

ECHOGRAPHIE et DIAPHRAGME

Dr Philippe RICHARD
Pneumologue ST OMER
Trésorier du GECHO



Le diaphragme est le principal muscle respiratoire

La mesure échographique de l'amplitude du diaphragme est très facile(zone de transition)

Le diaphragme doit être systématiquement repéré : c'est la « carène » de l'endoscopie

INDICATIONS

L'ÉCHOGRAPHIE devrait être
l'EXAMEN de PREMIERE
INTENTION pour explorer le
DIAPHRAGME

AIDE DIAGNOSTIQUE:

Anomalie de FORME,
de POSITION



DYSPNEE : évaluer sa MOBILITE
en TEMPS REEL (ex: après
chirurgie, AVC...)



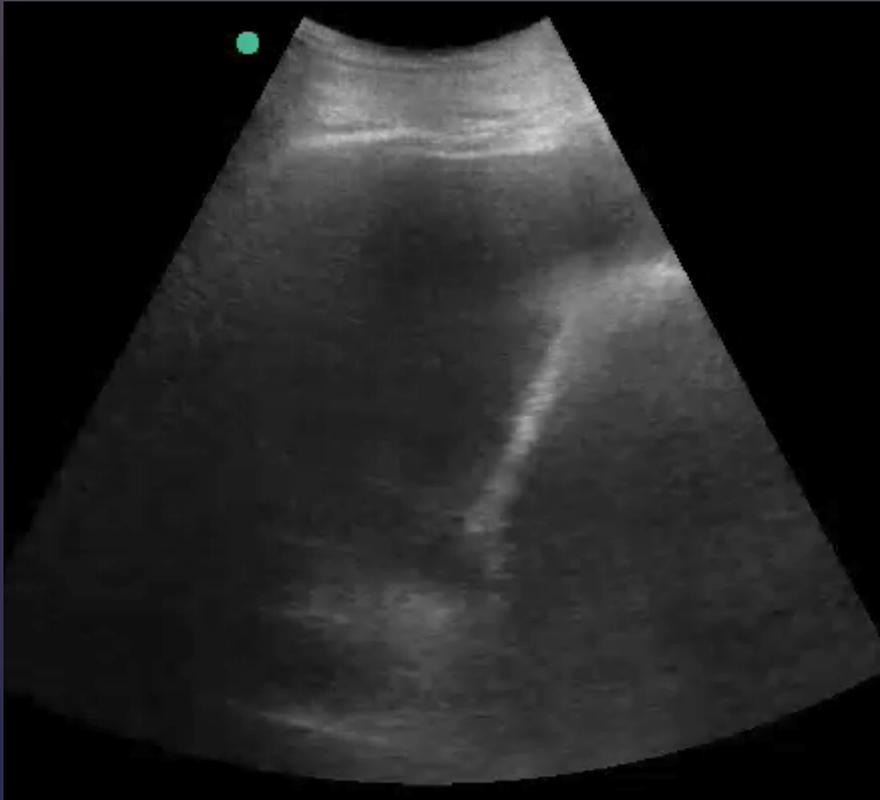
HEMITHORAX OPAQUE
OPACITE BASI THORACIQUE

(situer le diaphragme , analyser sa
mobilité et les organes au contact,
orienter une ponction)



AIDE DIAGNOSTIQUE

- *mouvement paradoxal*



- *traumatisme (1/9)*: écho recommandée dans le protocole « FAST » des urgentistes (rupture , éventration)

AIDE THÉRAPEUTIQUE

- Hoquet rebelle (46):

détermine le coté responsable

guide le cathéter pour réaliser un blocage du phrénique

- Sevrage de ventilation :(1/3,11)

* *amplitude* en mode TM $< 1,4$ cm à Dte et $< 1,2$ cm à G = forte probabilité d'échec du sevrage (1/19)

* *fraction d'épaississement* (ép insp - ép exp/ép exp) est corrélée avec la P transdiaphragmatique .La diminution de ces deux mesures augmente avec le niveau de P de VNI (5,10,15 cm H₂O) (54)

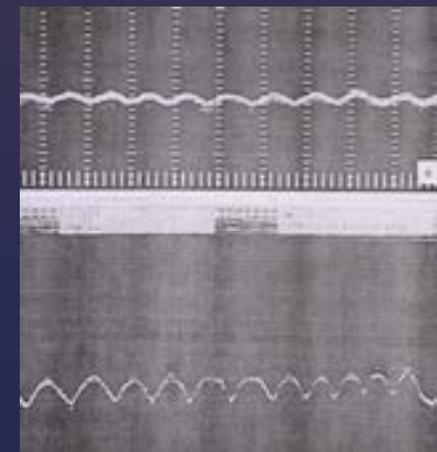
* la *pente inspiratoire* (1.66cm/l pour COHEN)

* la *vitesse inspiratoire du diaphragme* :cm/sec (AYOUB)

AIDE THÉRAPEUTIQUE :

- paralysie avec mouvement paradoxal ET dyspnée chronique incitent à la *plicature* (1/50,51,52,53,54)
- aide au *réglage en temps réel* du *stimulateur électrique* en fonction de la mesure d'amplitude (1/38)
- *évalue efficacité d'un Tt antiviral* en cas de paralysie d'origine herpétique(11)
- Amélioration de 43% de l'amplitude diaphragmatique 30' après *théophylline* chez 11 Nnés en détresse respiratoire versus placebo

HEYMAN Act Ped Scand 1991



AVANTAGES

- ✓ Analyse la structure et la fonction du diaphragme(enfant :1/22,23,6,8)
- ✓ Facile à mettre en œuvre au lit du patient (en réanimation: portable)
- ✓ Non irradiant
- ✓ Rapide
- ✓ Permet une analyse séparée des deux hémi diaphragmes (1/6,19)
- ✓ Analyse des structures sus et sous diaphragmatiques
- ✓ Indolore , non invasive

AVANTAGES

✓ Fiable:

- bonne *reproductibilité* (meilleure que la fluoroscopie) avec faible écart type (AMBLER,LORING,TARGHETTA...)
- les mesures échographiques ont été *corrélées* avec les mesures *radiographiques* (DUANE 1972; SIMON 1969)
- amplitude diaphragmatique en respiration calme **concordante** avec la *TDM* (AYOUB)

✓ Elle remplace avantageusement la scopie

✓ Complémentaire aux autres techniques d'exploration

✓ Précision identique aux autres techniques d'imagerie (1/1,3,5,10,14,24,27)

✓ Couplable avec l'EFR

✓ Peu couteuse

AVANTAGES: VISION DIRECTE de la cinétique

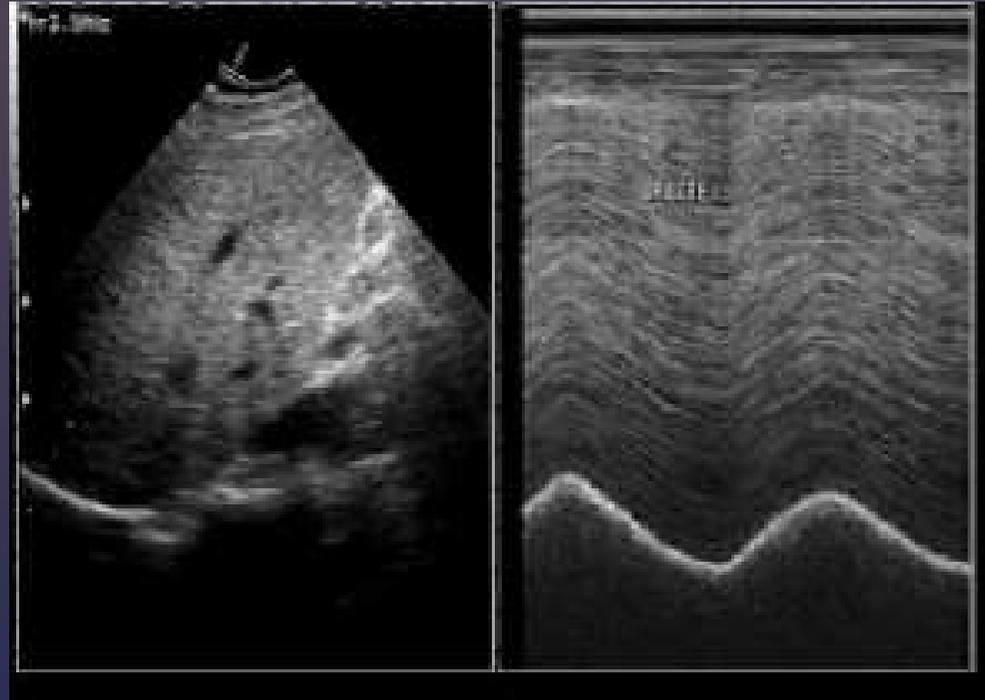
Amplitude

Vitesse de contraction

Durée de chaque phase

*Étude analytique des
différentes portions*

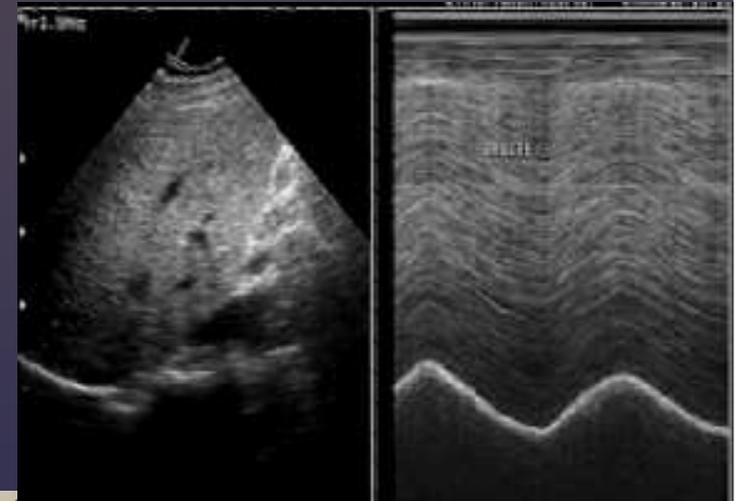
Suivi de la cinétique au fil du temps



LIMITES de la TECHNIQUE

✓ OPERATEUR DEPENDANT: comme toute technique ET plusieurs études montrent une bonne reproductibilité intra et inter opérateur de 0,89

✓ DIFFICULTÉ de maintenir la MEME INCIDENCE lors de l'INSPIRATION FORCÉE lors d'une analyse en mode TM



✓ TRANSPARENCE ACOUSTIQUE VARIABLE (obèse , bréviligne)

« limites » de la TECHNIQUE

- Mesure de l'amplitude dépendant de la participation du patient (comme Pi MAX , SNIP, Pdi , EFR)
- Accès au DIAPHRAGME GAUCHE
plus difficile: 29% des cas (1/1,2,6,46)
: 0% pour (25: voyvoda)

un abord postérieur est toujours possible en mode B.

TECHNIQUE

POSITION DU PATIENT

ASSIS DE DOS

- Mesure facile de l'amplitude
- En cas d'épanchement associé
- Mode B



DECUBITUS DORSAL

relevé à 30 à 45°: semi allongé

jambes fléchies

mode B et TM



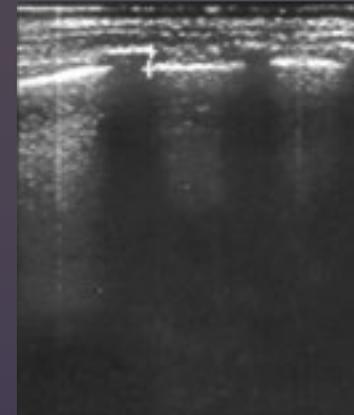
DECUBITUS LATERAL GAUCHE :pour mieux dégager le foie

DECUBITUS VENTRAL pour aborder le diaphragme antérieur

POSITION		ASSIS	DECUBITUS
COURBURE	INSPIRATION FORCEE	+	+
	EXPIRATION FORCEE	+	++
AMPLITUDE		31,1+/-13,5 mm	47,54+/- 15 mm (expiration + facile?)
REPRODUCTIBILITE des mesures d'amplitude		+	++
CORRELATION amplitude/volume inspiré(1/1,2,12,15,36)		+	++
DETECTION DU MOUVEMENT PARADOXAL		+	++ (limite les mvts compensatoires de la paroi)

QUELLE FORME de SONDE?

LINEAIRE



COURBE



« SECTORIELLE »



QUELLE FREQUENCE ?



BASSE FREQUENCE (3,5 MHz)

- pour les adultes
- pour mesurer l'amplitude diaphragmatique

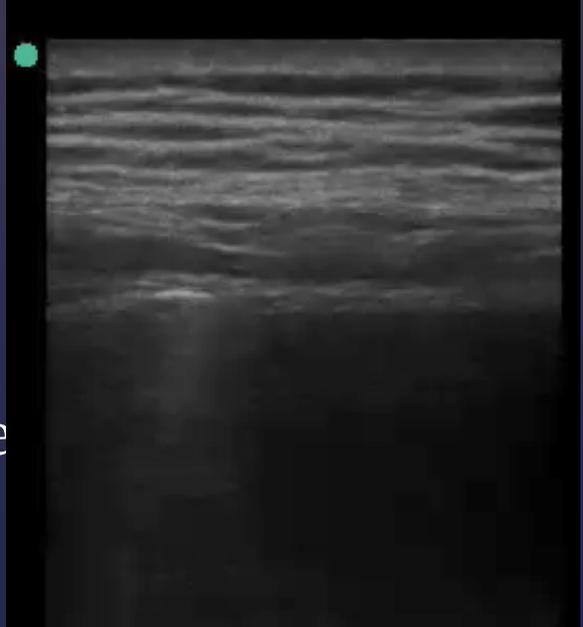


Très basse fréquence (1,5 MHz)
pour les obèses



Haute fréquence (7,5 MHz)

- pour les nouveaux nés
- pour mesurer l'épaisseur du diaphragme



QUEL MODE ?

MODE B (brightness)

- chaque écho est représenté par un *point brillant*
- *image bidimensionnelle*
- permet l'étude: anatomique : forme , épaisseur
dynamique (amplitude) (1/32)



QUEL MODE?

MODE TM (temps-mouvement)

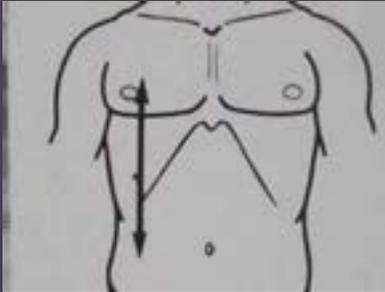
- l'image représente le mouvement des échos sur *une ligne de tir choisie perpendiculaire* plutôt sur la partie postérieure du diaphragme (plus mobile que la portion antérieure)

- permet l'étude dynamique (amplitude, vitesse, réponse à une stimulation électrique) (1/33)

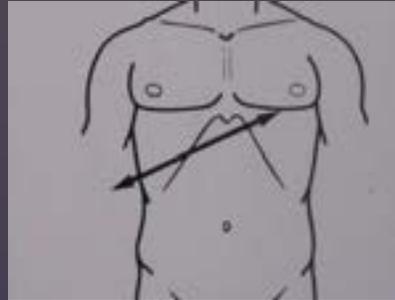


Où mettre la sonde ?

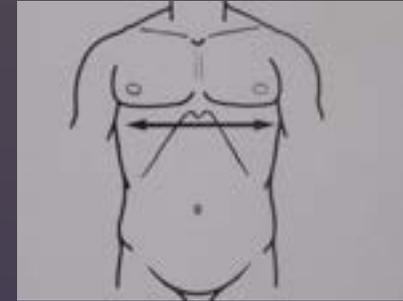
SOUS COSTAL



- Sagittal



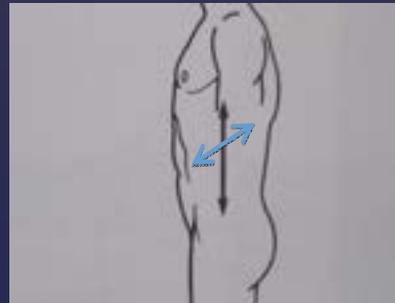
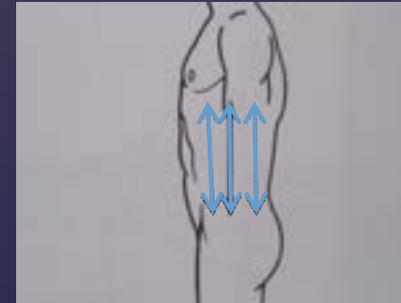
- Oblique récurrente : ligne médio claviculaire antérieure
(exploration diaphragme droit)



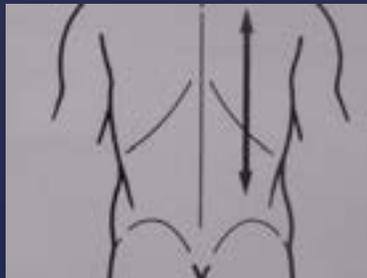
- Transverse

LIGNES AXILLAIRES :

- coupes frontales - Antérieure : 9^{ème} EIC (29)
Pour exploration diaphragme gauche
- Moyenne : incidence cranio caudale
 - Postérieure
- coupe intercostale : Oblique



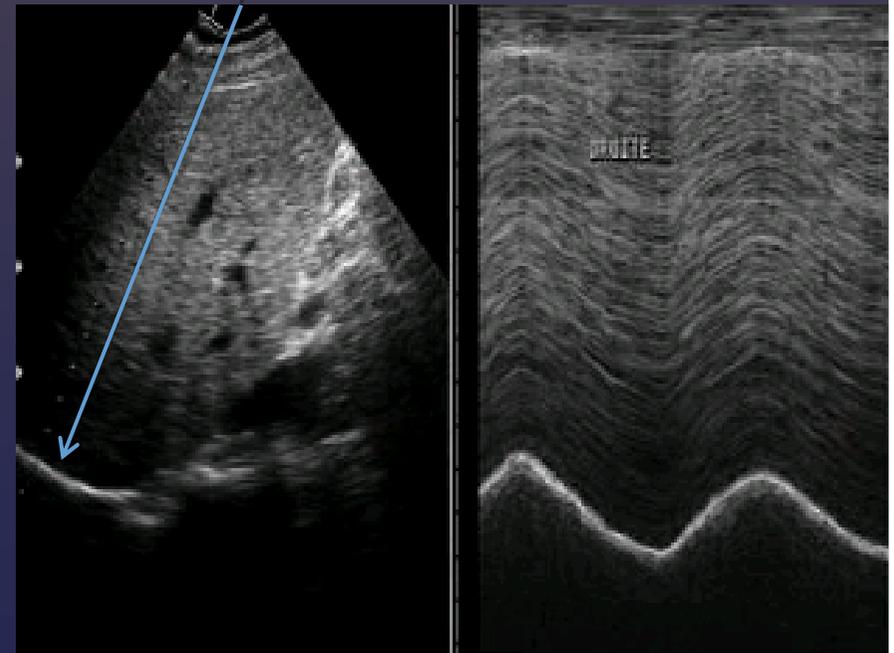
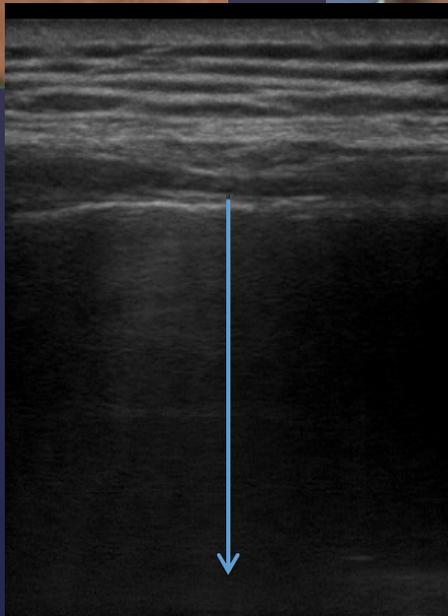
DORSAL



QUELLE INCIDENCE?

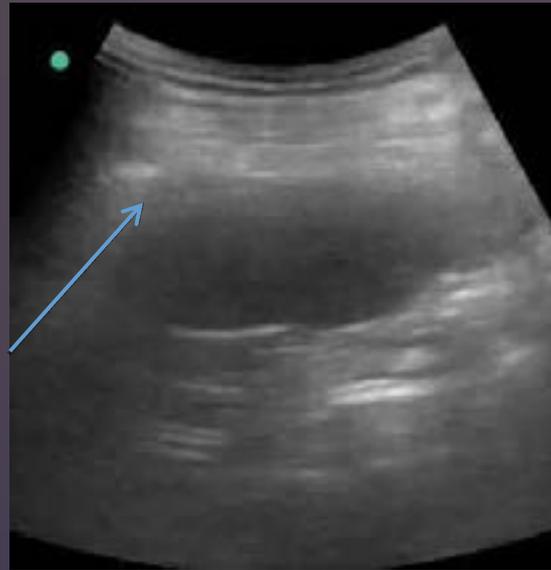
Oblique ou sagittale
(Mode B)

Perpendiculaire
(mode TM)

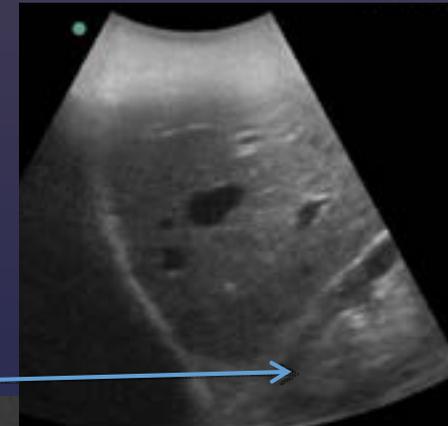
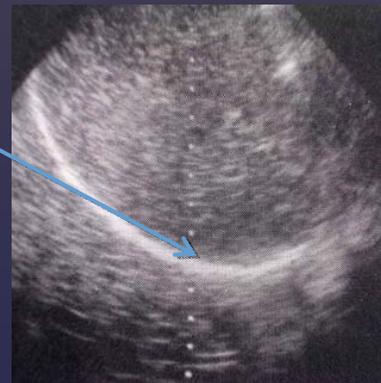


QUELLE CIBLE ?

ZONE de TRANSITION:
FACILE+++



Le DIAPHRAGME LUI MEME :
dôme hépatique



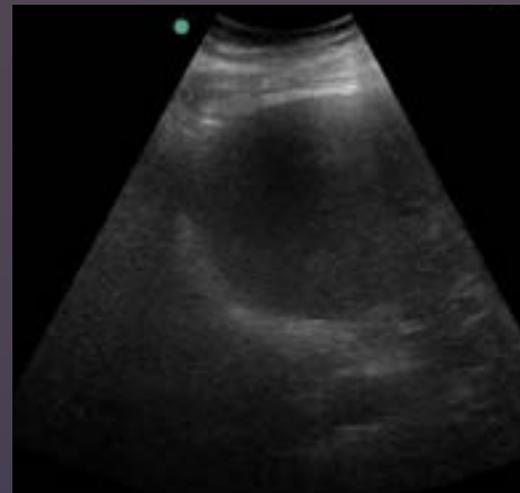
REIN: pole supérieur(14)

RATE (hile ou pole inférieur)

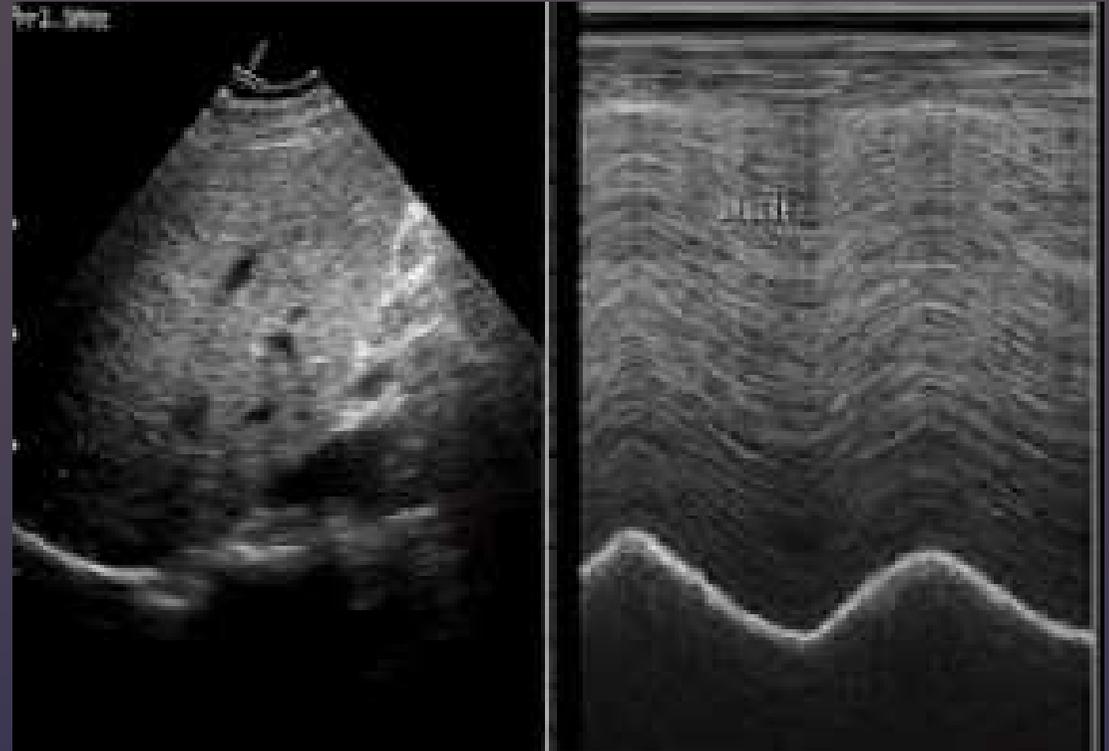
BRANCHE GAUCHE DE VEINE PORTE
(toledo: (22/11,16) et ,hyun wook kang:22)



exemple de "combinaison"



exemple de "combinaison"



exemple de "combinaison"



ASPECTS ANATOMIQUES DU DIAPHRAGME NORMAL

ZONE DE TRANSITION

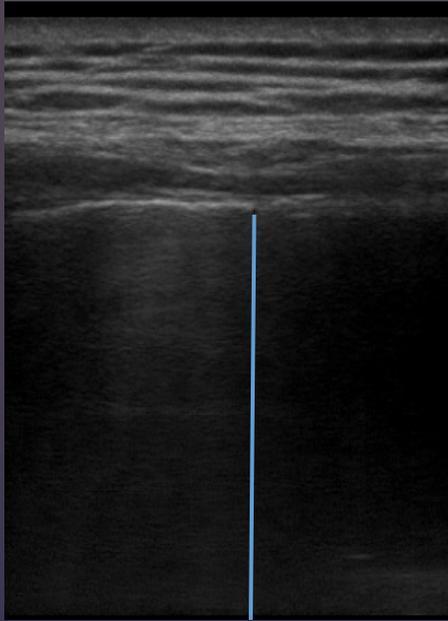
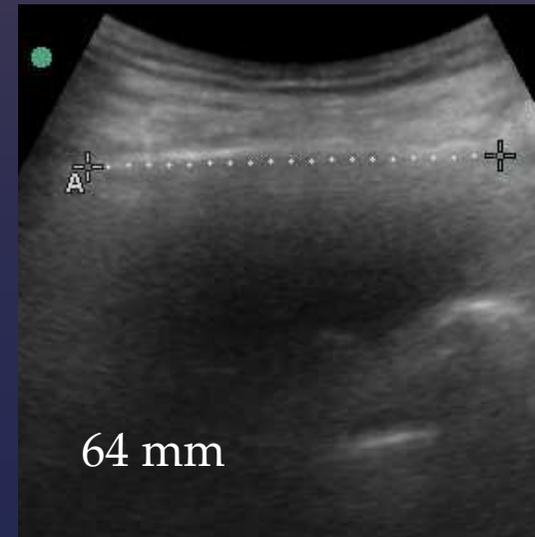
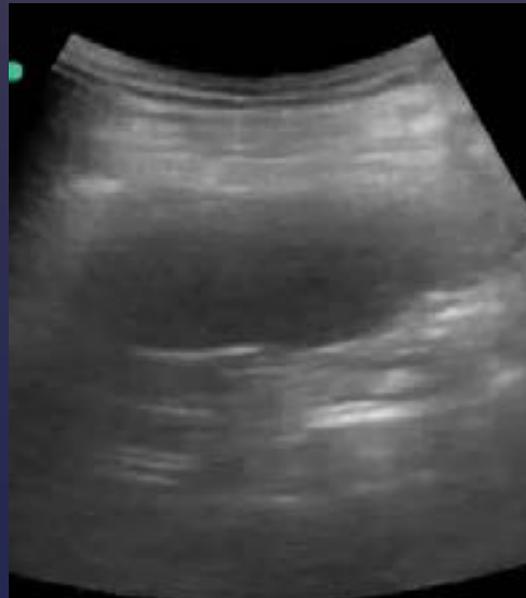
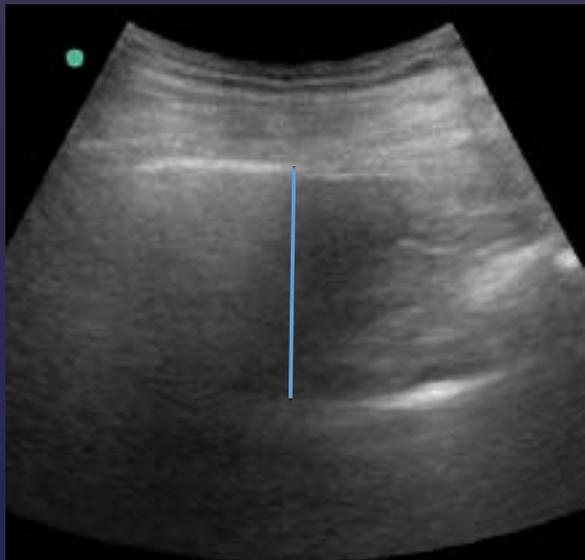
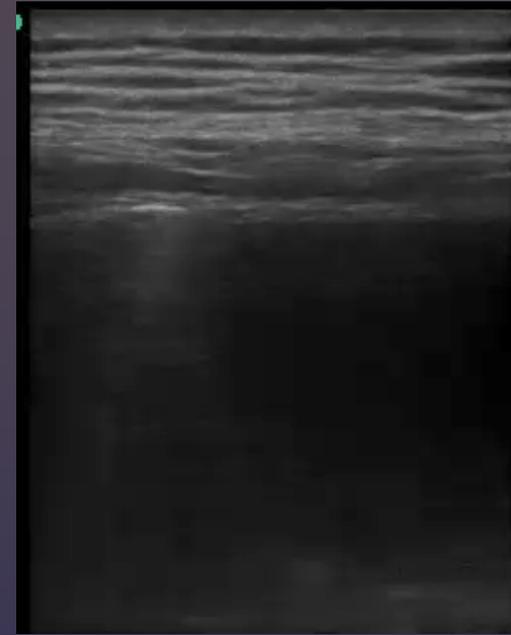


Image linéaire ne représentant pas le diaphragme lui-même mais sa position grâce au contraste d'échogénicité entre le poumon et les organes sous jacents



ASPECTS ANATOMIQUES DU DIAPHRAGME NORMAL

ASPECT EN UNE LIGNE:

(2 à 5 mm d'épaisseur)

Ligne écho gène vue en
transhépatique qui ne
représente pas le diaphragme
lui-même mais l'interface
air pulmonaire /
diaphragme avec les organes

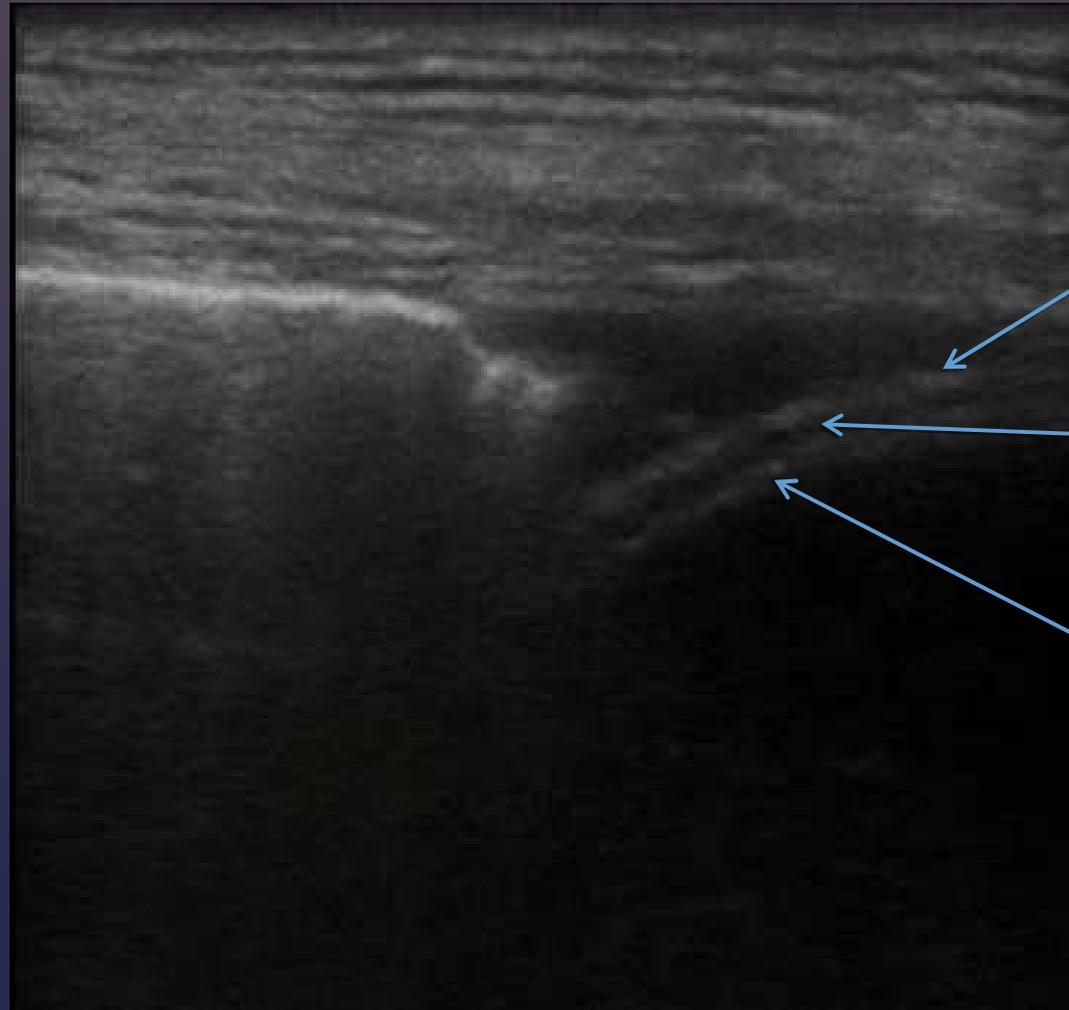
sous jacents (25/7)

LEWANDOWSKI JUM 1983

VERSCHAKELEN JUM 1989



ASPECTS ANATOMIQUES DU DIAPHRAGME NORMAL
Aspect en (deux)trois lignes (25/18,19)



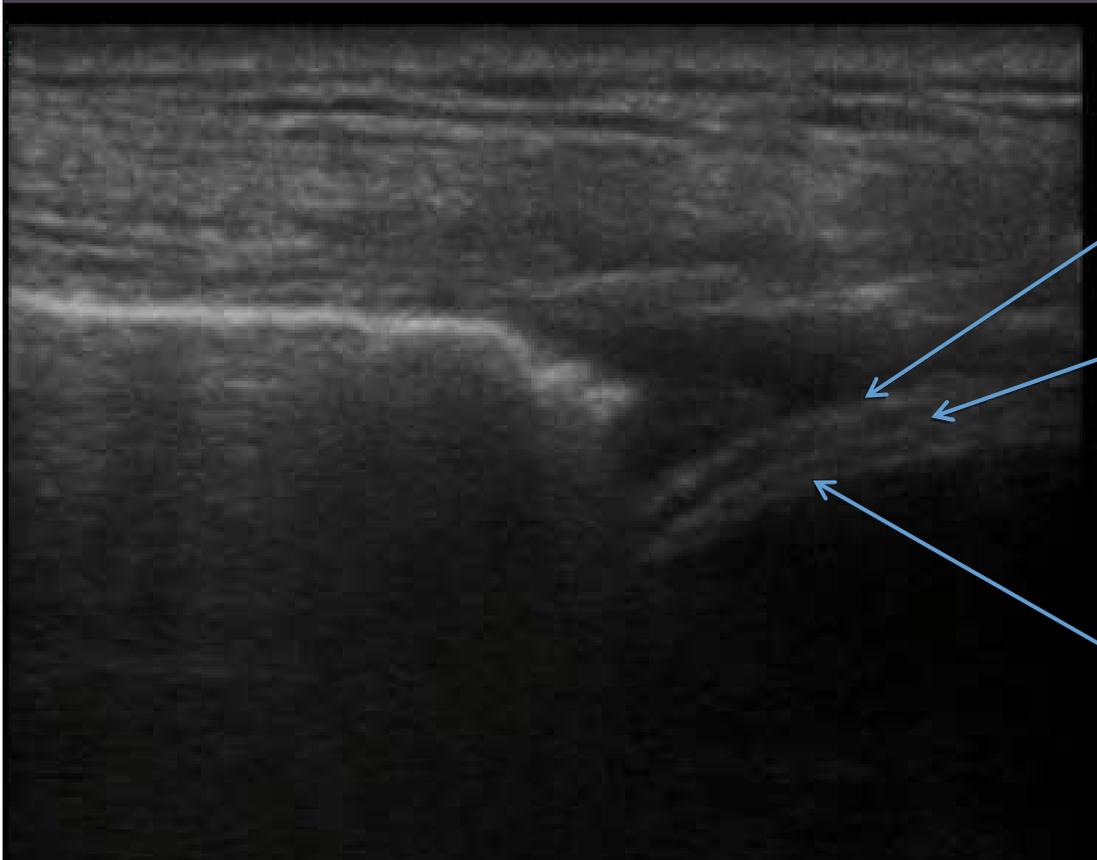
plèvre

muscle D.

péritoine

ASPECTS ANATOMIQUES DU DIAPHRAGME NORMAL

ASPECT EN (trois)CINQ LIGNES: (surtout en inspiration forcée)



- LIGNE SUPERIEURE

- Artefact par réverbération sur la ligne moyenne due à l'air contenu dans les poumons

Image en miroir de la ligne inférieure

LIGNE MOYENNE

- plèvre viscérale / air pulmonaire

LIGNE INFÉRIEURE

Interface diaphragme / péritoine

ASPECTS ANATOMIQUES DU DIAPHRAGME NORMAL

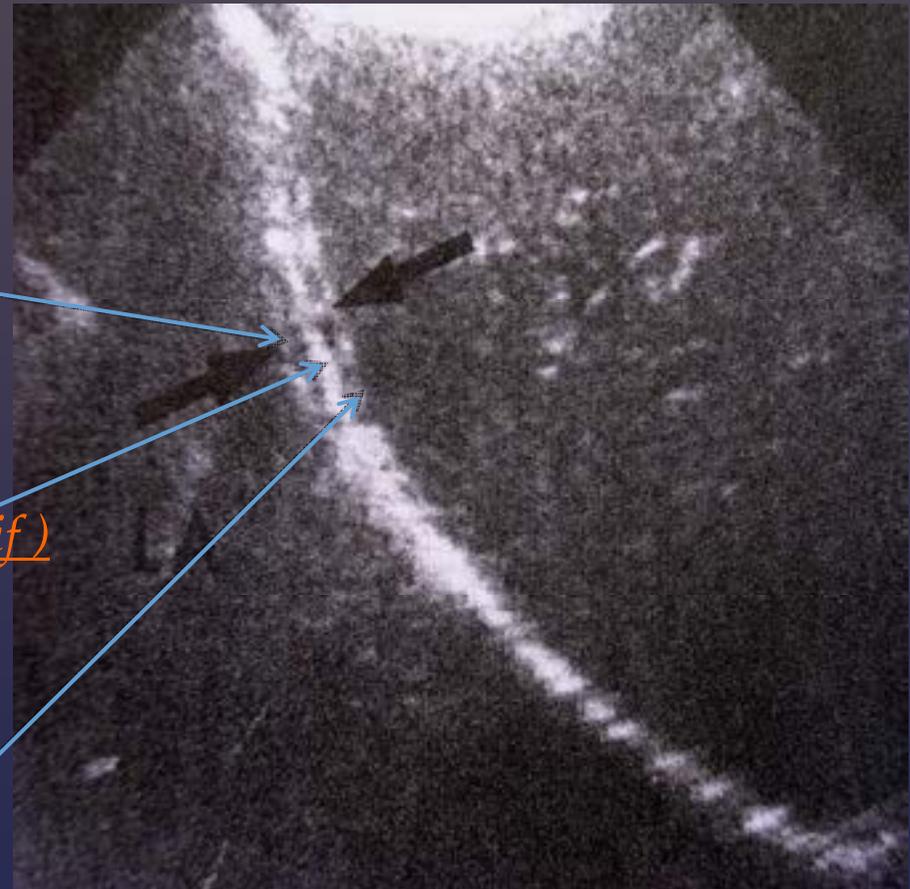


ASPECT EN TROIS (cinq) LIGNES

LIGNE SUPERIEURE
plèvre viscérale

LIGNE MOYENNE
zone échogène (vaisseaux et Tissue conjonctif)
au sein du muscle hypoéchogène

LIGNE INFÉRIEURE
Interface diaphragme / péritoine



EPAISSEUR du DIAPHRAGME

Technique:

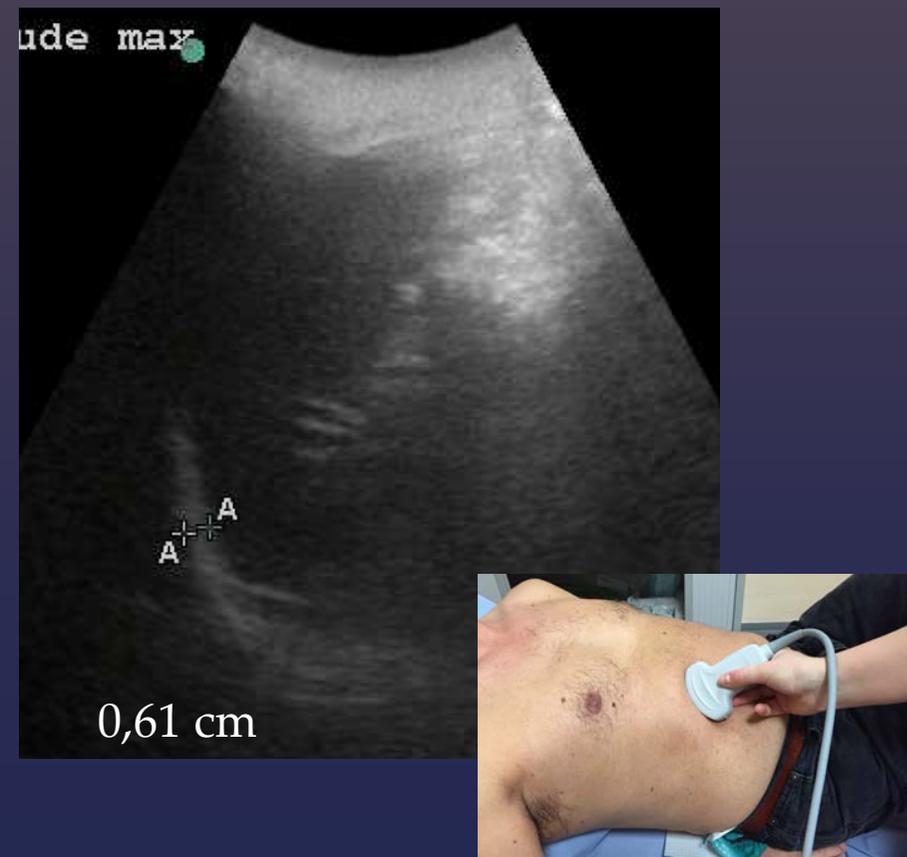
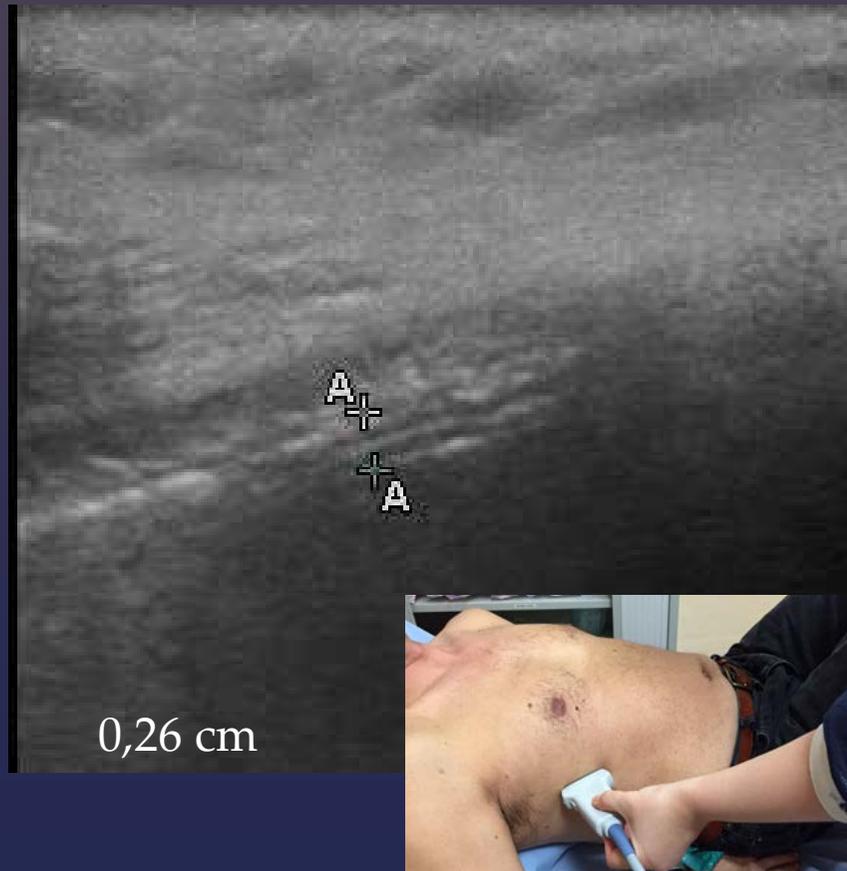
- décubitus ,
mode B ,
haute fréquence,
incidence intercostale ,
ligne axillaire antérieure



- préciser :
 - le temps respiratoire (ép insp > ép exp : cet épaissement du diaphragme à l'inspiration reflète la contraction musculaire)
 - l'espace intercostal où la mesure est faite

Résultats :

- mesures reproductibles
- corrélées avec mesures sur cadavre (1/37)
- peu influencées par l'âge , sexe , IMC, tabagisme(6)



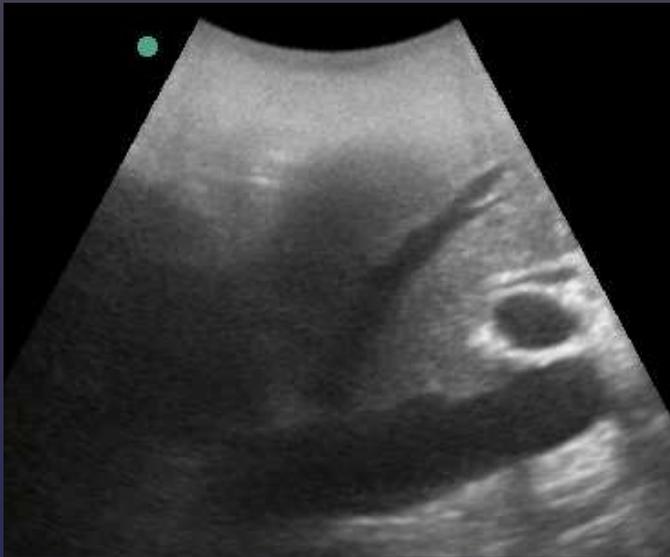
	SUJET NORMAL	PARALYSIE DIAPH	ATROPHIE DIAPH	MUCO
Épaisseur moyenne du diaphragme (mm)	2 chez sujet mince 2,2 à 2,8 > 1,5 en fin d'expiration	1,3 à 1,9	< 2 en fin d'exp	
Degré d'épaississement à l'inspiration forcée (+ Sensible que l'épaisseur)	↗ 20%	Aucun (paralysie chronique)		
Différence droite/gauche (mm)	< 3,3 (6)			
Rapport ☆ d'épaississement	28 à 96%	de -35% à 5% < 20%		↘ Avec perte de masse maigre(13)

☆RAPPORT d'épaississement = $\frac{\text{épaisseur fin inspiration} - \text{épaisseur fin expiration}}{\text{épaisseur fin expiration}}$

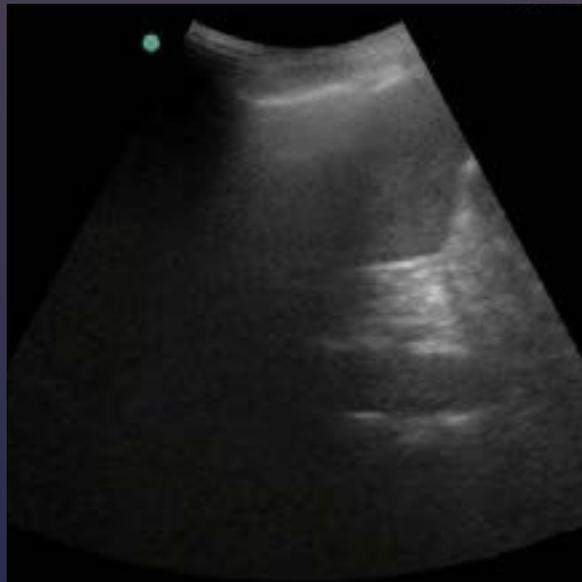
ASPECTS ANATOMIQUES DU DIAPHRAGME NORMAL

ORIFICES DU DIAPHRAGME

Veine cave inférieure:
(incidence sagittale Droite)



Aortique
(incidence sagittale G)



VARIANTES ANATOMIQUES DU DIAPHRAGME NORMAL

les « SLIP »

Définition

- bourrelet musculaire (+/- graisse, réflexion péritonéale)
- fréquent (15 à 30% de la population), surtout après 60 ans
- unique ou multiple (1 à 5)
- situé à la partie INFÉRIEURE du diaphragme.
- surtout à droite et en antérieur

VARIANTES ANATOMIQUES DU DIAPHRAGME NORMAL

les « SLIP »

Aspects échographiques:

- nodule (rond, ovalaire ou triangulaire)
- contenant de *multiples échos curvilignes*
- parfois kystique
- parfois pédonculé,
- souvent régulier (sauf en inspiration forcée)
- créant des indentations dans le foie
- *augmentant de volume en inspiration forcée*
(contrairement aux nodules hépatiques et aux tumeurs péritonéales en cas d'ascite associée)
- parfois associée à des images fantômes en miroir sus diaphragmatiques (coupe longitudinale)

VARIANTES ANATOMIQUES DU DIAPHRAGME NORMAL

FESTON et ASPECT BOSSELE

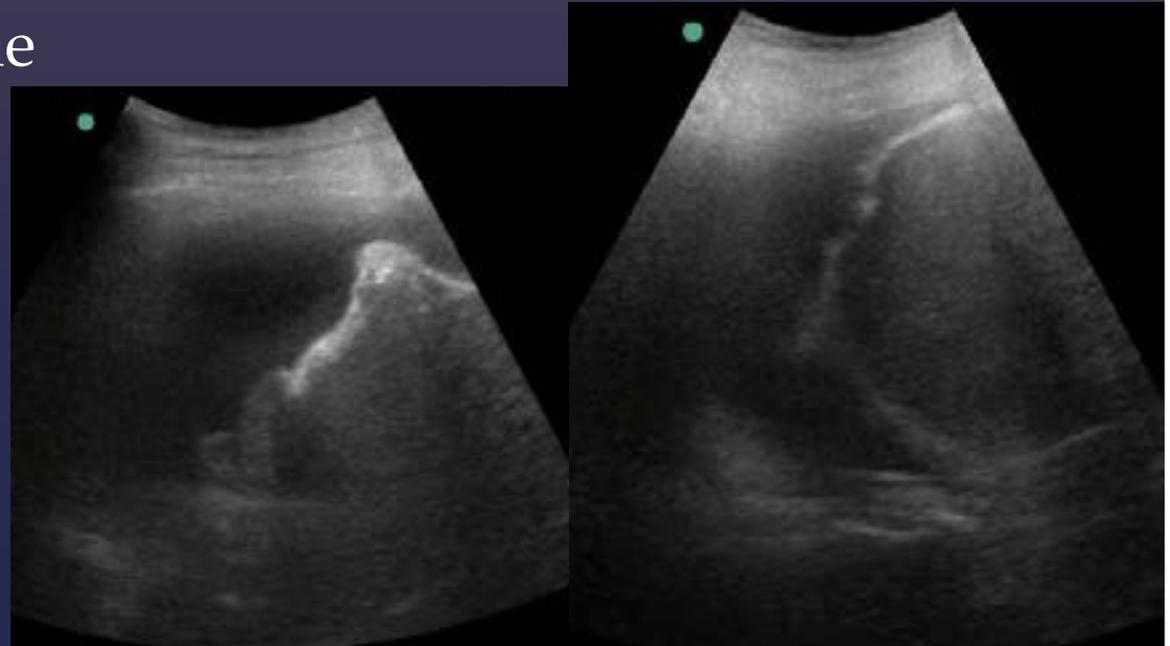
ASPECT BOSSELE:

- scissure hépatique
- lobulation atypique

Feston:

- Surtout en inspiration forcée
- Rattaché à une dyskinésie

YEH RADIOGRAPHICS 1990



ANATOMIE du DIAPHRAGME

PIEGES

Ne pas confondre
diaphragme et cloison
d'un épanchement échogène
avec la rate



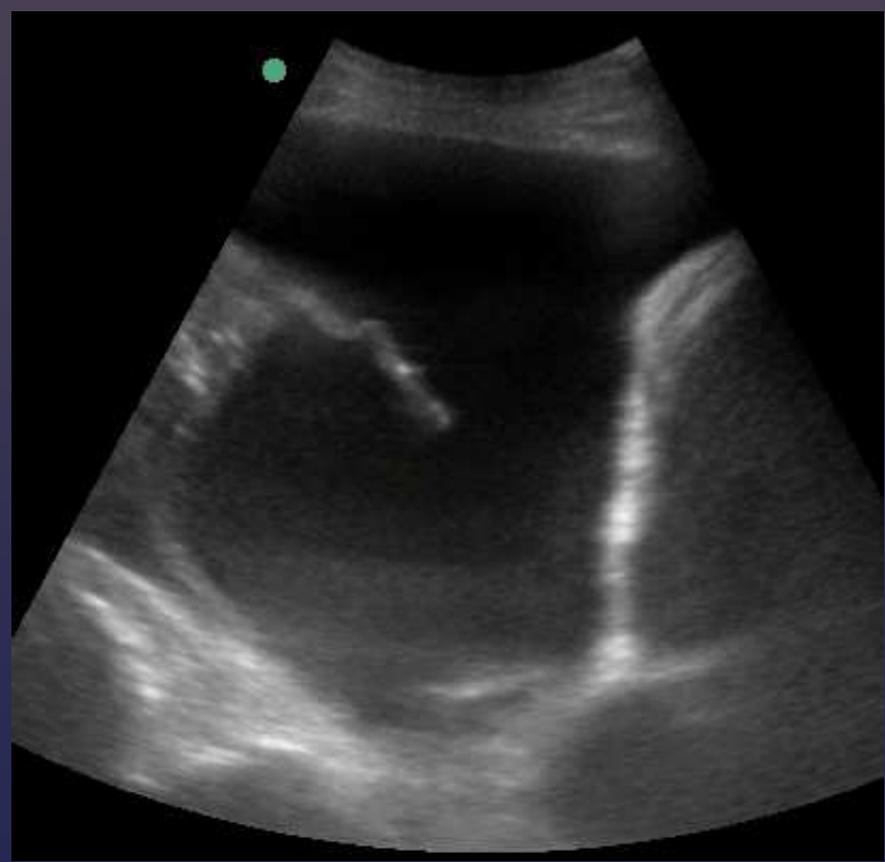
Ne pas confondre
Slips et nodule hépatique

ANATOMIE du DIAPHRAGME

et PATHOLOGIES

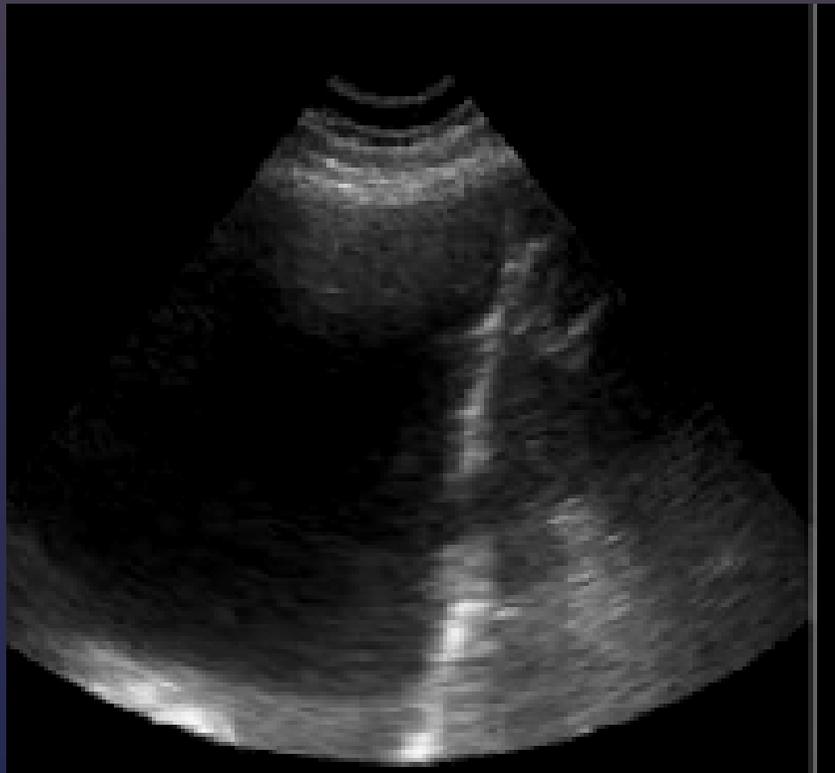
ANATOMIE du DIAPHRAGME et PATHOLOGIE

Epanchement pleural **ABONDANT**



ANATOMIE du DIAPHRAGME et PATHOLOGIE
Epanchement pleural **ABONDANT**

Diaphragme inversé
Mouvement paradoxal



ANATOMIE du DIAPHRAGME et PATHOLOGIE

Epanchement pleural **PEU ABONDANT**

Zone sans épanchement:

- la zone de transition réapparaît

Zone avec épanchement:

-Diaphragme en 1 à 5 lignes



TOUT

épunct pleural devrait être ponctionné
sous échographie
pour visualiser
le diaphragme et le poumon

Recommandations de la BTS 2010

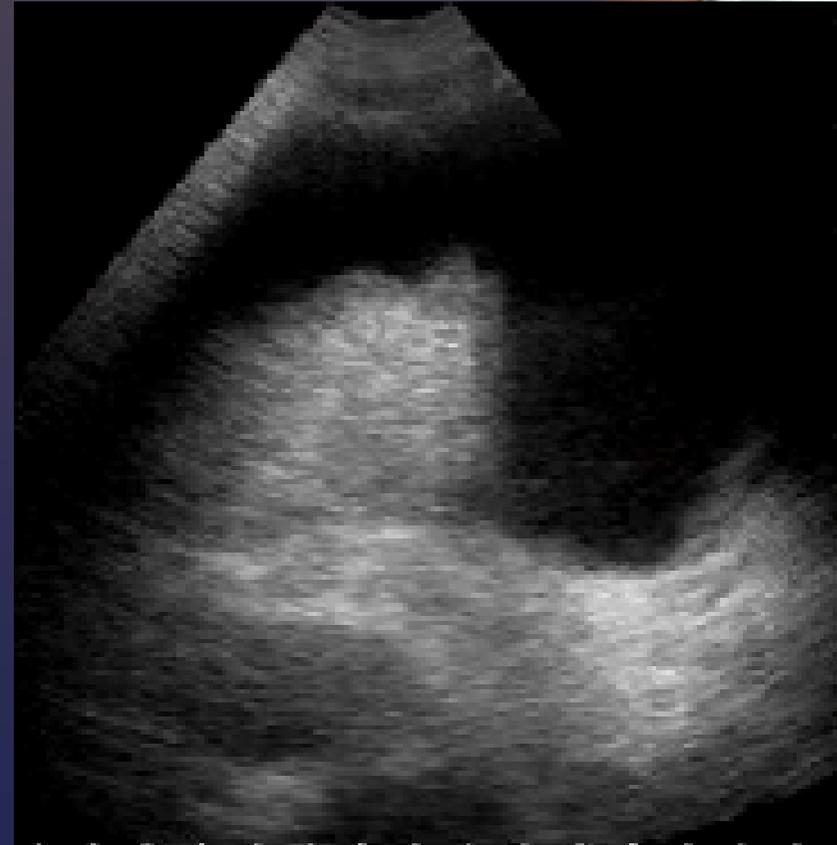
« thoracic ultrasound guidance is strongly recommended for all pleural procedures for pleural fluid »

Ampère A. THESE 2001

	Seneff & al- Chest 1986	Collins & al-Chest 1987	Grogan & al- Chest 1990	Bartter & al- Chest 1993	Colt & al- Chest 1999	Ampère CHB/CHRS O 2001
n	125	129	52	50	205	379
Taux d'utilisation Echographique	12%	0	36,50%	0	100%	100%
Taux de complications Majeures	<u>14%</u>	<u>14%</u>	<u>19%</u>	4%	5,40%	6,09%
Pneumothorax	<u>11%</u>	<u>12%</u>	<u>19%</u>	4%	5,40%	2,15%
Ponctions blanches	<u>13%</u>	<u>7%</u>	<u>5,80%</u>	0	0	3,58%

ANATOMIE du DIAPHRAGME et PATHOLOGIE
EPCHT PLEURAL et ASCITE

*Le diaphragme apparaît comme
une simple ligne séparant épanchement et ascite*



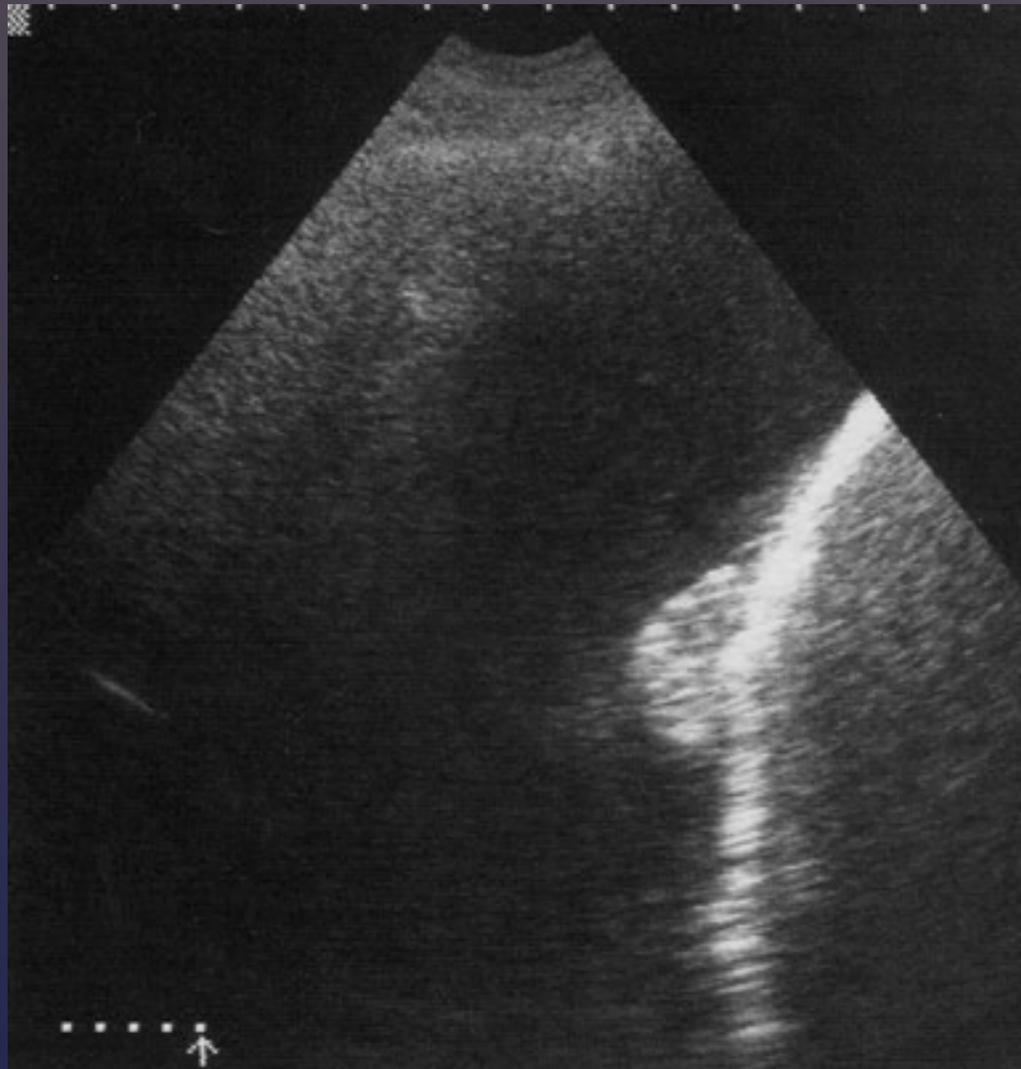
Ascite seule



ANATOMIE du DIAPHRAGME et PATHOLOGIE

Pathologie TUMORALE

Avec épanchement pleural



ANATOMIE du DIAPHRAGME et PATHOLOGIE

EVENTRATION(32):

- Partielle ou totale
- Congénitale ou acquise (ischémie/âge)
- Bien vue sur ligne médio-claviculaire
- Surface mesurable (4 à 12 cm)

YEH RADIOGRAPHICS 1990

- Parfois associée : slip, ascite (YEH), passage thoracique de rein , rate, foie

(NNé: KANGARLOO RADIOLOGY 1977)

ETUDE FONCTIONNELLE
du DIAPHRAGME
du sujet NORMAL

amplitude diaphragmatique *mode B, zone transitionnelle*



- mode écho : B ou TM

- cibles :

partie postérieure du diaphragme +++(7,25):la plus mobile.

partie latérale plus mobile que l'interne(1/1)

rein G(35), rate

branche G de veine porte (1/41)(14)



- sonde : curviligne, sous costale antérieure
médio claviculaire



- opérateur :

□ maintien de sonde pendant respiration profonde
(dispositif fixe?)(24)

□ accessibilité 100%(25)(fenêtre acoustique):

splénectomie → rein gauche par voie sous costale

□ reproductibilité inter et intra observateur validée(7) : la
variabilité est cependant de 31,9% et 14,7% en respiration calme
et forcée(51)

- Patient :

décubitus dorsal: amplitude > position assise
(contrôle postural de la partie crurale
est éliminée en position couchée)(24/23).



décubitus latéral: amplitude diaphragme droit en
décubitus latéral Dt > décubitus latéral G(57)

sexe : différence allant de 1 à 10 mm
(respectivement selon respiration en vol courant et en
Capacité vitale)(7)

corrections âge , taille , poids : non validées
(1/1,2,26,43)

repos depuis 10 à 30'

- Patient

2 à 3h après un repas(24,25)

Coopération

coté :

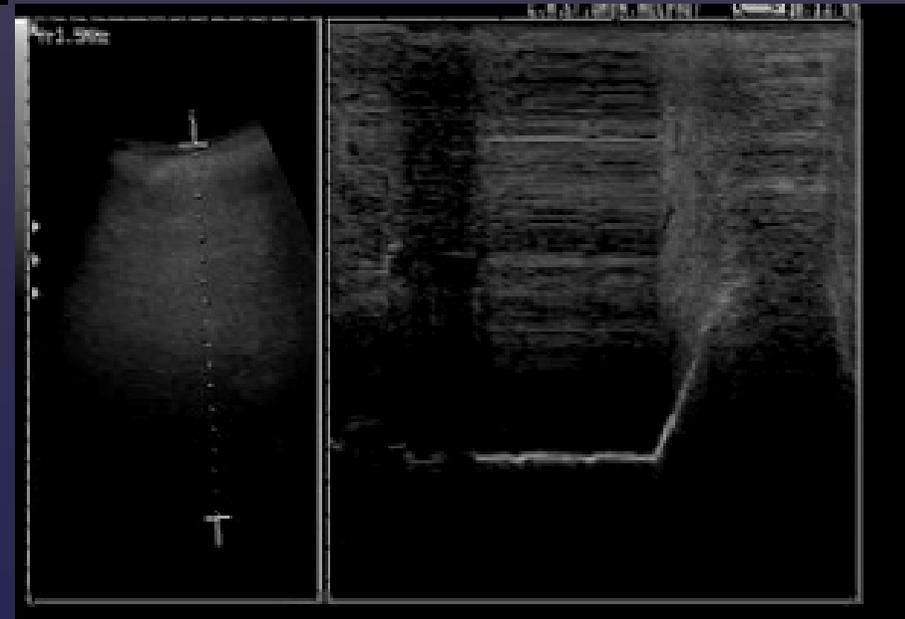
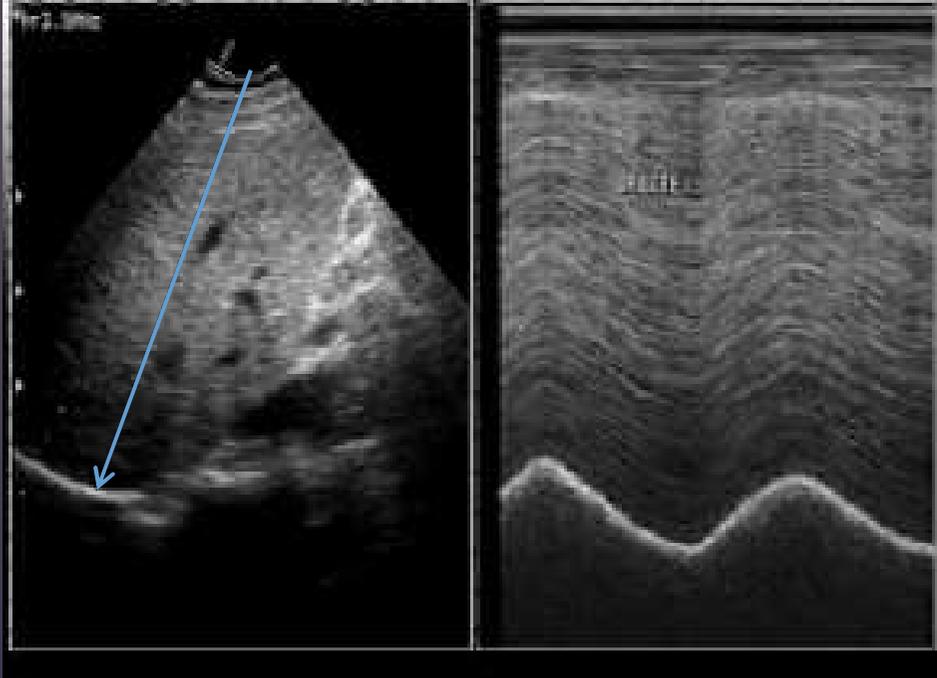
□ amplitude gauche > droite de 5 à 25 mm en respiration calme et de 5 à 16 mm en respiration forcée (1/2,12)

□ amplitude droite/amplitude gauche doit être comprise entre 0,5 et 1,6 (1/39 et 14/16)

CONCLUSION

- *Tous ces critères expliquent que l'amplitude diaphragmatique soit différente d'une étude à l'autre*
- *Une amplitude $> 2,5$ cm exclut tout dysfonctionnement important*
(1/17)

Amplitude diaphragmatique en mode TM et B

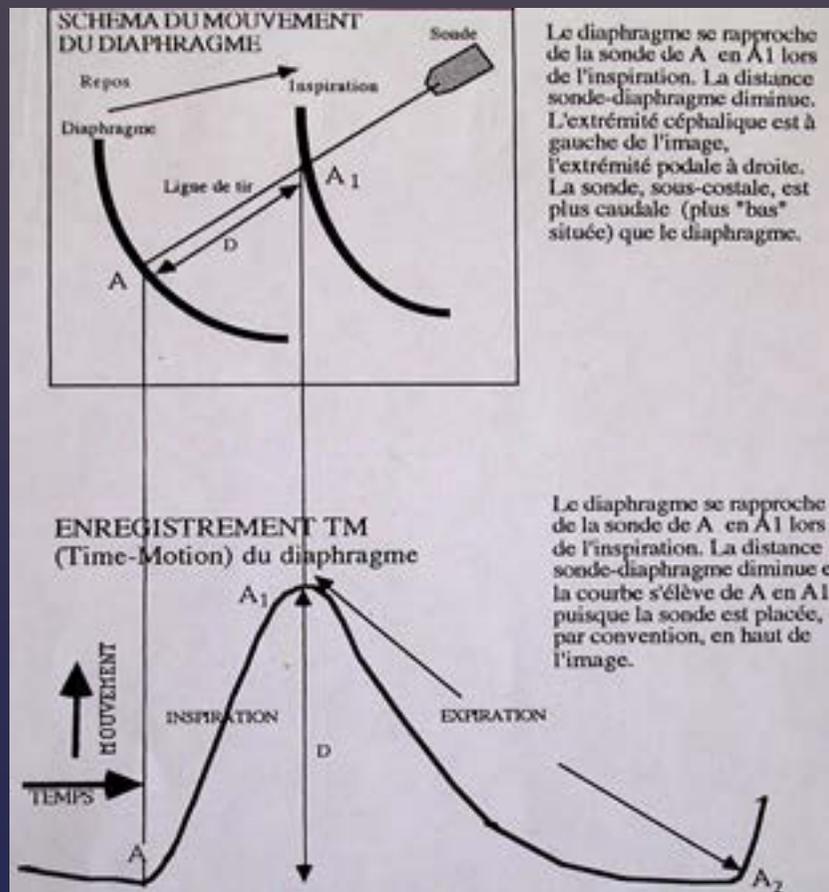


<p>HARRIS RADIOLOGY 1983</p>	<p>CAPACITE INSP (fin exp./insp f)</p>	<p>MODE B. Médio clav. Coupole Dte</p>	<p>18 à 85mm(+/-16) Moy: 48mm</p>
<p>TARGHETTA REV MED INT 1995</p>	<p>CAPACITE VITALE LENTE</p>	<p>MODE TM Medio clav. Coupole Dte</p>	<p>75mm+/-10</p>
<p>AIMINO MASSON 1985</p>		<p>CENTRE PHRENIQUE</p>	<p>jusqu'à100 mm</p>
<p>URMEY ANESTH ANALG 1991</p>	<p>CAPACITE INSP</p>	<p>MODE B Médio clav</p>	<p>59.6mm+/-19.4</p>
<p>TOLEDO RADIOLOGY 2003</p>		<p>BRANCHE GAUCHE DE VEINE PORTE</p>	<p>35mm+/-10</p>

HOUSTON (Clin Radiology 1992)	CAPACITE VITALE	MODE TM	53(+/-16 mm)
COHEN (Thorax 1994)	CAPACITE INSP	MODE TM	60(+/-7mm)
MISKIN (U.I.M 1975)	CAPACITE VITALE	MODE B	36 à 48 mm
SARWAL (Muscle Nerve 2013)	CAPACITE VITALE	MODE TM	19 à 90 mm
TESTA (ultrasound med biol 2011)	Volume courant	Mode TM décubitus	18,4±7,6 mm
	C.Vitale		78,8±13,3 mm
YAMAGUTI (J Bras Pneumol 2010)	C. Vitale <u>avec</u> <u>incitation</u>		70,16±12,83 mm
SCOTT (J ultrasound med 2006)	sniff	Mode TM	14,8±3,9 mm

Mesure de la VITESSE de CONTRACTION (cm/sec)

$$= \frac{\text{amplitude diaphragmatique cm}}{\text{temps inspiratoire sec}}$$



Technique :

- mode M
- analyse automatisée des images vidéo du mouvement diaphragme permet de préciser le temps de déclenchement , les périodes de relaxation du diaphragme lors d'une inspiration forcée⁽⁵⁵⁾

Résultats :

- au repos : 1,52 cm/sec
 - sniff : $10,4 \pm 3,34$ cm/sec
 - charge résistive de 50 cm H₂O/l/ ''
- baisse de vitesse de 0,8 à 1,2 cm/sec
SANS modification de l'amplitude grâce au recrutement musculaire⁽⁴⁹⁾

ANOMALIES
FONCTIONNELLES
du *diaphragme*

PARESTES/PARALYSIE(38)

Diagnostic écho aisé

(HOUSTON thorax 1994;DIAMENT JCU 1985):

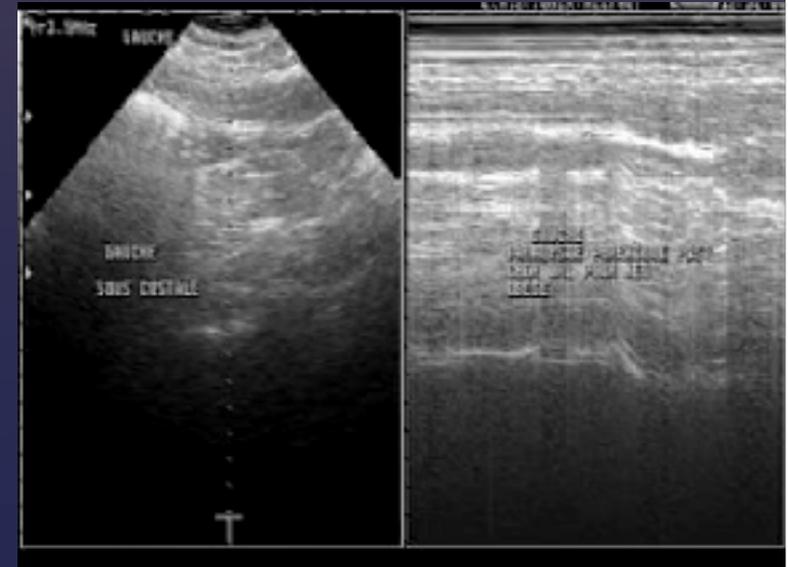
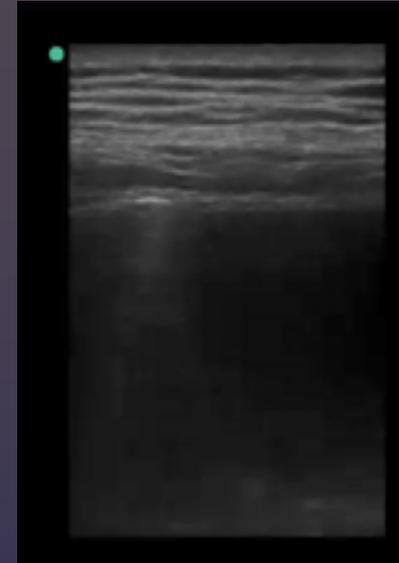
- ⌘ Ascension de coupole
- ⌘ Amplitude < 2,5cm (comparer Dte / G)
- ⌘ Mvt paradoxal : mieux vu en décubitus dorsal
- ⌘ Disparition du signe du glissement

Aide au diagnostic étiologique :

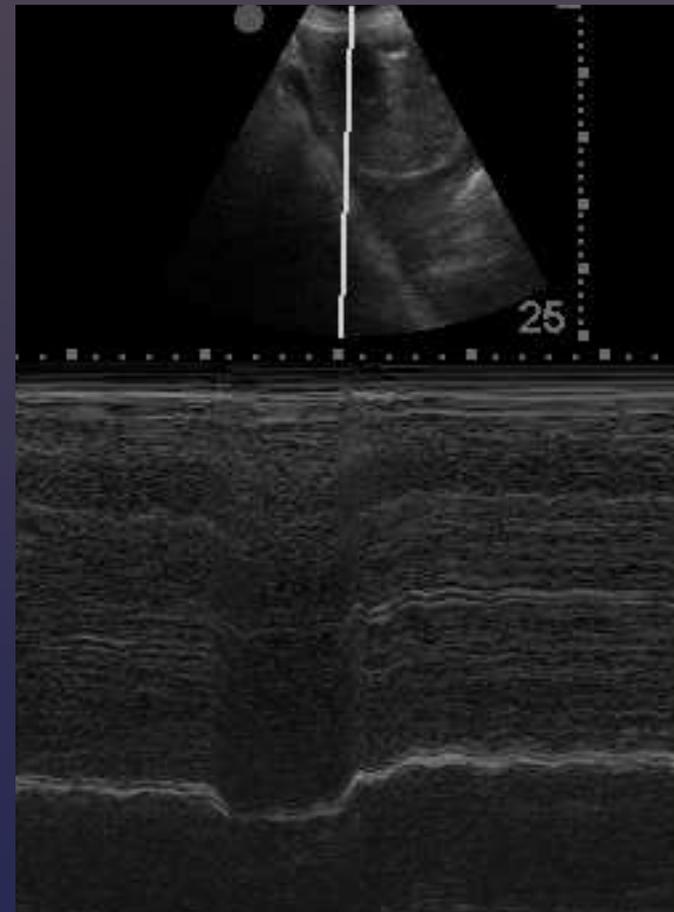
- ⌘ - centrale : stimulation du nerf phrénique induit un mouvement
- ⌘ - périphérique : aucun mvt malgré stimulation

Aide au suivi et pronostic:

augmentation de l'épaisseur à l'inspiration est
corrélée avec la CV et le P imax = bon pronostic
(1/13) (34)



PARALYSIE secondaire à un EPANCHEMENT VOLUMINEUX



PARALYSIE/PARESIES

- bloc du plexus brachial :
baisse d'amplitude corrélée avec EFR
pendant 3 à 5h
- chirurgie cardio-thoracique :
baisse d'amplitude , surtout quand ventilation >7j
- traumatismes : AVP(écho incluse dans examen FAST
- hémiplégie : surtout quand droite (baisse possible
d'amplitude des deux diaphragmes)
- BPCO: indice d'aplatissement ,baisse d'amplitude ,
augmentation du temps expiratoire

CONCLUSION

‡ Repérer le diaphragme:

- avant TOUTE PONCTION (BTS, thèse AMPERE)
- opacité de base , poumon blanc...

‡ Mesurer son amplitude(zone transitionnelle)

‡ Beaucoup d'avantages

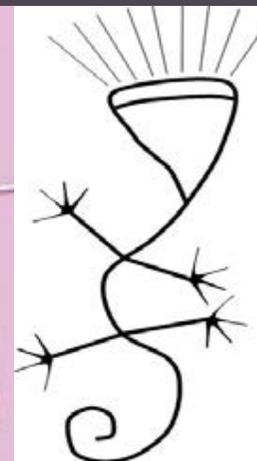
‡ Vraies limites : maintenir la sonde en sous costal , échogénicité du patient

‡ Le reste : affaire de spécialiste ou d'autres techniques

‡ Suivons la voie des gastro, gynéco, cardio...



GECHO 2013



Coordinateur
Gilles Mangiapan

Secrétaire
Hervé Floch

Trésorier
Philippe Richard

