

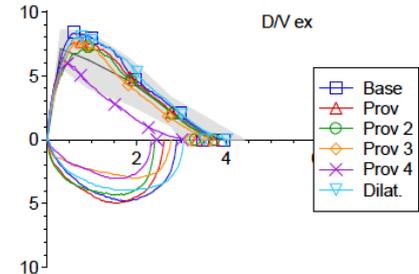


FORUM EUROPÉEN, CŒUR, EXERCICE & PRÉVENTION



Interprétation de l'EFR

Justine FRIJA-MASSON
Hôpital Bichat Claude Bernard, Paris
Université Paris Cité



Liens d'intérêts

Non en lien avec la présentation :

- Invitation à des congrès: LVL médical, ADEP assistance, Vitalaire, SOS oxygène
- Mécénat recherche : LVL médical



Rappels de physiologie respiratoire

Equations de référence, notion de LIN/LSN

Courbe débit volume

- Technique
- Trouble obstructif ?
- Réversibilité?

Test de provocation bronchique

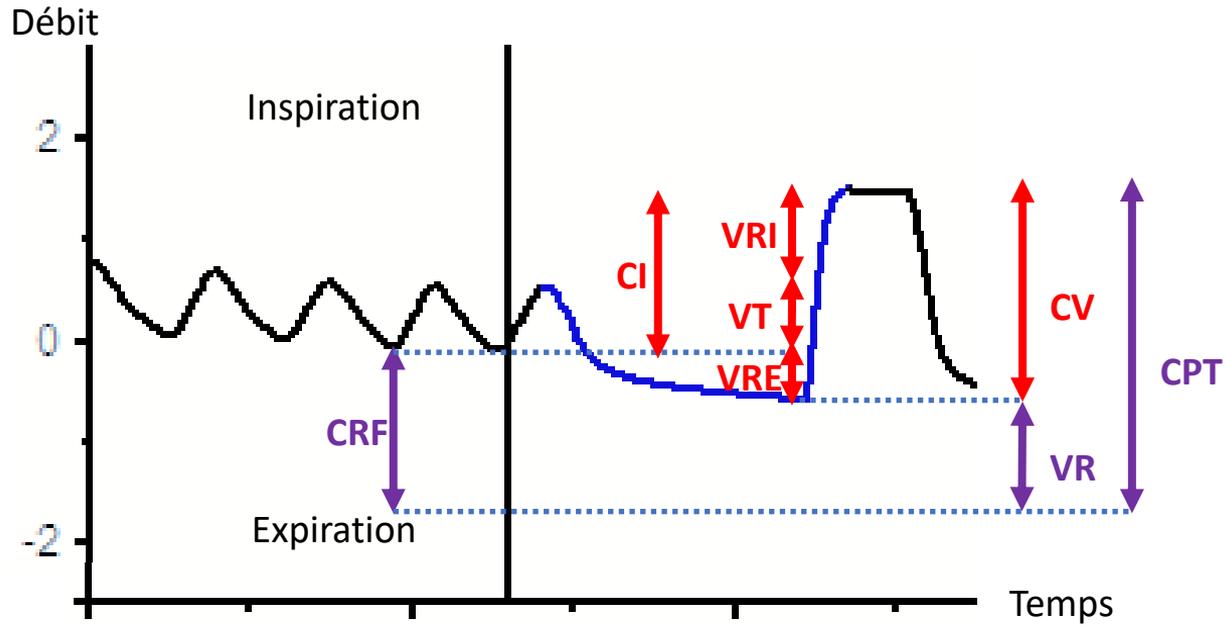
Mesure de CRF

Transfert alvéolo-capillaire

Rappels de physiologie



Volumes pulmonaires



Volumes non mobilisables (statiques)

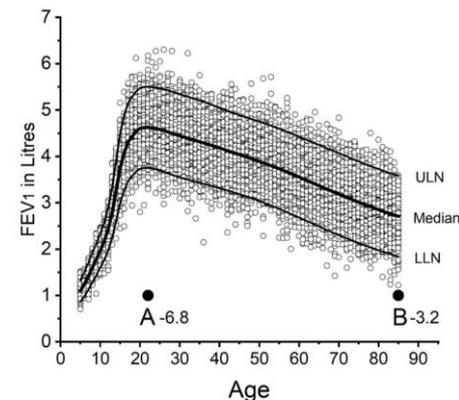
Volumes mobilisables



Les normes en EFR : recommandations

Grandeurs d'EFR dépendent de :

- Taille (à 20 ans, envergure à défaut)
- Age
- Sexe
- Ethnie



Normes CECA/ERS 1993 : extrapolations > 70 ans, petits effectifs

Equations GLI

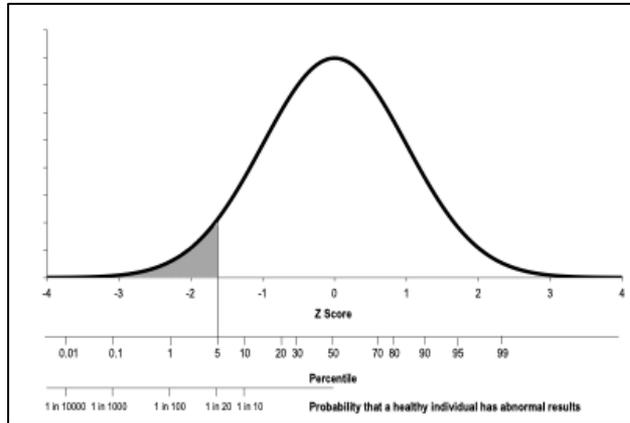
- En cours de déploiement
- Grands effectifs, multiethnique
- Recommandées pour spirométrie, volumes, et DLCO

Limite inférieure de la normale (LIN) et z-score

Utiliser les limites supérieure et inférieure de la normale (5ème et 95ème percentiles, ou -1.645 à +1.645 en z-scores)

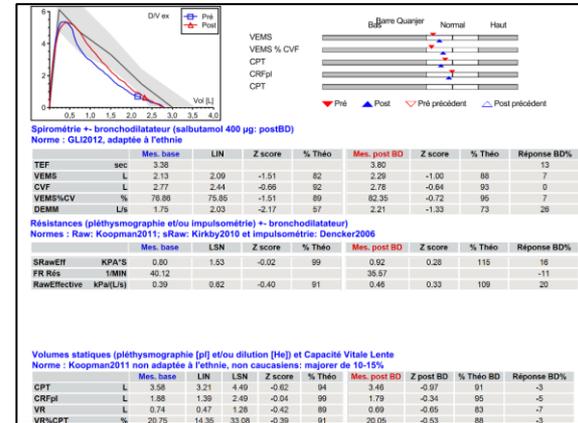
LIN : 95^e percentile

- 5% d'individus atypiques



$z\text{-score} = (\text{mesure} - \text{moyenne}) / (\text{DS})$

- Exemple : un z-score à -2 correspond à -2DS



Pourquoi et comment faire des EFR ?



Dans quelles conditions ?

Patient assis non à jeun

Prothèses dentaires en place (limite les fuites)

Personnel formé

Matériel entretenu et calibré

En prenant le temps qu'il faut...



Quel est le rapport bénéfice/risque ?

Quelle implication pour le patient au décours ?

Le patient peut-il réaliser l'examen ?

- Contre-indication temporaire ou permanente ?



Quelles indications ?

Au diagnostic

- Etiqueter la pathologie : exemple de l'asthme
- Connaître la sévérité : exemple de la PID
- Discuter du traitement : exemple de l'oncologie thoracique
- Pathologie de système : rhumatologie, médecine interne, dermatologie...
- Avant chirurgie non pulmonaire
- Dépistage familial

En suivi

- Efficacité du traitement
- Toxicité du traitement
- Prétransplantation ?
- Pronostic



Intérêt pronostique : exemple de la BPCO

Index BODE/BODE modifiés

- Degré d'obstruction et test de marche
- Index pronostic de mortalité à moyen et long terme

VEMS corrélé à la qualité de vie (SGRQ)

Distension et dyspnée

- Impact majeur sur la qualité de vie

Tableau 3. Calcul du score composite BODE.

		0	1	2	3
B	IMC (Kg/m^2)	< 21	≥ 21		
O	VEMS (% de la valeur théorique)	≥ 65	50-64	36-49	≤ 35
D	MMRC (0-4)	0-1	2	3	4
E	Distance parcourue lors du test de marche de 6-minutes (m)	≥ 350	250-349	150-249	≤ 149

SPLF, RPC 2009



Courbe débit-volume



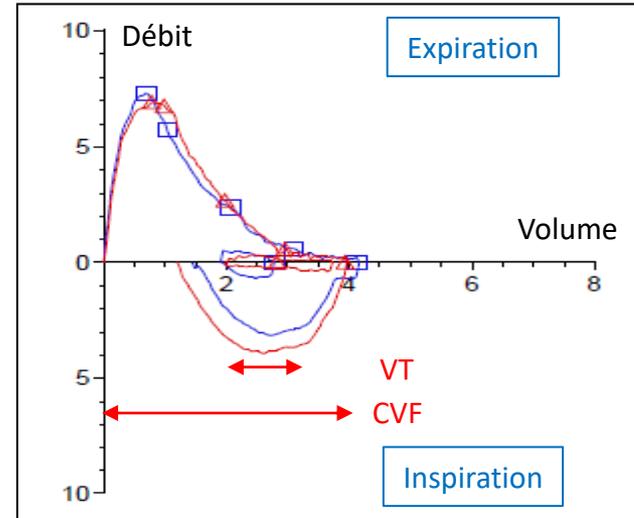
Courbe débit-volume

Coopération du malade ++

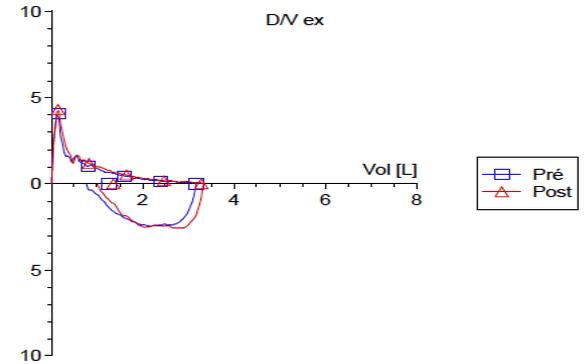
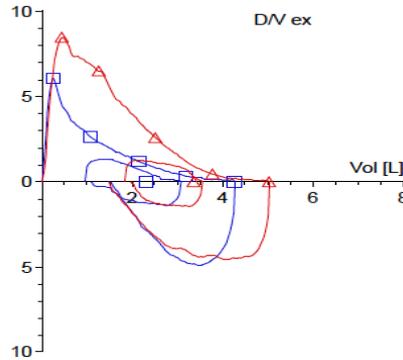
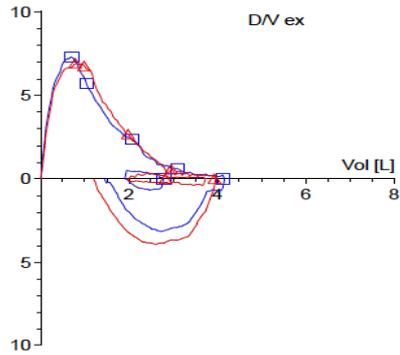
- Délai du DEP < 120 ms
- Min 6 secondes d'expiration
- 3-8 manœuvres
- Variation de CV < 150 mL

Test de réversibilité : BDCA

- Salbutamol ++



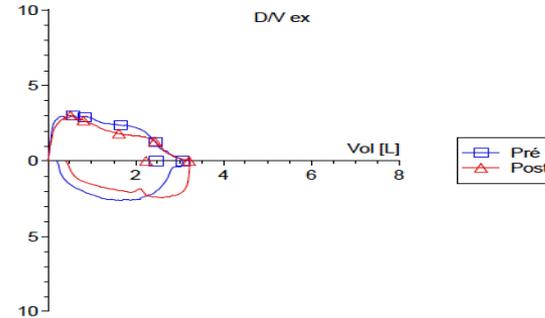
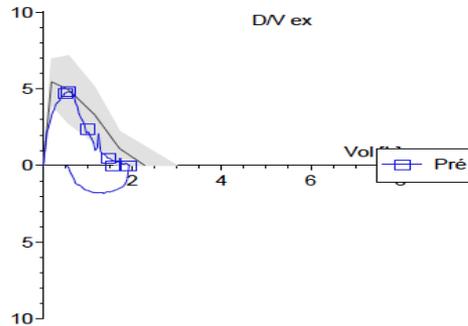
Courbe débit volume



Normale

TVO réversible

TVO non réversible



Restriction

Atteinte haute



Comment définir le trouble obstructif ?

Critères GOLD :

- ~~VEMS/CVF~~ < 0.7

Critères ERS 2005 et 2022 :

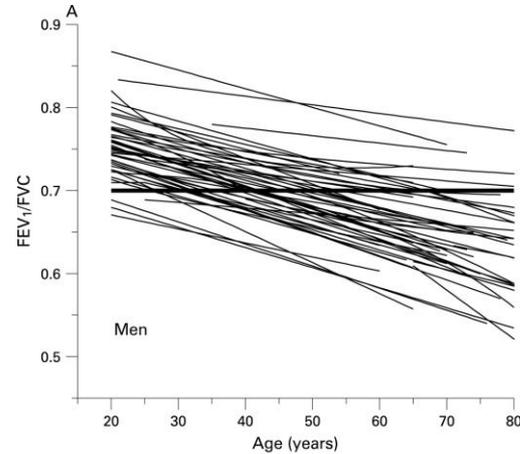
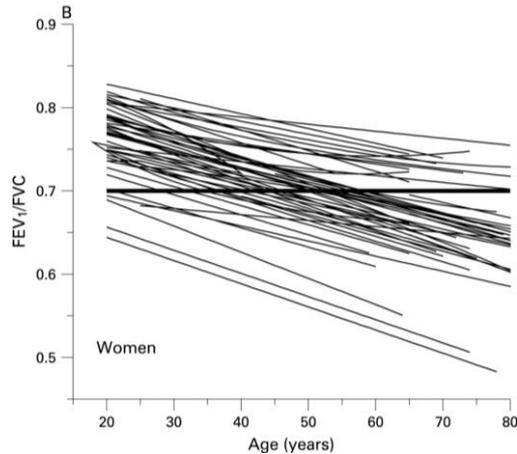
- VEMS/CV < LIN

Alors pourquoi choisir la limite inférieure de la normale ?

Intérêt de la LIN : exemple du VEMS/CVF

Age auquel la LIN < 0,7 pour le VEMS/CVF :

- Hommes 42 ans
- Femmes 48 ans



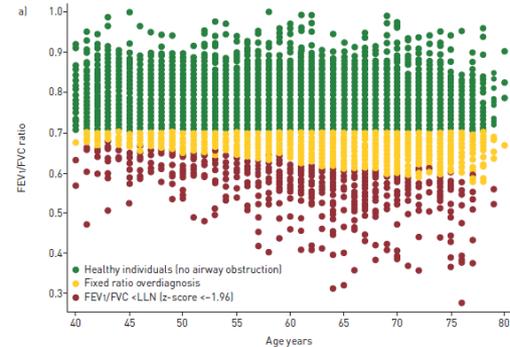
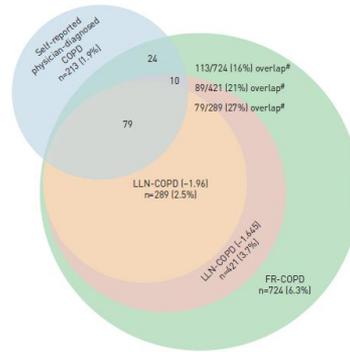
Swanney Thorax. 2008 Dec;63(12):1046-51

Intérêt de la LIN : exemple du VEMS/CVF

Sujet jeune:

- Plus d'évolution vers la BPCO Cerveri, Thorax. 2008 Dec;63(12):1040-5
- Sous-diagnostic (20%) Hansen Chest . 2007 Feb;131(2):349-55

Sujet âgé : surdiagnostic Swanney Thorax. 2008 Dec;63(12):1046-51, Meteran ERJ Open Res. 2017 Dec 8;3(4):00110-2017



Intérêt de la LIN

VEMS/CV > 0.7 mais < LIN

- Plus de recours au SAU, plus de symptômes Murphy Int J COPD. 2013;8:199-208, Meteran ERJ Open Res. 2017 Dec 8;3(4):00110-2017, Miller Int J COPD. 2018 Jun 21;13:1979-1986
- Décroissance plus marquée de la fonction respiratoire Llordés, Int J COPD. 2020 Jun 18;15:1403-1413
- Corrélation avec la mortalité non retrouvée



Syndrome obstructif : sévérité ?

Classification ERS 2005

Pellegrino, ERJ, 2005;26:948-968

Classification ERS 2022

Stanojevic, ERJ, 2022 Jul 13;60(1):2101499

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

% pred: % predicted.

A three-level system to assess the severity of lung function impairment using z-score values should be used; z-score > -1.645 are normal, z-scores between -1.65 and -2.5 are mild, z-scores between -2.5 and -4 are moderate and z-scores <-4 are severe.



Syndrome obstructif : réversible ?

Réversibilité significative (2005)

- Amélioration 10 min. après bronchodilatateurs
- de 12% **et** 200ml
- du VEMS **et/ou** de la CVF
- variable dans le temps

Réversibilité significative (2022)

- +10% sur le VEMS ou la CVF rapporté à la valeur prédite

$$\text{Bronchodilator Response} = \frac{(\text{Post-bronchodilator value (l)} - \text{Pre-bronchodilator value (l)}) * 100}{\text{Predicted value (l)\#}}$$

Au diagnostic: indispensable

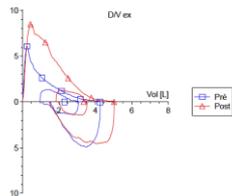
En suivi : selon la question posée !



Réversibilité du TVO

COURBE DEBIT - VOLUME Normes CECA 1993

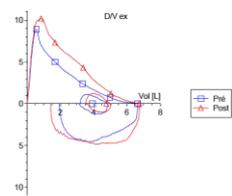
Date test	Mesure								
Substance	15.01.16				15.01.16				
	LIN	LSN	Théo	%M/T	Post	D%	%M/T		
CVF	L	4.25	3.56	5.57	4.57	93	5.02	18	110
VEMS	L	2.30	2.80	4.48	3.64	63	3.35	46	92
VEMS%CF	%	54.05	65.70	89.28	77.49	70	66.81	24	86
DEM75	L/s	2.63	4.92	10.65	7.74	34	6.50	147	84
DEM50	L/s	1.18	2.59	6.93	4.76	25	2.59	119	54
DEM25	L/s	0.33	0.64	3.21	1.93	17	0.44	33	23
DEM10	L/s	0.95	2.14	5.56	3.85	25	1.71	79	44
DPE	L/s	6.08	6.83	10.81	8.82	69	8.48	39	96
CV Max	L	4.25	3.84	5.88	4.76	89	5.02	18	106
VEM&MX	%	54.05	65.70	89.28	77.49	70	66.81	24	86



Sur le VEMS et la CVF

COURBE DEBIT - VOLUME Normes CECA 1993

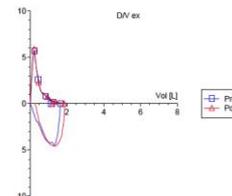
Date test	Mesure								
Substance	28.12.15				28.12.15				
	LIN	LSN	Théo	%M/T	Post	D%	%M/T		
CVF	L	6.63	5.04	7.05	6.04	110	6.73	2	111
VEMS	L	3.92	4.17	5.85	5.01	78	4.76	21	95
VEMS%CF	%	59.22	70.74	94.32	82.53	72	70.74	19	86
DEM75	L/s	5.02	6.45	12.07	9.26	54	7.31	46	79
DEM50	L/s	2.41	3.95	8.29	6.12	39	4.29	78	70
DEM25	L/s	0.73	1.71	4.28	3.00	24	1.20	64	40
DEM10	L/s	2.00	3.60	7.02	5.31	38	3.31	66	62
DPE	L/s	8.90	8.83	12.81	10.82	82	10.18	14	94
CV Max	L	6.63	5.41	7.26	6.33	105	6.73	2	106
VEM&MX	%	59.22	70.74	94.32	82.53	72	70.74	19	86



Sur le VEMS

COURBE DEBIT - VOLUME Normes CECA 1993

Date test	Mesure								
Substance	18.11.15				18.11.15				
	LIN	LSN	Théo	%M/T	Post	D%	%M/T		
CVF	L	1.64	2.05	3.46	2.75	60	1.84	13	67
VEMS	L	1.13	1.70	2.95	2.32	49	1.19	4	51
VEMS%CF	%	68.94	67.18	88.60	77.89	89	63.82	-7	82
DEM75	L/s	2.50	3.12	7.56	5.34	49	2.20	-12	43
DEM50	L/s	0.80	1.84	5.46	3.65	22	0.70	-13	19
DEM25	L/s	0.17	0.20	2.47	1.34	13	0.16	-6	12
DEM10	L/s	0.59	1.54	4.34	2.94	20	0.52	-12	18
DPE	L/s	5.70	4.55	7.51	6.03	95	5.88	3	98
CV Max	L	1.67	2.16	3.54	2.85	59	1.84	10	65
VEM&MX	%	67.62	67.18	88.60	77.89	87	63.82	-6	82



Sur la CVF



Autres signes d'obstruction

Concavité de la courbe

- Physiologique avec l'âge

Limitation des débits à bas volumes

- $DEM_{25-75} \leq 50\%$ pred
- Pas d'étude de la réversibilité sur les débits distaux

Piégeage gazeux (cf. mesure de la CRF)



Test de provocation bronchique



Utilisation d'un analogue de l'acétylcholine

- Métacholine

But : déclencher une obstruction bronchique

Indications principales

- Toux chronique
- Suspicion d'asthme (pas indispensable au dg)

Modalités pratiques

- Arrêt des corticoïdes (inhalés et per os) depuis 1 mois
- Arrêt des β_2 selon leur durée de vie
- Inhalation de doses croissantes de métacholine (100 à 1600 μg)
- PD/PC 20 : chute du VEMS de 20%
- Administration systématique de β_2 CDA au décours

Contre-indications

Contre-indications absolues

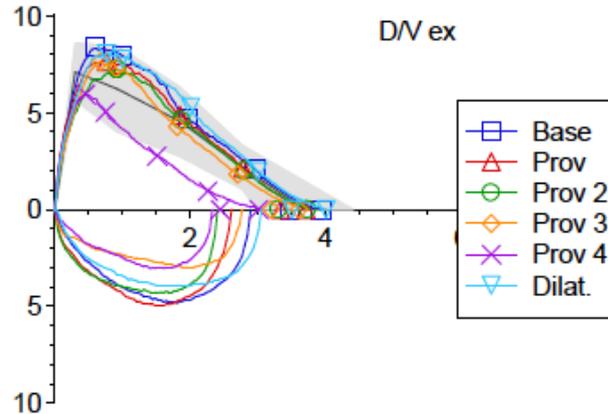
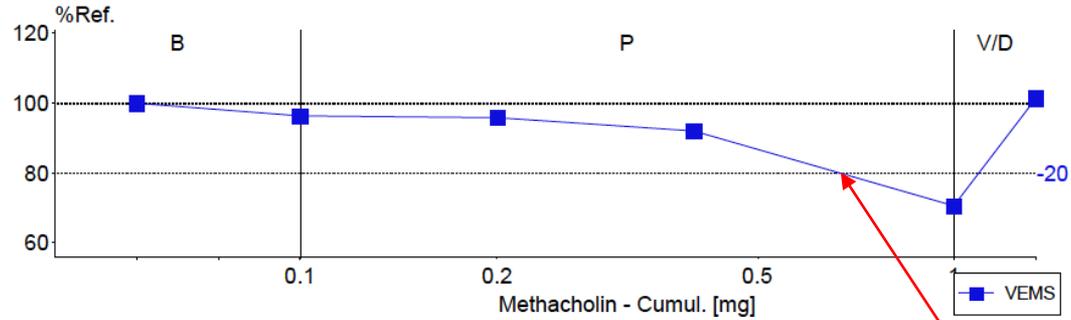
- TVO préexistant
- VEMS < 70 % des valeurs théoriques
- SCA ou AVC < 3 mois
- glaucome, adénome prostatique
- anévrisme artériel connu

Contre-indications relatives

- prise de β -bloquants (?)
- infection respiratoire inférieure à 6 semaines
- hypertension artérielle instable
- grossesse, allaitement
- inhibiteurs de la cholinestérase (myasthénie)



Comment lire le résultat ?



PD20

Etude des volumes statiques



Comment mesurer la CRF?

Principe :

- Mesure de la CRF, du VRE et de la CV
- Calcul du VR (CRF-VRE) et de la CPT

Trois méthodes disponibles

- Pléthysmographie
- Dilution d'un gaz étranger : hélium
- Rinçage d'un gaz résident : azote



Intérêt de l'étude des volumes statiques

Piégeage gazeux:

- $VR/CPT > LSN$ et/ou $VR > LSN$
- CPT normale

Distension:

- Elévation des volumes statiques et modification des rapports volumes mobilisables/non mobilisables
- $CRF > LSN$
- $CPT > LSN$ **ET** $VR/CPT > LSN$

Restriction

- $CPT < LIN$



dessin : F. Puig Rosado

Distension débutante

		Mesure	LIN	LSN	Théo	%M/T	Post	D%	%M/T
Date test		02.12.09					02.12.09		
Substance							VENTOLI...		
CVF	L	3.06	2.33	3.75	3.04	101	3.04	-1	100
VEMS	L	1.22	1.97	3.22	2.59	47	1.31	8	51
VEMS%CF	%	39.93	68.32	89.74	79.03	51	43.22	8	55
DEM75	L/s	1.01	3.37	7.81	5.59	18	1.28	27	23
DEM50	L/s	0.38	2.07	5.69	3.88	10	0.53	41	14
DEM25	L/s	0.12	0.38	2.65	1.52	8	0.13	10	9
DEMM	L/s	0.32	1.78	4.58	3.18	10	0.37	18	12
DEP	L/s	3.32	4.89	7.86	6.38	52	3.46	4	54
CRFpl	L	4.34	1.93	3.57	2.75	158			
VRE	L	1.19	0.91	0.91	0.91	130			
VR	L	3.15	1.26	2.41	1.83	172			
CPT	L	6.26	4.11	6.09	5.10	123			
VR%CPT	%	50.32	27.39	46.57	36.98	136			
CV Max	L	3.11	2.45	3.83	3.14	99	3.04	-2	97
VEMS%CV	%	39.25	68.32	89.74	79.03	50	43.22	10	55
RAW	kPa/(L/s)	0.22	0.30	0.30	0.30	74			
SR AW	KPA*S	1.05	0.96	0.96	0.96	109			

Distension importante

		Mesure	LIN	LSN	Théo	%M/T
Date test		28.05.19				
CVF	L	1.73	2.07	3.49	2.78	62
VEMS	L	0.38	1.72	2.97	2.34	16
VEMS%CF	%	22.19	66.42	87.84	77.13	29
DEM75	L/s	0.24	3.12	7.56	5.34	4
DEM50	L/s	0.18	1.82	5.44	3.63	5
DEM25	L/s	«0.10	0.13	2.40	1.27	8
DEMM	L/s	0.15	1.44	4.24	2.84	5
DEP	L/s	1.79	4.59	7.56	6.08	30
CRFpl	L	6.59	1.94	3.58	2.76	239
VRE	L	0.59	0.76	0.76	0.76	78
VR	L	6.00	1.42	2.57	1.99	301
CPT	L	7.74	4.11	6.09	5.10	152
VR%CPT	%	77.48	30.79	49.97	40.38	192
RAW	kPa/(L/s)	0.97	0.30	0.30	0.30	324
SR AW	KPA*S	6.74	0.96	0.96	0.96	701
CV	L	1.74	2.21	3.59	2.90	60

Piégeage gazeux

CRFpl	L	2.63	1.80	3.45	2.63	100
VRE	L	0.50	1.06	1.06	1.06	48
VR	L	2.12	0.99	2.14	1.57	135
CPT	L	4.84	3.78	5.76	4.77	101
VR%CPT	%	43.86	23.65	42.83	33.24	132



Diffusion du CO



Intérêt de la mesure de la DLCO

Mesure très sensible

- Etude de la barrière alvéolocapillaire

Mesure peu spécifique

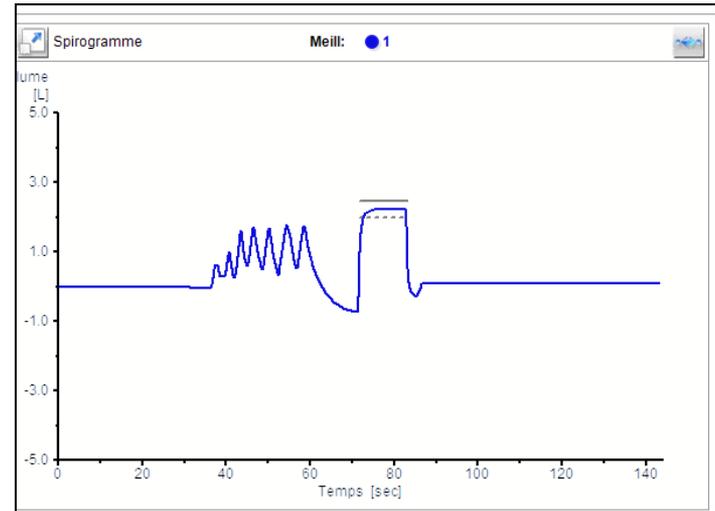
- Alvéoles
- Capillaires
- Anémie
- HbCO
- Ventilation correcte des territoires



Principe de la mesure

Méthode en apnée

- Méthode recommandée
- Impossible si $CV < 1L$ (machines les plus récentes)
- Mélange de CO et He/CH₄ (estimation du VA)
- Expiration jusqu'au VR
- Inspiration complète
- Apnée 8-12 s
- Expiration profonde



Comment lire le résultat ?

		Mesure	LIN	LSN	Théo	%M/T
	Hb g(Hb)/dL	13.40				
Volume alvéolaire	VA_SB L	3.71	4.95	4.95	4.95	75
Sans correction pour l'Hb	DLCO_SB mmol/(min*kPa)	5.87	6.09	9.93	8.01	73
	KCO_SB mmol/(min*kPa*L)	1.58	1.09	2.06	1.57	101
Correction pour l'Hb	DLCOcSB mmol/(min*kPa)	5.87	6.09	9.93	8.01	73
	KCOc mmol/(min*kPa*L)	1.58	1.09	2.06	1.57	101

Interprétation

Trouble de diffusion si $DLCO < LIN$

Sévérité :

- $DLCO \geq 60\%$ trouble léger
- $DLCO 40-59\%$: trouble modéré
- $DLCO < 40\%$: trouble sévère



Exemple : BPCO avec emphysème

		Mesure	LIN	LSN	Théo	%M/T	Post	D%	%M/T
Date test		23.12.15							
Substance		Ventoline							
CVF	L	6.03	4.37	6.37	5.37	112	5.99	-1	112
VEMS	L	4.17	3.61	5.29	4.45	94	4.17	-0	94
VEMS%CF	%	69.18	69.66	93.24	81.45	85	69.61	1	85
DEM75	L/s	5.09	5.78	11.41	8.59	59	5.31	4	62
DEM50	L/s	3.75	3.42	7.77	5.59	67	3.98	6	71
DEM25	L/s	1.38	1.32	3.89	2.60	53	1.23	-11	47
DEMM	L/s	3.07	3.16	6.59	4.87	63	2.85	-7	58
DPE	L/s	8.42	8.02	12.00	10.01	84	8.66	3	87
CRFpl	L	5.12	2.49	4.47	3.48	147			
VRE	L	1.79	1.61	1.61	1.61	111			
VR	L	3.33	1.20	2.55	1.87	178			
CPT	L	9.35	6.39	8.69	7.54	124			
VR%CPT	%	35.58	17.46	35.42	26.44	135			
RAW	kPa/(L/s)	0.11	0.30	0.30	0.30	38			
SR AW	KPA*S	0.64	1.18	1.18	1.18	54			
CV	L	6.03	4.70	6.54	5.62	107	6.00	-0	107
VEM&MX	%		69.66	93.24	81.45		69.49		85

		Mesure	LIN	LSN	Théo	%M/T
Date mesure		23.12.15				
Hb	g(Hb)/100 mL	14.60				
VA_SB	L	7.01	7.39	7.39	7.39	95
DLCO_SB	mmol/(min*kPa)	9.04	9.87	14.51	12.19	74
KCO_SB	mmol/(min*kPa*L)	1.29	1.22	2.01	1.62	80
DLCOcSB	mmol/(min*kPa)	9.04	9.87	14.51	12.19	74
KCOc	mmol/(min*kPa*L)	1.29	1.22	2.01	1.62	80

Exemple : trouble restrictif avec trouble de diffusion

		Mesure	LIN	LSN	Théo	%M/T
Date test		15.12.15				
CVF	L	1.90	1.57	2.99	2.28	83
VEMS	L	1.54	1.26	2.51	1.89	82
VEMS%CF	%	81.12	65.66	87.08	76.37	106
DEM75	L/s	4.69	2.73	7.17	4.95	95
DEM50	L/s	2.36	1.50	5.12	3.31	71
DEM25	L/s	0.49		2.21	1.07	45
DEMM	L/s	1.45	1.19	3.99	2.59	56
DPE	L/s	4.84	3.98	6.94	5.46	89
CRF-He	L	2.14	1.74	3.38	2.56	83
VRE	L	0.71	0.67	0.67	0.67	107
VR	L	1.42	1.32	2.47	1.90	75
CPT	L	3.38	3.52	5.49	4.51	75
VR%CPT	%	42.03	32.15	51.33	41.74	101
CV max	L	1.96	1.69	3.07	2.38	82
VEMS%CV	%	79.61	65.66	87.08	76.37	104

		Mesure	LIN	LSN	Théo	%M/T
Date mesure						
Hb	g(Hb)/100 mL	13.40				
VA_SB	L	2.83	4.36	4.36	4.36	65
DLCO_SB	mmol/(min*kPa)	2.08	4.82	8.66	6.74	31
KCO_SB	mmol/(min*kPa*L)	0.74	0.96	2.03	1.50	49
DLCOcSB	mmol/(min*kPa)	2.08	4.82	8.66	6.74	31
KCOc	mmol/(min*kPa*L)	0.74	0.96	2.03	1.50	49

Conclusion

Savoir ce qu'on cherche

Prendre en compte les capacités du patient

Utiliser les équations de référence adaptées et les LIN/LSN

