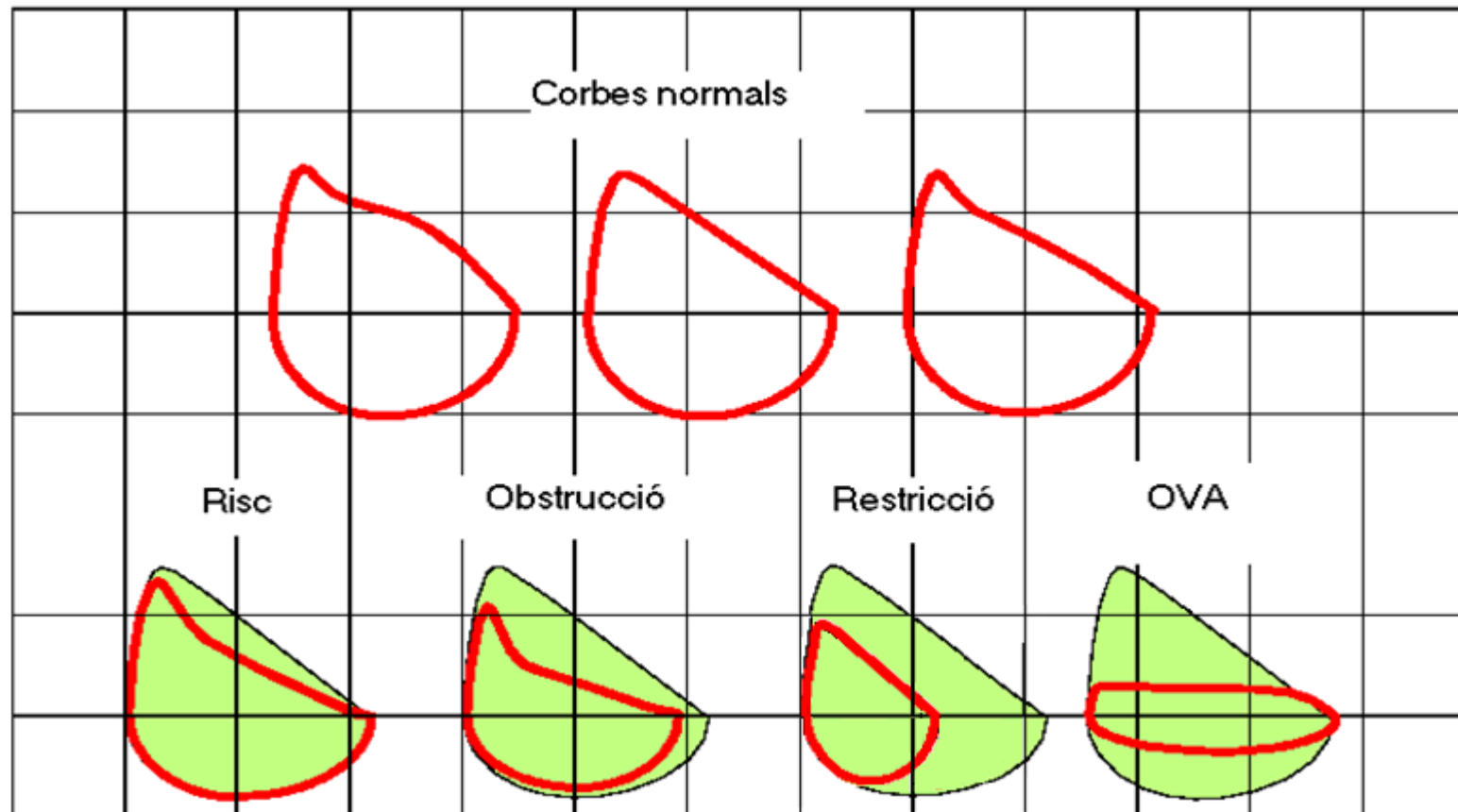


Com interpretar una espirometria?

1. Morfologia de les corbes
2. Paràmetres numèrics
3. Valoració de la gravetat
4. PBD

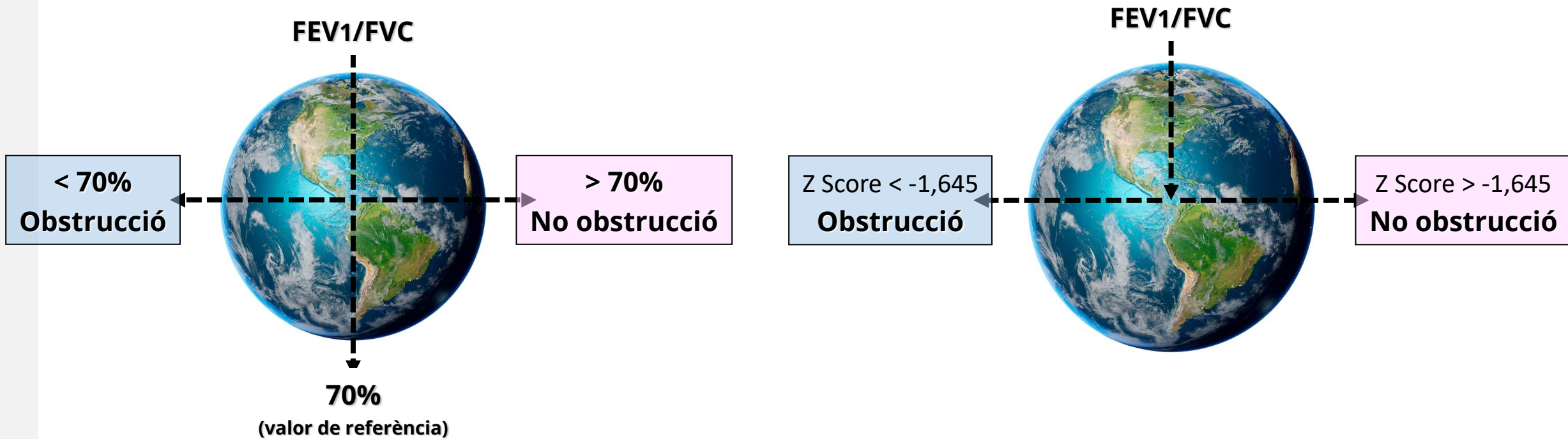
1

Morfologia de les corbes



2

Paràmetres numèrics



Patrons espiromètrics

Patró	FEV ₁ /FVC	FVC*	FEV ₁ **
NORMAL	> 70%	normal	normal
OBSTRUCCIÓ	< 70%	normal	
RESTRICCIÓ	> 70%	baixa	
MIXT	< 70%	baixa	

*FVC normal >80% valor de referència

**FEV₁ normal >80% valor de referència

Patrons espiromètrics

Patró	FEV ₁ /FVC	FVC*	FEV ₁ **
NORMAL	> 70%	normal	normal
OBSTRUCCIÓ	Z Score < -1,645	normal	
RESTRICCIÓ	Z Score > -1,645	baixa	
MIXT	Z Score < -1,645	baixa	

*FVC normal >80% valor de referència

**FEV₁ normal >80% valor de referència

3

Criteri de gravetat

TABLE 6 Severity of any spirometric abnormality based on the forced expiratory volume in one second (FEV₁)

Degree of severity	FEV ₁ % predicted
Mild	>70
Moderate	60–69
Moderately severe	50–59
Severe	35–49
Very severe	<35

Pellegrino R, Viegi G, Enright P, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F. et al. Eur Respir J. 2005;26:948–68.

Gravetat de l'obstrucció	Z - score
Lleu	-2,5 i -1,645
Moderada	-2,5 i -4,0
Greu	< -4,0

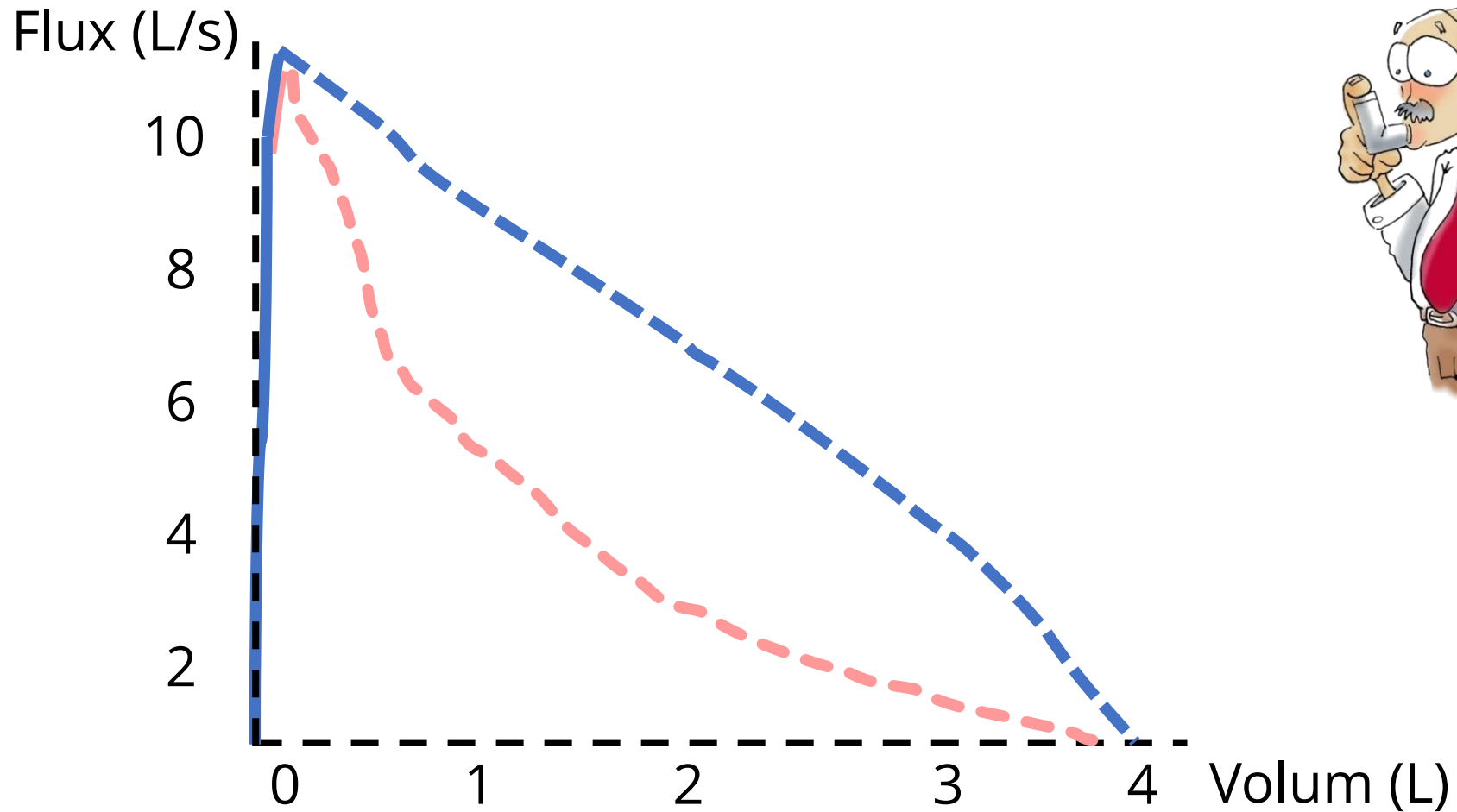
4

PBD

Aplicar **4** inhalacions de **salbutamol** (400 mcg) o
2 inhalacions de **terbutalina** (1000 mcg) o
administrat amb càmera a intervals de 30 segons
i repetir la prova als 15 minuts.

Alternativa: **8** inhalacions de **bromur d'ipratropi** (160 mcg)
i repetir la prova als 30 minuts.

Reversibilitat (PBD) 15-30 minuts



4

PBD

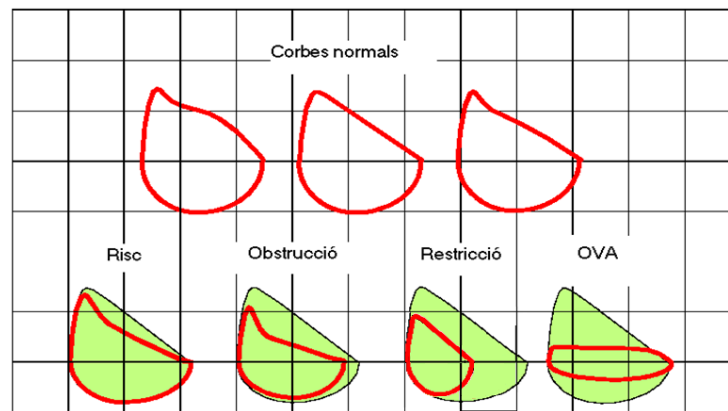
Aplicar **4** inhalacions de **salbutamol** (400 mcg) o
2 inhalacions de **terbutalina** (1000 mcg) o
administrat amb càmera a intervals de 30 segons
i repetir la prova als 15 minuts.

Alternativa: **8** inhalacions de **bromur d'ipratropi** (160 mcg)
i repetir la prova als 30 minuts.

Test positiu si:

- Millora absoluta $\geq 10\%$ del teòric FEV1 o FVC

1 Valorar el patró



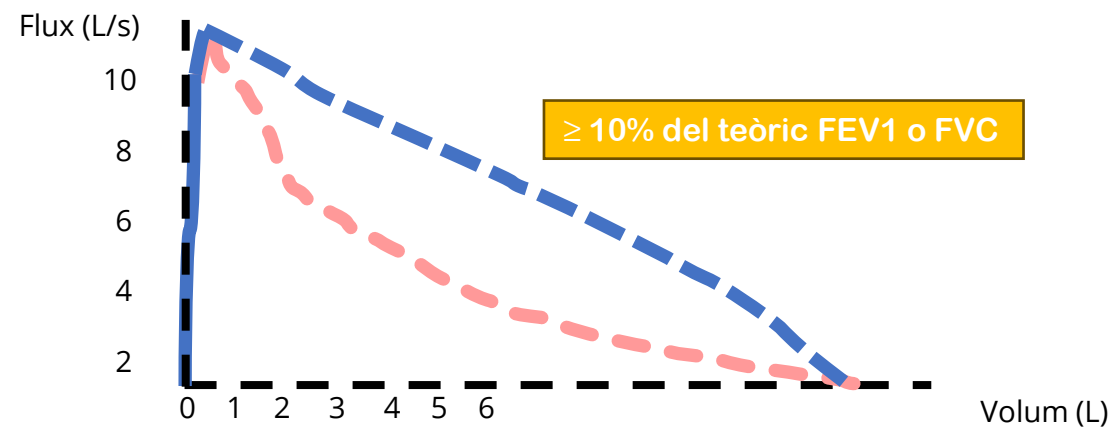
Z score < -1,645

2 Valorar la gravetat

Grado de severidad FEV ₁	% pred
• Leve	> 70
• Moderada	60 - 69
• Moderadament severa	50 - 59
• Severa	35 - 49
• Muy severa	< 35

Gravetat de l'obstrucció	Z - score
Lleu	-2,5 i -1,645
Moderada	-2,5 i -4,0
Greu	< -4,0

3 Valorar la PBD



espai 

Moltes gràcies

