

Explorations non invasives des muscles respiratoires

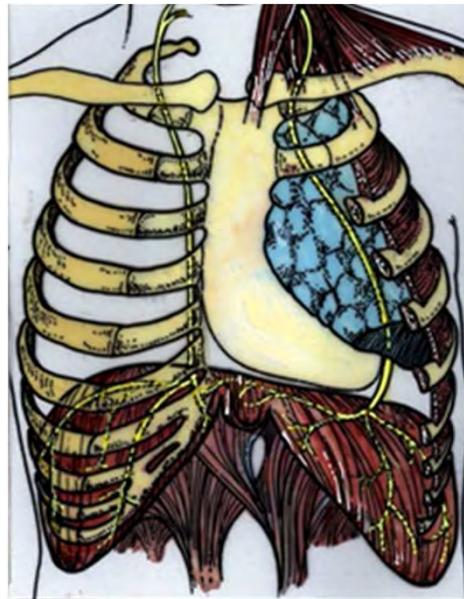
Nathalie Bautin

Service de Pneumologie et Immuno-Allergologie
CHRU Lille

muscles respiratoires

commande ventilatoire

- générateurs rythme du tronc cérébral
- cortex



muscles inspiratoires

- diaphragme
- intercostaux externes
- scalène
- sterno-cleido-mastoidien
- dilatateurs des voies aériennes supérieures

muscles expiratoires

- abdominaux

Accidents vasculaires cérébraux
Maladie de Parkinson
Sclérose en plaques (SEP)

Traumatismes médullaires (C2-C4 pour l'inspiration, T6-T12 pour l'expiration)
Syringomyélie
SEP

Atteinte du motoneurone :
- sclérose latérale amyotrophique
- poliomyélite

Lésion du nerf phrénique :
- lésion traumatique ;
- lésion chirurgicale (cœur/médiastin)
- neuromyopathies de réanimation
- polyradiculonévrite de Guillain-Barré
...

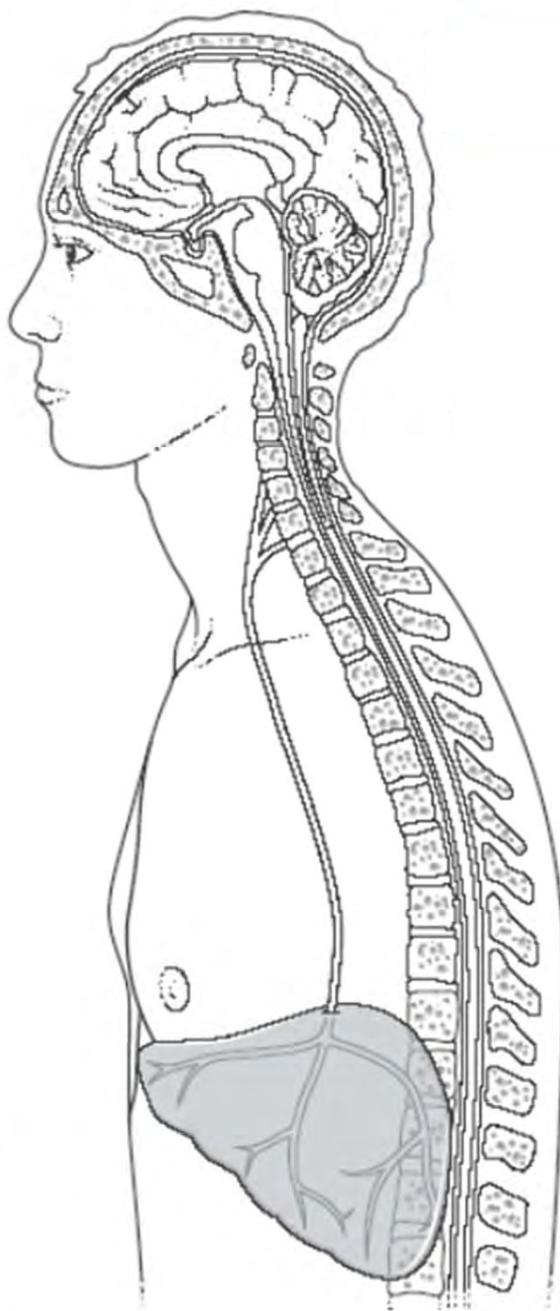
Jonction neuromusculaire :
- myasthénie

Atteintes musculaires :
- myopathies, myosites, myotonie de Steinert
- hernies diaphragmatiques

Système nerveux central

Système nerveux périphérique

Muscles



indications d'exploration

- **pathologie neuromusculaire connue**
 - Duchenne, Becker, SLA, Steinert, ..
- atteinte respiratoire inaugurale « isolée »
 - SLA (5-10 %)
 - cytopathie mitochondriale
 - déficit en maltase acide (Pompe)
 - Parsonage Turner
- pathologie systémique (lupus, myosites, sarcoïdose)
- atteinte iatrogène (corticoïdes, neuromyopathie de réanimation)

indications d'exploration

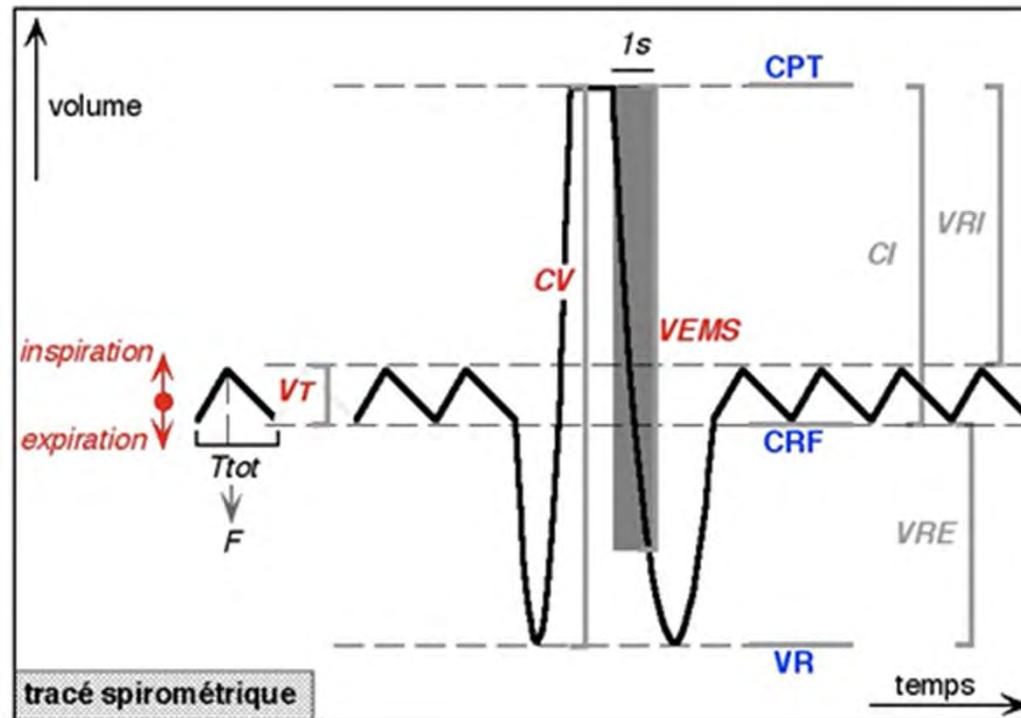
- **dyspnée inexpliquée**
- **trouble ventilatoire restrictif inexpliqué**
- **hypoventilation inexpliquée**
- ascension de coupole(s) diaphragmatique(s)

évaluation clinique

- dyspnée / orthopnée /antépnée
- signes évocateurs d'évènements respiratoires nocturnes

- déformation thoracique
- mode ventilatoire : polypnée, petit Vt
- recrutement des muscles accessoires: palpation, hypertrophie SCM/scalènes
- paradoxe abdominal en décubitus
- efficacité de la toux
 - palpation abdominale
 - encombrement laryngé /bronchique

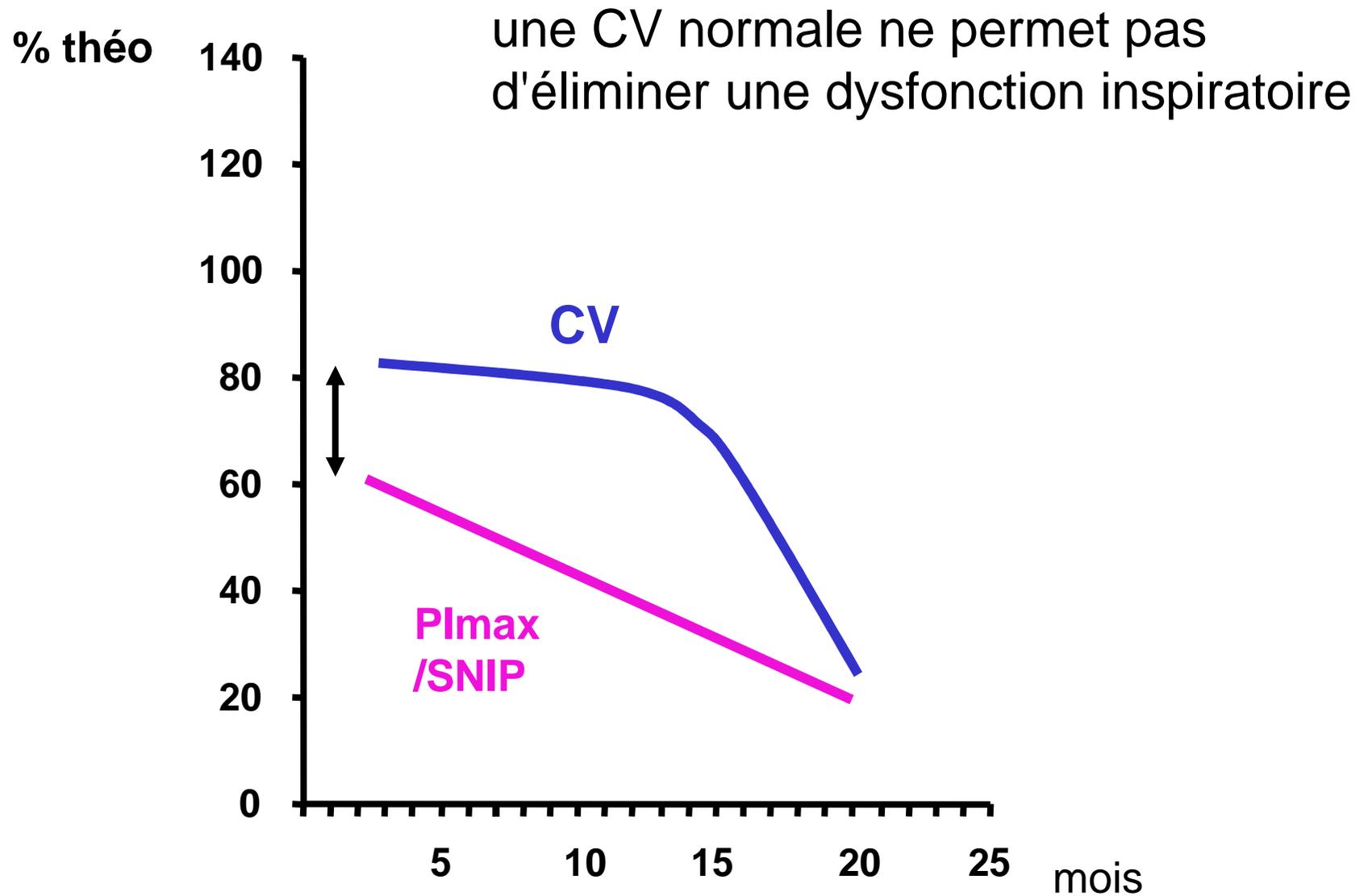
volumes pulmonaires



CV diminuée : paramètre principal

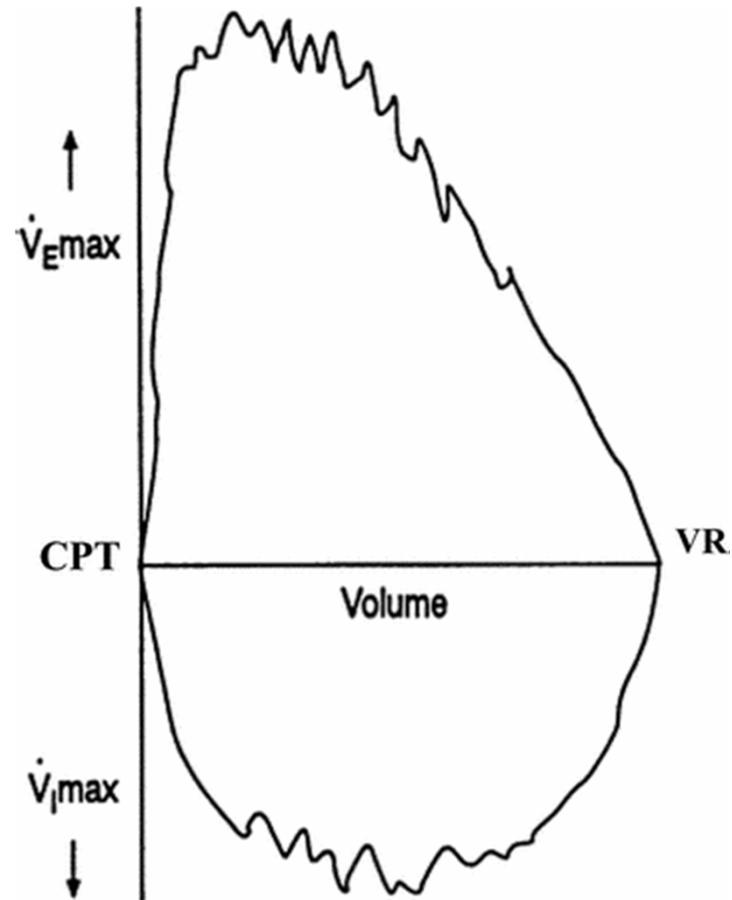
- suivi simple
- élément pronostique majeur: Duchenne, SLA

limite de la CV



courbe débit volume

dysfonction glottique, Parkinson

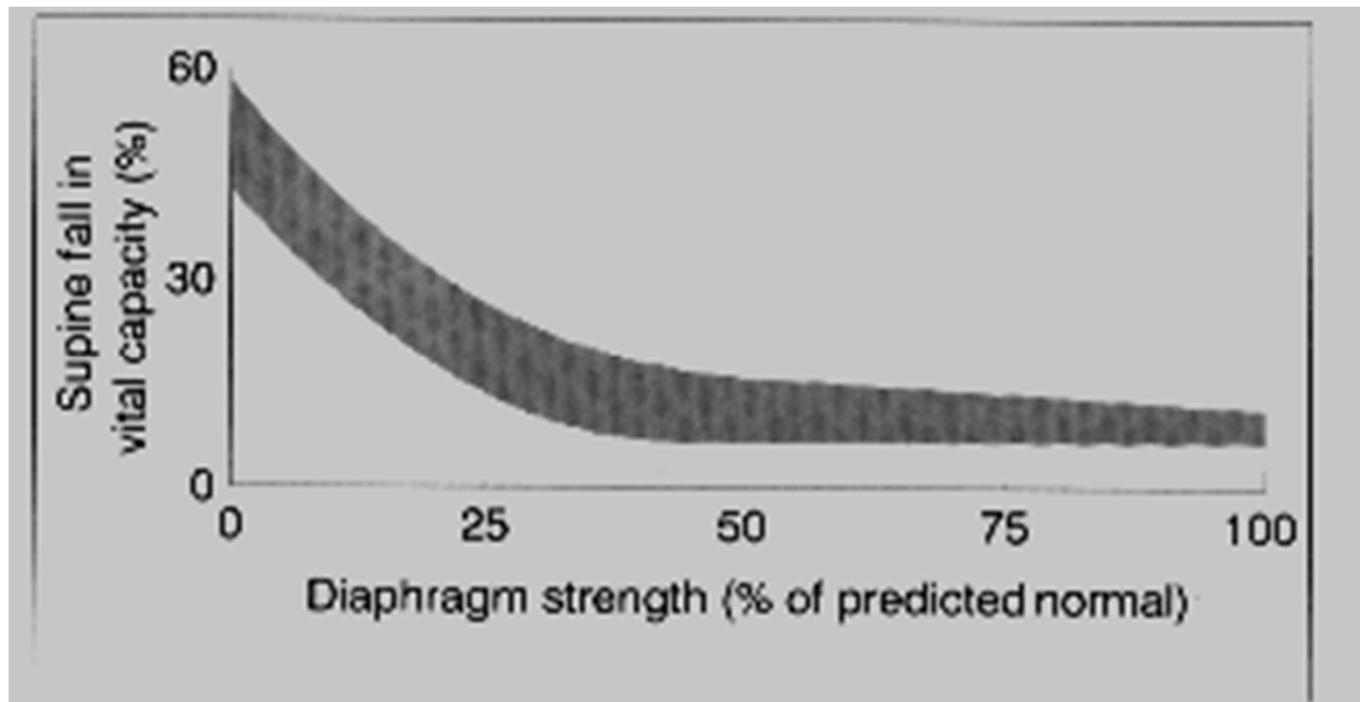


CV en décubitus

- comparaison CV assis-décubitus
 - CVF ou CVL
 - normale: > 90 % de la CV assis
- **chute > 20 %** évocatrice de faiblesse diaphragmatique sévère
 - probablement plus sensible que le paradoxe abdominal clinique
- inconvénients
 - parfois difficile (mobilisation du patient)
 - reproductibilité ?

CV en décubitus

paramètre tardif

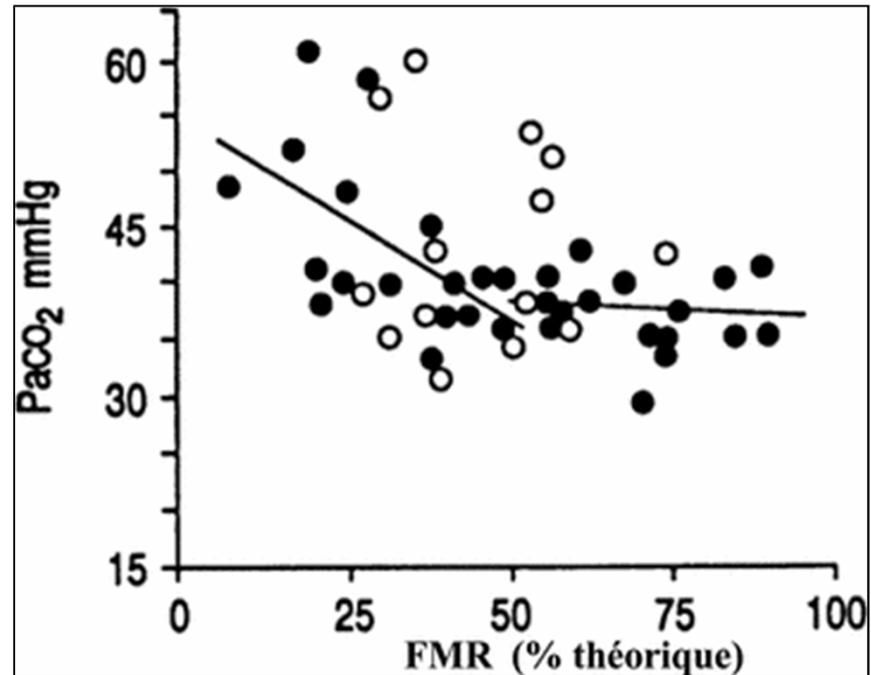


gaz du sang

hypoventilation

- tardive
- valeur pronostique
- indication de VNI

élévation des bicarbonates :
indice d'hypoventilation
nocturne quand PCO_2
diurne normale

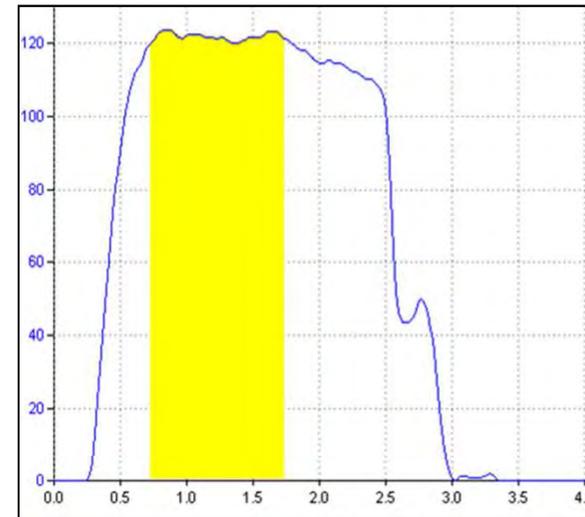
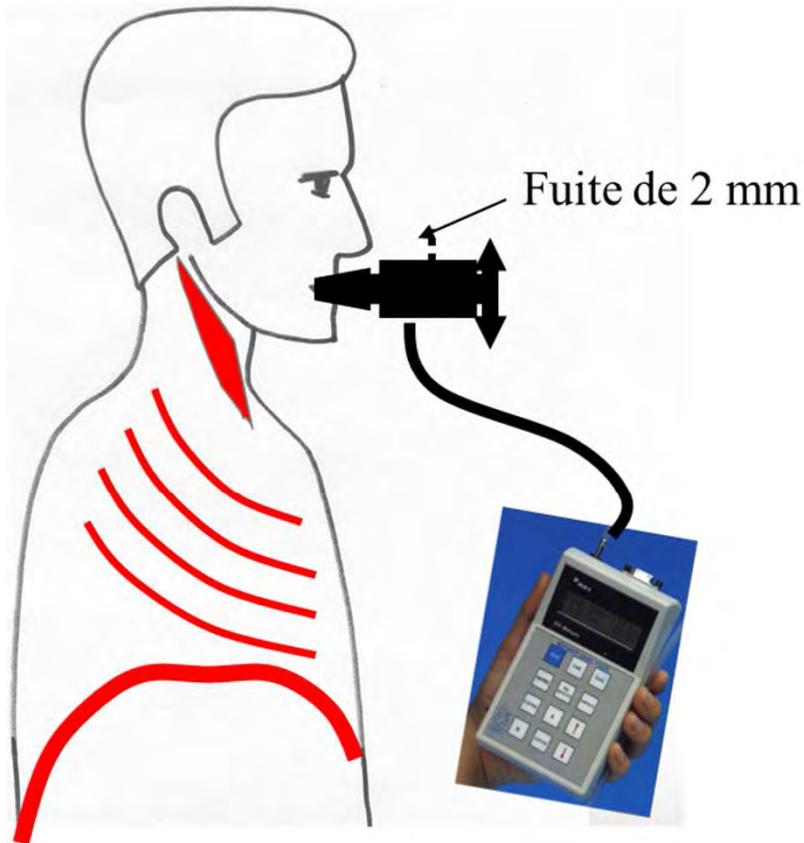


Serisier, QJ Med 1982

pressions maximales

- techniques spécifiques de première intention
- **PI max, SNIP, PE max**
- assez standardisées
- dépendante de la coopération

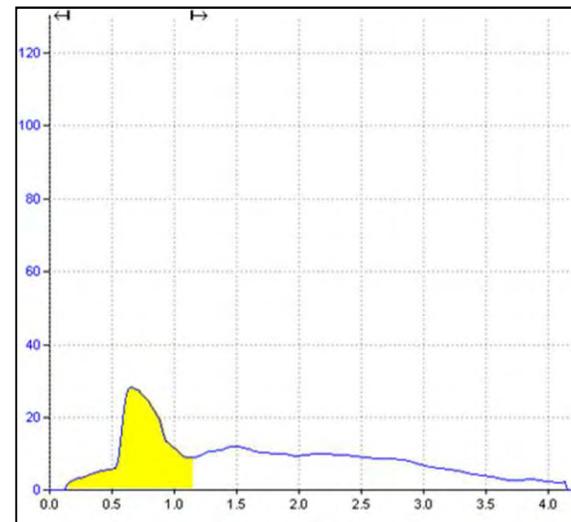
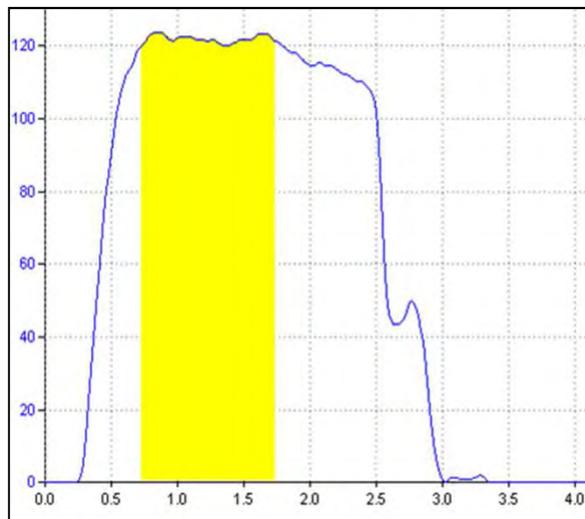
force inspiratoire globale : P_i max



effet d'apprentissage : au moins
4 manoeuvres

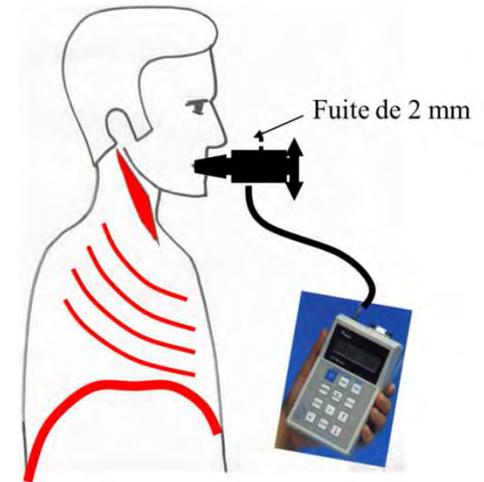
Pi max

- > 80 cmH₂O chez l'homme
- > 70 cmH₂O chez la femme



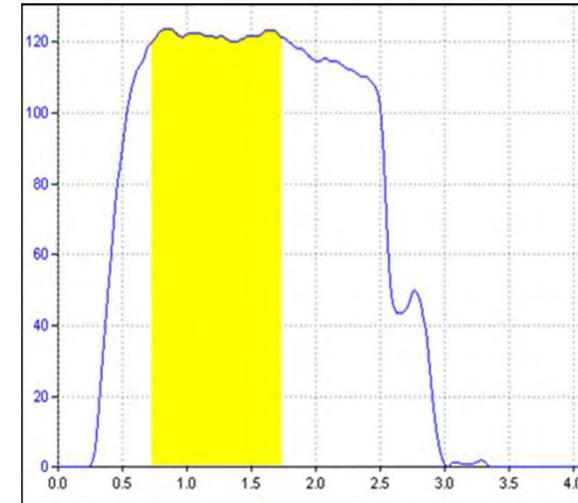
Pi max : matériel

- interface: pièce buccale type plongée
- circuit muni d'une **fuite**: 2mm \varnothing , 20-30 mm
 - fermeture de glotte
 - recrutement muscles buccaux
- tuyau de raccord circuit patient-capteur
 - 1,4 à 1,9 mm (idem Pdi)
- capteur de pression électronique



Pi max : matériel

- logiciel fixe sur spiromètre ou pléthysmographe
 - visualisation des courbes :
feed back +
 - contrôle du volume de mesure



RPM Viasys

- Mouth Pressure Measurements
 - MIP, MEP, Calculations of Fatigue
- Sniff Nasal Inspiratory Pressure
 - Why SNIP?, SNIP Measurement
- MicroRPM + Puma
 - Stand Alone Unit, PC Connection

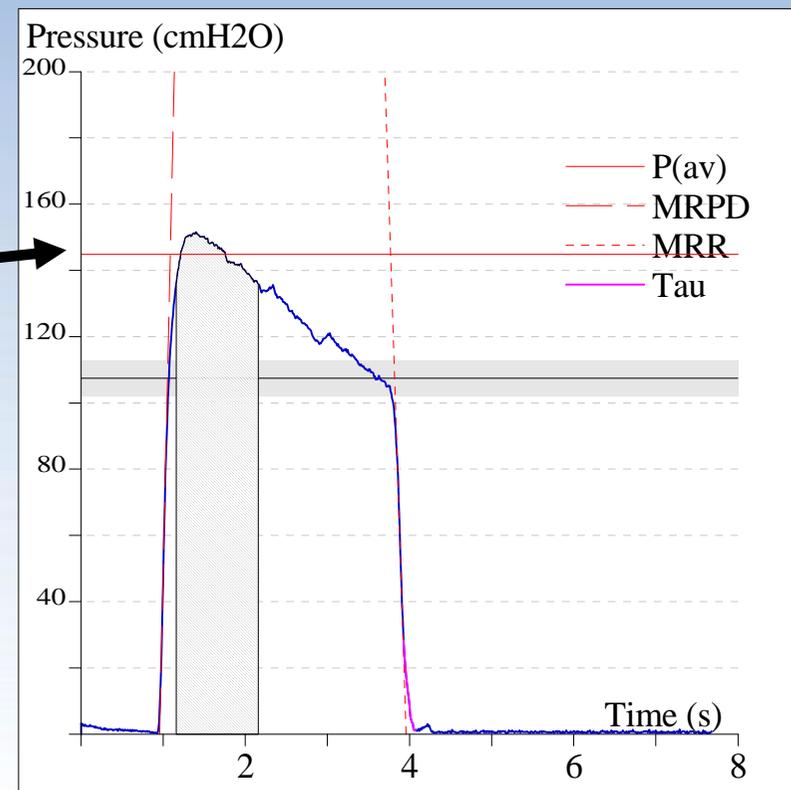


MIP (PImax)

ATS Definition: Measurement of the maximum static inspiratory pressure that a subject can generate at the mouth

- Performed at RV (Residual Volume)
 - Full exhalation
- Sustained Maximal Effort
- Calculated as 1 second average
- Predicted Values exist for reference
- Best of 3 tests with 1 min intervals

Inspiratory muscles drive ventilation, and MIP is more sensitive to the detection of respiratory muscle weakness than lung volumes (VC).



Pi max : CRF ou VR?

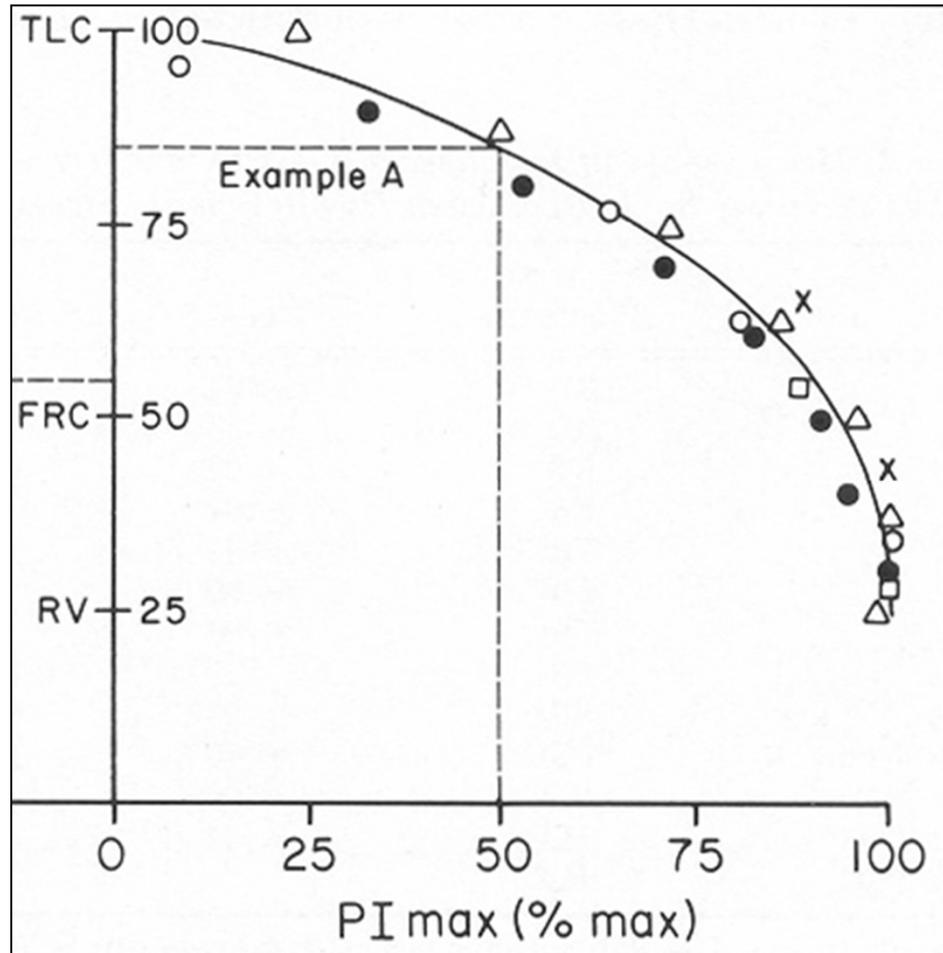
VR

- valeur maximale
- théoriques plus nombreuses
- manœuvre difficile
- pression élastique cage thoracique
(jusqu'à 30 cm H₂O)

CRF

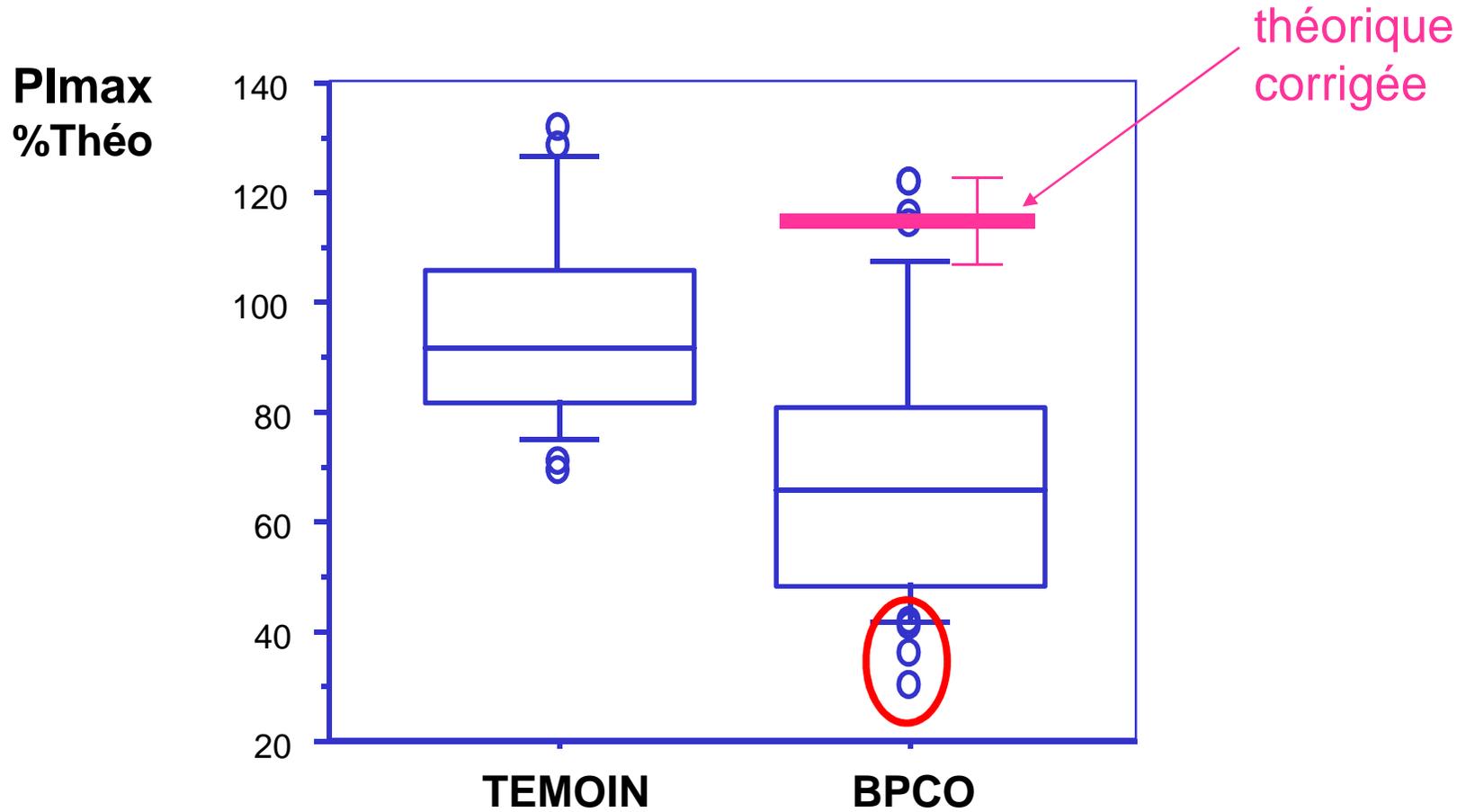
- valeur plus basse
- théoriques moins nombreuses
- contrôle facile
- pression musculaire seule

correction de Rochester



Rochester, Clin Chest Med, 1988

correction de Rochester

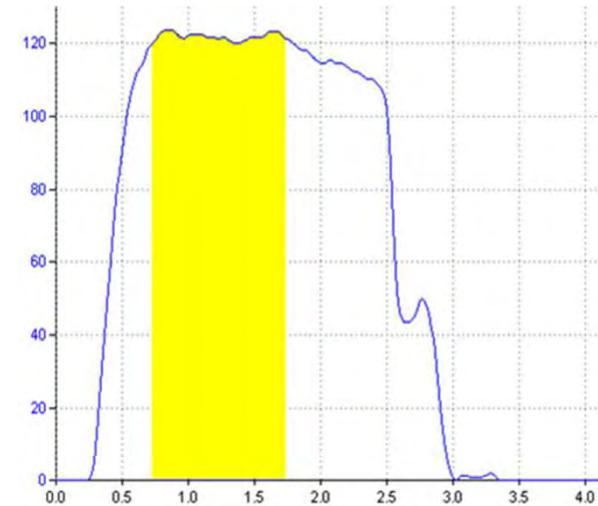


38 BPCO, VEMS moyen 36 %

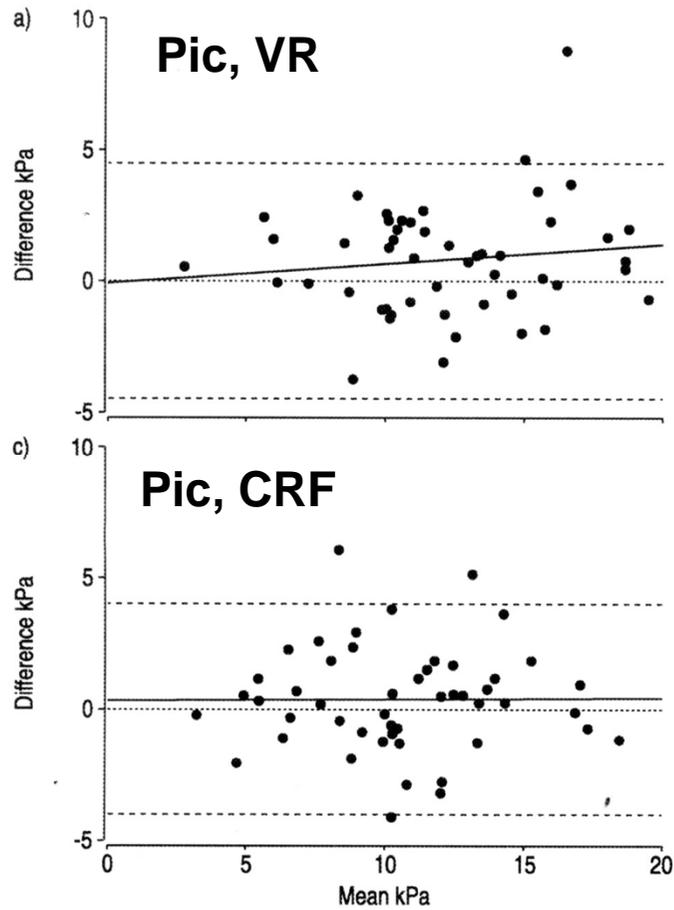
Pi max : plateau ou pic?

plateau d'une seconde:

- moyenne pendant 1 s
- valeurs théoriques (ATS/ERS)
- limites:
 - faiblesse sévère : pas de plateau
 - non disponible sur de nombreux matériels

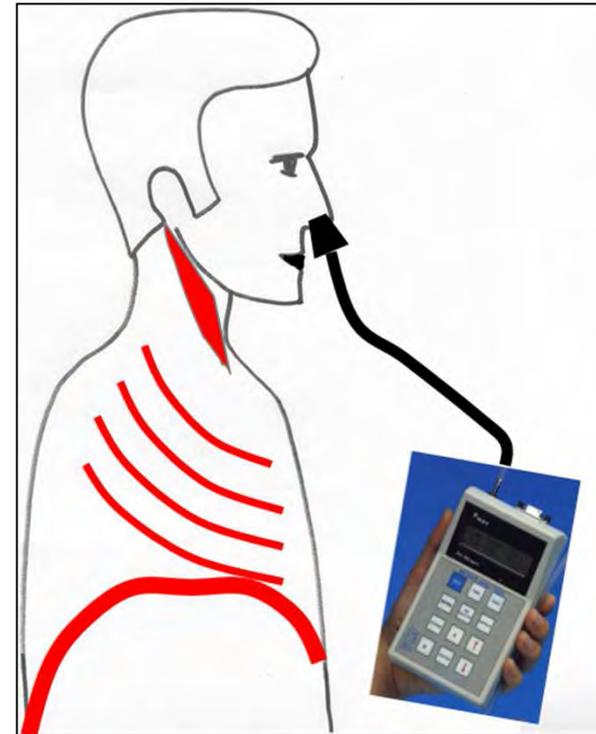


Pi max : reproductibilité

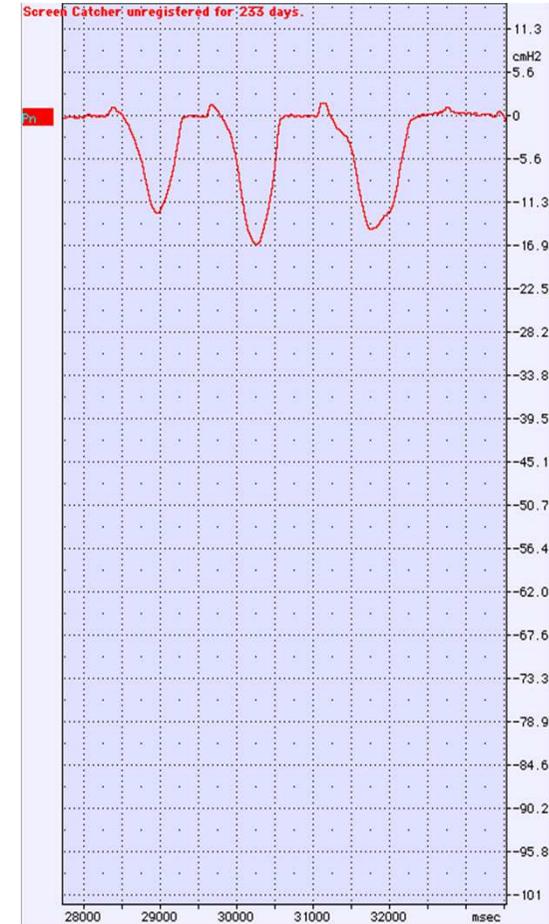
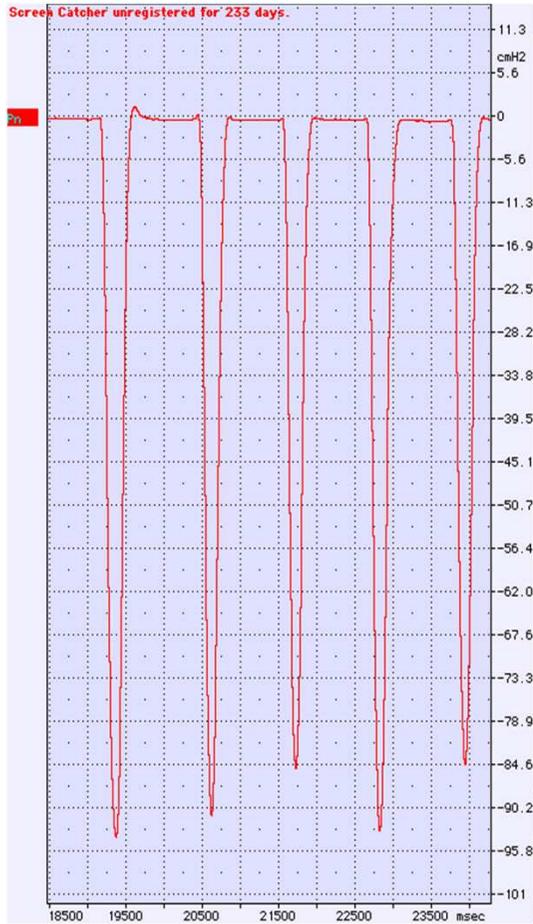


SNIP: pression inspiratoire nasale en sniff

- reniflement maximal bref
 < 500 ms
- plus facile
- pression en pic, à la CRF
- 10 à 20 mesures
 – acquisition continue
- reproductibilité < 5 %
- courbe de pression régulière

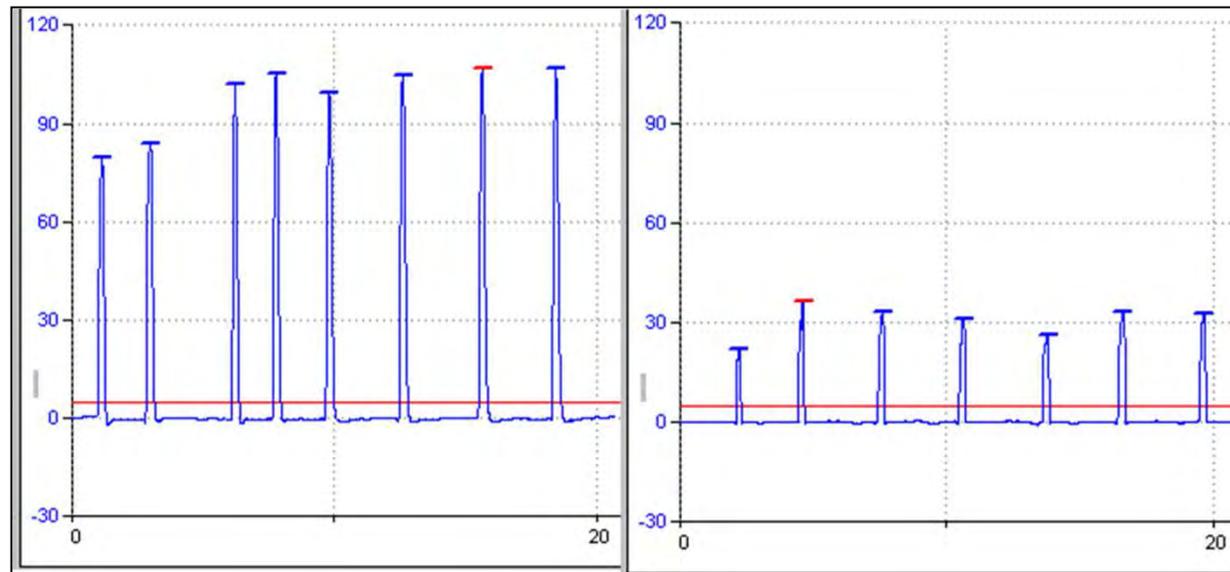


SNIP



SNIP

- > 70 cmH₂O chez l'homme
- > 60 cmH₂O chez la femme



SNIP : matériel



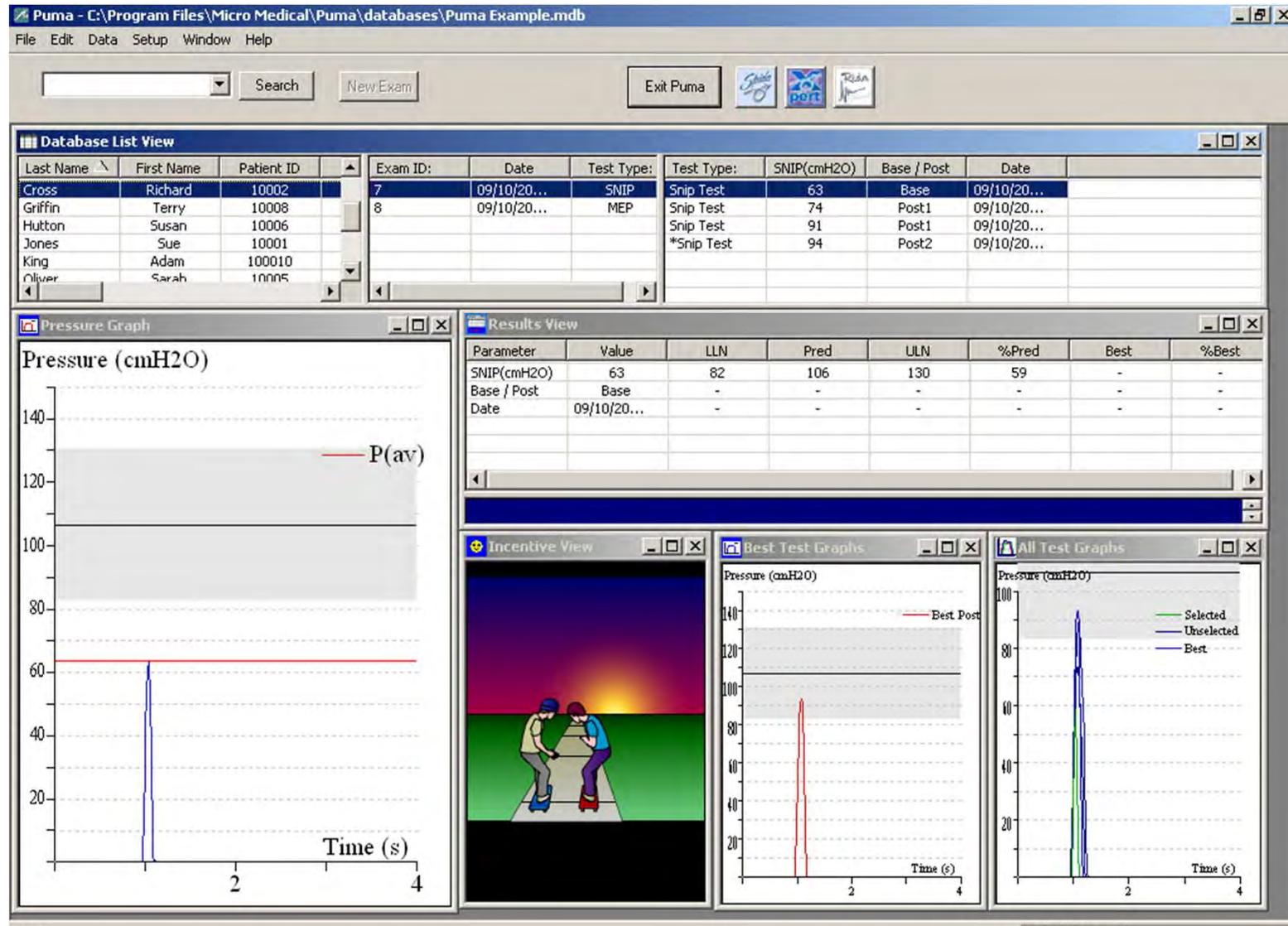
RPM Micromédical / Viasys

SNIP : matériel

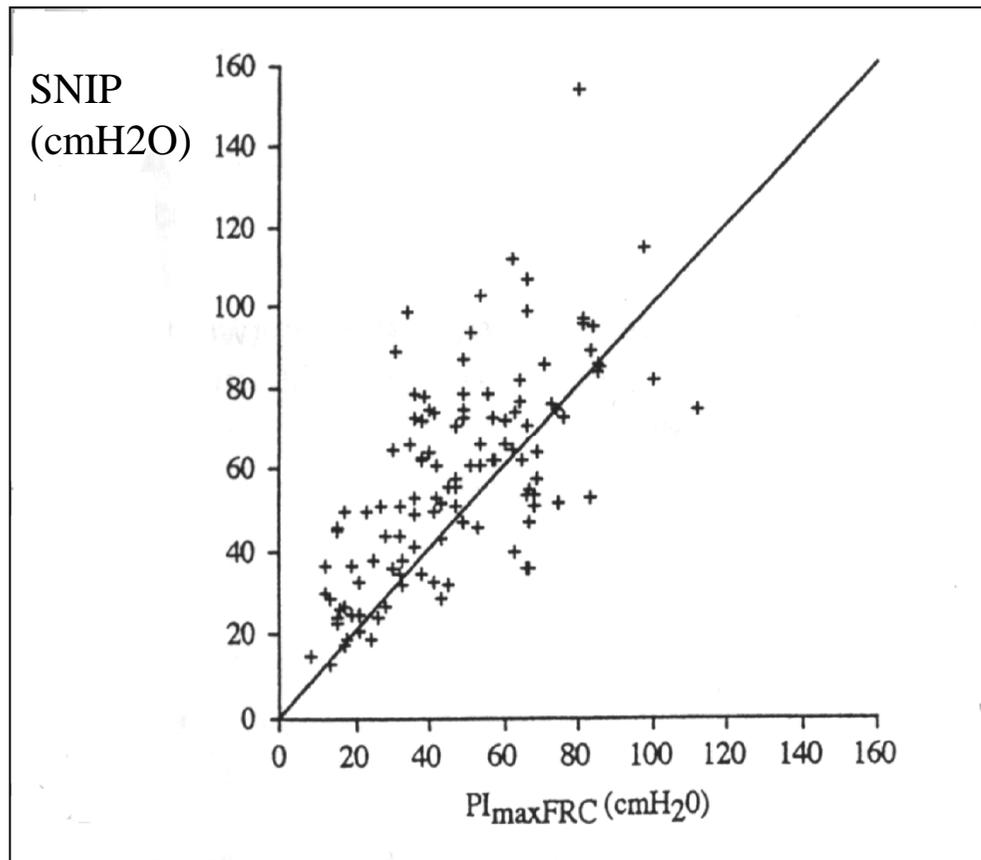


coussinet de VNI Adams®
adapté de Chaudri, ERJ 2000

SNIP : matériel



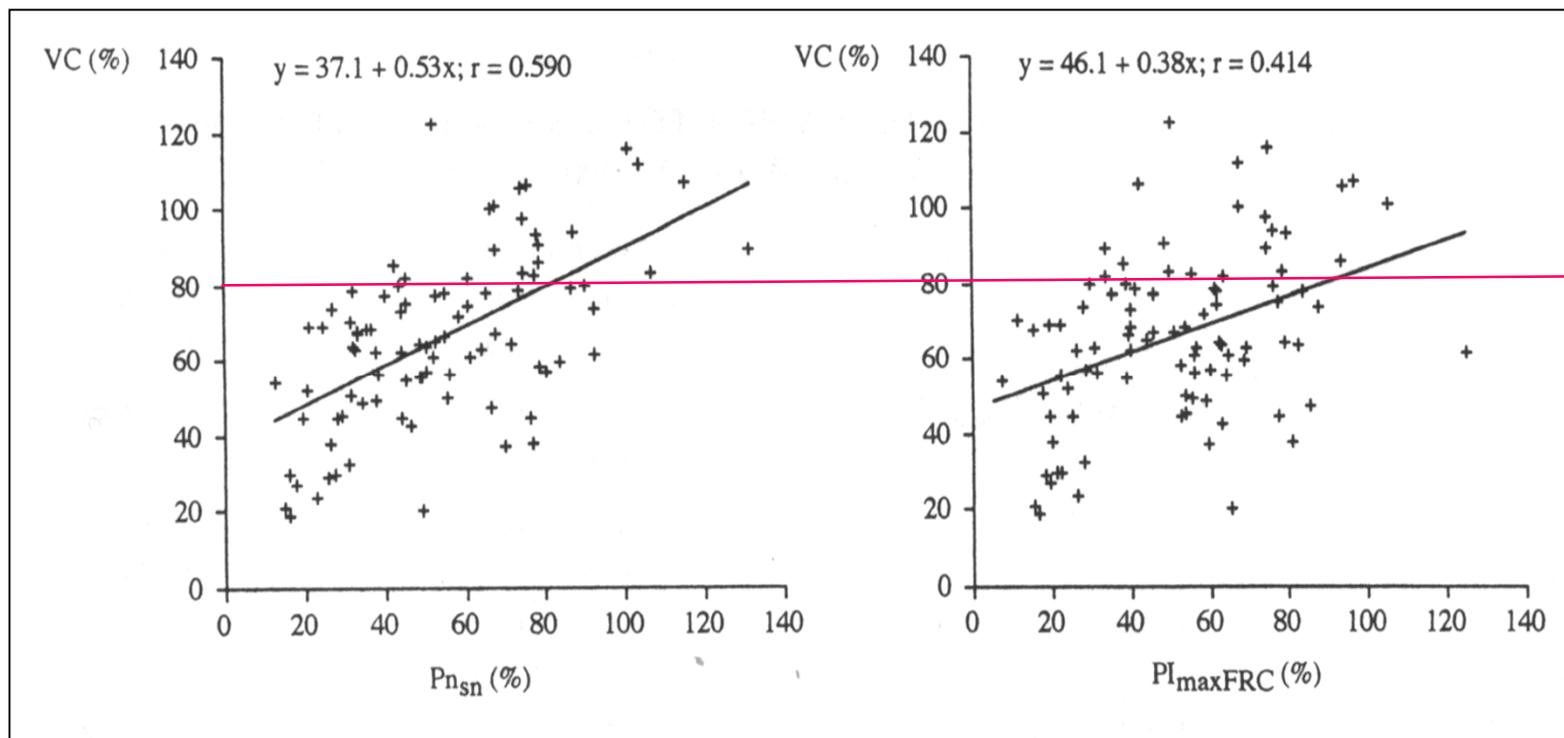
SNIP ou Pimax ?



Stefanutti, AJRCCM, 2000

SNIP ou Pimax ?

SNIP meilleur déterminant de CV chez patient neuromusculaire que PI max



Stefanutti, AJRCCM, 2000

SNIP ou Pimax ?

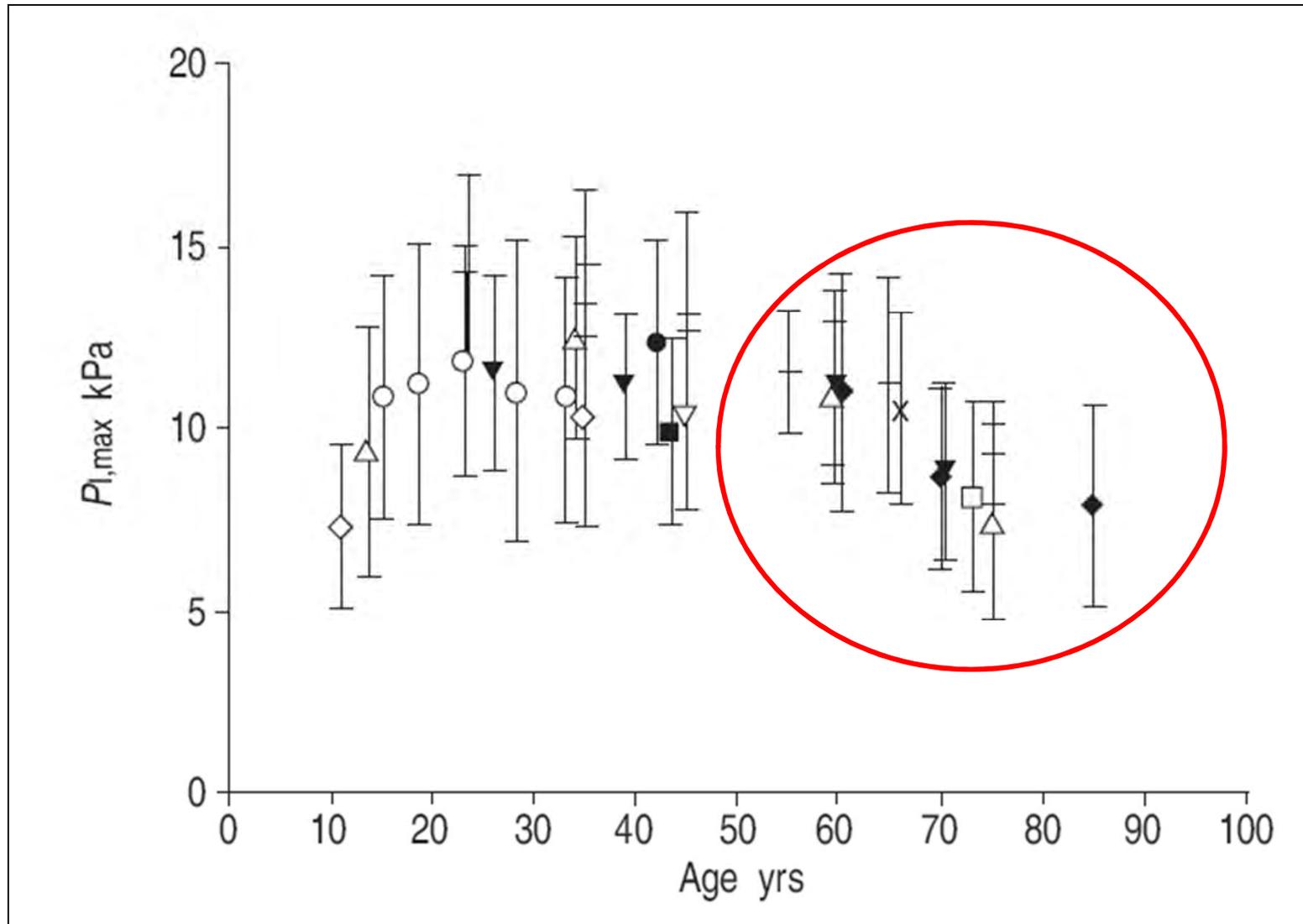
discordances individuelles

Table 7 Combination of Pimax, Sniff Pnasal and Sniff Poes results

	Inspiratory muscle weakness	
	Diagnosed as weak (%)	SE (95% CI)
(1) Pimax	40.1 (73/182)	3.64 (32.9 to 47.3)
(2) Sniff Pnasal	41.8 (76/182)	3.67 (34.5 to 41.8)
(3) Sniff Poes	37.9 (69/182)	3.61 (30.8 to 45.0)
(4) Pimax + Sniff Pnasal	32.4 (59/182)	3.48 (25.6 to 39.3)
(5) Pimax + Sniff Poes	29.7 (54/182)	3.40 (23.0 to 36.4)
(6) Pimax + Sniff Pnasal + Sniff Poes	29.1 (53/182)	3.38 (22.5 to 35.8)

associer les deux techniques

force musculaire inspiratoire : interprétation



force musculaire inspiratoire : interprétation

Uldry et Fitting: recommandées par le GMR SPLF

	PI_{max} théo (cm H ₂ O)	Ecart type (cm H ₂ O)
Hommes		
20-35 ans	109.5	27
36-50 ans	105	20.5
51-65 ans	103.5	21.5
66-80 ans	82.5	22.5
Femmes		
20-35 ans	77.5	18
36-50 ans	86.5	21
51-65 ans	79.5	17
66-80 ans	58	16

	SNIP théo (cm H ₂ O)	Ecart type (cm H ₂ O)
Hommes		
20-35 ans	117	29.5
36-50 ans	105	24.5
51-65 ans	111.5	15.5
66-80 ans	91	21.5
Femmes		
20-35 ans	84	14.5
36-50 ans	94	21
51-65 ans	83.5	18
66-80 ans	75.5	11

Pi max 1 sec, CRF

force musculaire inspiratoire : interprétation

exemple: P_{lmax} et SNIP \cong 50-60 % théo

- BPCO très distendu (CRF 160 % th)
 - désavantage mécanique
- neuromusculaire
 - début d'atteinte musculaire respiratoire
 - surveillance selon pathologie
- restriction ou dyspnée inexpliquée, coupole surélevée
 - poursuivre le bilan
 - faux négatif des P_{lmax} et SNIP dans les paralysies unilatérales

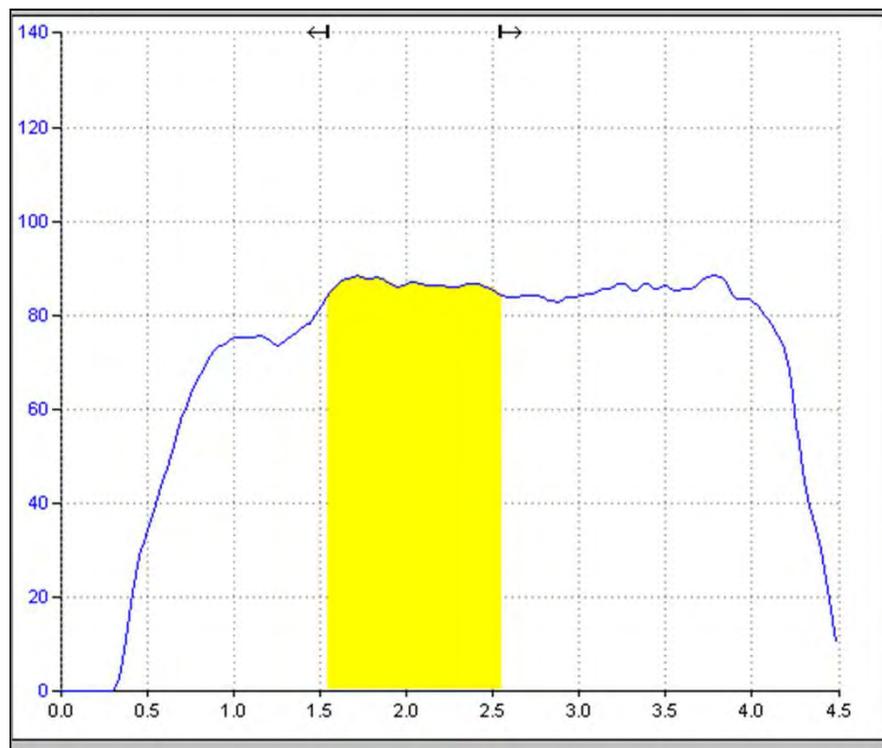
force expiratoire : PE max

- manœuvre difficile
- plateau de 1 sec
- à la CPT
 - contribution de la cage thoracique jusqu'à 40 cm H₂O

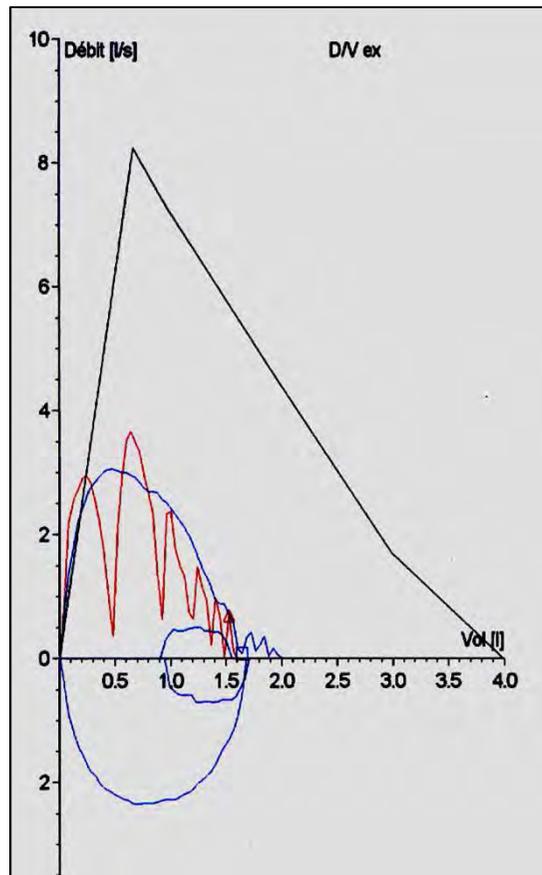


Pe max

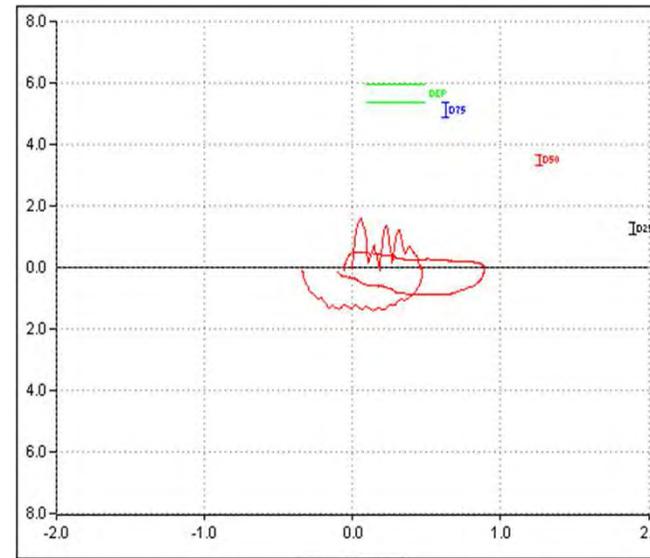
toux efficace si $> 45 \text{ cmH}_2\text{O}$



courbe débit-volume à la toux



- évalue la force expiratoire et la fonction glottique
- toux efficace si **DET > 230-270 l/min**



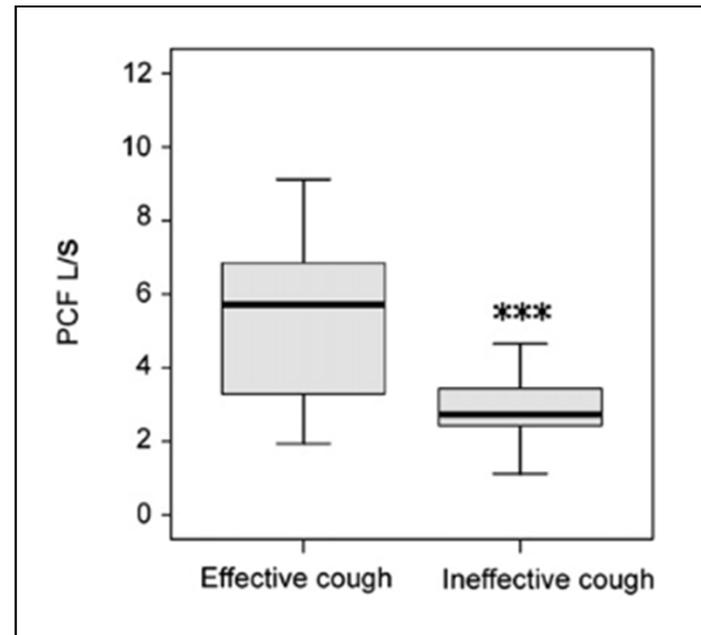
débit expiratoire à la toux



efficacité de la toux : SLA

meilleurs paramètres prédictifs de toux inefficace:

- score bulbaire de Norris
- $DET < 4,25 \text{ L/s}$ (255 L/min)



efficacité de la toux



neuromusculaires : recommandations EFR 2011

3: il faut mesurer spécifiquement les pressions générées par les muscles respiratoires (reflet indirect de leur force) **devant toute suspicion de MNM (G1+)**

4: **les EFR sont systématiques**, compte tenu du risque d'atteinte respiratoire dans les MNM (G1+)

bilan initial :

- spirométrie (avec si possible mesure de la CRF)
- CV en décubitus
- exploration spécifique des muscles respiratoires :
PI max, et/ou SNIP, PE max

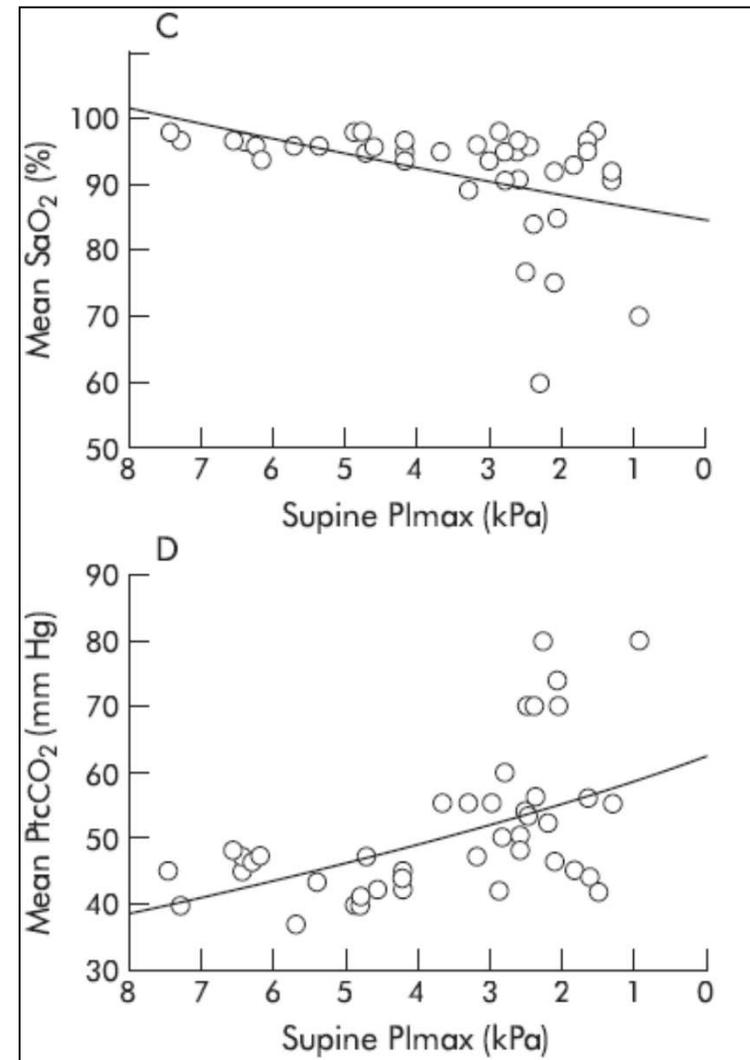
neuromusculaires : hypoventilation

Table 1 Predictors of sleep disordered breathing (SDB) and diurnal respiratory failure

Predictors	Sensitivity (%)	Specificity (%)	AUC (%)
IVC (%)			
<60: SDB onset	91	89	97
<40: continuous HV	94	79	98
<25: dRF	92	93	96
P _{lmax} (kPa)			
<4.5: SDB onset	82	89	85
<4.0: continuous HV	95	65	80
<3.5: dRF	92	55	81

IVC=inspiratory vital capacity; P_{lmax}=maximal inspiratory pressure; HV=hypercapnic hypoventilation; dRF=diurnal respiratory failure; AUC=area under the curve.

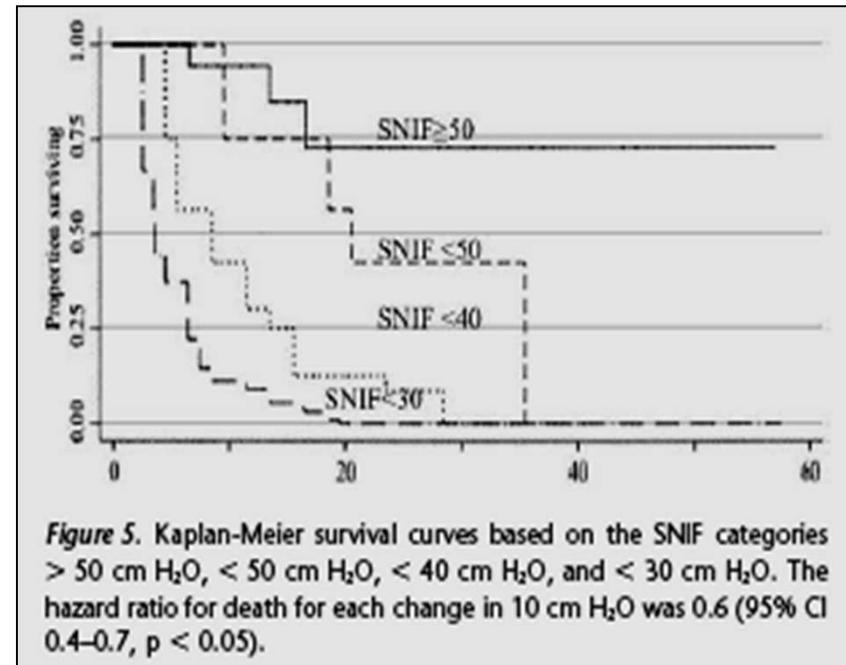
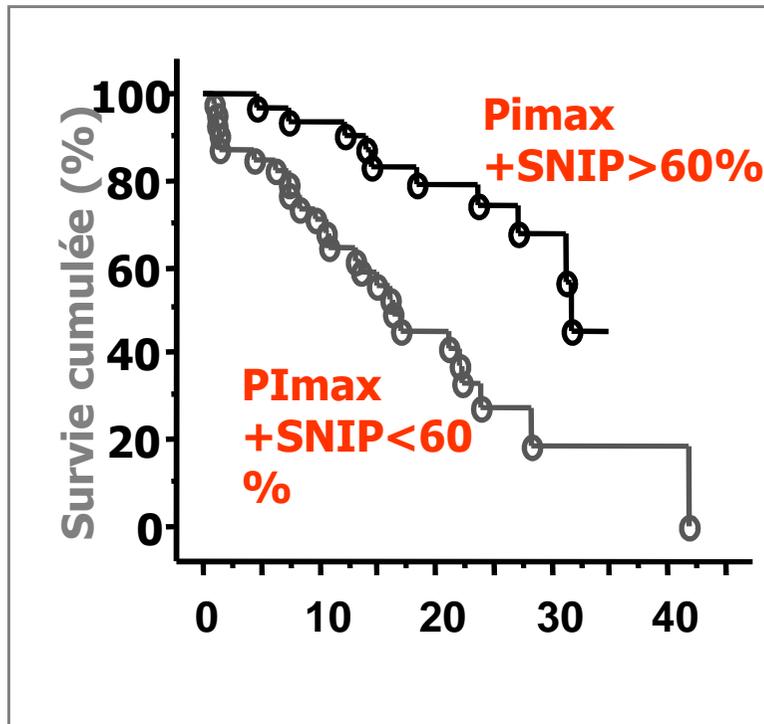
n = 42



Ragette, Thorax 2002

neuromusculaires : valeur pronostique

meilleure valeur pronostique que CV
seuils variables selon les études



Morgan, AJRCCM 2004

neuromusculaires : critères de VNI

patient symptomatique (dyspnée, fatigue, céphalées)

et un critère :

- hypercapnie diurne : $\text{PaCO}_2 \geq 45$ mmHg
- désaturation nocturne : $\text{SpO}_2 < 88\%$ + de 5 minutes consécutives
- $\text{CVF} < 50\%$ théorique
- $\text{P}_{\text{Imax}} < 60$ cm H₂O

Chest 1999

SLA: critères de VNI

Consensus 2005

- signes d'hypoventilation nocturne/diurne
- CV < 50 %
- P_Imax et SNIP < 60 % théo
- PaCO₂ > 45 mmHg
- SpO₂ < 90 % plus de 5 % du temps (ou < 89 % + de 5 min)

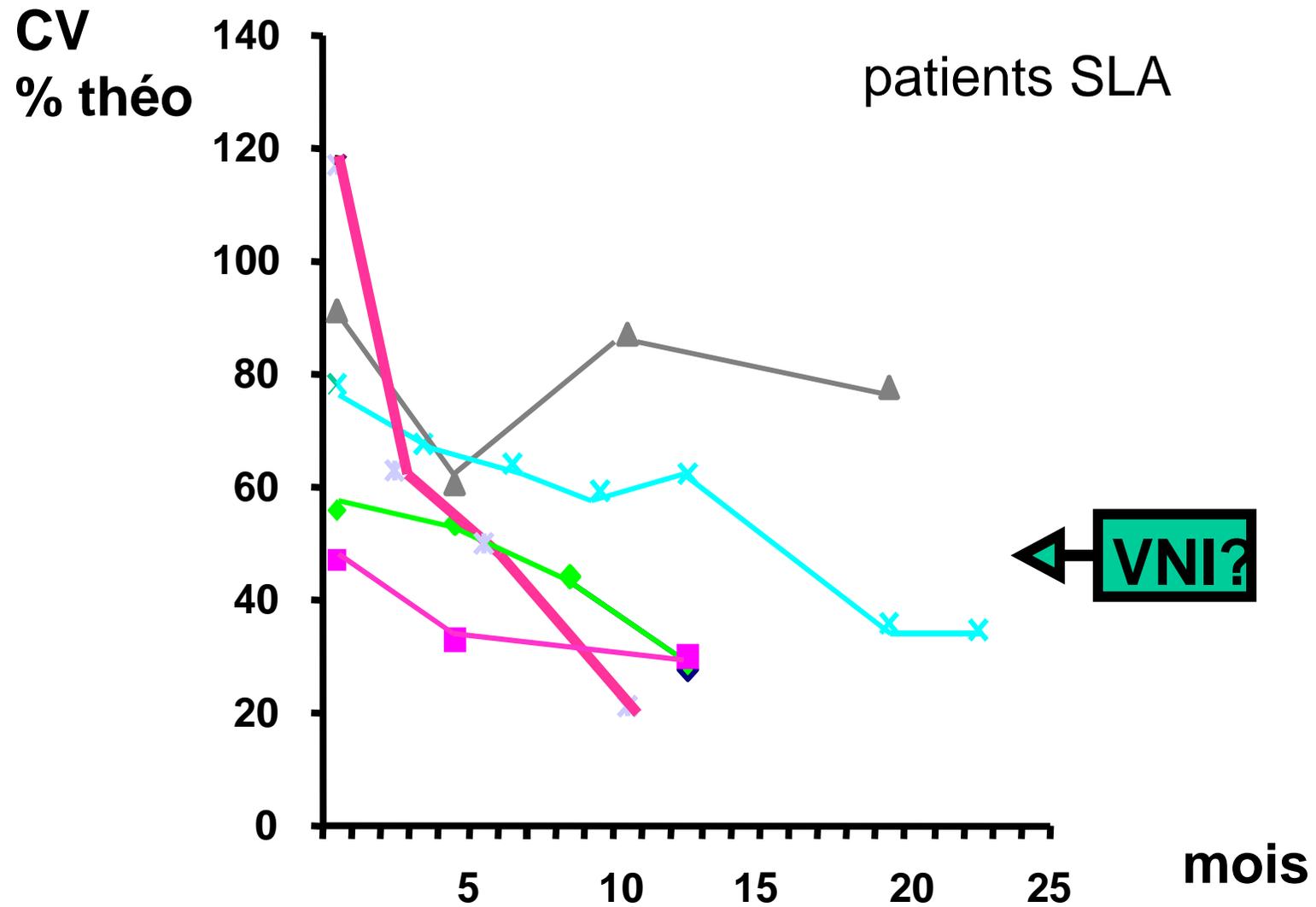
EFNS task force, 2005

Table 9 Proposed criteria for NIV [modified from Leigh *et al.* (2003)]

- 1 Symptoms related to respiratory muscle weakness. At least one of the following:
 - (a) Dyspnoea
 - (b) Orthopnoea
 - (c) Disturbed sleep not because of pain
 - (d) Morning headache
 - (e) Poor concentration
 - (f) Loss of appetite
 - (g) Excessive daytime sleepiness (ESS > 9)
 - 2 Signs of respiratory muscle weakness (FVC < 80% or SNP < 40 cm H₂O)
 - 3 Evidence of either:
 - (a) Significant nocturnal desaturation on overnight oximetry, *or*
 - (b) Morning blood-gas pCO₂ > 6.5 Kpa.
-

ESS, Epworth Sleepiness Score.

neuromusculaires : suivi EFR



neuromusculaires : suivi EFR

selon la pathologie

- SLA / 3 mois
- Duchenne: IR vers 15-18 ans: /6 mois
- Becker: variable, plus tardif
- Steinert: hypoventilation parfois précoce
en moyenne / 6 mois à 1 an

selon la pente évolutive individuelle

plus espacé si lentement évolutif

rapprocher la surveillance si:

- symptômes même discrets
- $CV < 60\%$? SNIP / PI max $< 60\%$?
- chute rapide paramètres

neuromusculaires : évaluation nocturne

compte tenu de la prévalence élevée des événements respiratoires nocturnes dans les MNM (hypoventilation, apnées obstructives et/ou centrales), **les indications d'évaluation nocturne sont larges** (avis d'experts) :

- **signes cliniques** évocateurs d'évènements respiratoires nocturnes ou de syndrome des jambes sans repos, dyssomnie, somnolence diurne excessive, détérioration cognitive ou fatigue inexpliquée
- **restriction** modérée à sévère
- **faiblesse** significative des muscles respiratoires
- **hypoventilation** diurne ou élévation des bicarbonates (G1)

neuromusculaires : en pratique

- CV et DEP à la toux
- SNIP /PI max
- gazométrie
 - au moindre doute (clinique / oxymétrie / bicarbonates)
 - si CV < 60-70 % ?
 - Si SNIP-PImax < 60 % ?
- oxymétrie nocturne / capnométrie
- polysomnographie
 - suspicion de SAS, dyssomnie
 - systématique avant instauration de VNI ?

BPCO : dysfonction inspiratoire

- distension statique et dynamique
- charge élevée
 - ↗ Ventilation, ↘ compliance, ↗ résistances, PEEPi
- adaptation des muscles : capacités oxydatives, résistance à la fatigue
- dénutrition, myopathie liée à l'inflammation ? à la corticothérapie
- dyspnée, hypercapnie, désaturations nocturnes et diminution de distance TM6

BPCO : indications d'explorations

- **dyspnée ou hypercapnie mal expliquée par la spirométrie / distension**
- dénutrition patente
- corticothérapie systémique prolongée/itérative
- faiblesse musculaire périphérique

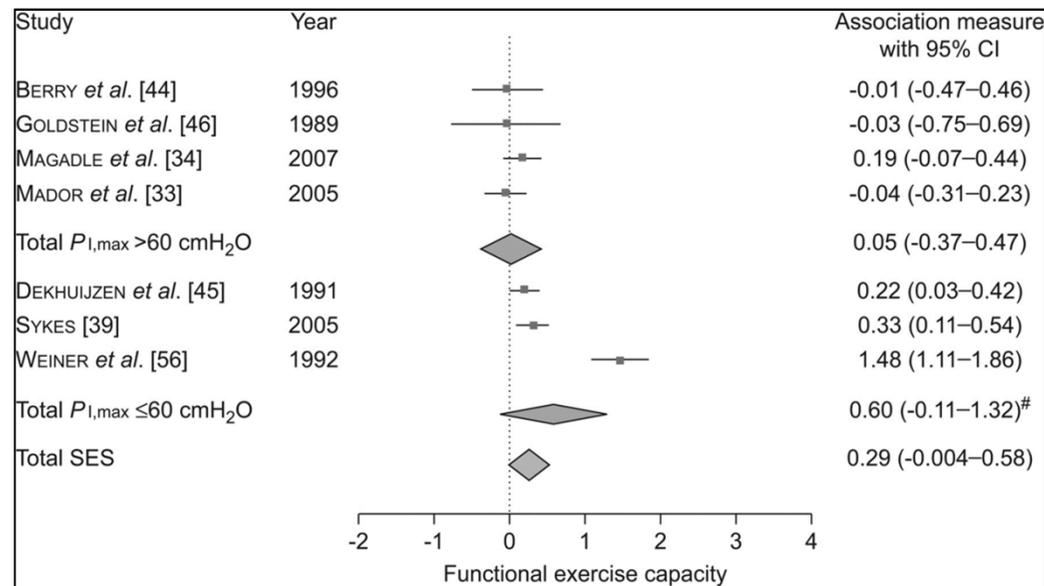
BPCO : réentraînement des muscles inspiratoires

- réhabilitation: SPLF 2010
 - réentraînement inspiratoire recommandé chez les patients présentant une diminution de la force des muscles respiratoires (grade B)
 - à au moins 30 % de la P_{lmax}, valve à seuil (IMT) (grade C)



BPCO : réentraînement des muscles inspiratoires

amélioration : $P_{I,max}$ +13 cmH₂O
endurance, distance TM 6 +32 m
qualité de vie, dyspnée (Borg -0.9; TDI +2.8)



réhabilitation vs réhabilitation + IMT

Gosselink, 2011

Conclusion

- indications larges
- techniques simples
- manœuvres volontaires
- non spécifiques du diaphragme
- interprétation
 - théoriques larges
 - correction si distension
- explorations plus spécifiques

Cas cliniques

Cas clinique 1

Patient de 47 ans, gros fumeur 40 PA

IRA sur pneumonie à Légionnelle

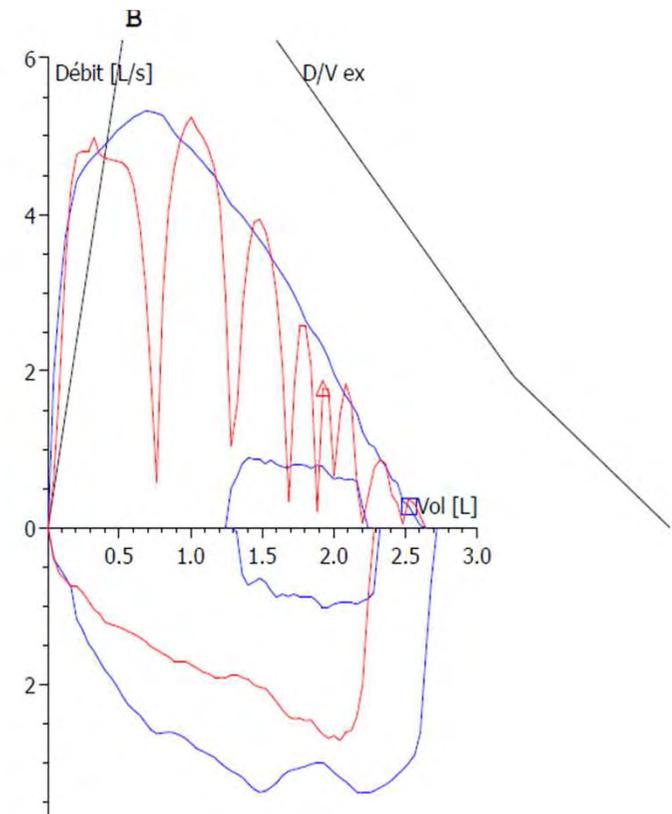
Persistance d'une hypercapnie à 48 mmHg au décours de l'épisode

TDM: emphysème

Date naissance: 06/02/1962
 Opérateur: CHRISTY
 Ethnie: Caucasien

Sexe: mas
 Module val.théo: CHR

		Obs.	Préd.	Obs/Pr
Date		20/05/09		
Heure		14:20:26		
Laboratoire		B		
Substance				
CVL	[L]	2.71	4.53	60
CI	[L]	2.17	3.23	67
VRE	[L]	0.54	1.30	42
VT	[L]	0.94	0.36	257
CRF pléthy	[L]	5.03	3.36	150
VR	[L]	4.49	2.06	218
CPT	[L]	7.20	6.66	108
VR % CPT	[%]	62.32	32.29	193
CVF	[L]	2.65	4.35	61
VEMS	[L]	2.48	3.54	70
VEMS % CVF	[%]	93.72		
VEMS % CV MAX	[%]	91.41	78.75	116
DEMM 25/75	[L/s]	3.67	4.02	91
DEP	[L/s]	5.32	8.69	61
DEM 75	[L/s]	5.32	7.56	70
DEM 50	[L/s]	4.04	4.71	86
DEM 25	[L/s]	2.03	1.93	105
VIMS	[L]	2.40		
RVA	[cmH2O*s/L]	1.09	3.06	36
G spé	[1/(cmH2O*s)]	0.18	0.08	219



	L/cm H2O	% théo
CVL	2.6 L	58 %
CPT	7.3 L	109 %
PIMax	27 cmH2O	21 %
SNIP	26 cmH2O	24 %
Pb stim	2 cmH2O	N > 11
Pdi sniff	4 cmH2O	4 %
Pdi stim	4 cmH2O	N > 23

	L/cm H2O	% théo
CVL	2.6 L	58 %
CPT	7.3 L	109 %
PIMax	27 cmH2O	21 %
SNIP	26 cmH2O	24 %
Pb stim	2 cmH2O	N > 11
Pdi sniff	4 cmH2O	4 %
Pdi stim	4 cmH2O	N > 23

**déficit en maltase acide (maladie de Pompe)
atteinte diaphragmatique souvent inaugurale**

F de 25 ans

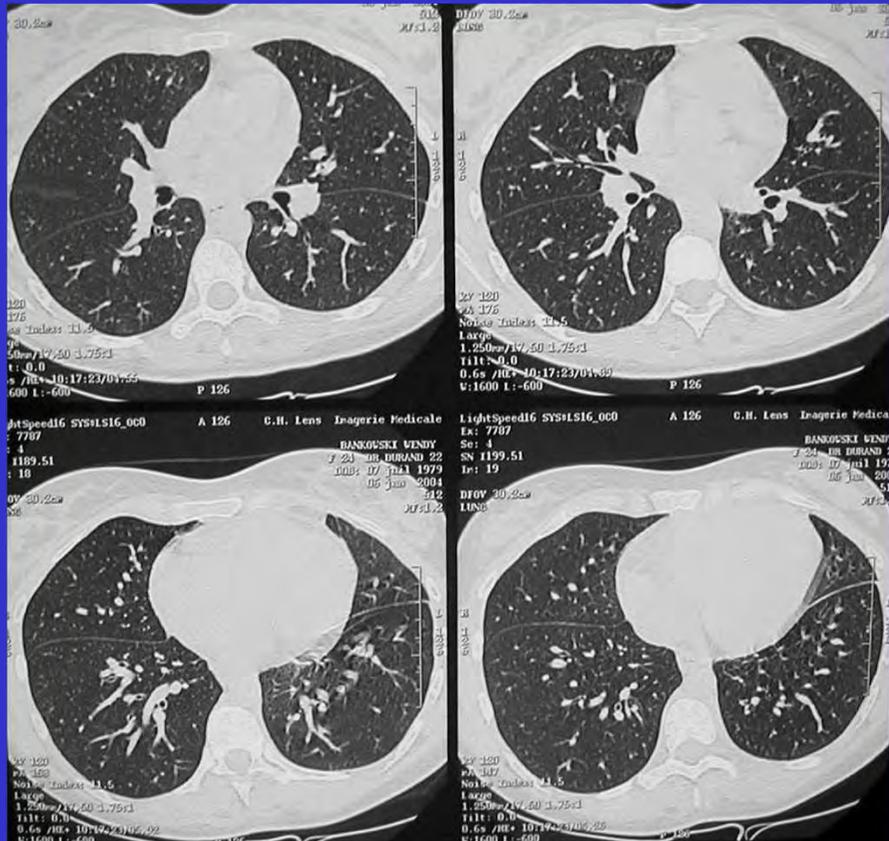
1996: Diagnostic de Lupus

Alopécie, Sjögren, polyarthrite,
thrombopénie, AAN +

2003 : Bilan pneumologique pour
majoration de la dyspnée d'effort

CPT	3,44 L	69 %
CVF	1,8 L	48 %
VEMS	1,7 L	53 %
DLCO	19,5	69 %
DLCO/VA	6,27	98 %
PaO ₂	81 mmHg	
PaCO ₂	34 mmHg	





01/2004

Scanner thoracique
normal

EFX

VO2 : 16,5 mL/kg/min

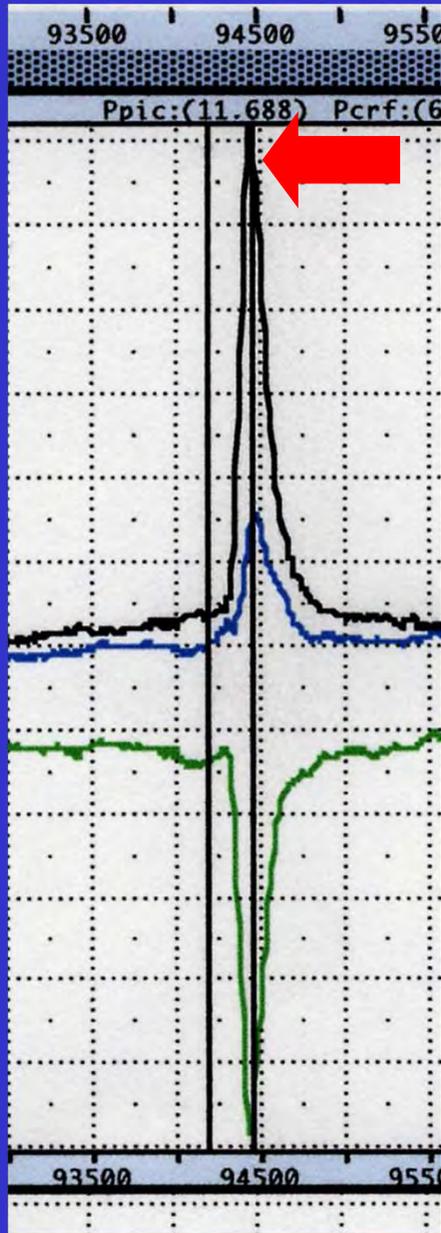
>>> Limitation sévère

>>> Echanges gazeux normaux

P_lmax: 68 cm H₂O, théo 77 18

SNIP: 70 cm H₂O, théo 84 ± 14

Surveillance: aggravation dyspnée



07/2004: Complément de bilan

Pdi SNIFF: 51 cm H₂O (théo > 80cm H₂O)

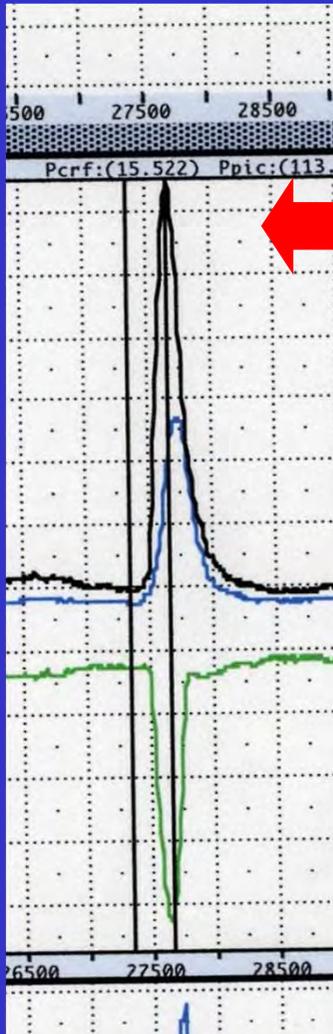
EMG normal

EMG phrénique normal

Compatible avec un
« Shrinking Lung Syndrome »

Traitement par théophylline

Evolution à 6 mois de traitement par théophylline



Pdi Sniff:
98 cm
H2O: 98
cm H2O

Amélioration clinique +++
et fonctionnelle

CVF 1,8 → 2.71

VEMS 1,7 → 2.36

Pdi 51 → 98 cmH₂O

« Faux négatif » P_{lmax} et SNIP

Mme EEK, 38 ans

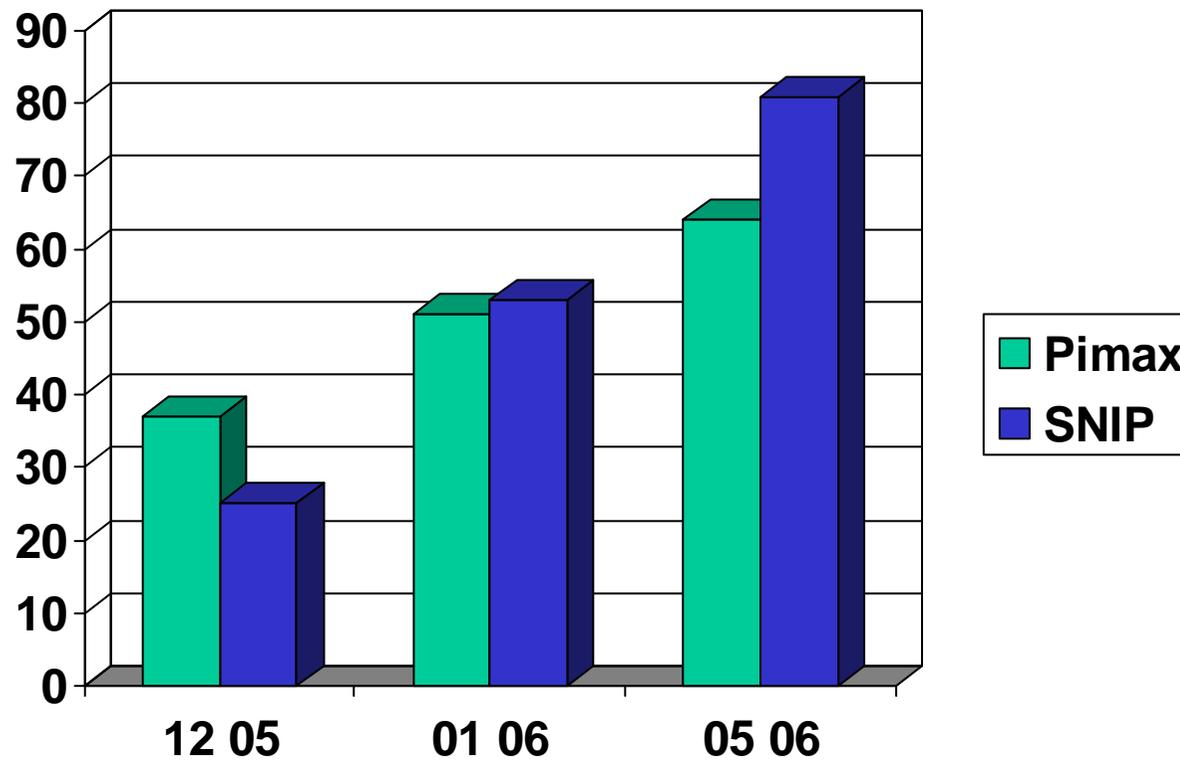
- 10/2004: Syndrome des anti synthétases
- Pulmonaire: P interstitielle non spécifique modérée
 - Bolus, Tégéline, MTX initialement
 - Entretien par 10 mg de Solupred
 - Mi 2005: dégradation clinique, dyspnée stade 3-4
 - Pléthysmographie inchangée

EFR

	12/04	04/05	12/05
<i>CVL</i>	103 %	103 %	111 %
<i>CPT</i>	94 %	106 %	107 %
<i>DLCO %</i>	75 %	74 %	79 %



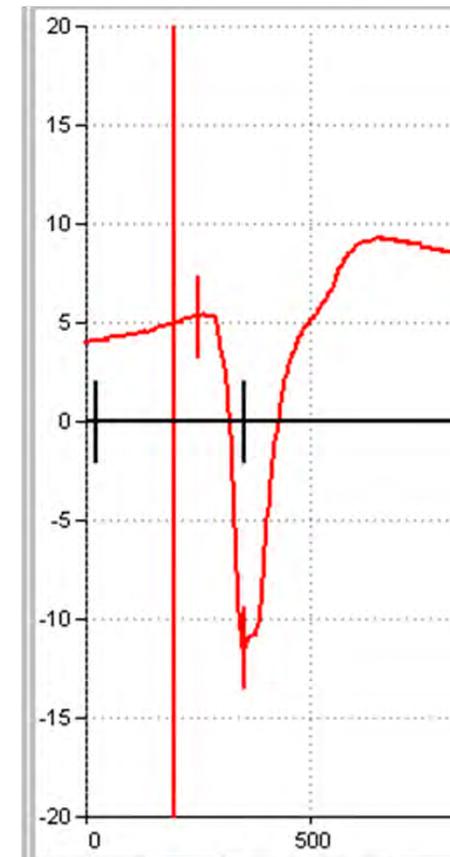
Evolution de la force inspiratoire sous Tégéline



+ amélioration de la dyspnée (stade 2)

Mlle R, dyspnée inexpliquée

- Spiro, plethy, DLCO : RAS
- P_Imax 35 cm H₂O
- SNIP 40 cm H₂O
- P_b stim: 16 cm H₂O
- Interprétation ?

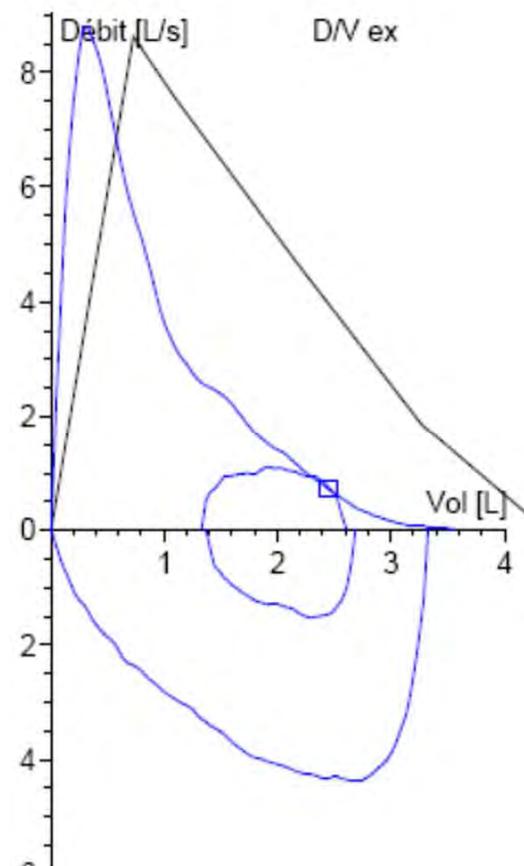


- M PL, 54 ans, ancien fumeur 20 PA
- 10/2007: dyspnée d'installation rapide
- dyspnée d'effort stade 3
- orthopnée majeure
- douleurs scapulaires intenses inaugurales

Date naissance: 28/12/1953
 Opérateur: VIVIANE 1
 Ethnie: Caucasien

Sexe: masculin
 Module val.théo: CHRULILLE

		Obs.	Préd.	Obs/Pr
Date		04/10/07		
Heure		14:26:45		
CV LENTE	[L]	3.61	4.54	79
CI	[L]	2.62	3.29	80
VRE	[L]	0.99	1.25	79
VT	[L]	1.30	0.53	246
CRF pléthy	[L]	4.18	3.48	120
VR	[L]	3.19	2.23	143
CPT	[L]	6.80	6.90	99
VR % CPT	[%]	46.95	34.63	136
CVF	[L]	3.53	4.36	81
VEMS	[L]	2.41	3.50	69
VEMS/CVF	[%]	68.18		
VEMS/CVL	[%]	66.69	77.67	86
DEMM 25/75	[L/s]	1.26	3.82	33



amyotrophie névralgique

héréditaire / idiopathique (syndrome de Parsonage Turner)

homme 30-70 ans

douleur aigue inaugurale, souvent nocturne

- à type de brulure: épaules, cou, bras jusque 3 semaines

déficit moteur dans les heures ou semaines

- à prédominance brachiale supérieure
- atteinte en dehors du plexus brachial: 56 %
- phrénique: héréditaire 14 %, idiopathique 6,6 %
- atteinte sensitive: 78 %

récupération : 59 % débutant entre 1 et 6 mois

réurrences: 74 % héréditaire, 26 % idiopathiques

