
Spirometrie-onderzoek

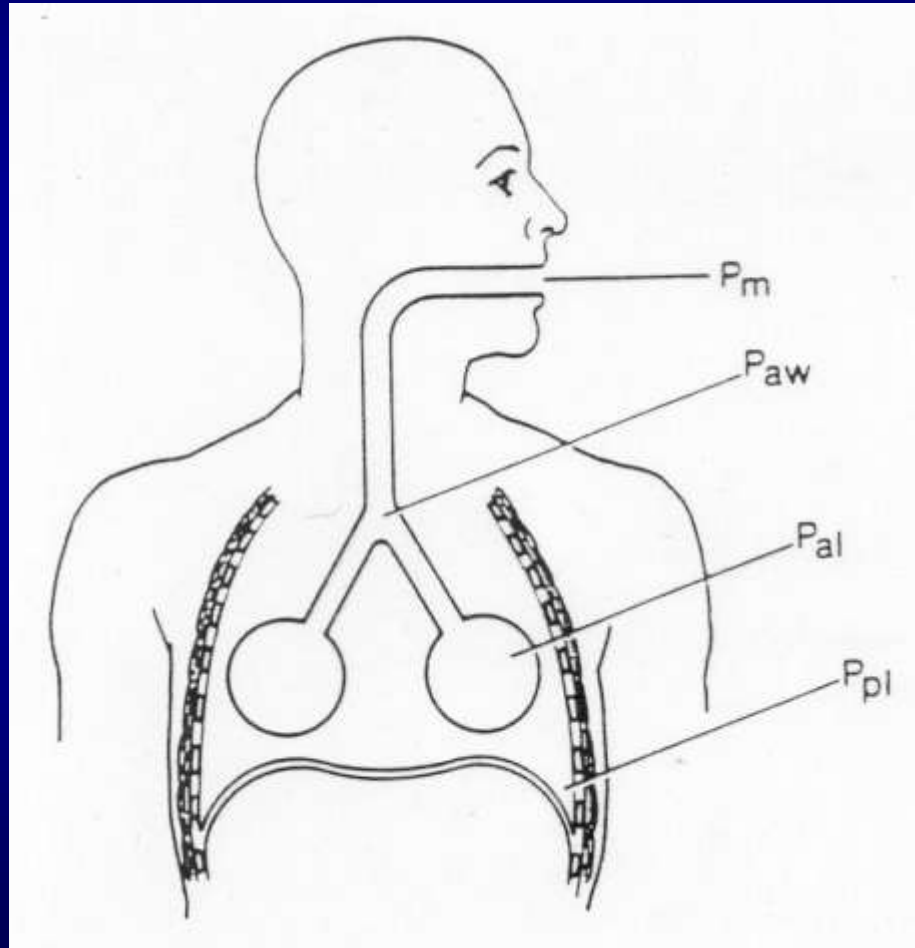
Prof. Ellie Oostveen, longfysioloog

Dienst Longziekten

Universitair Ziekenhuis Antwerpen

ellie.oostveen@uza.be

Ademhalingssysteem



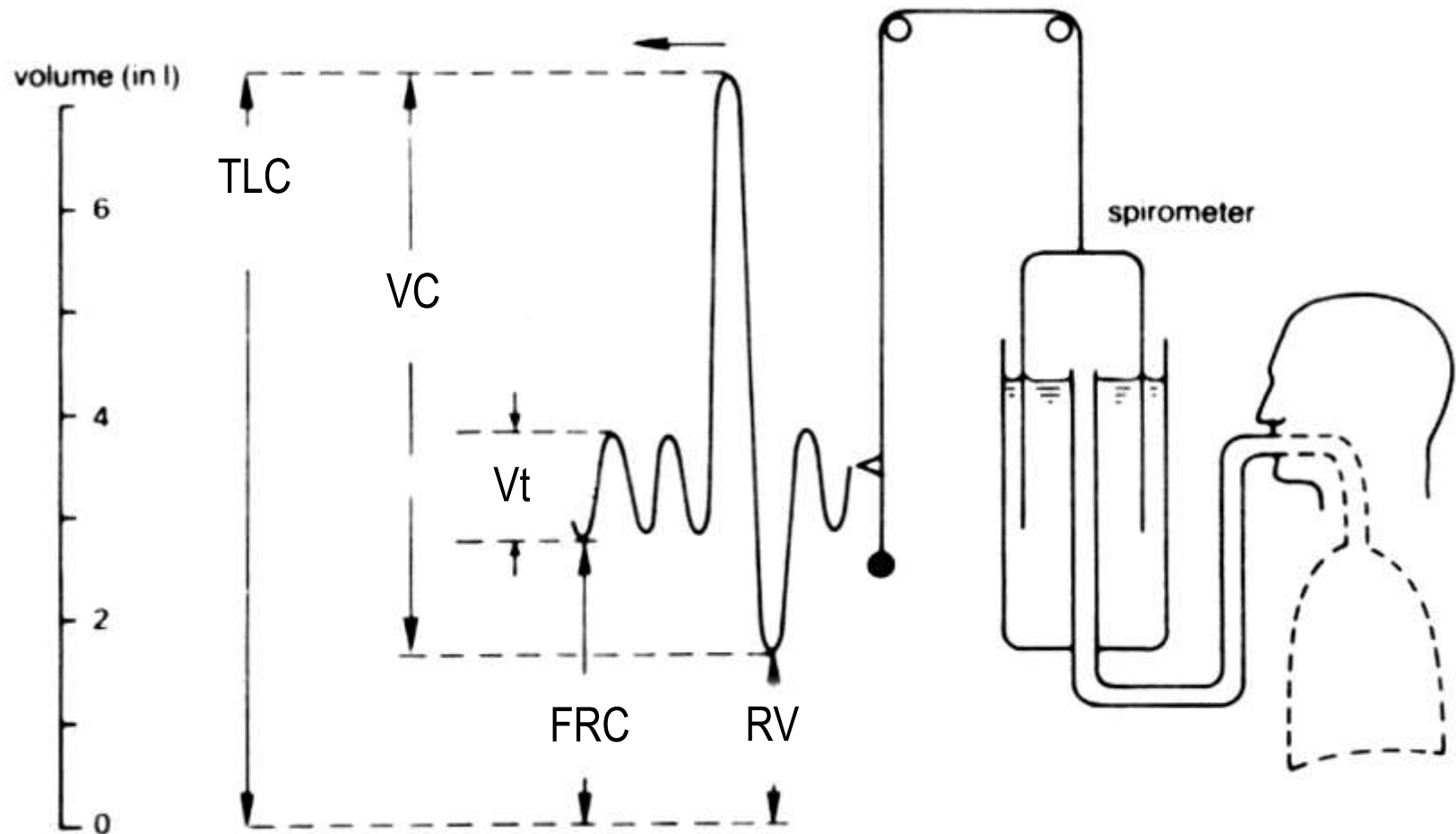
Longfunctietests

- Luchtwegvernaauwing of beperkte ademreserves:
 - Obstructie vs. Restrictie $\Rightarrow$ **Spirometrie**
- Longvolumes
 - Helium-inwas/ N₂-uitwas
 - Bodyplethysmografie
- Gastransport over aveolocapillaire membraan
 - CO-diffusiemeting
- Inspanningsgebonden afwijkingen?
 - Ergometrie

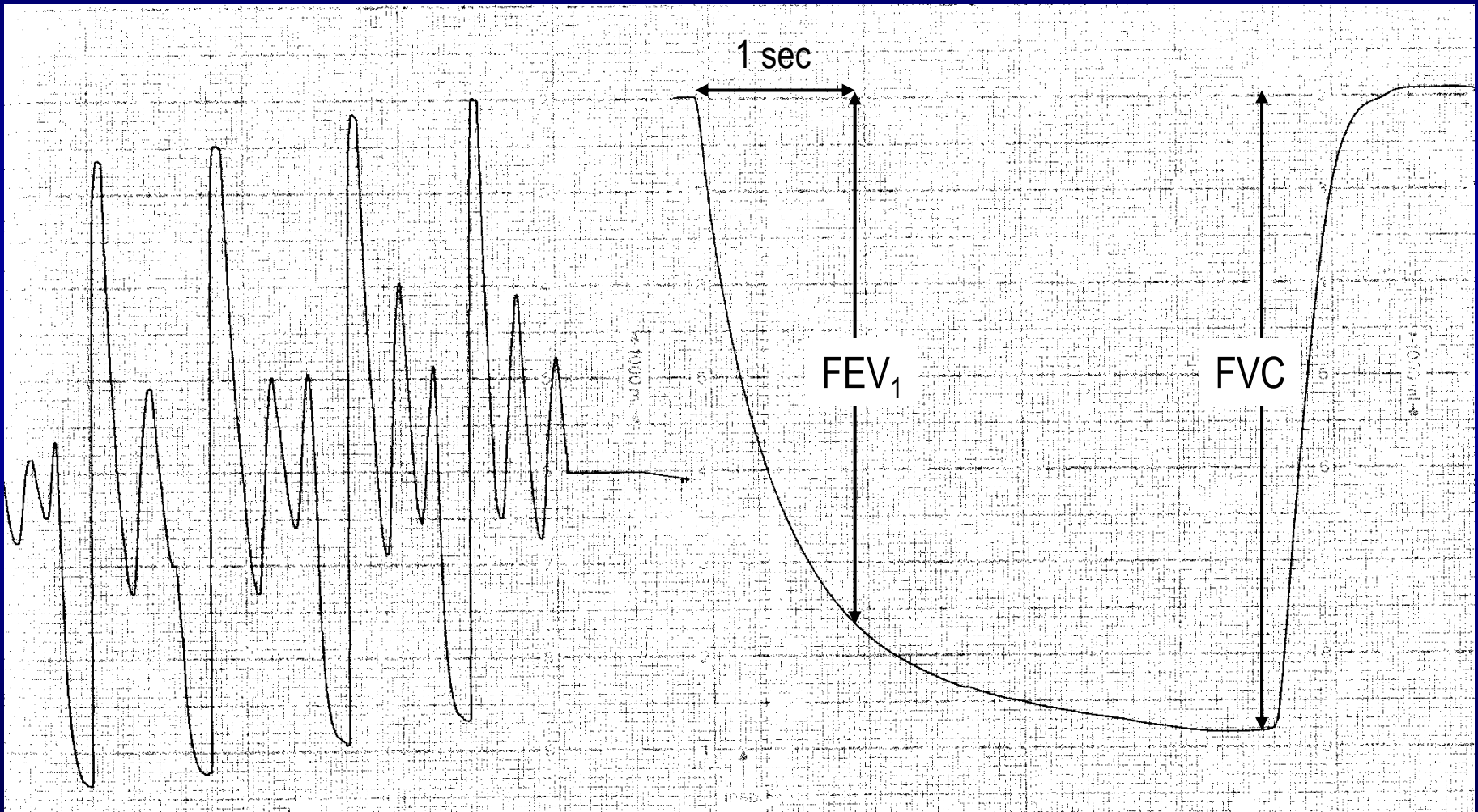
Indicaties voor longfunctie-onderzoek

- Diagnostiek longaandoeningen
- Evaluatie behandeling
- Pre-operatieve risicobepaling
- Expertise activiteiten/keuringen

Spirometrie



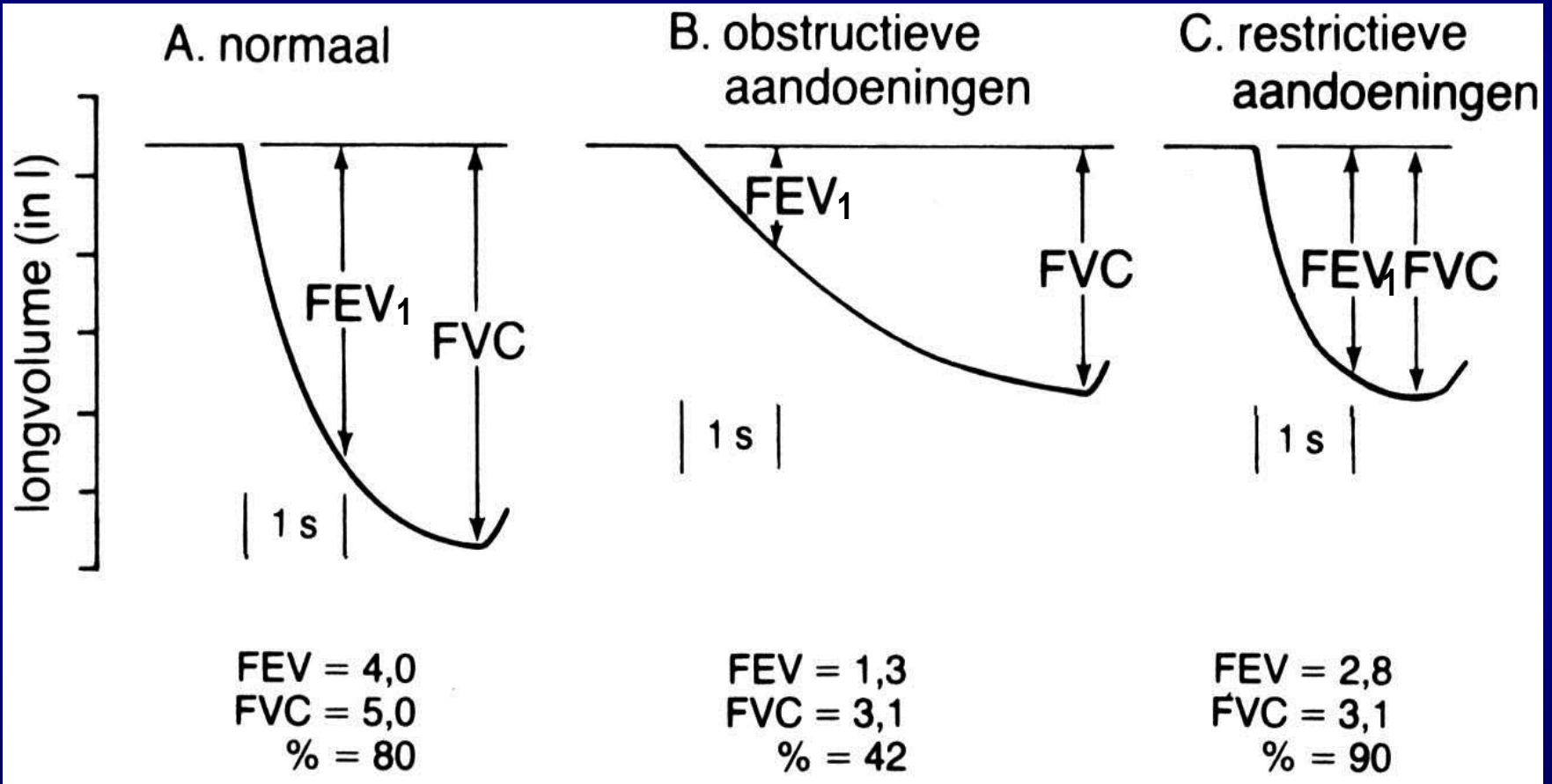
Spirometrie: (I)VC, FVC



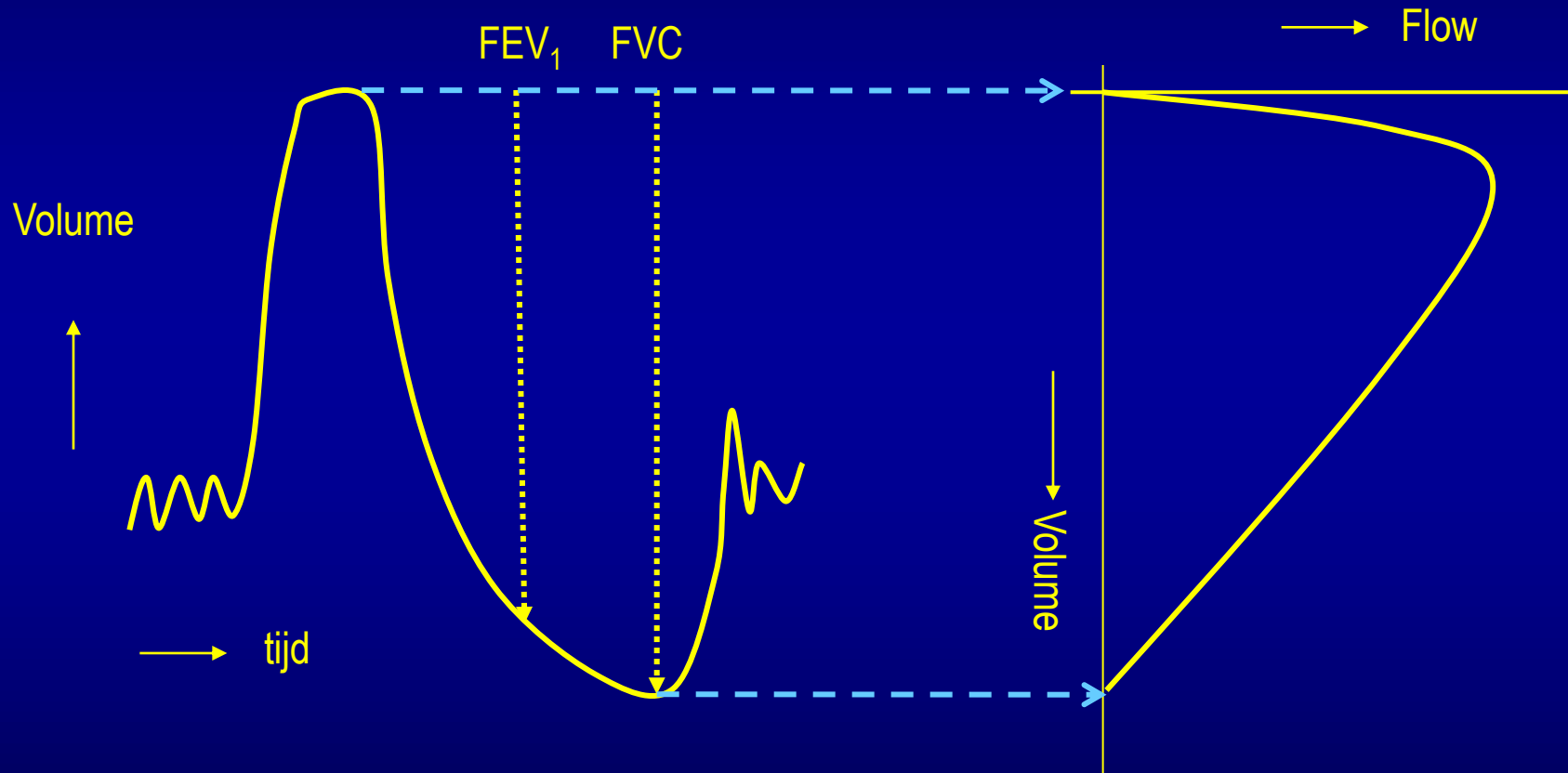
Spirometrie

- VC: maximale hoeveelheid lucht die in een teug verplaatst kan worden (FVC, IVC; liter)
maat voor “ademreserve”
- FEV₁: maximale hoeveelheid lucht die in één seconde uitgeademd kan worden (ESW; liter)
- FEV₁/VC: maat voor luchtwegobstructie

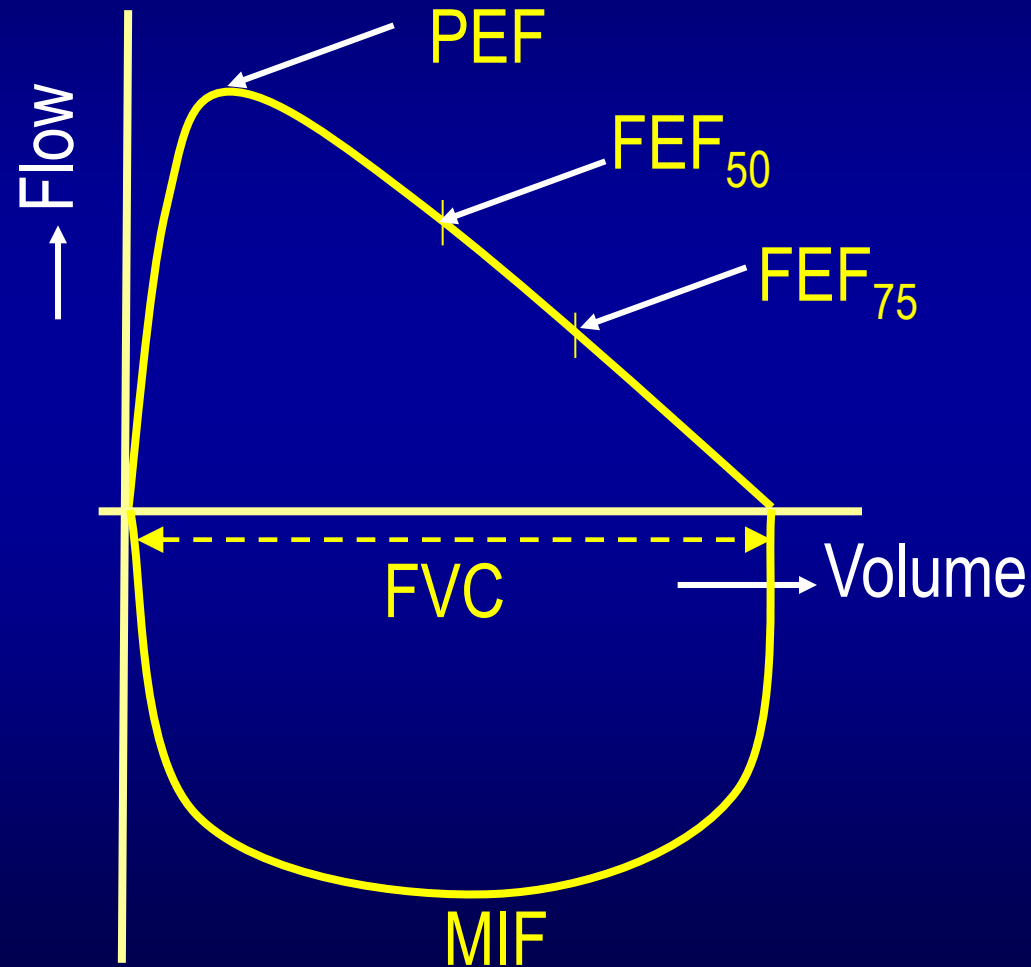
Spirometrie



Spirometrie: MEFV

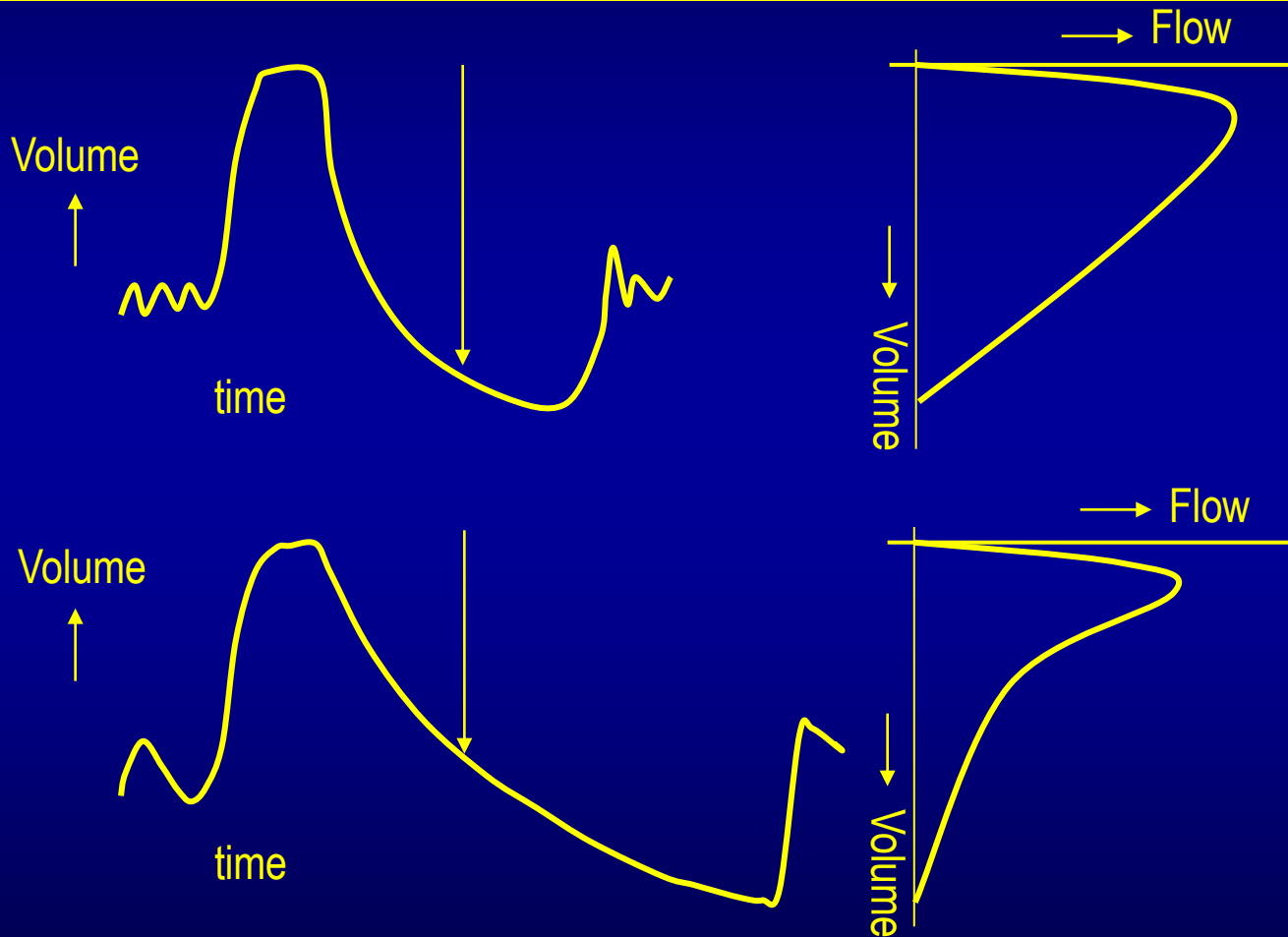


Spirometrie: MEFV-MIFV

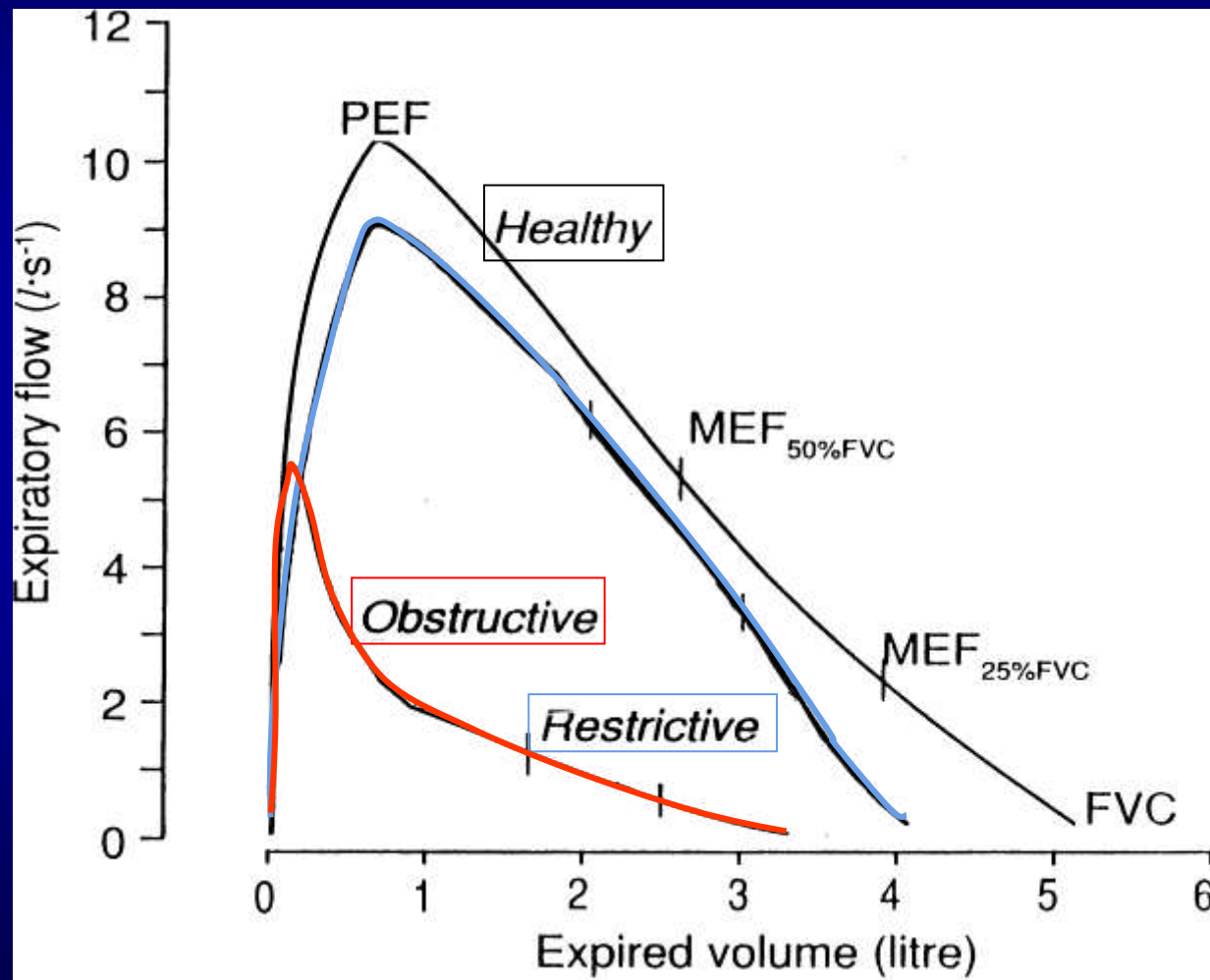


- IVC: maximaal diepe inademing na volledige uitademing
- FVC: maximaal snelle, krachtige en verre uitademing na volledige inademing
- FEV1 (ESW): maximale hoeveelheid lucht die in een seconde kan worden uitgeademd na volledige inademing
- FIV1: maximale hoeveelheid lucht die in een seconde kan worden ingeademd na volledige uitademing
- FEV1/IVC: Tiffeneau-index
- PEF: piekstroom, piekflow, piek expiratoire flow (na volledige inademing)
- FEF50: maximale expiratoire flow op het punt waarbij de helft van de lucht is uitgeademd
- FEF75: maximale expiratoire flow op het punt waarbij de driekwart van de lucht is uitgeademd

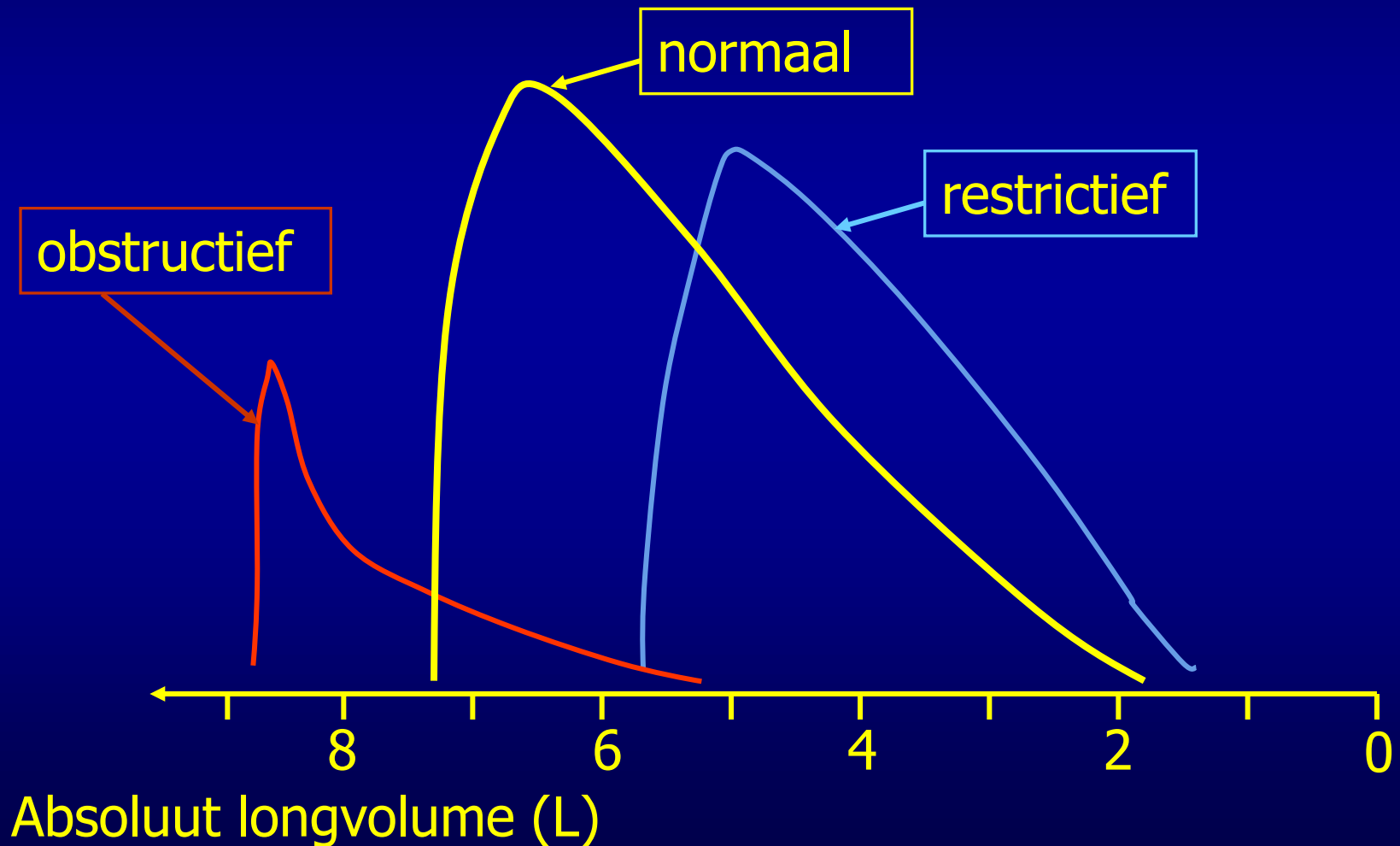
Spirometrie: MEFV



Spirometrie: MEFV



FV-curve vs. absoluut longvolume



Diagnostiek

- Obstructieve longziekten:
 - astma
 - COPD (chronische bronchitis, emfyseem)
- Restrictieve longziekten:
 - extrapulmonaal (thoraxwand, neuromusculair)
 - pulmonaal (longfibrose, longresectie)

Oorzaken **obstructief** gestoorde longfunctie

Chronische of wisselende bronchusobstructie

- Ziektebeelden:
- chronische obstructieve bronchitis
 - emfyseem
 - bronchiaal astma

Oorzaken **restrictief** gestoorde longfunctie

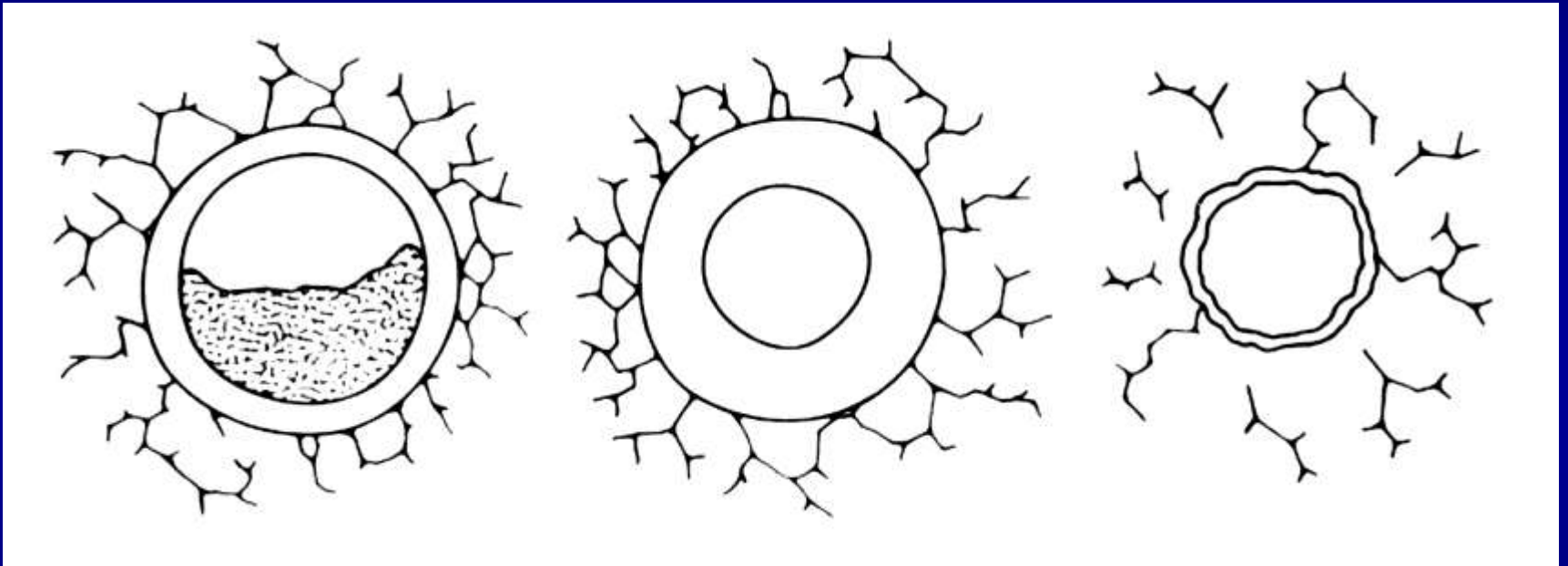
Aantasting van het longparenchym

- Ziektebeelden:
- longfibrose
 - pneumectomie / lobectomie
 - atelactase

Aantasting respiratoire spieren of thoraxwand

- Ziektebeelden:
- (beperkte coöperatie)
 - diafragmaparalyse
 - kyfoscoliose

Luchtwegvernauwing



Chronisch bronchitis

Astma

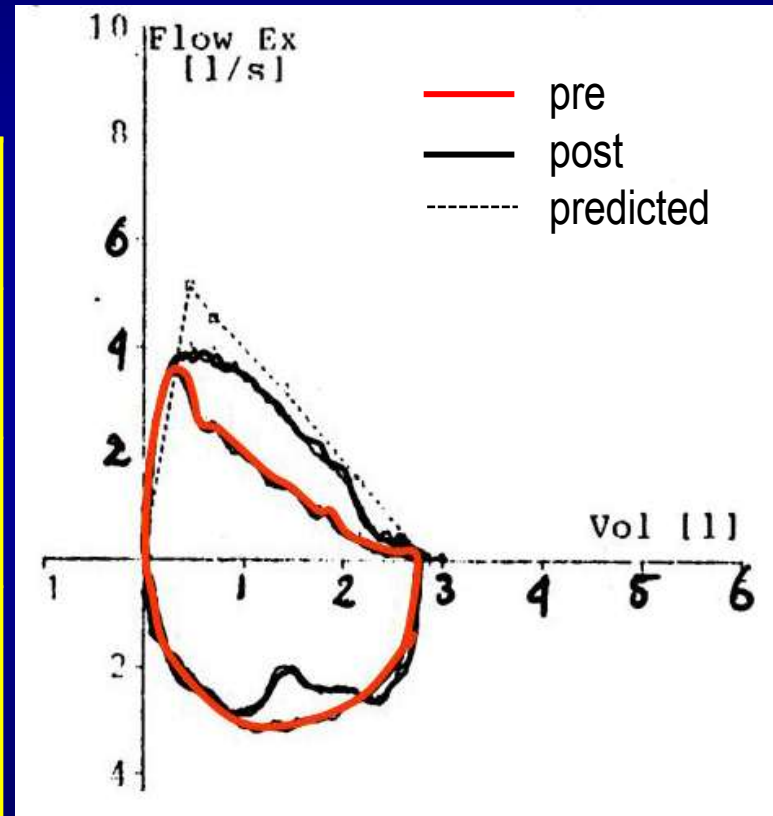
Emfyseem

Astma

- Kenmerk:
 - ontsteking in de luchtwegen
 - bronchiale hyperreactiviteit
 - wisselende bronchusobstructie
- prikkels die leiden tot bronchospasme
 - Aspecifiek (histamine, methacholine, ATP)
 - fysiologische (inspanning, droge/koude lucht)
 - allergenen (huisstofmijt, pollen etc...)

Jongen (9 jr, 1.48m, 34 kg)

	pred	pre	% pred	post	%pred
VC (L)	2.88	2.74	94 %p	3.17	107%p
ESW (L)	2.44	1.77	76 %p	2.39	97 %p
ESW/VC (%)	84	68		77	

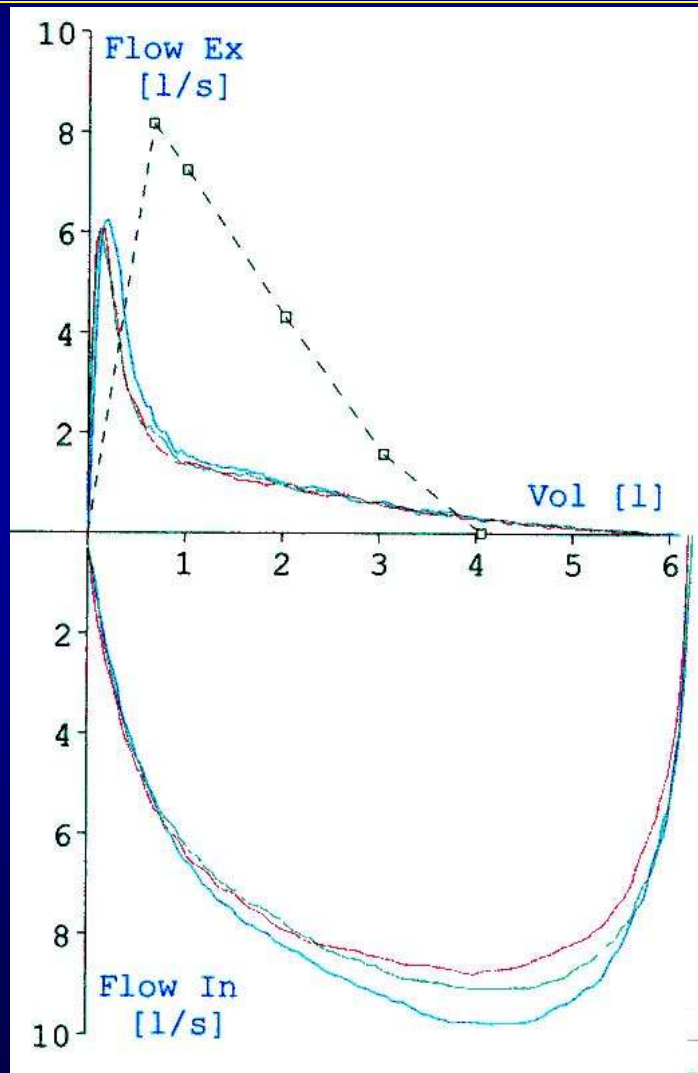


Verandering ESW na salbutamol: $0.62/1.77 = 35\%$

COPD

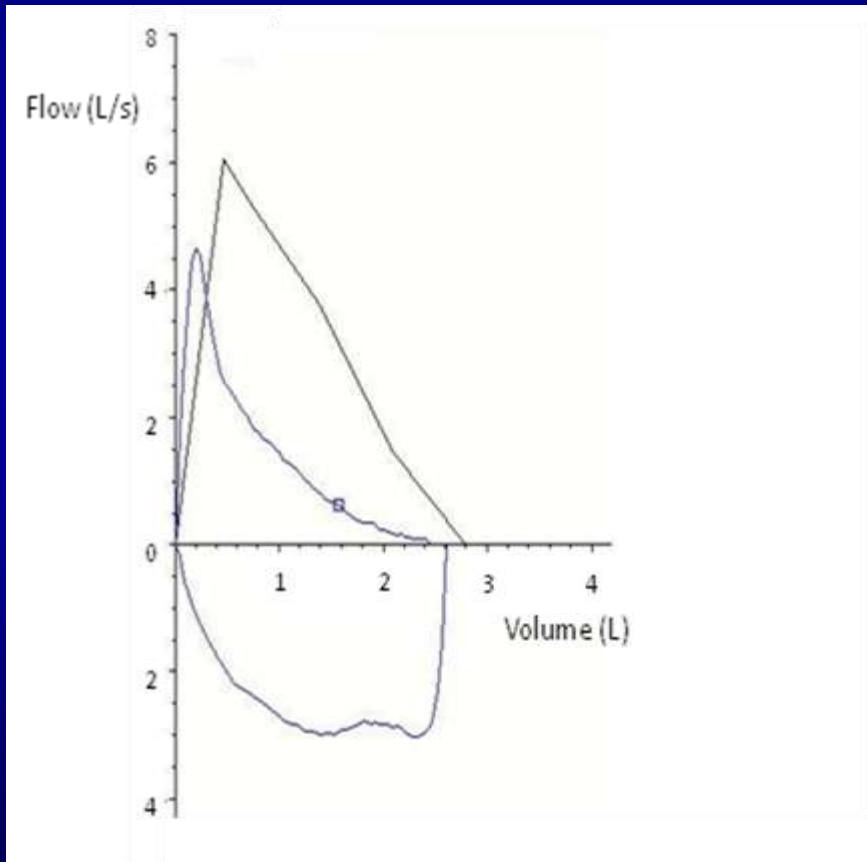
- Chronische bronchitis
 - productieve hoest meer dan 3 mnd/jaar voor meer dan 2 jaar.
 - ontstekingsprocessen in de luchtwegen, mucus hypersecretie leidend tot luchtwegobstructie
- Emfyseem
 - afbraak van alveolaire wanden, leidend tot permanente vergroting van acini (“rek uit de long”)
- Belangrijkste oorzaak: roken!

Dhr. D. (M, 62 yr, 1.74 m, 64 kg)



	pred	gemeten
VC	4.23	6.25 (=152 %p)
FEV1	3.19	1.87 (= 61 %p)
FEV1/VC	76%	30%
FIV1		6.08

Spirometrie: interpretatie vorm



Dhr. D. 69 jr, 163 cm, 92 kg.

	pred	pre	%
FVC	2.78	2.46	89
FEV ₁	2.36	1.54	65
FEV ₁ /VC	79	63	

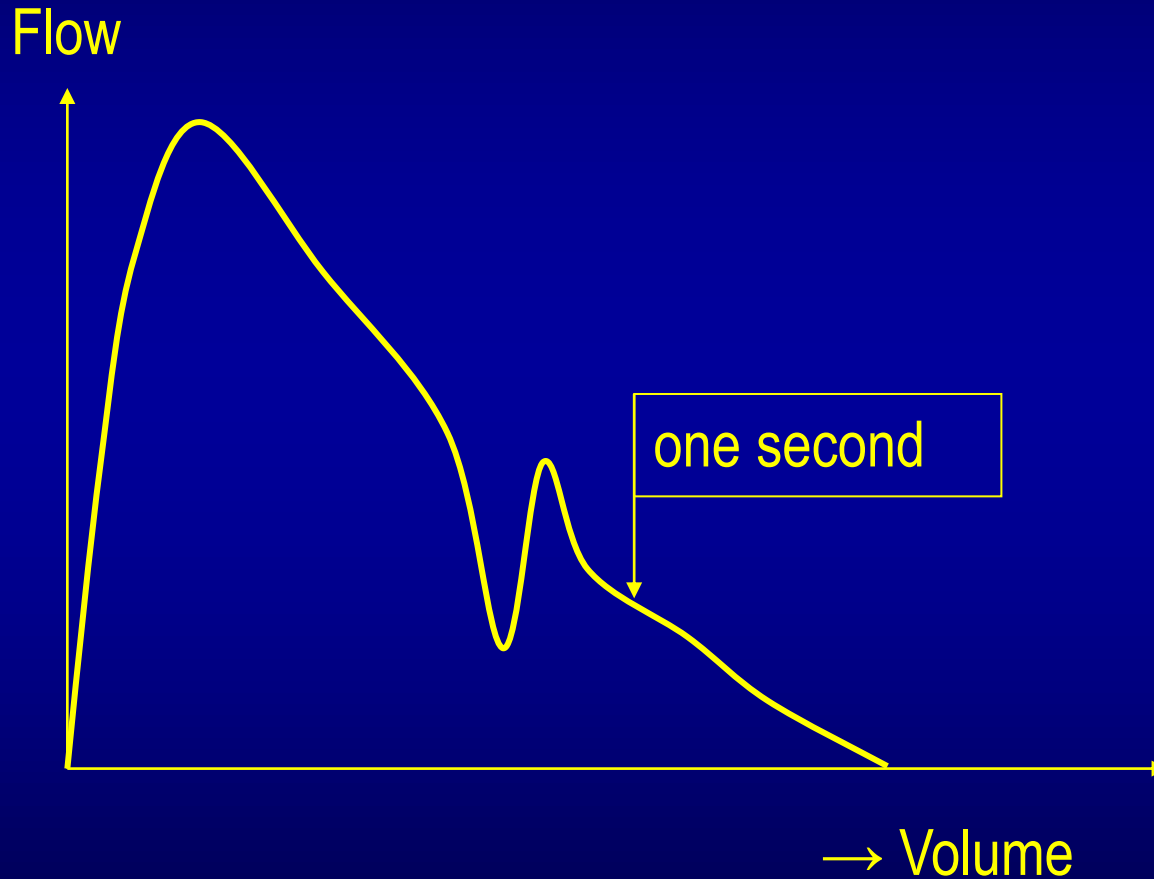
(F)VC-manoeuvre: accepteerbaarheid

- Goede start-van-de geforceerde expiratie (geextrapoleerd volume $< 5\%$ FVC (of 0.15 L), geen hoest in de 1^e s.)
- ≥ 6 s expiratie-tijd
- volledige uitademing (plateau in volume-tijd curve, geen glottis-afsluiting)

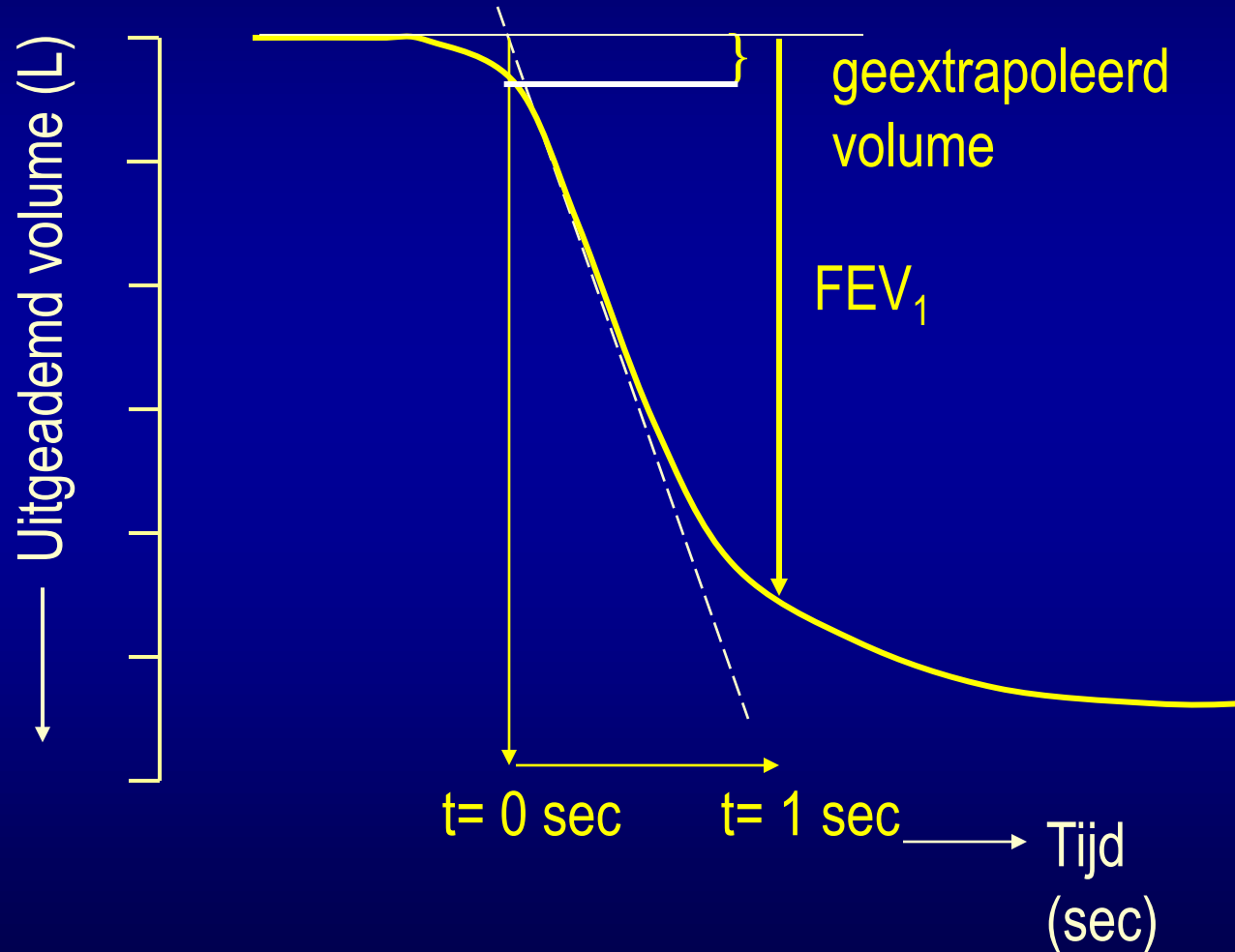
Bovendien:

- begreep de testpersoon de instructie en ...
was er een maximaal diepe inademing voorafgaand aan de geforceerde expiratie, met een snelle start, “gladde” continue uitademing die met maximale inzet/kracht uitgevoerd werd...

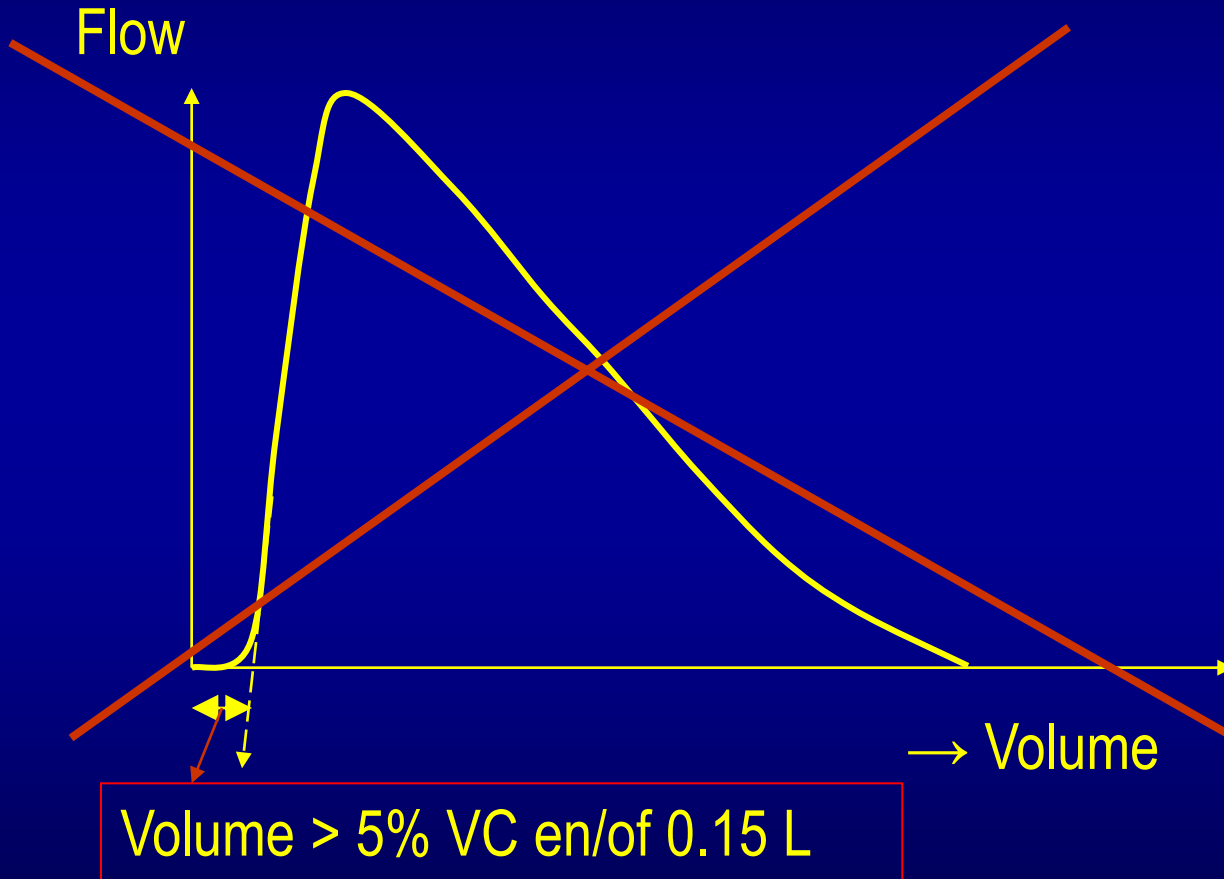
(F)VC-manoeuvre: on-accepteerbaarheid



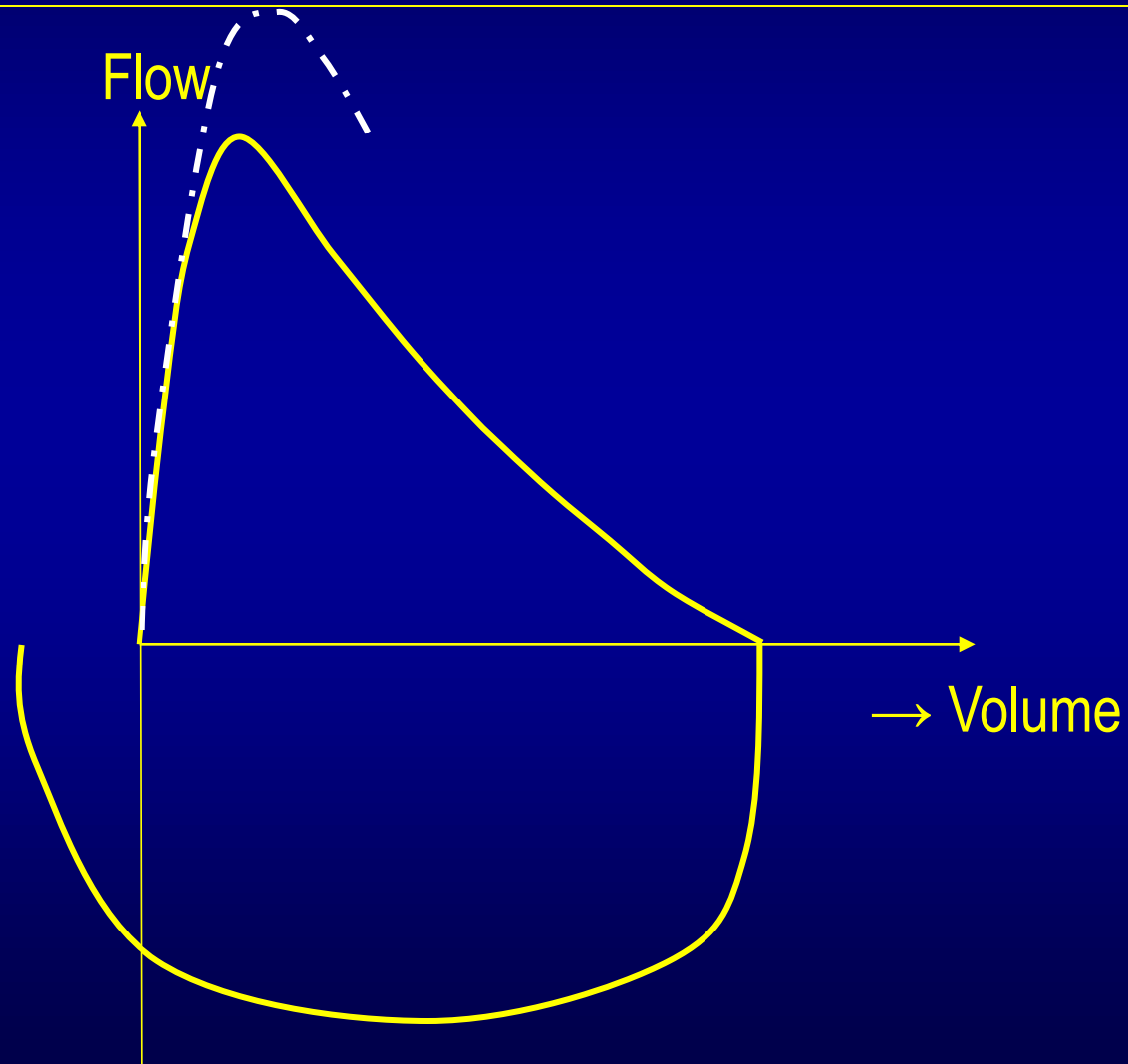
“back extrapolation”



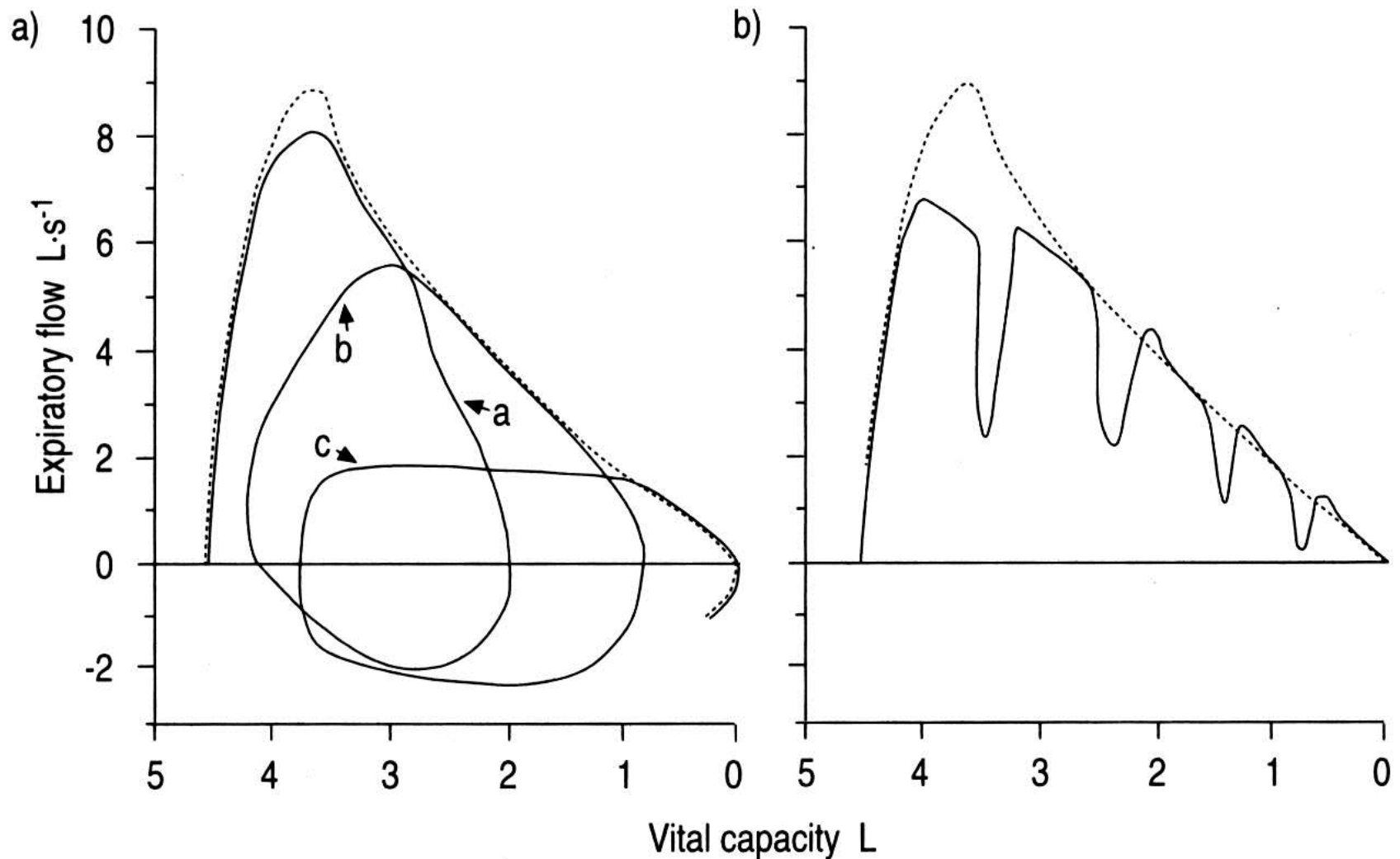
(F)VC-manoeuvre: on-accepteerbaarheid



(F)VC-manoeuvre: on-accepteerbaarheid



Spirometrie: MEFV: effort dependent



(F)VC-manoeuvre: reproduceerbaarheid

- Grootste en een-na-grootste FVC verschillen ≤ 0.15 L
 - Grootste en een-na-grootste FEV₁ verschillen ≤ 0.15 L
 - Minimaal drie (maximaal acht) acceptabele FVC manoeuvres
 - < 2 acceptabele manoeuvres: slechte uitvoering!
-
- NB: wees alert op S.I.O. (spirometry induced obstruction) !!!

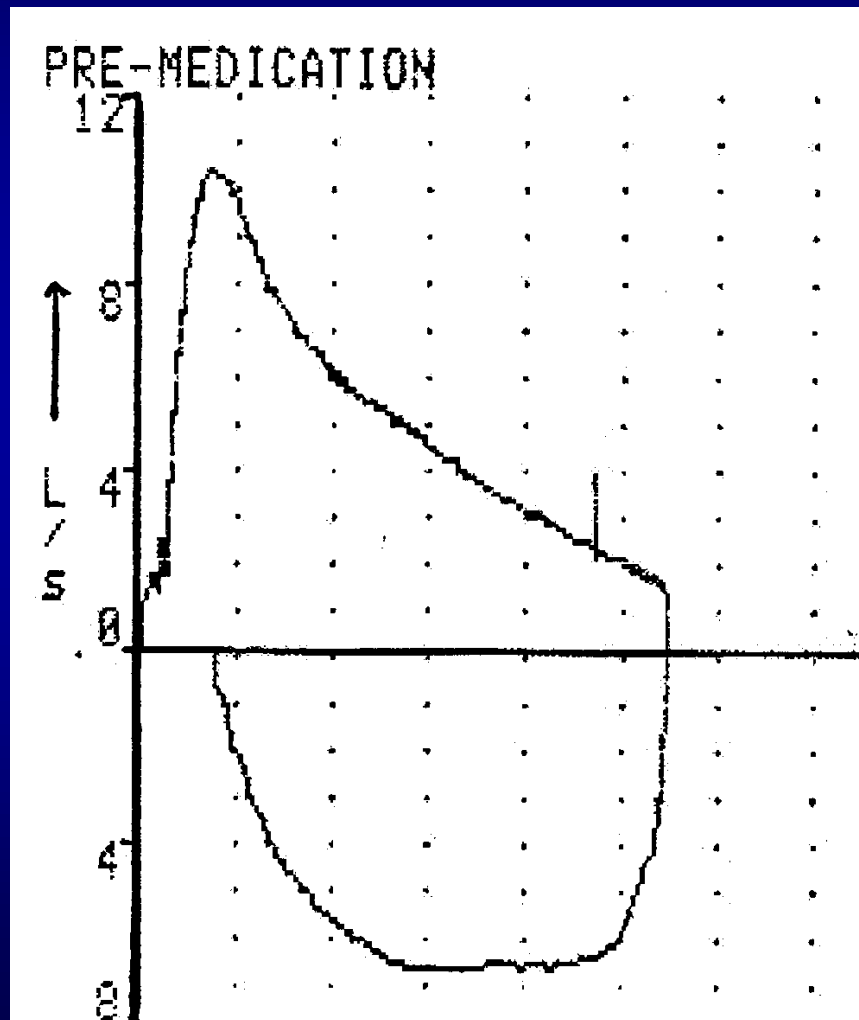
Kenmerk “goede” spirometrie

- Let op inzet van de patient
- Snelle stijging van het opgaande deel van de MEFV-curve
- Spitse (of iets afgeronde) top
- “gladde” curve
- In- en expiratie hebben dezelfde VC
- Reproduceerbaarheid bij herhaald meten

Spirometrie: kwaliteitseisen

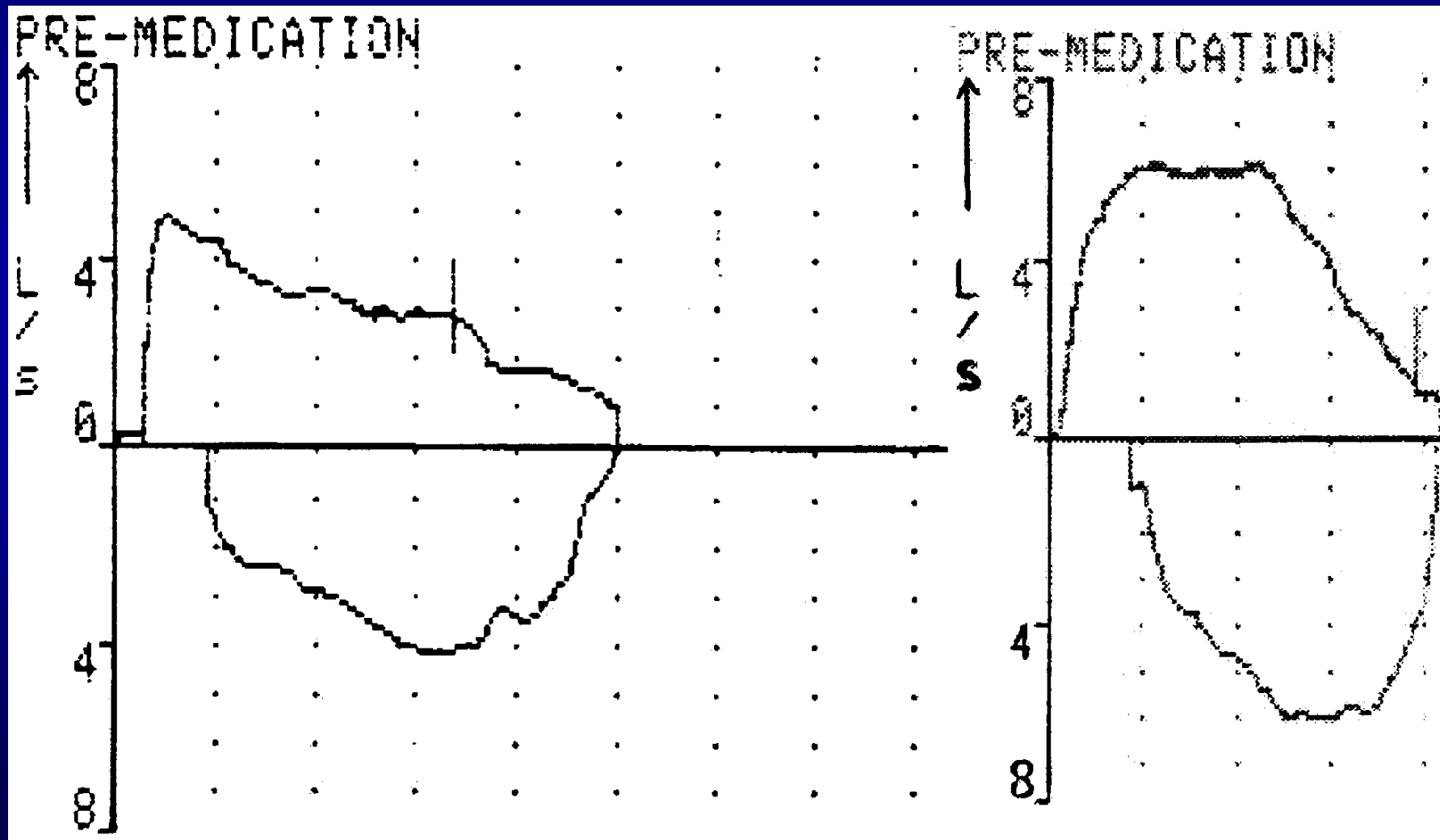
- Drie goede blaasoefeningen (max: 8)
- Gedupliceerde waarden:
 - Hoogste en één-na-hoogste waarde van FEV1 binnen 0.15 L
 - Hoogste en één-na-hoogste waarde van FVC binnen 0.15 L

Voorbeelden “matige” blaastechniek (1/2)



	pred	pre	%
VC	6.02	7.28	121
FVC	5.74	5.46	95
FEV1	4.72	4.72	100
FEV ₁ /VC	81	65	

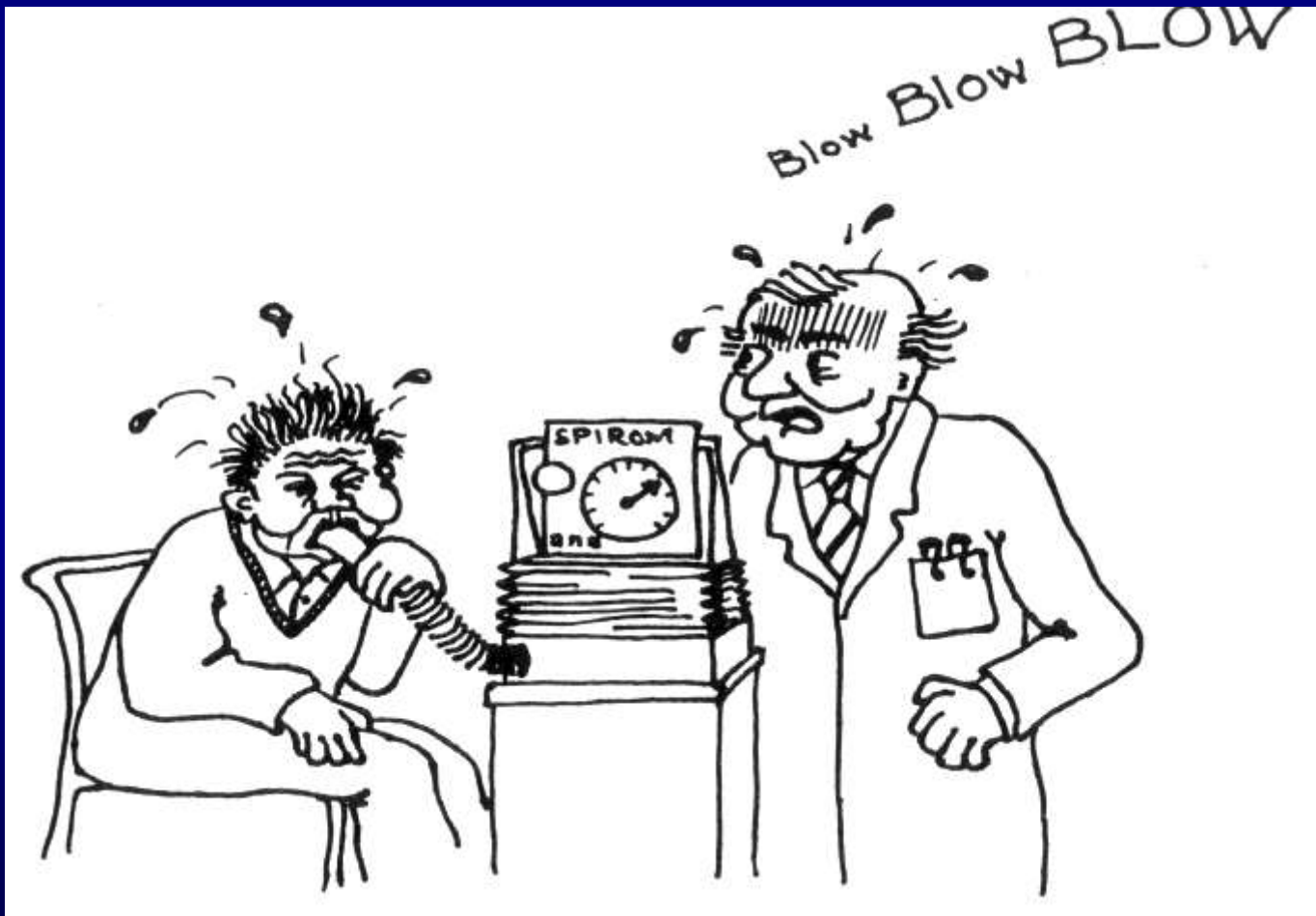
Voorbeelden “matige” blaastechniek (2/2)



Spirometrie (M E FlowVolume)

- Voordeel:
 - simpel
 - reproduceerbaar (lage intra-individuele variatie)
 - gevoelig t.a.v. onderscheid ziek/gezond
- Nadeel:
 - (erg) afhankelijk van de cooperatie van de patient
 - → vanaf leeftijd ≥ 6 jaar

Longfunctie testen



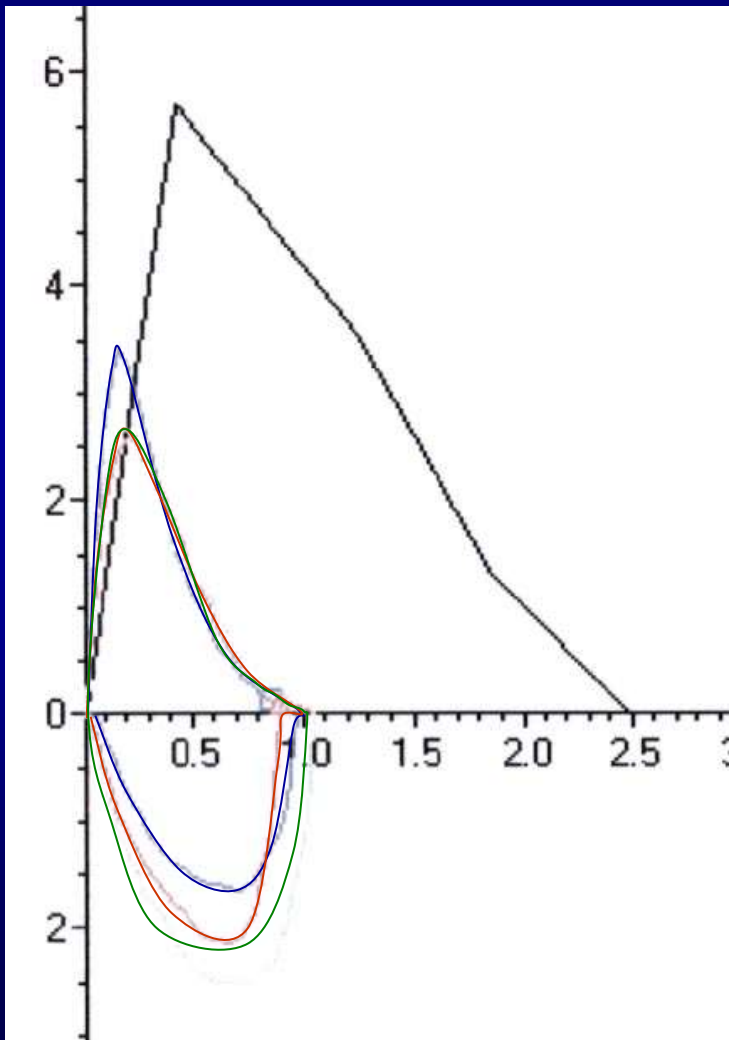
Interpretatie spirometrie

- Is de spirometrie betrouwbaar?
- Interpretatie vorm van de F-V curve
- Interpretatie getallen
- (reactie op farmaca)

Spirometrie: interpretatie kengetallen

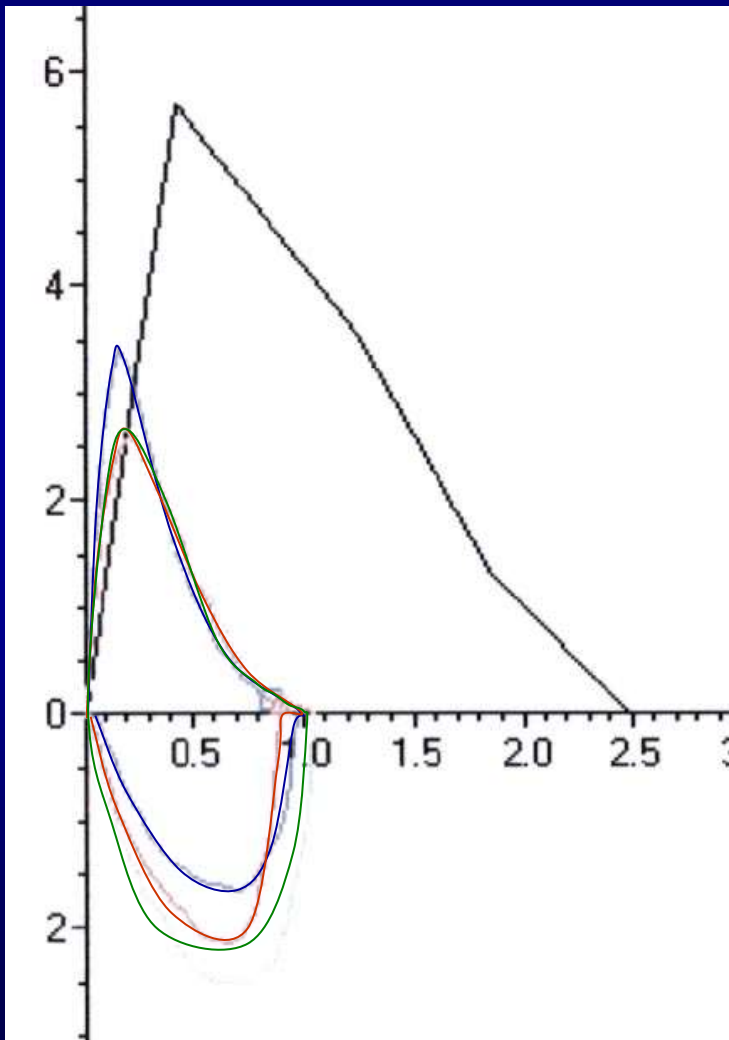
- FEV_1/VC gedaald: obstructief
- VC gedaald: mogelijk door obstructie
mogelijk door restrictie
- Als restrictie en obstructie:
dan HULP

Mw J. DeB; 58 jr, 155 cm, 73 kg



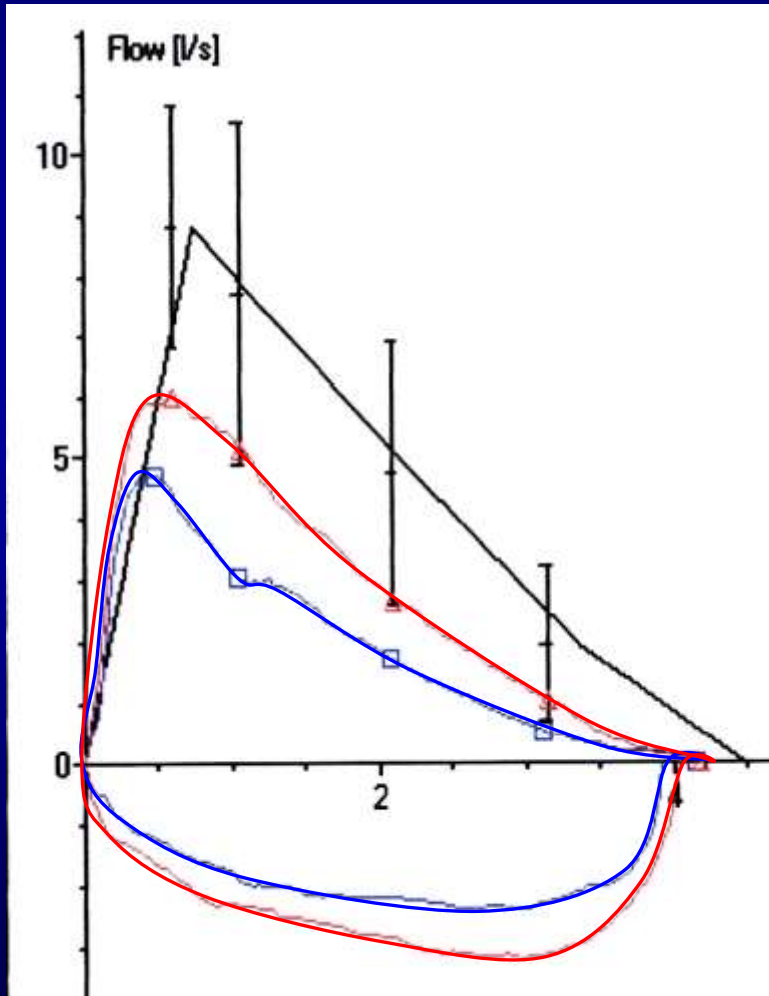
	pred	gemeten	% pred
FVC (L)	2.54	1.04	41 %p
ESW (L)	2.06	0.88	43 %p
ESW/VC (%)	78	86	

Mw J. DeB; 58 jr, 155 cm, 73 kg



	pred	gemeten	% pred
FVC (L)	2.54	1.04	41 %p
ESW (L)	2.06	0.88	43 %p
ESW/VC (%)	78	86	
RV (L)	1.74	1.16	68 %p
FRC (L)	2.53	1.18	46 %p
TLC (L)	4.44	2.20	50 %p

Dhr J. D'H; 51 jr, 176 cm, 66 kg

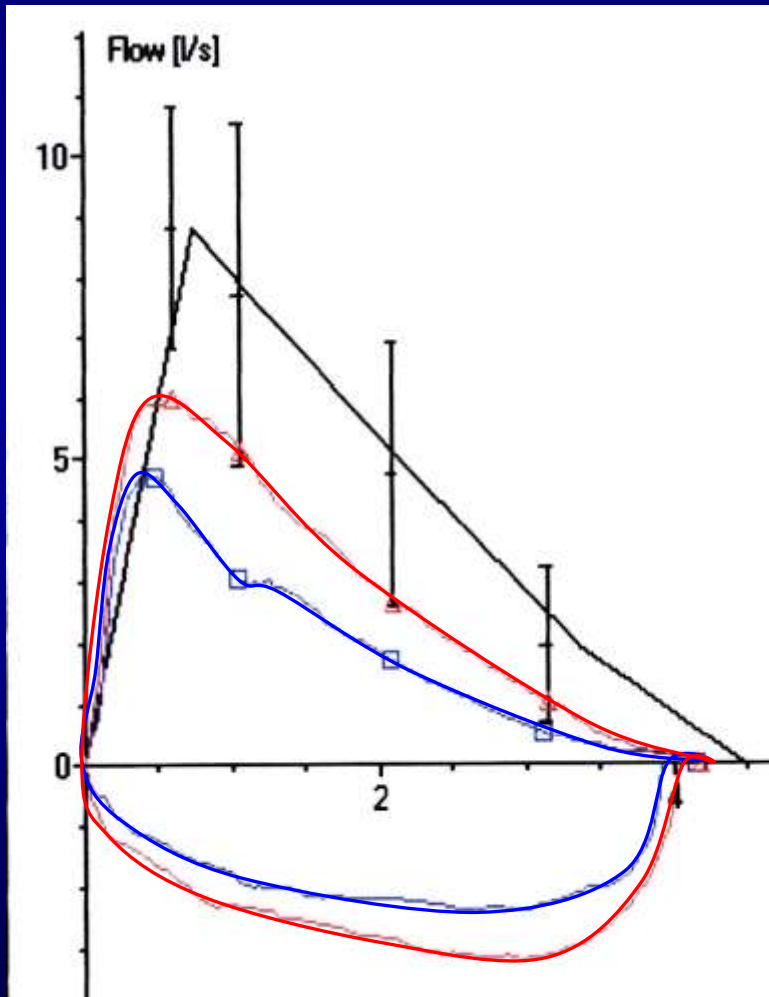


	pred	pre	% pred	post	%pred
FVC (L)	4.64	4.14	89 %p	4.18	90%p
ESW (L)	3.58	2.60	73 %p	3.10	87 %p
ESW/VC (%)	78	63		74	

Verandering ESW na salbutamol:

$$0.50/2.60 = 19\%$$

Dhr J. D'H; 51 jr, 176 cm, 66 kg



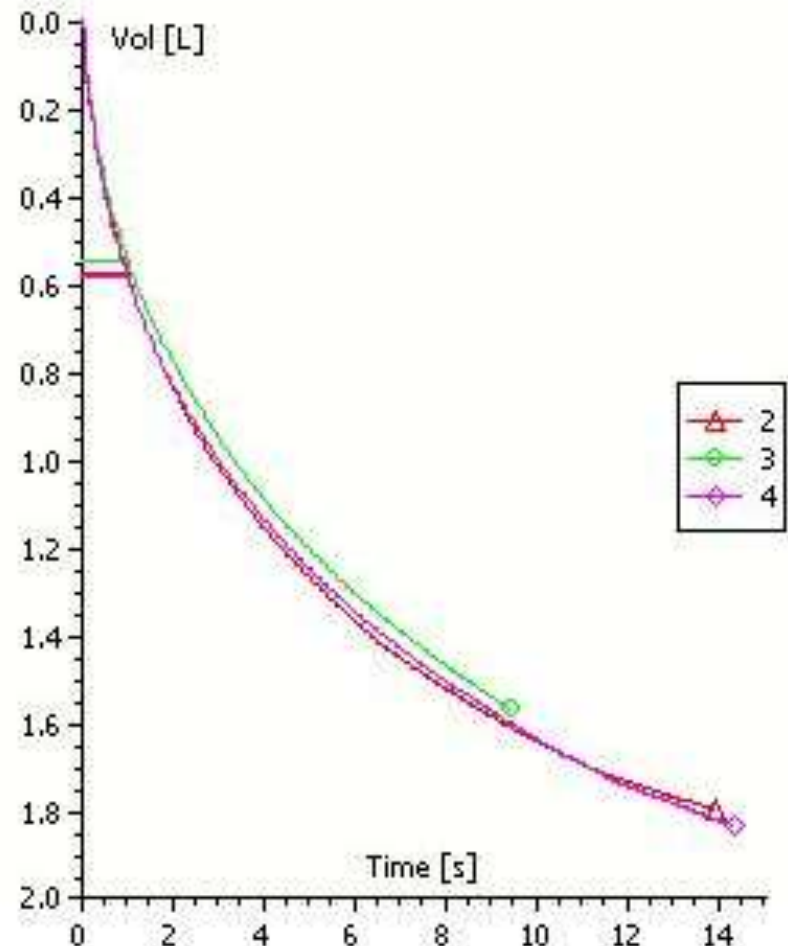
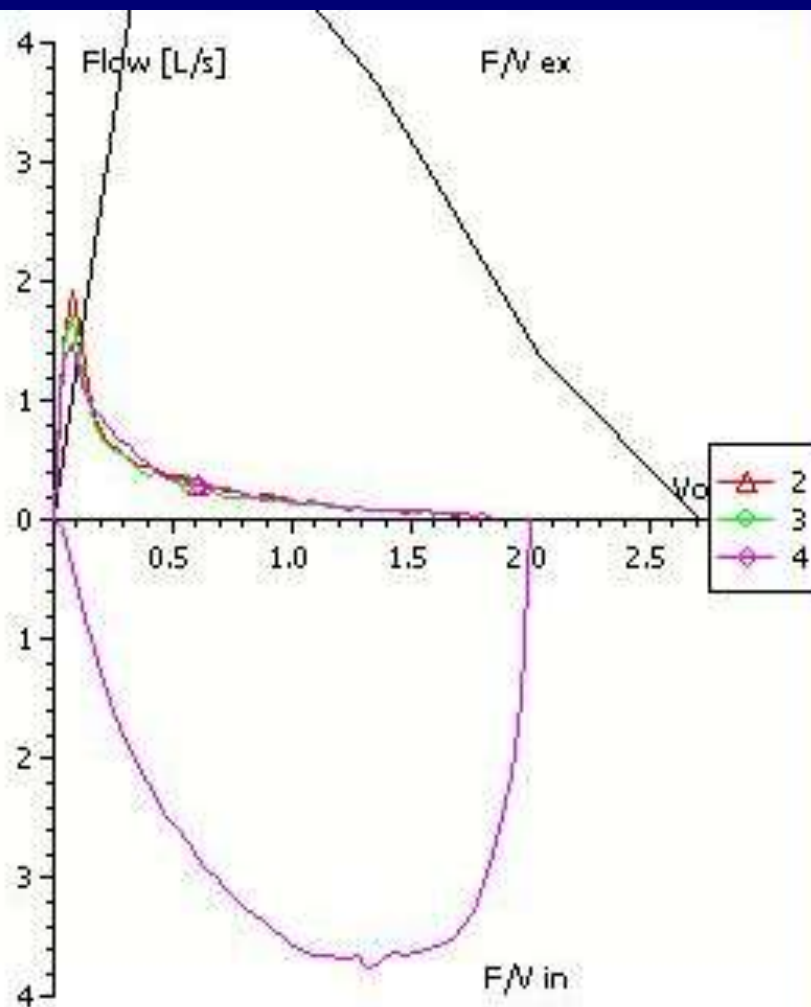
	pred	Pre	% pred	post	%pred
FVC (L)	4.64	4.14	89 %p	4.18	90%p
ESW (L)	3.58	2.60	73 %p	3.10	87 %p
ESW/VC (%)	78	63		74	
RV (L)	2.22	3.37	152 %p		
FRC (L)	3.49	5.00	143 %p		
TLC (L)	6.98	7.51	108 %p		

Casuistiek

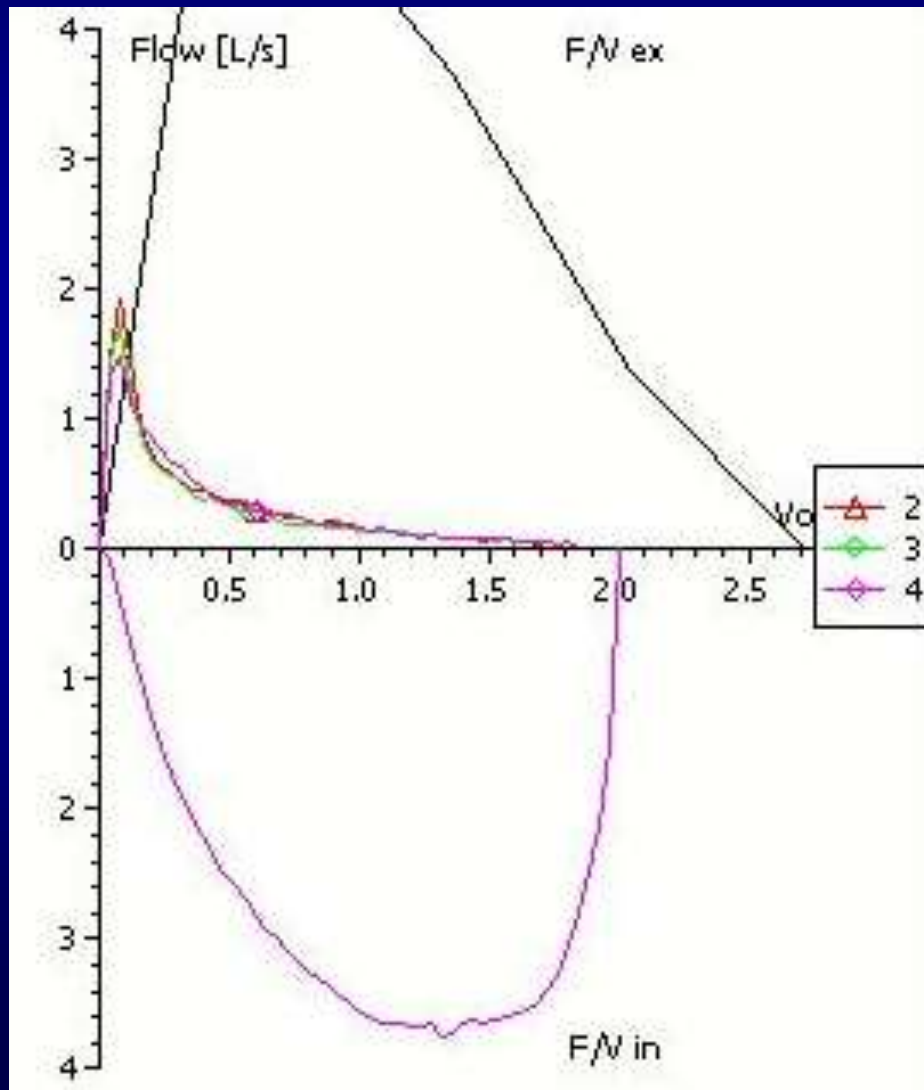
Beoordeel onderstaande spirometrietesten

1. Goede kwaliteit?
2. Normaal/Obstructief/Restrictief?
3. Bij stoornis: ernst?

Mw BML; 57 jr, 160 cm, 49 kg

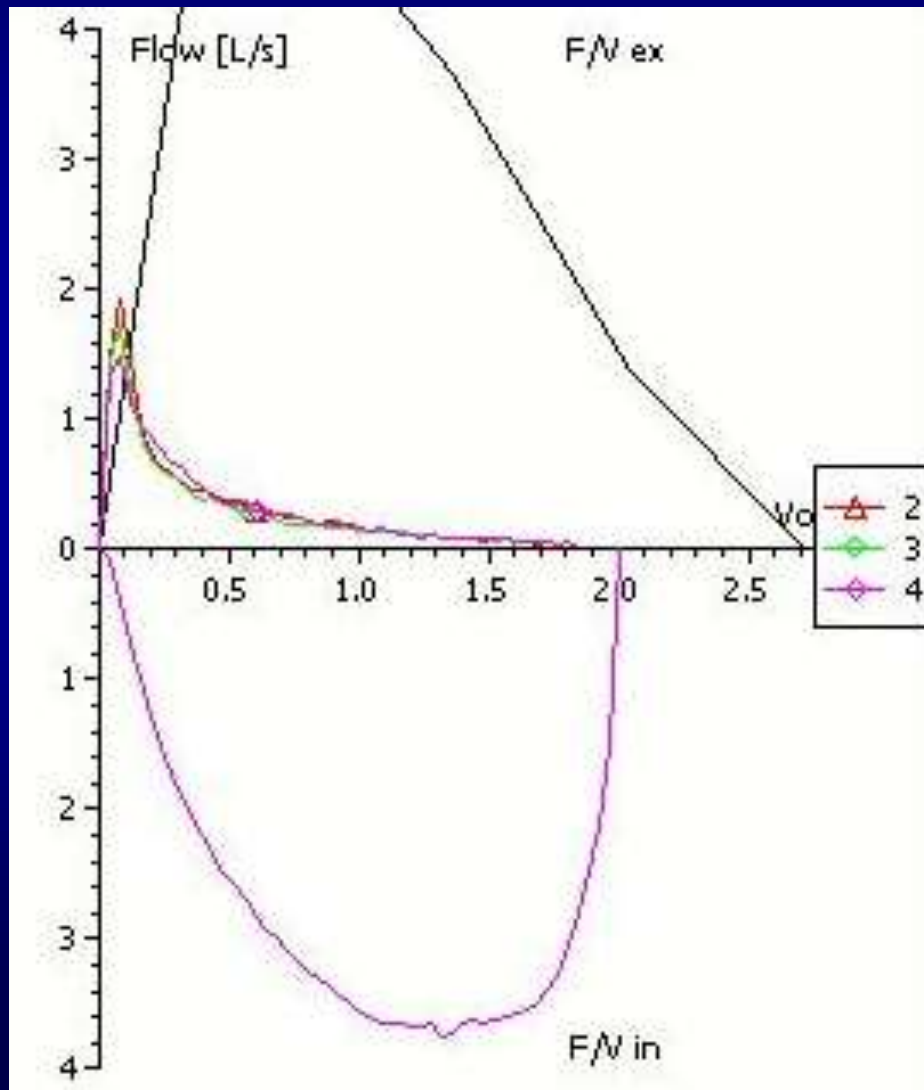


Mw BML; 57 jr, 160 cm, 49 kg



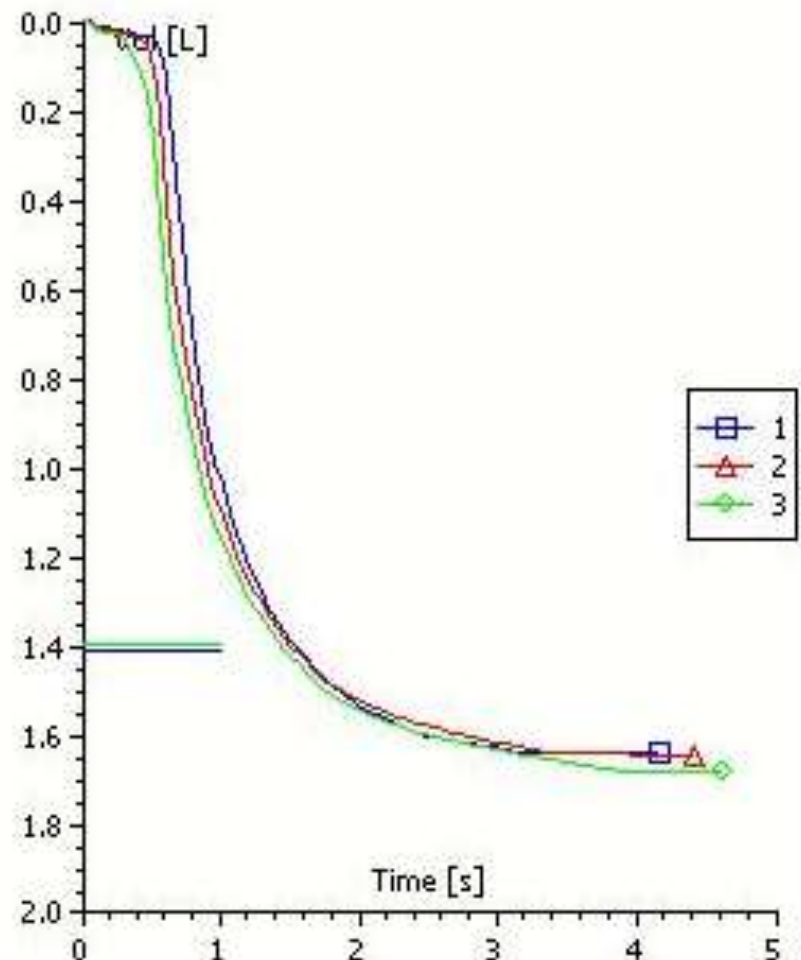
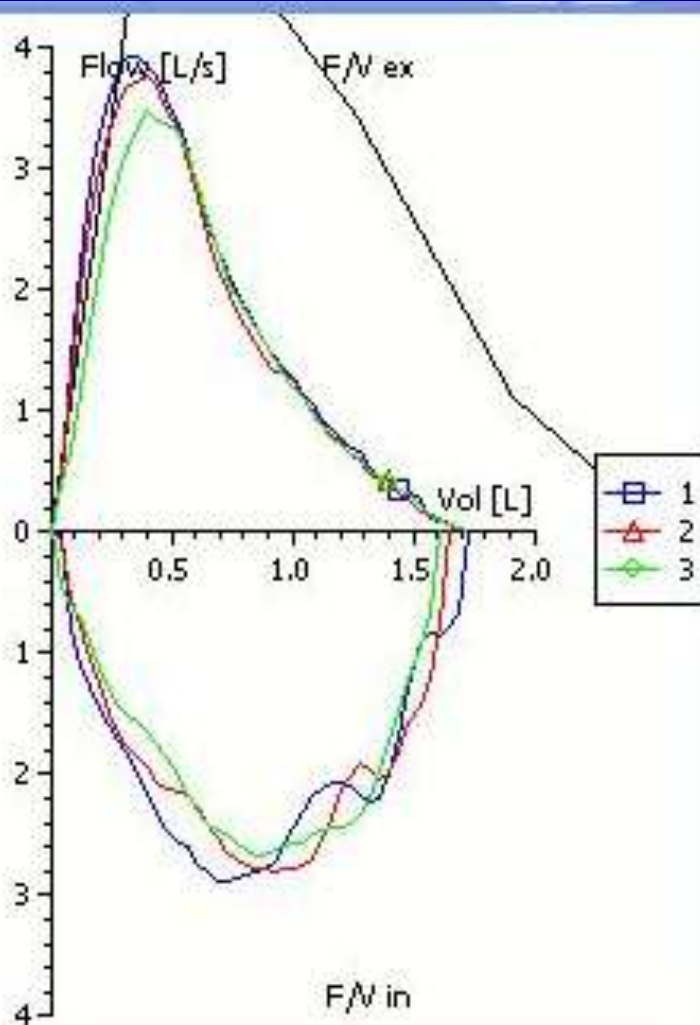
	pred	pre	%p
FVC (L)	2.72	1.82	67
ESW (L)	2.30	0.58	25
ESW/VC (%)	78	32	

Mw BML; 57 jr, 160 cm, 49 kg

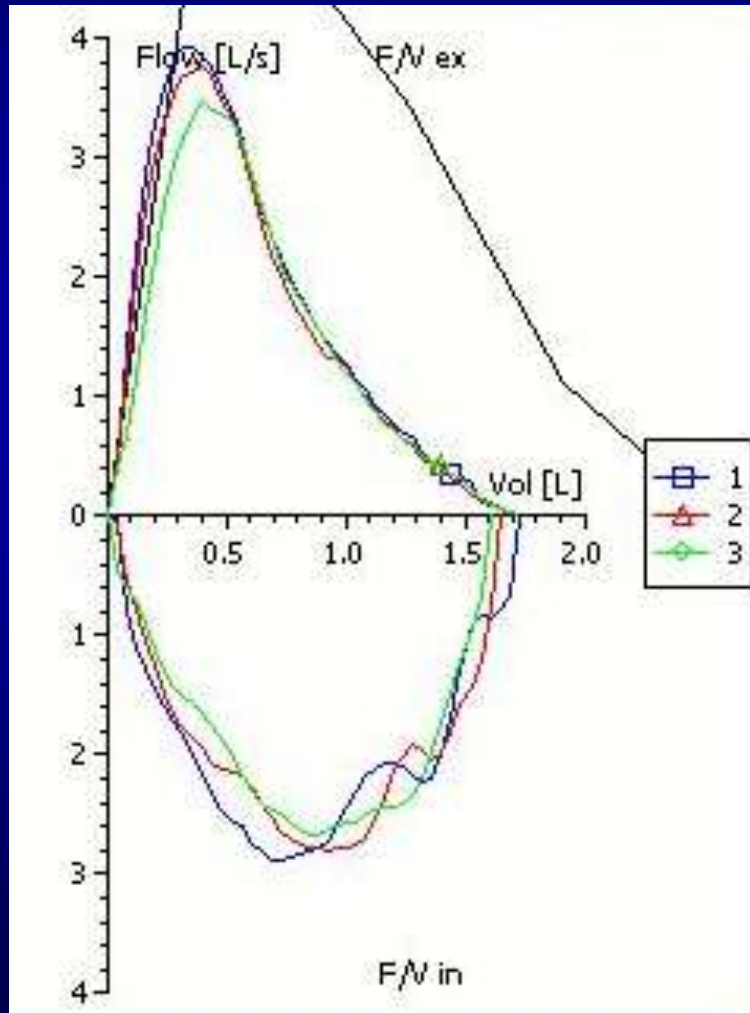


	pred	pre	%p
FVC (L)	2.72	1.82	67
ESW (L)	2.30	0.58	25
ESW/VC (%)	78	32	
TLC (L)	4.77	6.63	139
RV (L)	1.82	4.42	243

Dhr VDB; 61 jr, 176 cm, 96 kg

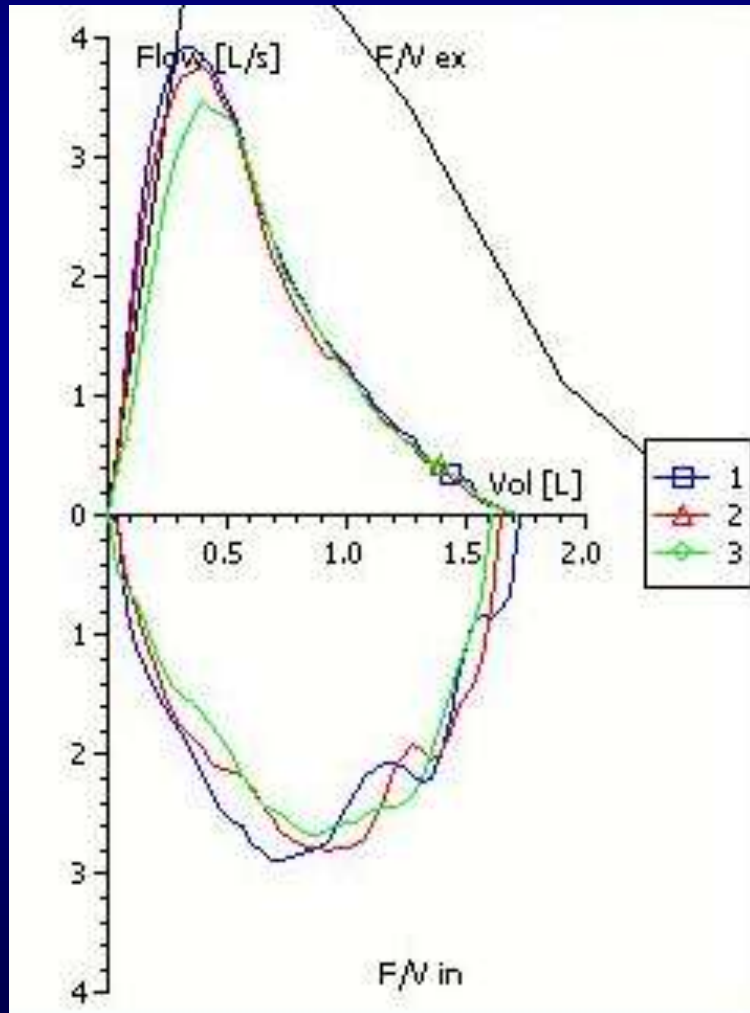


Dhr VDB; 61 jr, 176 cm, 96 kg



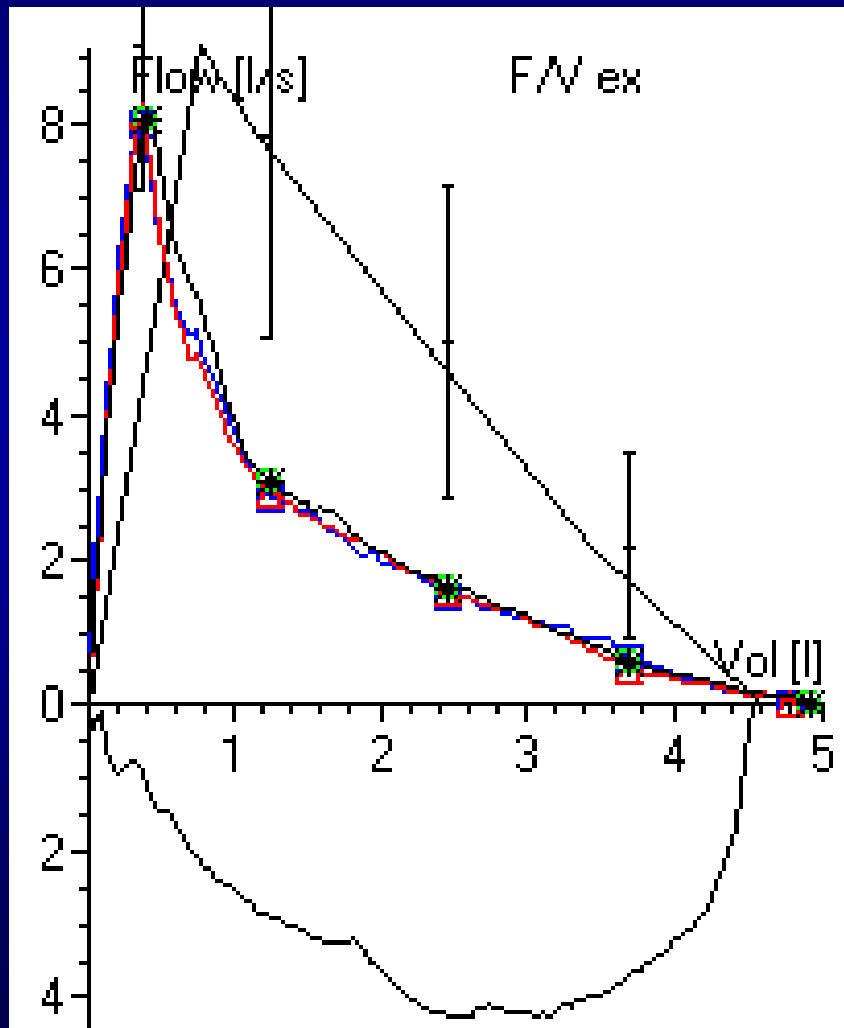
	pred	pre	%p
FVC (L)	2.54	1.68	66
ESW (L)	2.11	1.42	67
ESW/VC (%)	76	84	

Dhr VDB; 61 jr, 176 cm, 96 kg



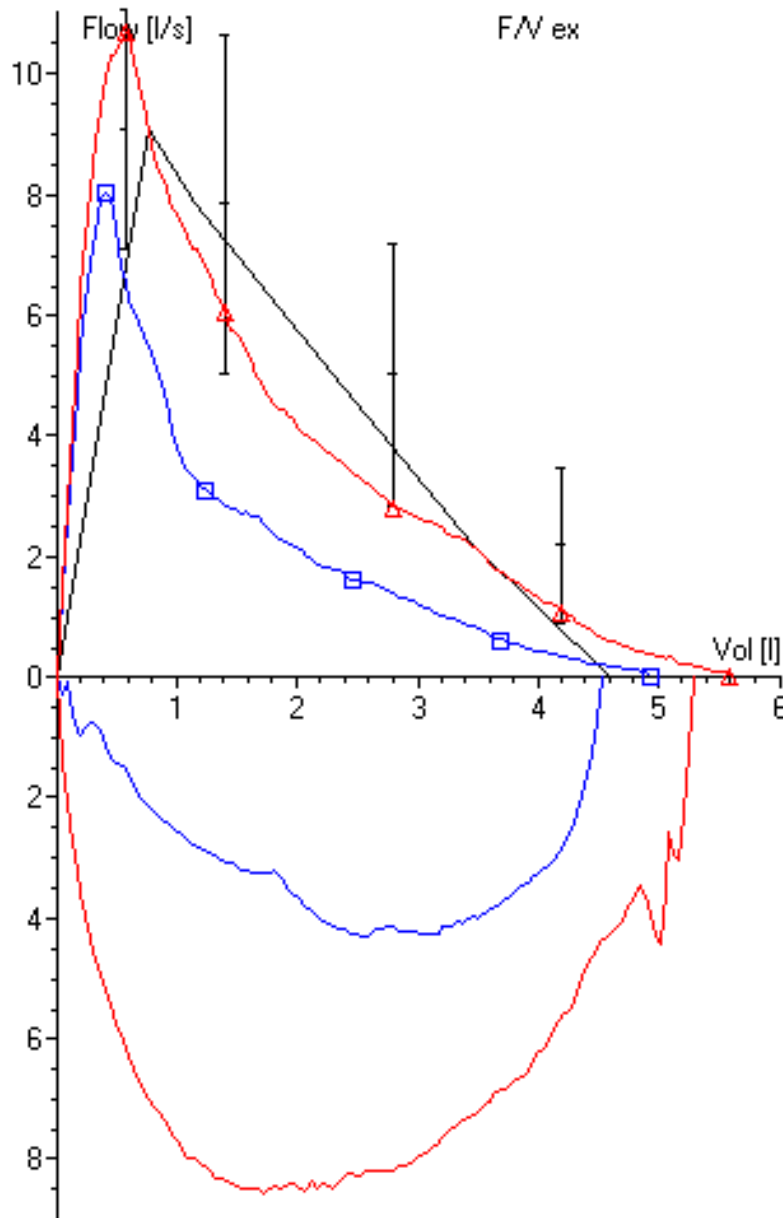
	pred	pre	%p
FVC (L)	2.54	1.68	66
ESW (L)	2.11	1.42	67
ESW/VC (%)	76	84	
TLC	6.98	4.42	63
RV	2.42	1.67	69

Dhr ML, 38 jr,
1m72, 82 kg



	pred	pre1	pre2	pre3	%p
VC (L)	4.77	4.78	4.77	4.92	107%
ESW (L)	3.79	2.80	2.78	2.88	76%
ESW/VC (%)	80	57	57	59	

Dhr ML, 38 jr,
1m72, 82 kg



	pred	pre1	%p	post	%p
VC (L)	4.77	4.92	107%p	5.58	117%p
ESW (L)	3.79	2.88	76%p	3.89	103%p
ESW/VC (%)	80	59		70	

FVC accepteerbaarheidscriteria

- Tussen tests:

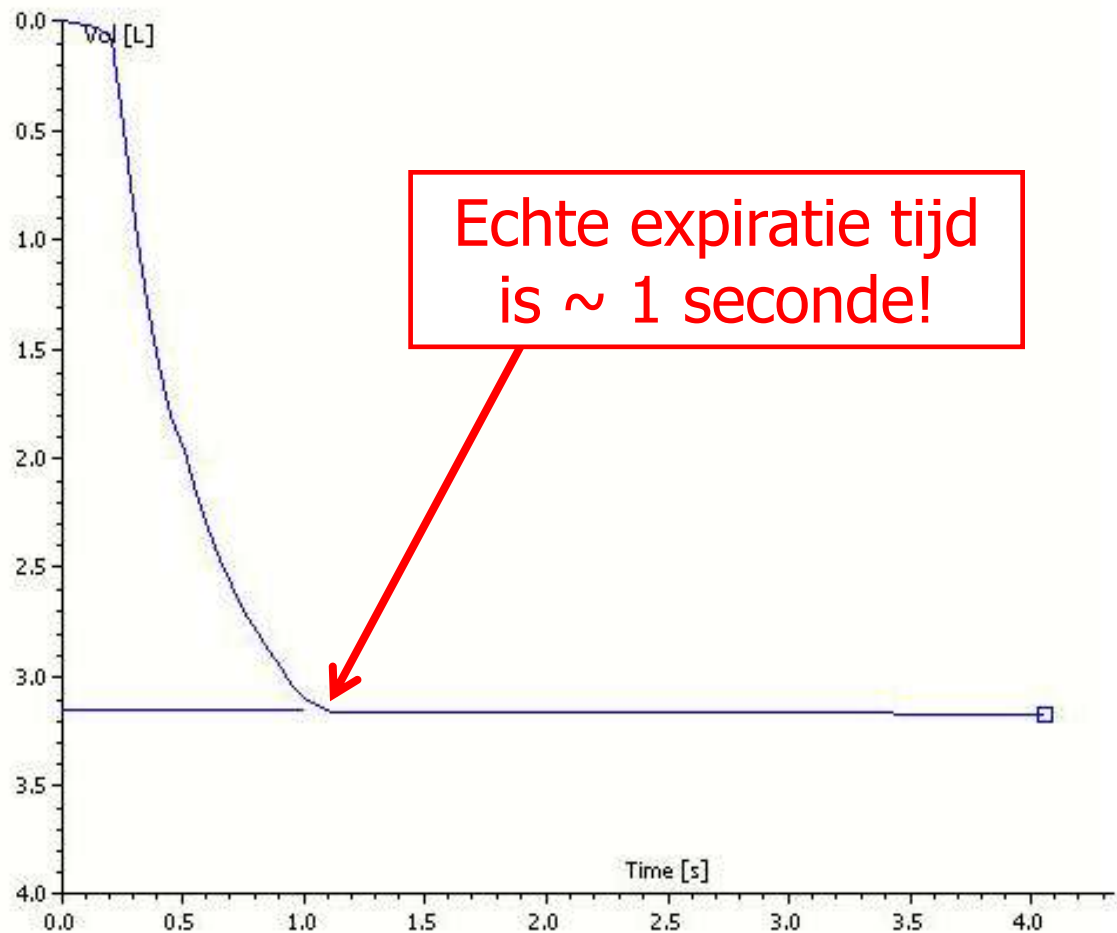
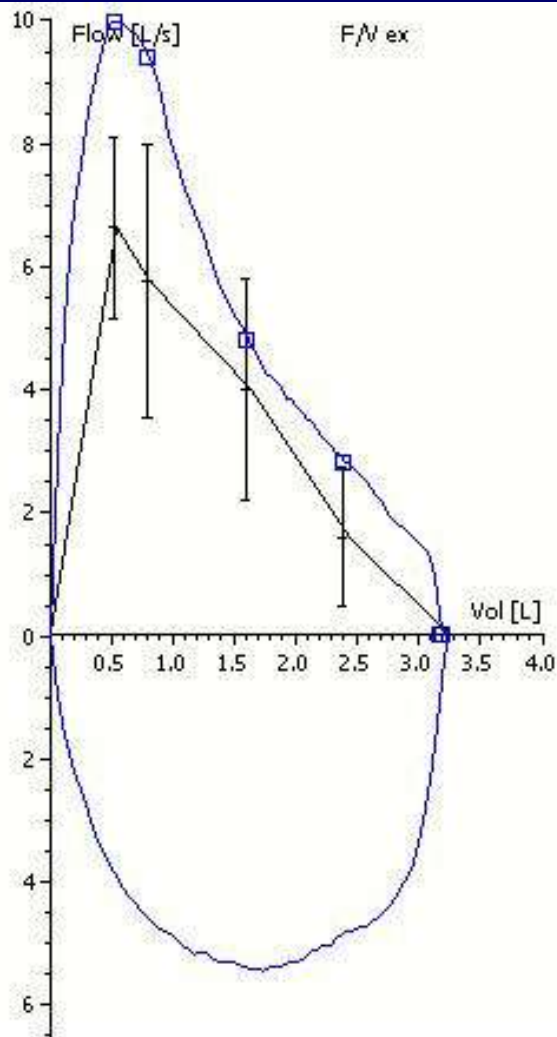
Beoordeel na drie goede FVC manoeuvres:

- Hoogste en een-na-hoogste FVC < 0.15 L ?
- Hoogste en een-na-hoogste FEV1 < 0.15 L ?
- Als ja $\rightarrow$ KLAAR !
- Als neen $\rightarrow$ ga door tot 8 FVC-tests

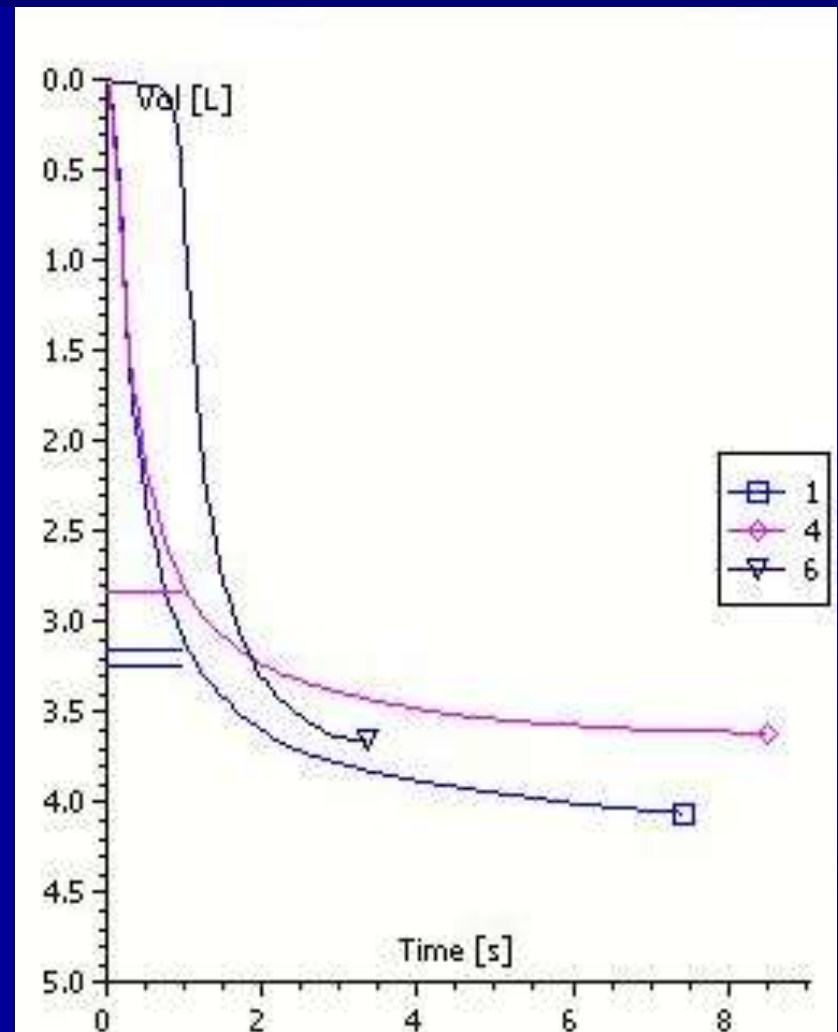
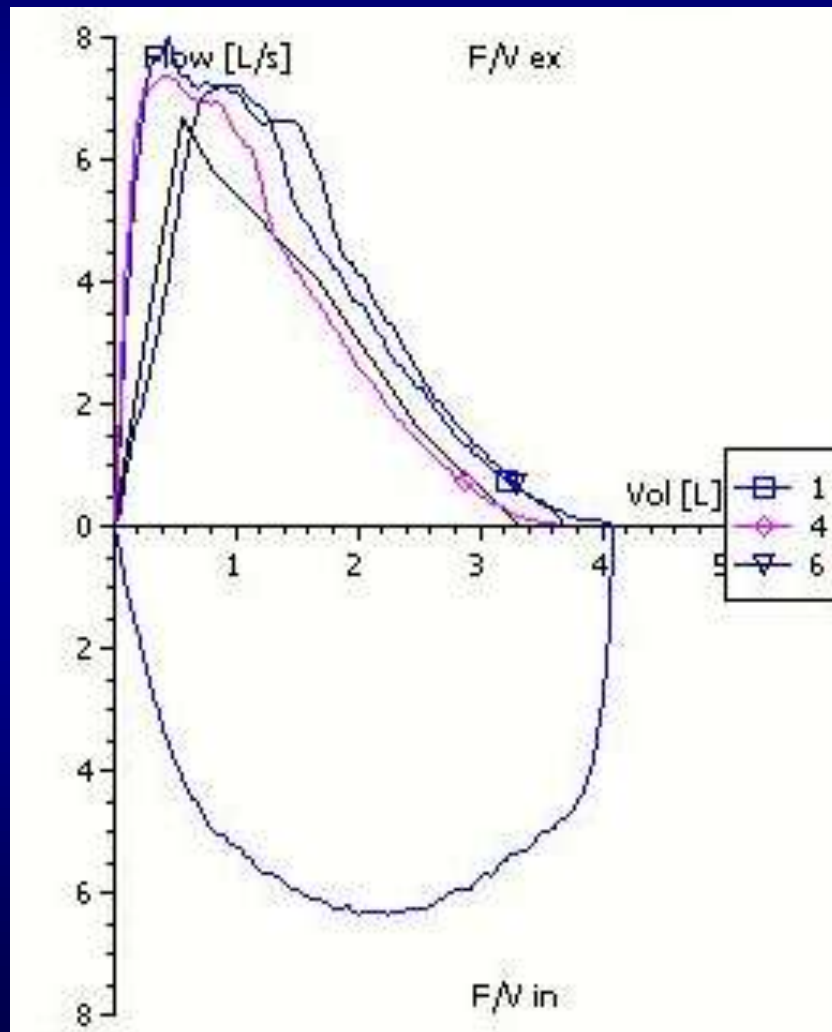
Kenmerk “goede” spirometrie

- Let op inzet van de patient
- Snelle stijging van het opgaande deel van de MEFV-curve
- Spitse (of iets afgeronde) top
- “gladde” curve
- In- en expiratie hebben dezelfde VC
- Reproduceerbaarheid bij herhaald meten

Goede spirometrie?

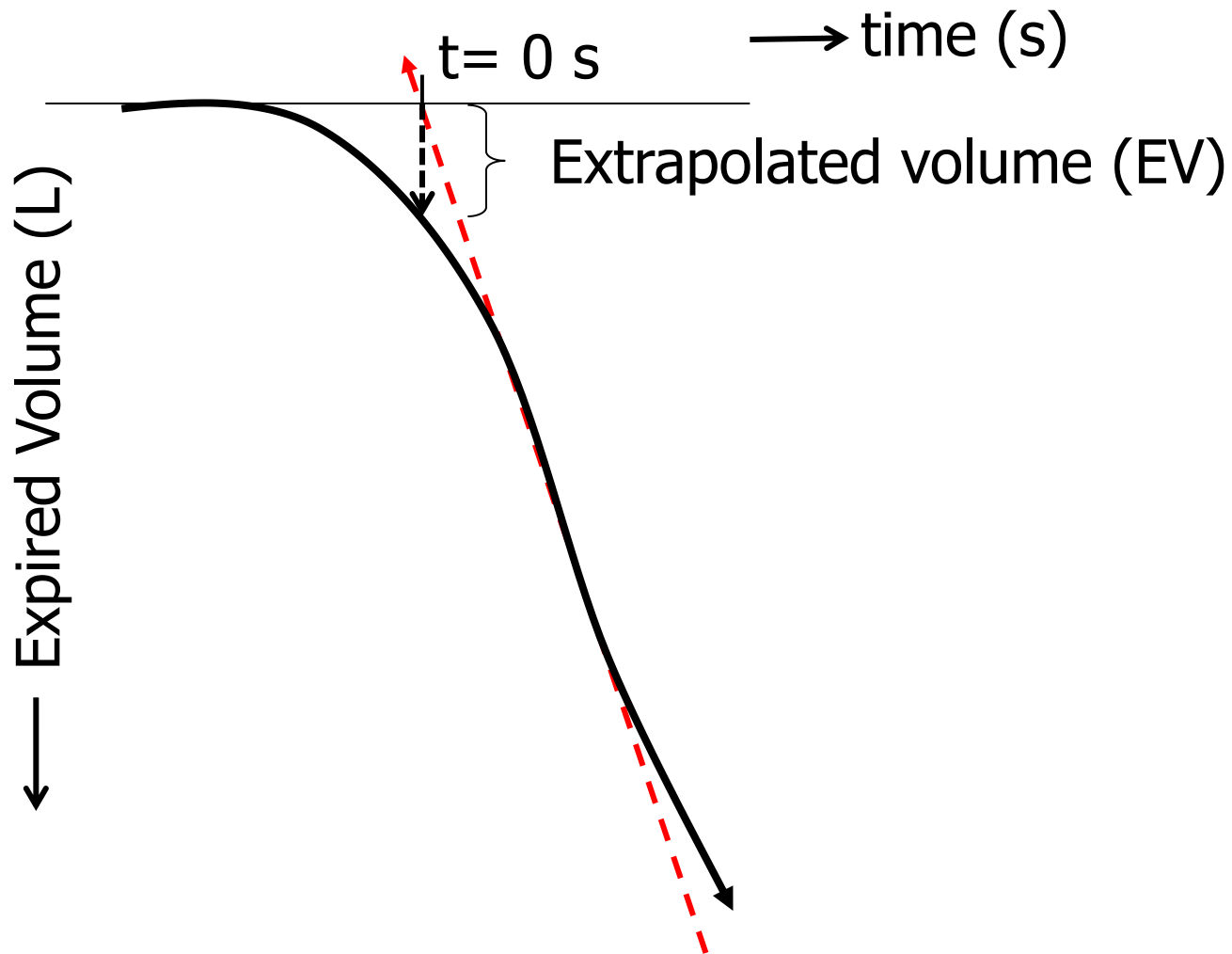


Patiënt #1



Patiënt # 1

		Pred	Best	%Pred	Act1	Act4	Act6
Datum			14/03/12				
Tijd			13:54:26				
Lab Number			3				
Medicatie							
Dosis							
VC MAX	[L]	3.42	4.06	118.8			
FVC	[L]	3.32	4.06	122.4	4.06	3.61	3.66
FEV 1	[L]	2.84	3.25	114.3	3.16	2.85	3.25
FEV 1 % VC EX	[%]	79.41	79.98	100.7	77.95	70.17	79.98
V backextrapolati	[h]		0.07		0.07	0.04	0.30
V backextrapol. %	[EV]		1.72		1.72	1.15	8.10

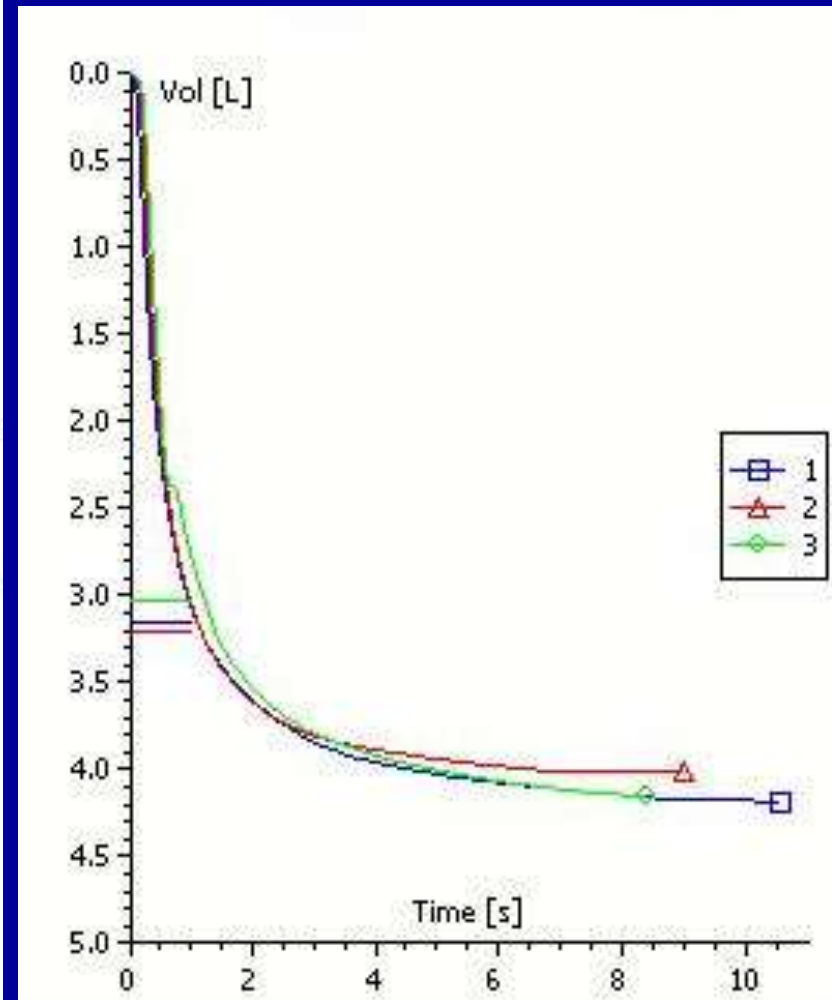
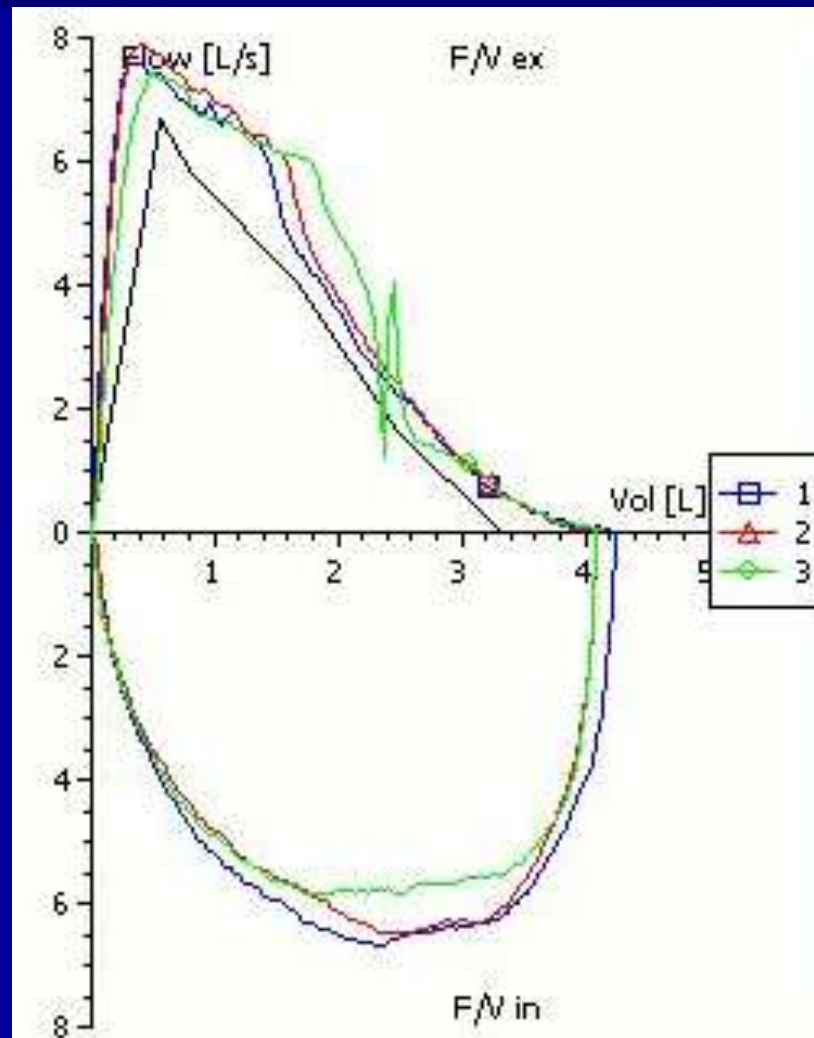


The principle of back-extrapolation: in the volume-time curve, the tangent of the steepest part is back-extrapolated in order to obtain $t = 0$, the start of the forced expiration. The extrapolated volume should be $< 150 \text{ mL}$ or $5\% \text{ FVC}$ (whichever is greater)

Back-extrapolation:

- Back-extrapolatie wordt automatisch verricht door de software van de spirometer.
- Dus: inspecteer de resultaten-tabel zorgvuldig om te zien of het ge-extrapolerd volume (EV, ...) acceptabel is.
- Als niet :
 - Verwijder de FVC manoeuvre
 - Instrueer de patient om een “aarzelende start” te vermijden: er moet onmiddellijk, zo hard mogelijk uitgeblazen worden na de diepe inademing.

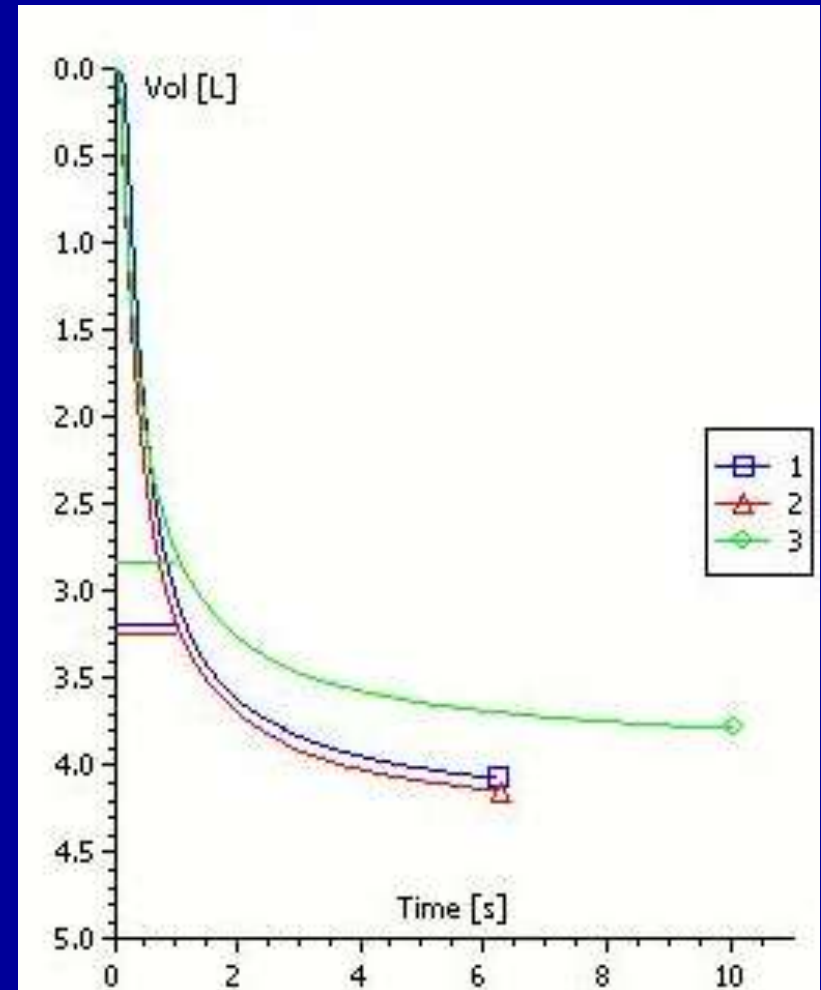
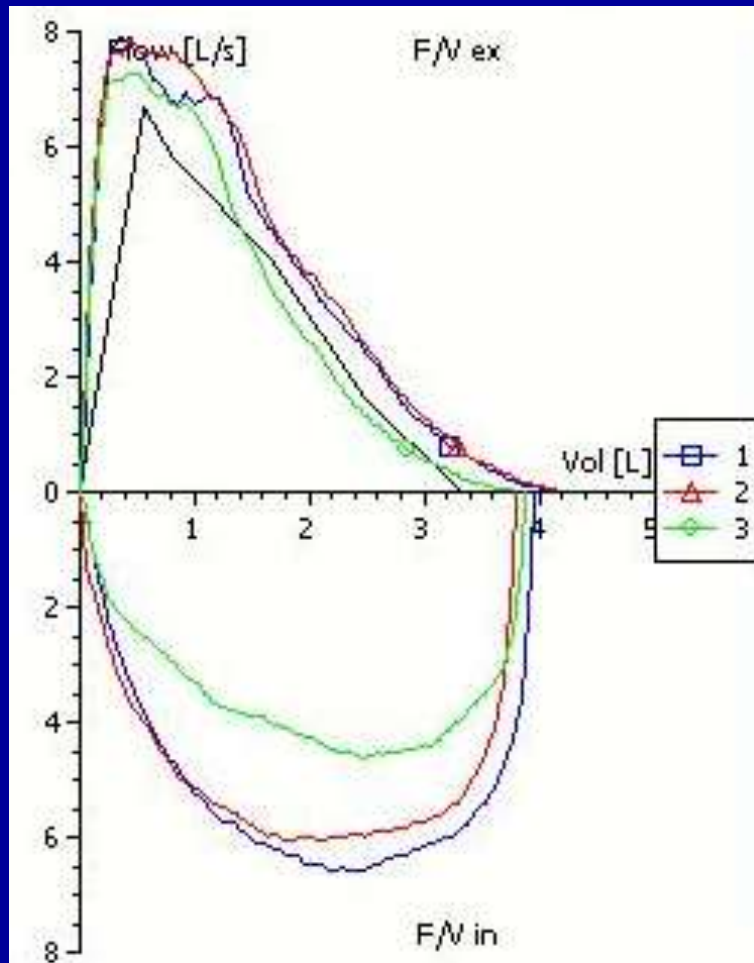
Patient #2



Patiënt #2

		Pred	Best	%Pred	Act1	Act2	Act3
Datum			14/03/12				
Tijd			13:56:46				
Lab Number			3				
Medicatie							
Dosis							
VC MAX	[L]	3.42	4.23	123.7			
FVC	[L]	3.32	4.18	126.2	4.18	4.01	4.16
FEV 1	[L]	2.84	3.21	112.9	3.16	3.21	3.03
FEV 1 % VC EX	[%]	79.41	76.69	96.6	75.61	76.69	72.54
V backextrapolati	[h]		0.09		0.09	0.08	0.11
V backextrapol. %	[EV]		2.17		2.17	1.96	2.65

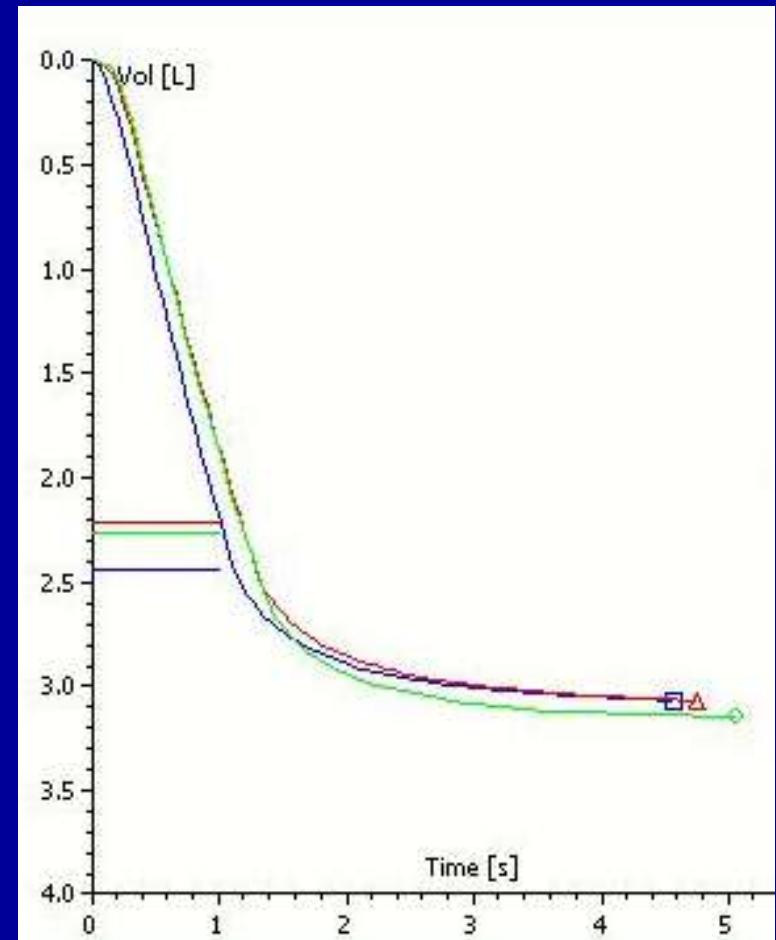
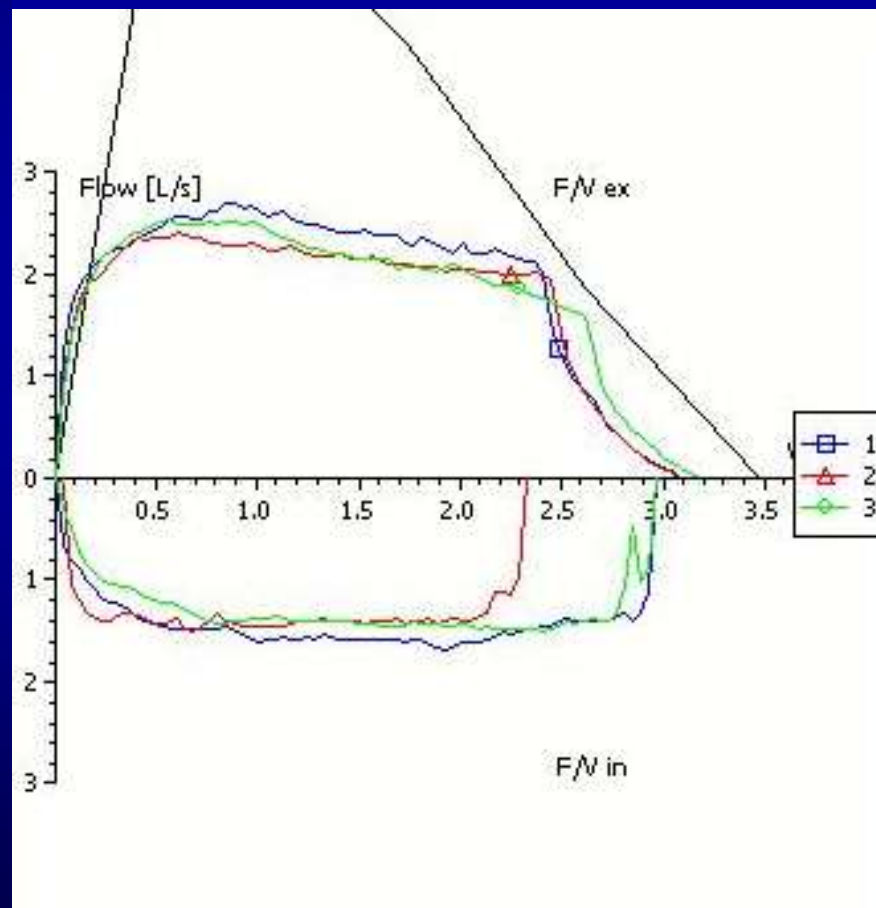
Patiënt #3



Patiënt #3

		Pred	Best	%Pred	Act1	Act2	Act3
Datum			14/03/12				
Tijd			13:58:02				
Lab Number			3				
Medicatie							
Dosis							
VC MAX	[L]	3.42	4.15	121.4			
FVC	[L]	3.32	4.15	125.2	4.07	4.15	3.78
FEV 1	[L]	2.84	3.24	114.2	3.19	3.24	2.83
FEV 1 % VC EX	[%]	79.41	78.17	98.4	76.99	78.17	68.25
V backextrapolati	[L]		0.06		0.10	0.06	0.06
V backextrapol. %	[%]		1.37		2.40	1.37	1.56

Patiënt #4



		Pred	Best	%Pred	Act1	Act2	Act3
Datum			13-09-11				
Tijd			16:33:37				
Lab Number			1				
Medicatie							
Dosis							
VC MAX	[L]	3.54	3.15	89.0			
FVC	[L]	3.47	3.15	90.9	3.07	3.08	3.15
FEV 1	[L]	3.00	2.44	81.5	2.44	2.22	2.28
FEV 1 % VC EX	[%]	81.50	77.53	95.1	77.53	70.44	72.23
PEF	[L/s]	6.88	2.69	39.1	2.69	2.40	2.52
MMEF 75/25	[L/s]	3.65	2.36	64.6	2.36	2.17	2.10
MEF 50	[L/s]	4.25	2.39	56.2	2.39	2.16	2.13
FEF 75	[L/s]	1.86	2.10	112.9	2.10	2.00	1.76
FEF 25	[L/s]		2.61		2.61	2.31	2.47
FVC IN	[L]	3.54	2.96	83.5	2.96	2.31	2.94
FIV1	[L]		1.67		1.67	1.51	1.48
PIF	[L/s]		1.70		1.70	1.51	1.52
MIF 50	[L/s]		1.61		1.61	1.45	1.44
V backextrapolation [h]			0.10		0.10	0.08	0.09
V backextrapol. % [FEV1]			3.32		3.40	2.59	2.88



Levels of Asthma Control

Characteristic	Controlled (All of the following)	Partly controlled (Any present in any week)	Uncontrolled
Daytime symptoms	None (2 or less / week)	More than twice / week	3 or more features of partly controlled asthma present in any week
Limitations of activities	None	Any	
Nocturnal symptoms / awakening	None	Any	
Need for rescue / “reliever” treatment	None (2 or less / week)	More than twice / week	
Lung function (PEF or FEV₁)	Normal	< 80% predicted or personal best (if known) on any day	
Exacerbation	None	One or more / year	1 in any week



Classification of severity of airflow limitation in COPD (based on post-bronchodilator FEV_1)

In patients with $FEV_1/FVC < 0.70$

GOLD 1	Mild	$FEV_1 \geq 80\% \text{pred}$
GOLD 2	Moderate	$50\% \leq FEV_1 < 80\% \text{pred}$
GOLD 3	Severy	$30\% \leq FEV_1 < 50\% \text{pred}$
GOLD 4	Very Severe	$FEV_1 < 30\% \text{pred}$

Patient	Characteristic	Spirometric classification	Exacerbation (/yr)	mMRC	CAT
A	Low risk Less symptoms	GOLD 1-2	≤ 1	0-1	< 10
B	Low risk More symptoms	GOLD 1-2	≤ 1	≥ 2	≥ 10
C	High risk Less symptoms	GOLD 3-4	≥ 2	0-1	< 10
D	High risk More symptoms	GOLD 3-4	≥ 2	≥ 2	≥ 10

interpretatie spirometrie

Hoe te beoordelen of de
gemeten longfunctie normaal is?

interpretatie kengetallen: referentiewaarden

Hoe te beoordelen of de gemeten longfunctie normaal is ??

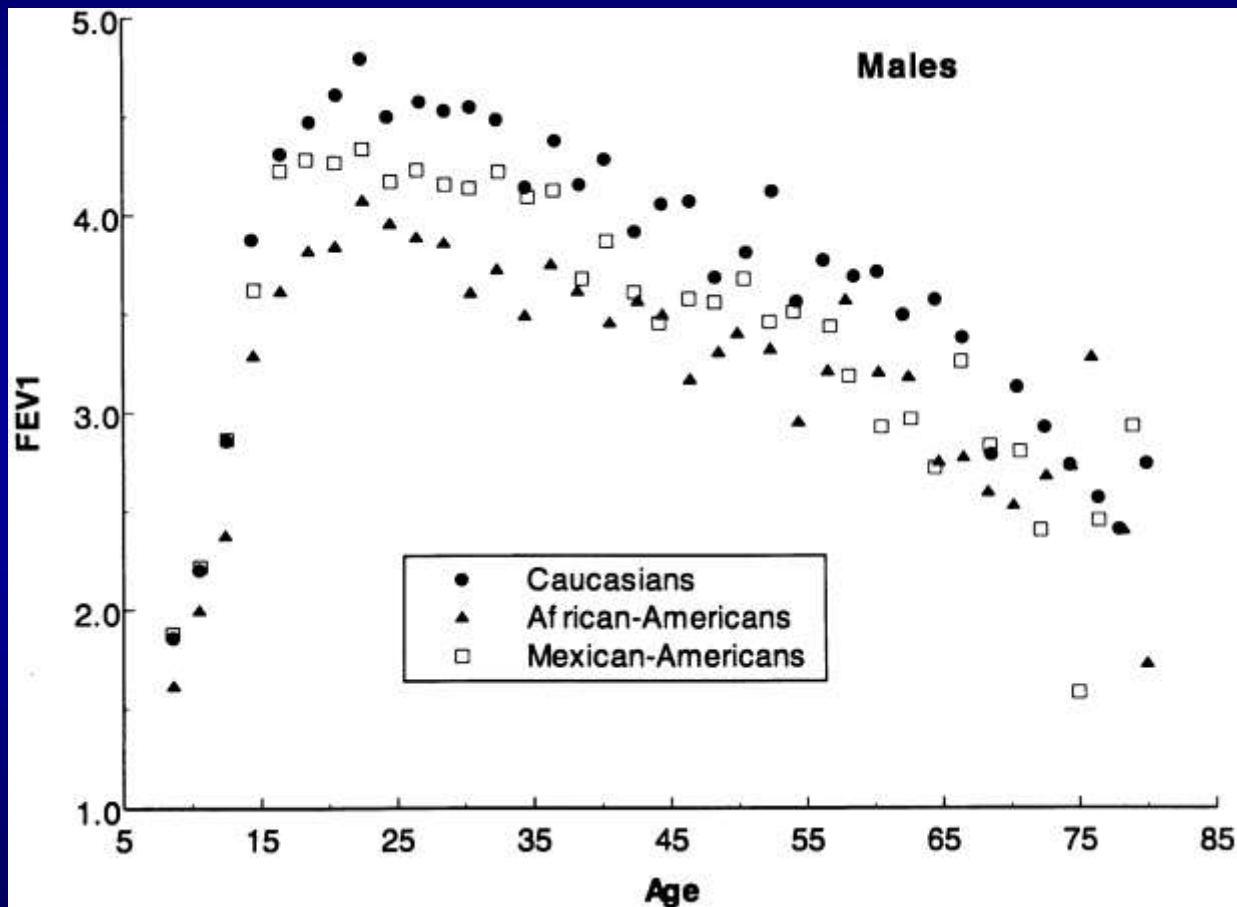
De beste referentiewaarde voor een patiënt is een longfunctiemeting verricht in een klinisch optimale fase.

Dus:

referentiewaarde = voorspelling voor een:

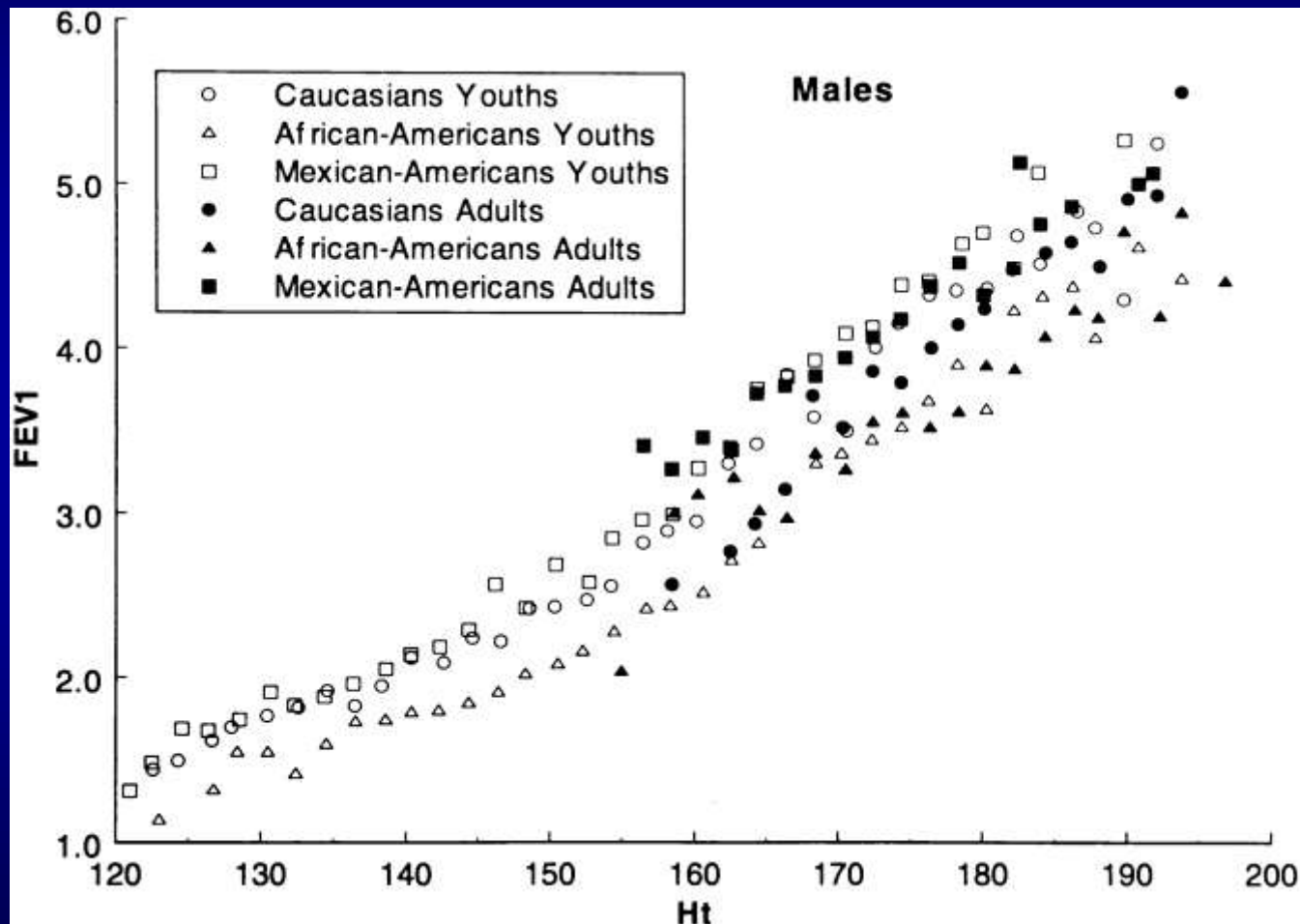
- gezonde persoon van
- dezelfde lengte,
- leeftijd,
- geslacht en
- etnische groep

Referentiewaarden



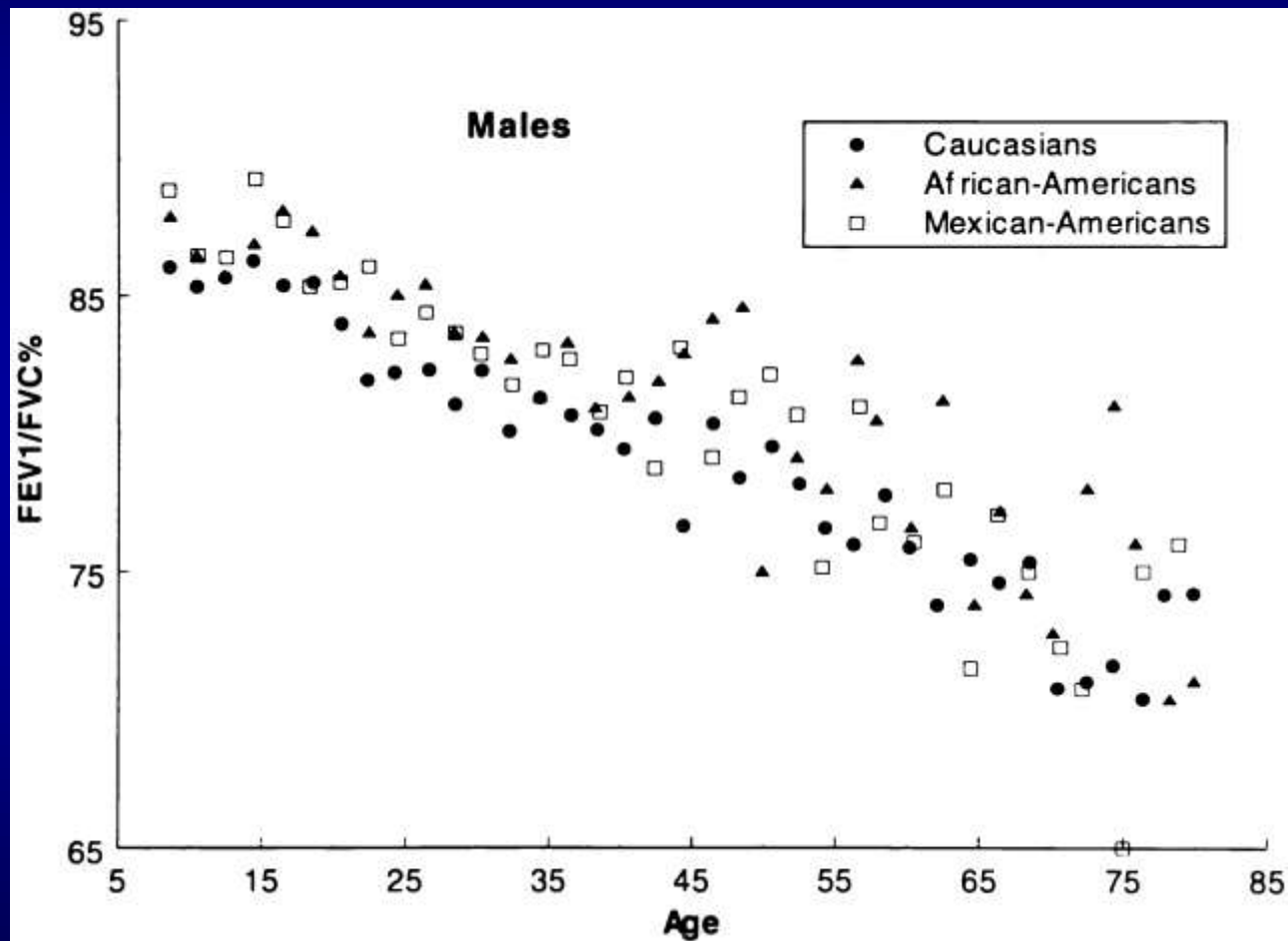
Asymptomatic, lifetime non-smokers with ≥ 2 acceptable FVC manoeuvres (7429/20627 subjects: 8-80 yrs)
Hankinson et al. AJRCCM, 1999: 179-187

Referentiewaarden



Hankinson et al. AJRCCM, 1999: 179-187

Referentiewaarden



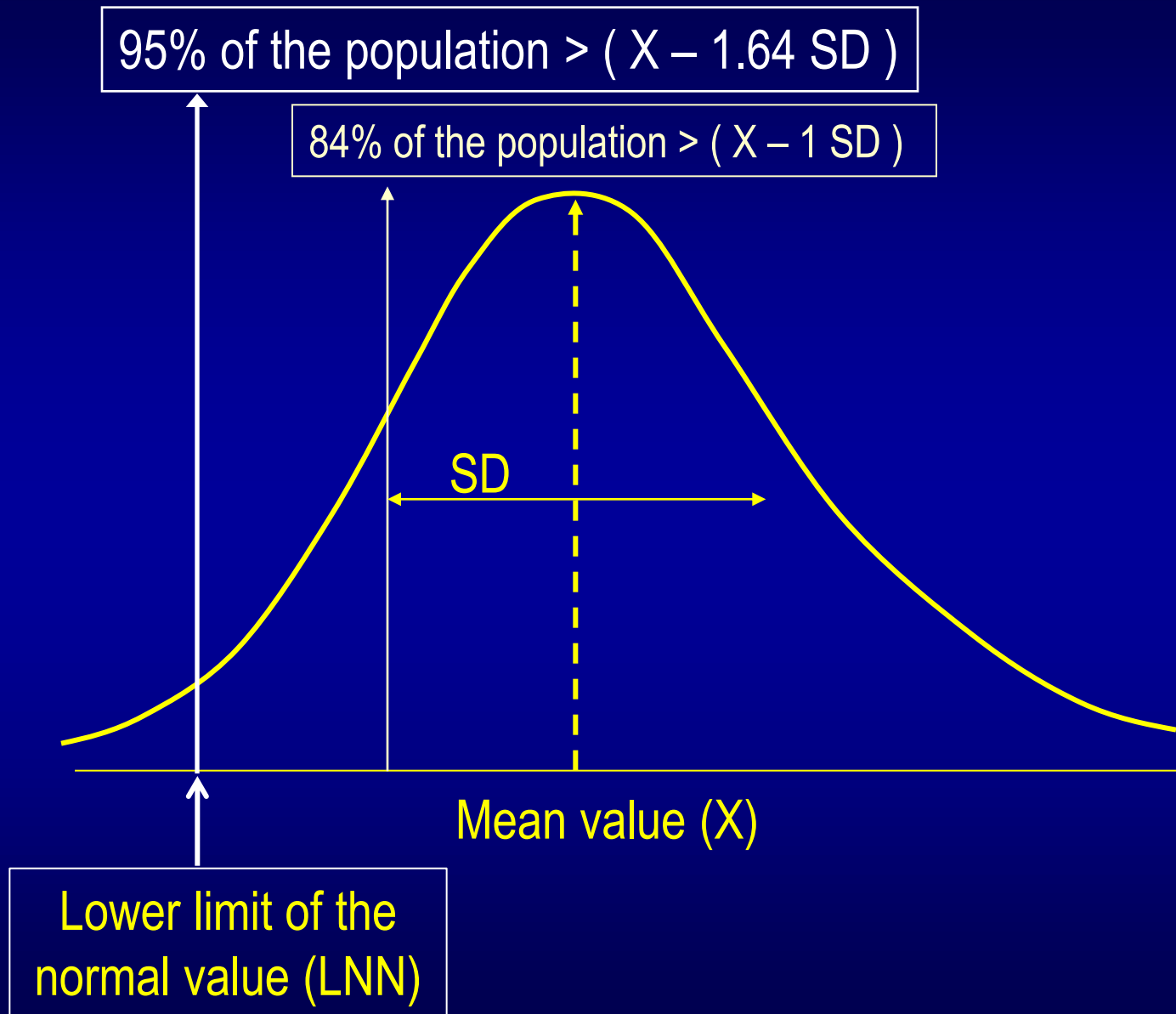
Hankinson et al. AJRCCM, 1999: 179-187

ERS referentiewaarden mannen

		regressievergelijking	1.64×RSD
FVC	L	$5.76 \times H - 0.026 \times A - 4.34$	1.00
FEV1	L	$4.30 \times H - 0.029 \times A - 2.49$	0.84
FEV1/VC	%	$- 0.18 \times A + 87.21$	11.8

A= Age (yrs), H= Height (m)

Voor A: 18-25 jr gebruik A= 25 jaar



ERS referentiewaarden mannen

		regressievergelijking	1.64×RSD
FVC	L	$5.76 \times H - 0.026 \times A - 4.34$	1.00
FEV1	L	$4.30 \times H - 0.029 \times A - 2.49$	0.84
FEV1/VC	%	$-0.18 \times A + 87.21$	11.8

A= Age (yrs), H= Height (m)

ERS referentiewaarden M vs. F

Mannen		regressievergelijking	1.64×RSD
FVC	L	$5.76 \times H - 0.026 \times A - 4.34$	1.00
FEV1	L	$4.30 \times H - 0.029 \times A - 2.49$	0.84
FEV1/VC	%	$-0.18 \times A + 87.21$	11.8

Vrouwen		regressievergelijking	1.64×RSD
FVC	L	$4.43 \times H - 0.026 \times A - 2.89$	0.71
FEV1	L	$3.95 \times H - 0.025 \times A - 2.60$	0.62
FEV1/VC	%	$-0.19 \times A + 89.10$	10.7

A= Age (yrs), H= Height (m). 25 -70 yrs (NB: 18-25 yrs= 25yrs)

Gebruik referentiewaarden:

Bijvoorbeeld: Man 35 jr, lengte: 1.80m

Voorspelde waarde en ondergrens normaal FVC:

$$\begin{aligned}\text{FVCpred} &= 5.76 \times H - 0.026 \times A - 4.34 \\ &= 5.76 \times 1.80 - 0.026 \times 35 - 4.34 = 5.12 \text{ L}\end{aligned}$$

$$\text{LLN (FVC)} = 5.12 - 1.00 = 4.12 \text{ (= } \sim 80\% \text{FVCpred)}$$

Voorspelde waarde en ondergrens normaal Tiffeneau:

$$\begin{aligned}\text{FEV1/VCpred} &= -0.18 \times A + 87.21 \\ &= -0.18 \times 35 + 87.21 = 80.9\%\end{aligned}$$

$$\text{LLN (Tiff)} = 80.9 - 11.8 = 69.1\%$$

Gebruik referentiewaarden:

Bijvoorbeeld: Man 75 jr, lengte: 1.70m

Voorspelde waarde en ondergrens normaal FVC:

$$\begin{aligned}\text{FVCpred} &= 5.76 \times H - 0.026 \times A - 4.34 \\ &= 5.76 \times 1.70 - 0.026 \times 75 - 4.34 = 3.50 \text{ L}\end{aligned}$$

$$\text{LLN (FVC)} = 3.50 - 1.00 = 2.50 \text{ (= 71\% FVCpred)}$$

Voorspelde waarde en ondergrens normaal Tiffeneau:

$$\begin{aligned}\text{FEV1/VCpred} &= -0.18 \times A + 87.21 \\ &= -0.18 \times 75 + 87.21 = 73.7\%\end{aligned}$$

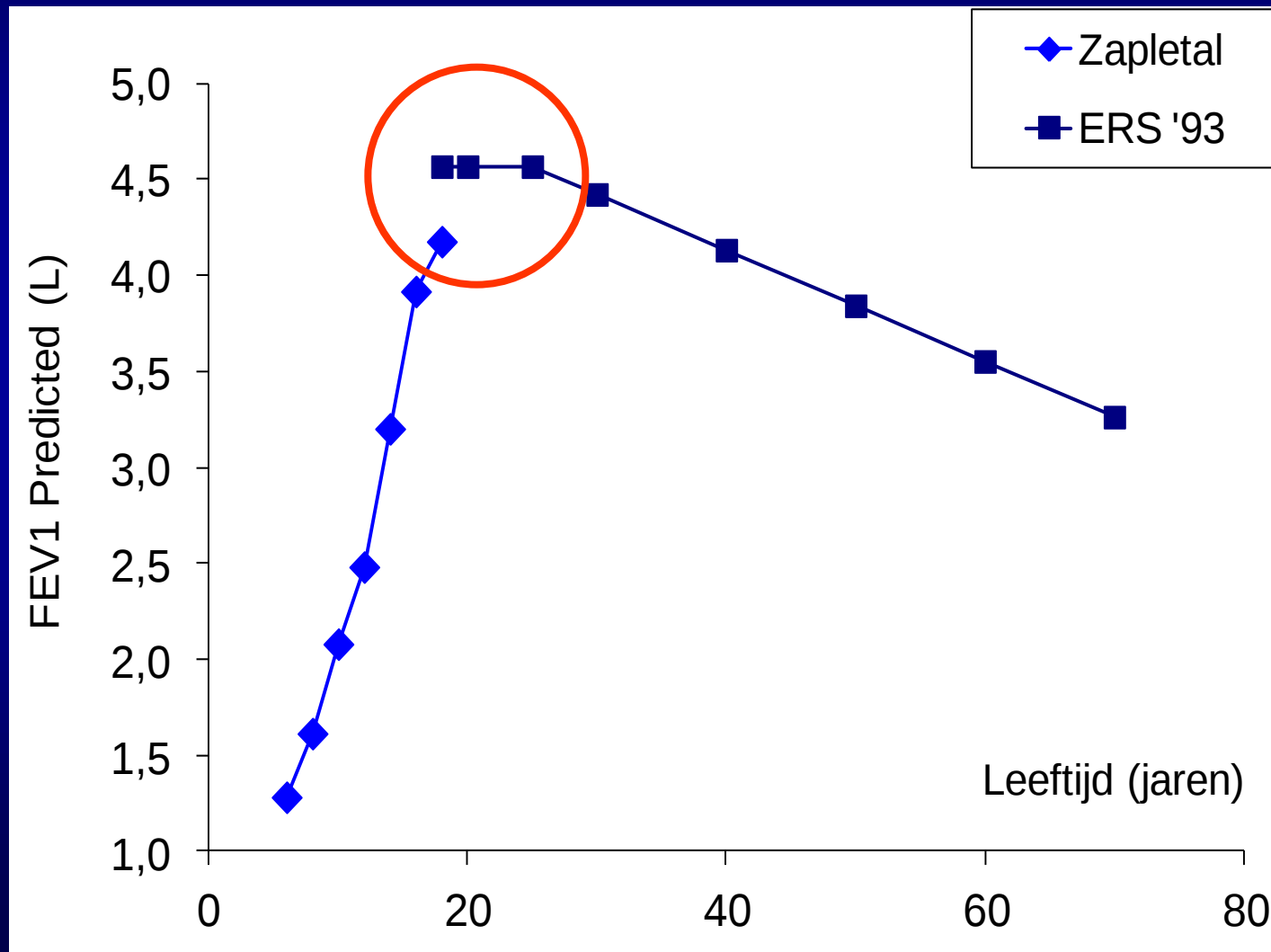
$$\text{LLN (Tiff)} = 73.7 - 11.8 = 61.9\%$$

Wanneer is longfunctie afwijkend?

Gebruik LLN:

- Lower Limit of the Normal value (ondergrens van normaal)
- Slechts 5% van een gezonde populatie heeft waarden onder deze grens
- Bij iemand van 35-40 jaar :
 - Is de LLN van de FEV_1/VC ~70%
 - Is de LLN van de FVC ~ 80%predicted
- Echter, met toenemende leeftijd daalt de LNN, dus een vaste afkapwaarde is onjuist! Dit geldt voor zowel obstructieve als restrictieve stoornissen.

Referentiewaarden van FEV₁: Kinderen vs. Volwassenen



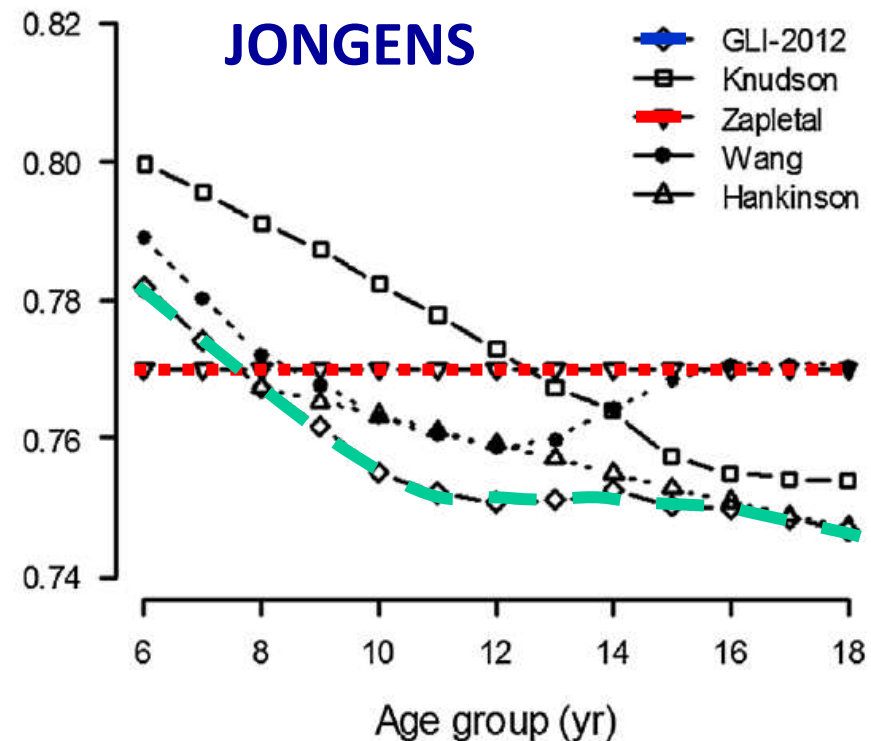
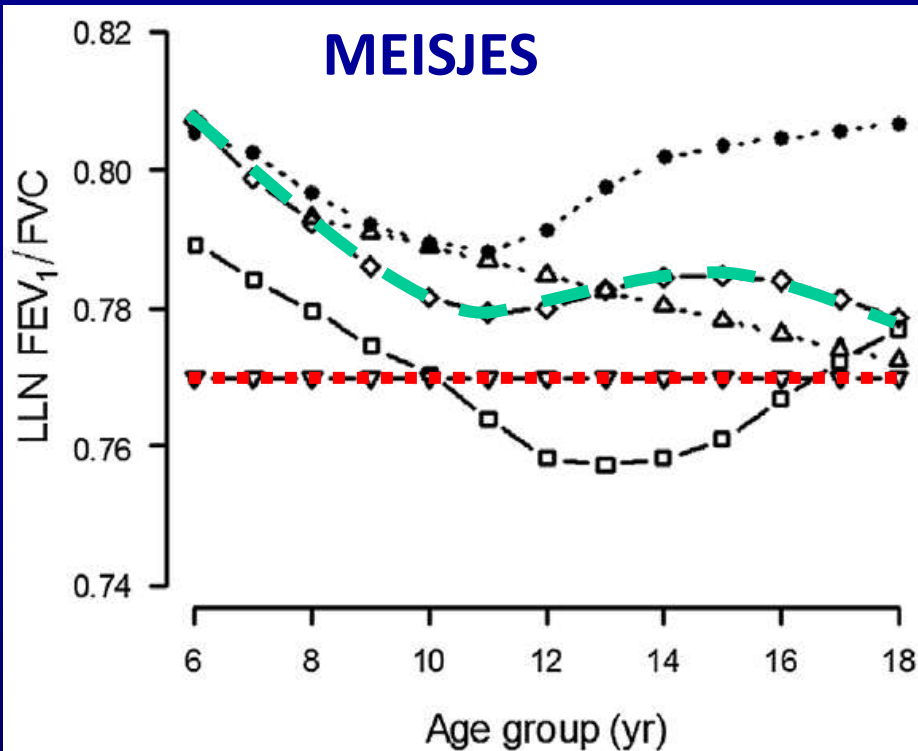
Global Lung (Function) Initiative



The Global Lungs Initiative (GLI) equations are the first **global, multi-ethnic** reference equations for spirometry that span **all-ages**. These are the result of a cooperation endorsed by five international societies.

Briefly, data from 74,187 healthy non-smokers (57% females) aged 3-95 years were used to derive reference equations using modern statistical methods, including age-dependent lower limits of normal.

Effecten invoering GLI: kinderen



Effecten invoering GLI: volwassenen

