



# Outils d'évaluation: Masse et force musculaires

SRLF-SKR Paris – 11/06/2021

M.Lemaire

Service des soins intensifs, ULB Erasme, Bruxelles





réanimation 2021

PARIS 9-11 JUIN

Palais des Congrès de Paris  
Porte Maillot



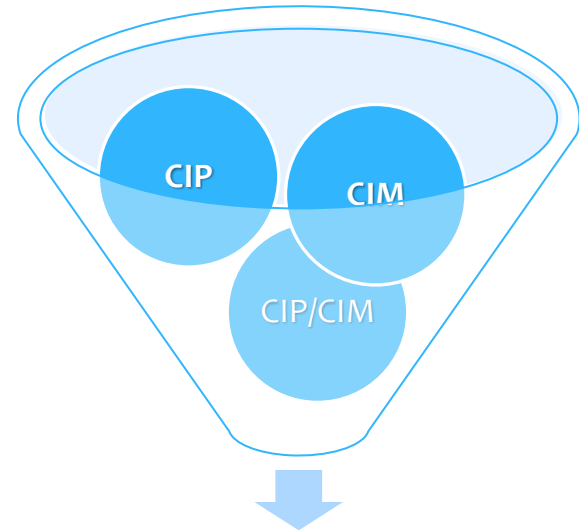
**Orateur : Muriel LEMAIRE, Bruxelles**

**Je n'ai pas de lien d'intérêt potentiel à déclarer**

# INTRODUCTION

- « Survival from Critical illness »

➔ **Faiblesse ou parésie neuromusculaire acquise en réanimation**



**Faiblesse neuromusculaire  
acquise en SI**

# INTRODUCTION: FACTEURS DE RISQUES

- 
- **SEPSIS / MOF**
  - **ALITEMENT / IMMOBILISATION**
  - **Hyperglycémie**
  - **Insuffisance rénale**
  - **Administration de catécholamines**
  - **Sexe féminin**
  - **Durée VM**
  - **Nutrition parentérale, manque d'apports en protéines**
  - **Utilisation de corticostéroïdes / agents bloquants neuromusculaires (?)**

*Lipshutz AKM, Review, Anesthesiology, 2012*

*Latronico N, Review, The Lancet 2011;10:931-41*

*Hermans G et al., Cochrane Database Syst Rev 2009;(1):CD006832*

*Stevens RD et al., A syst rev, Int Care Med 2007;33:1876-91*

# INTRODUCTION: EFFETS DE L'IMMOBILISATION

- **Atrophie marquée du diaphragme: 18h après début VM.**

*Levine S et al, N Engl J Med 2008;358:1327-35*

- **Corrélation avec durée VM.**

*Jaber S et al, Am Respir Crit Care Med 2011;183:364-7*

- **Atrophie muscles squelettiques dès 48h – ICU.**

- **Plus marquée 2-3 premières semaines séjour ICU.**

*Tennila A, Int Care Med 2000;26:1360-3*

*Gruther W. et al, JRM 2008;40:185-9*

*Cameron S. et al, JJC 2015;30:664-672*



# EFFETS DE L'IMMOBILISATION



- 40% de perte de force musculaire au cours 1<sup>ère</sup> semaine:

➔ 1% - 6% / jour d'immobilisation.

*Cameron S. et al, JCC 2015*

- ↓ 10% à 14% masse quadriceps au cours 1<sup>ère</sup> semaine de SI.

Corrélation (+) avec taux élevés de protéine C activée et sévérité dysfonctions organiques.

*Gerovasili V. et al, CCM 2009*

*Puthucheary ZA et al, JAMA 2013*

*Grimm et al, Crit Care 2013*

# INTRODUCTION: ICU-AW

## ■ DEFINITION:

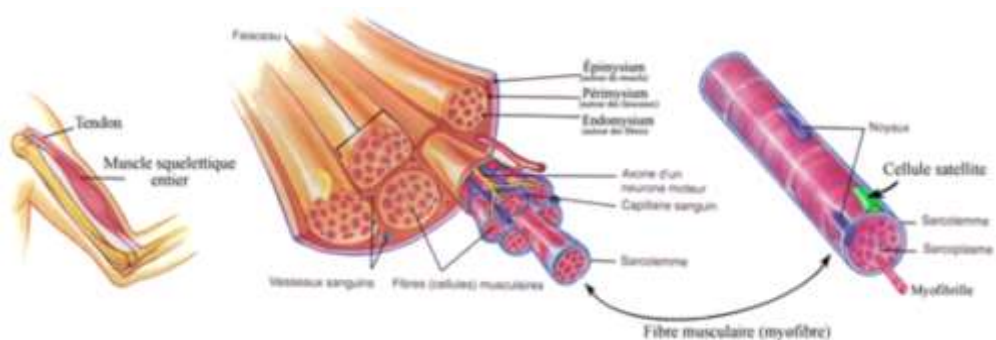
« ICU-Acquired weakness designates clinically detected weakness in critically ill patients in whom there is no plausible etiology other than critical illness »

*Stevens RD. et al, CCM 2009;37:S299-S308*

## ■ INCIDENCE:

25% à 100% patients adultes de SI

*Kress JP. et al, NEJM 2014;370:1626-35*  
*De Jonghe B. et al, ICM 2004;30:1117-21*  
*Bercker S. et al, CCM 2005;33:711-5*



# ICU-AW: EVOLUTION

1. **Conséquences respiratoires < atteinte muscles respiratoires**

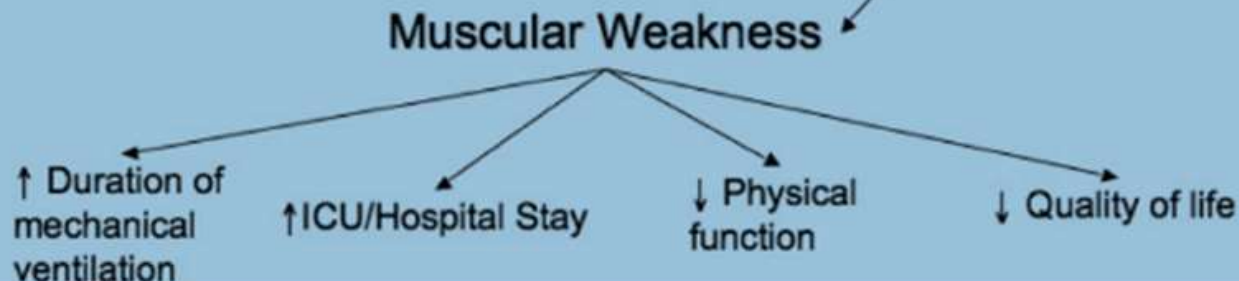
⇒ ↑ durée VM et ↑ taux échecs sevrage VM

*De Jonghe B et al, Intensive Care Med 2004 ; 30 : 1117-21*

*Garnacho-Montero J et al, Crit Care Med 2005 ; 33: 349-54*

2. **Conséquences fonctionnelles < atteinte muscles squeletiques**

⇒ ↓ autonomie du patient, ↑ hospitalisation, transfert en revalidation, retour différé au domicile, reprise du travail limitée ...



*Herridge MS et al, N Engl J Med 2003;348:683-93*

*Louillet F et al, Rev Neurol 2005 ; 161 : 1267-71*

*Truong AD et al., CCM 2009;13:216*



# EVALUATION MASSE, FORCE ET FONCTION MUSCULAIRES

- Détecter la présence d'une ICU-AW et suivre évolution.
- Choisir et adapter exercices pour prévenir développement des ICU-AW.
- Evaluer les effets interventions cliniques



*Vanpee G. et al, CCM 2014*



➔ **QUELS OUTILS ?**



# Evaluation masse musculaire

- CT Scan
- Echographie musculaire (US)
- Impédance bioélectrique (BIA)



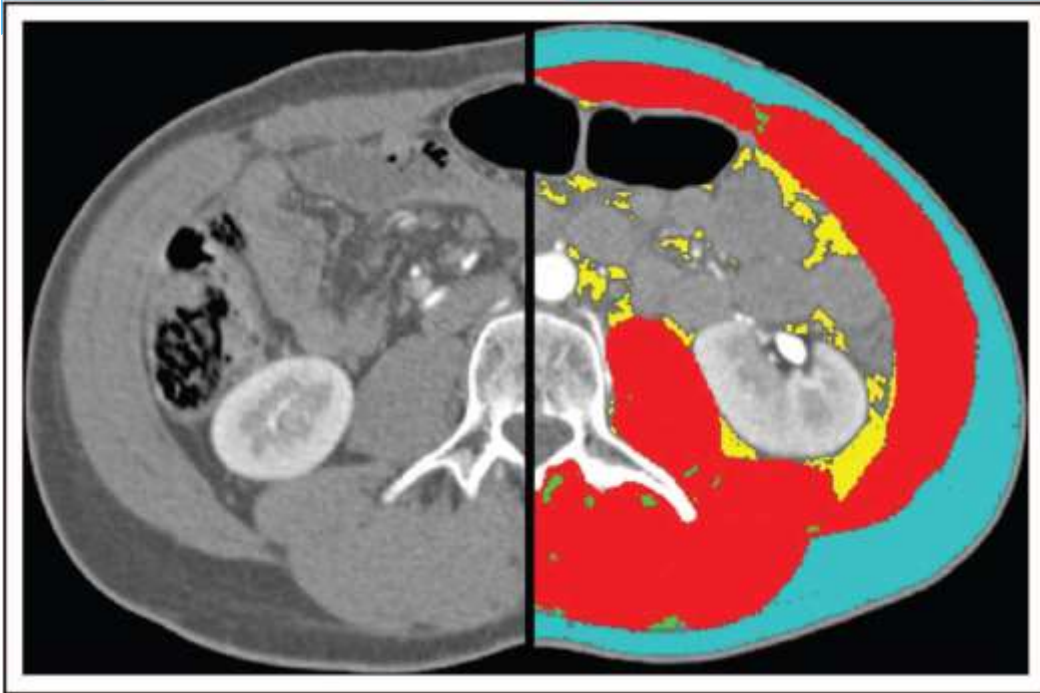
## KEY POINTS

- We need an understanding of a patient's nutritional status and nutritional risk at ICU admission to help guide metabolic support.
- CT-scan analysis, musculoskeletal ultrasound, and bioelectrical impedance analysis are emerging as clinically useful tools to measure and monitor lean body mass.
- Knowledge about the different methods' advantages and limitations is essential to accurately interpret study results and determine, which method is most suitable in a given situation.
- CT-scan analysis and bioelectrical impedance analysis may provide excellent opportunities for screening and identifying patients at risk.
- Musculoskeletal ultrasound and bioelectrical impedance analysis may be the most suitable for monitoring/ follow-up measurements.

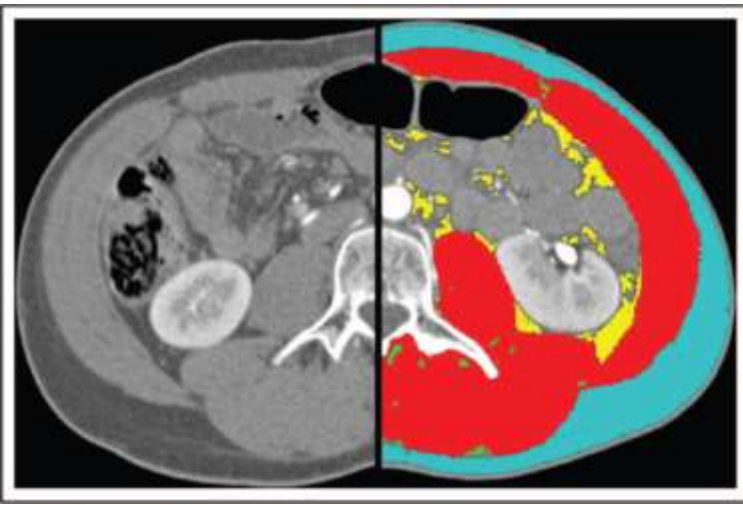
# Analyse CT scan (quantitative)

Outil de diagnostique fiable

Analyse composition corporelle



**FIGURE 1.** Cross-sectional image from abdominal computed tomography scan at the level of the third lumbar vertebra (L3), both unanalyzed (left) and analyzed (right) using SliceOmatic (TomoVision, Magog, Quebec, Canada). Red: muscle, green: intermuscular adipose tissue, yellow: visceral adipose tissue, and blue: subcutaneous adipose tissue.



# CT Scan

## CSA (Cross Sectional Area):

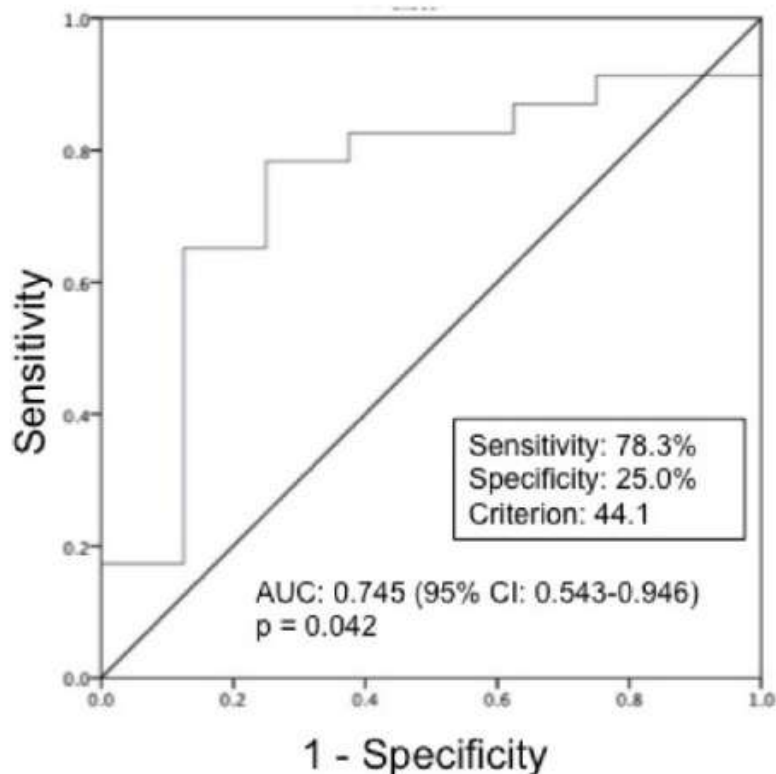
- m. paravertébraux L3
- m. psoas

**Table 1.** ICU-specific cut-off values related to mortality for computed tomography-scan analysis and bioelectrical impedance analysis

	Measurement	Cut-off value	Study population	Related to	AUC
CT-scan analysis					
Shibahashi <i>et al.</i> [14 <sup>***</sup> ]	L3 psoas-muscle and paraspinal muscle CSA on day of ICU admission	Women: 39.0 cm <sup>2</sup> Men: 15.2 cm <sup>2</sup>	150 elderly (>60y) septic ICU patients	Hospital mortality	Women: 0.72 (0.58–0.88) Men: 0.65 (0.54–0.76)
Weijis <i>et al.</i> [11]	L3 total muscle CSA 1 day before to 4 days after ICU admission	Women: 110 cm <sup>2</sup> Men: 170 cm <sup>2</sup>	240 mixed ventilated ICU patients with ICU stay of >4 days	Hospital mortality	-
Bioelectrical impedance analysis					
Thibault <i>et al.</i> [15 <sup>***</sup> ]	Phase angle on day 1 of ICU admission	3.49°	931 mixed ICU patients with expected ICU stay of >48 h	28-day mortality	0.63 (0.58–0.67)
Stapel <i>et al.</i> [16 <sup>■</sup> ]	Phase angle <24 h after ICU admission	4.80°	196 mixed ICU patients	90-day mortality	0.70 (0.59–0.80)

Currently, no ICU-specific cut-off values for musculoskeletal ultrasound exist. AUC, area under the receiver-operating characteristic curve; CSA, cross-sectional area; L3, third lumbar vertebra.

## Skeletal Muscle Index at Intensive Care Unit Admission Is a Predictor of Intensive Care Unit-Acquired Weakness in Patients With Sepsis



**Figure 3.** ROC curves for SMI at ICU admission in prediction of ICU-AW (n = 31). ROC: receiver operating characteristic; SMI: skeletal muscle index; ICU-AW: intensive care unit-acquired weakness. The ROC analysis identified a cut-off point of 44.1 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> (area under the curve: 0.745; sensitivity 78.3%; specificity 25.0%; P = 0.042).

**Results:** A total of 31 septic patients were examined, and 23 patients met the criteria for ICU-AW. The prevalence of women was significantly higher in group AW (P < 0.05). All clinical factors, except for gender, were not significantly different between the two groups. SMI was significantly lower in group AW than in group NAW (P < 0.05). ROC analysis revealed that the cut-off value of SMI for predicting ICU-AW was 44.1, and the multivariate analysis revealed that only low SMI was a significant factor in predicting ICU-AW (P < 0.05).

**Conclusions:** Our results show that SMI measurement at ICU admission is a valid predictive factor for ICU-AW progression in septic patients.

# CT Scan

## Analyse qualitative

- **Qualité muscle (mesure force musculaire relative à sa taille (masse/volume) = analyse densité tissu musculaire**
- **Densité faible associée S\***
  - **infiltration lipides biopsie musculaire**
  - **pauvre outcome**
  - **mortalité à 6 mois élevée**

*Goodpaster BH et al., J Appl Physiol 2001;90:2157-2165*

*Goodpaster BH et al., J Appl Physiol 2000;89:104-110*

*Looijaard et al., Crit Care 2016;20:386*

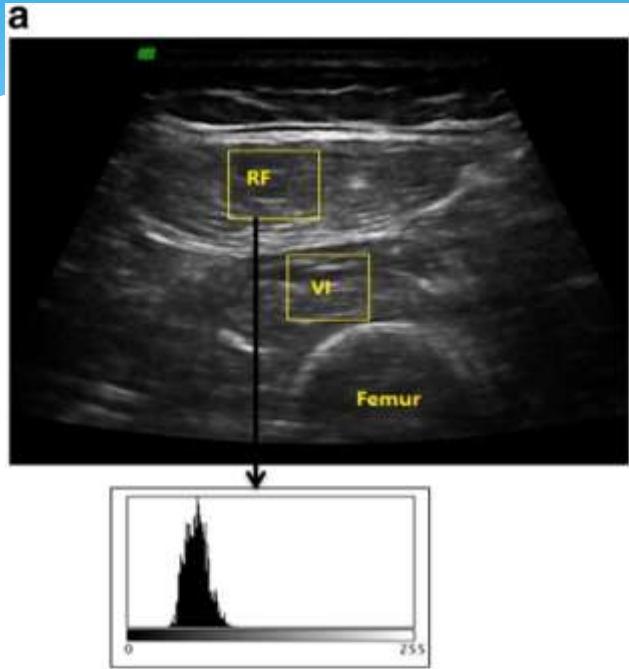
# CT Scan Limitations

- Exposition radiations
- Coûts
- Temps
- Risques liés au transport patient



➔ **Uniquement pour analyse masse maigre et pour le follow-up pas réalisable**

# Echographie musculaire: US



Outil puissant évaluation quantitative et qualitative

Monitoring facile

Evaluation différents gr. musculaires



Parry et al., J Crit Care 2015;30:1151



# Echographie musculaire: US

## Evaluation quantitative



**Prédire la masse corporelle  
maigre  
= évaluation épaisseur  
musculaire (5 sites MS et MI)**

- **↓ CSA quadriceps chez hte proportion malades critiques**
- **Pat. septiques: fonte musculaire rapide et changement architecture ++**
- **Épaisseur musculaire MI associée performance fctelle et force ext. Gx chez pat. agés**

*Puthuchery ZA et al., JAMA 2013;310:1591-1600*

*Molinger J et al., 2017*

*Selva et al., Ultrasound Med Biol 2017;43:586-594*

*Grimm et al Crit Care 2013*

# Echographie musculaire: US

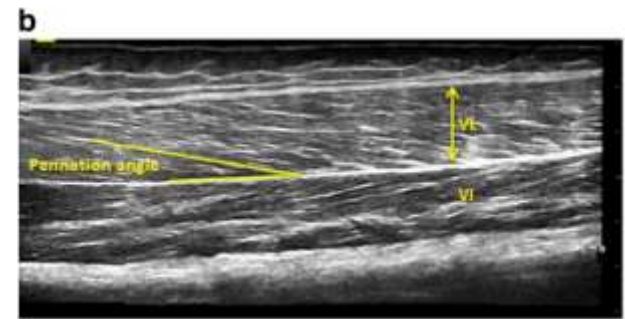
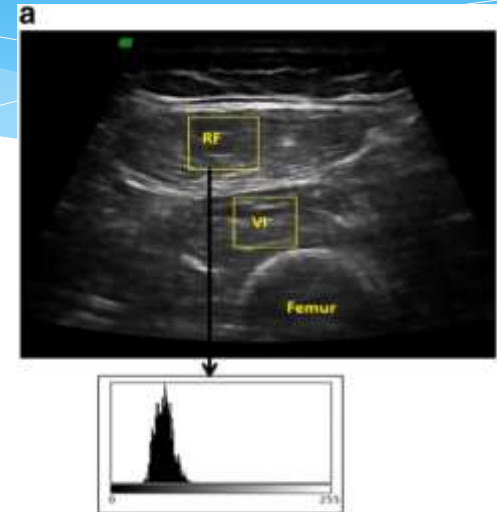
## Evaluation qualitative

### ■ Analyse « densité » du muscle:

- Pauvre qualité du muscle → image plus brillante ou hyperéchogène (= fibrose musculaire ou infiltration de tissus adipeux).

Young HJ., *Muscle Nerve* 2015; 52:963-971

Akagi R., *Arch Gerontol Geriatr* 2018;75:185-190



- Distinction muscle sain vs muscle malade.

# Echographie musculaire: US

## Evaluation qualitative

- **Stokage en glycogène intramusculaire:**
  - **Muscle riche en glycogène → image plus sombre ou hypoéchogène**
  - **Softwares US spécialisés → quantité de glycogène**
  - **Fortes corrélations stock en glycogène mesuré par biopsie musculaire (chez les cyclistes entraînés)**

*Hill JC. et al, Phys sportsmed 2014;42:45-52*

*Nieman DC. et al., BMC Sports Sci Med Rehabil 2015;7-9*

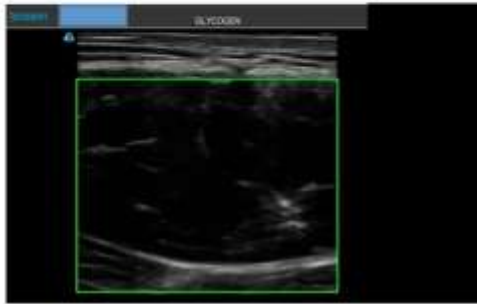
# Echographie musculaire: US

## Evaluation qualitative

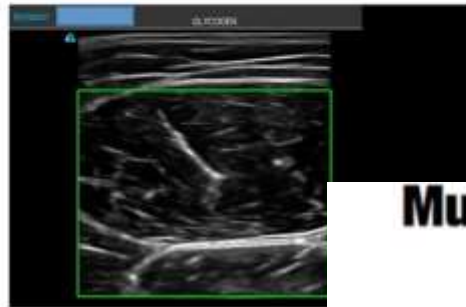
### Skeletal Muscle Glycogen Content Score Via U/S

Scale 0-90

Athlete Before Competition= 90



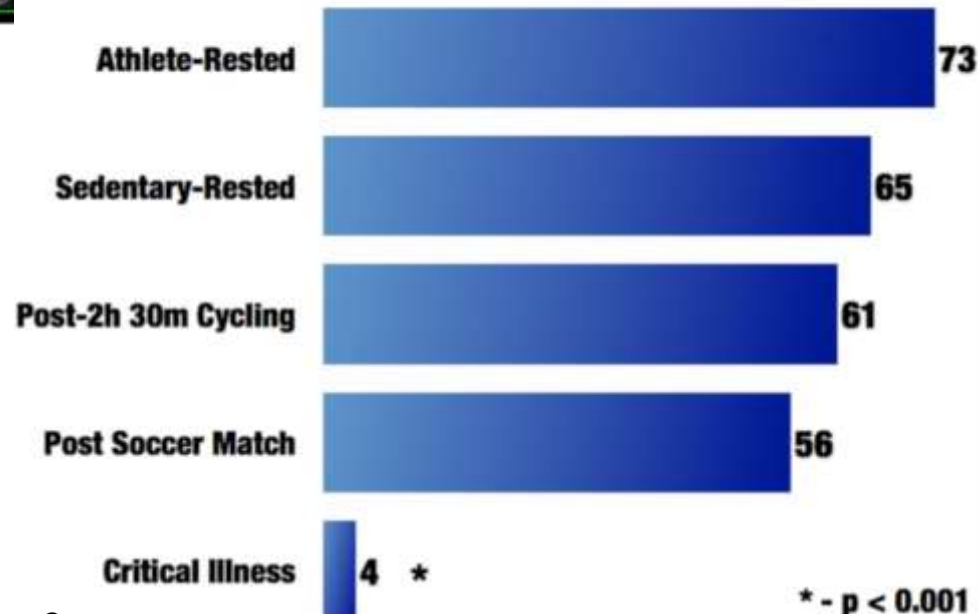
Moderately Active at Rest= 65



Critically Ill Patient= 0



### Muscle Glycogen Scores Via U/S



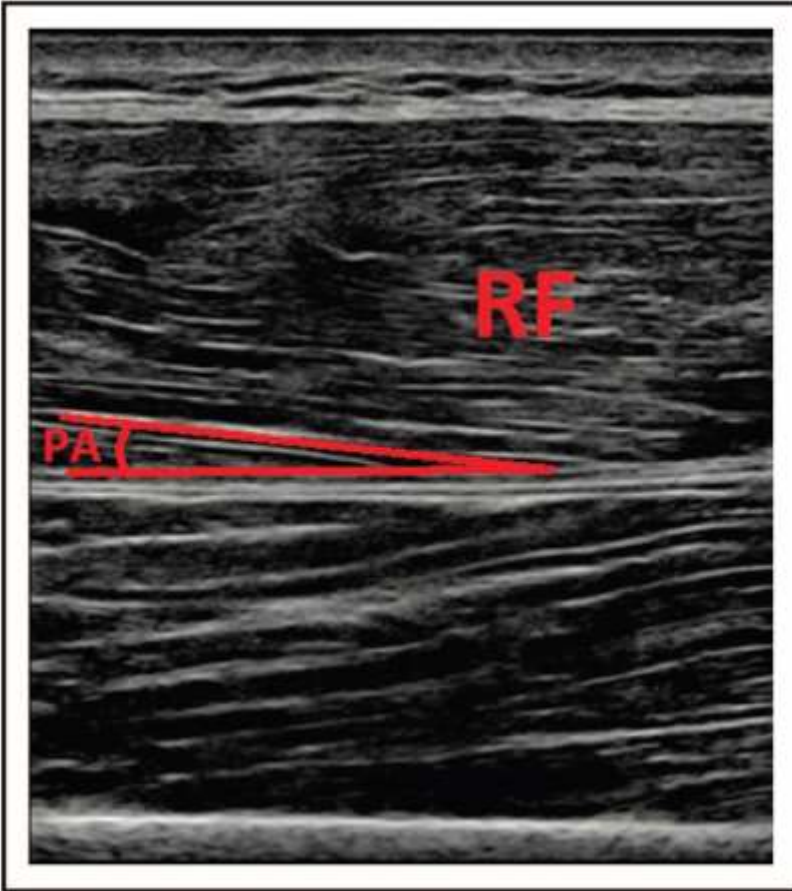
Wischmeyer PE, Crit Care 2015,19:S6

Wischmeyer PE, Curr Opin Crit Care 2017;23(4):269-78

\* - p < 0.001

# Echographie musculaire: US

## Evaluation qualitative



### Architecture du muscle

→ angle de pennation

- Varie en raison de la fibrose ou nécrose musculaires ou liquide lié à l'inflammation

- Corrélié S\* au PFIT-S chez pat. critiques (vaste latéral)

*Parry SM et al., J Crit Care 2015;30:1151*

*Puthuchery ZA et al., Crit Care Med 2015;43:1603-11*

*Molinger J et al., 17th CESS, Paris 2017*

# Echographie musculaire: US

## Limitations

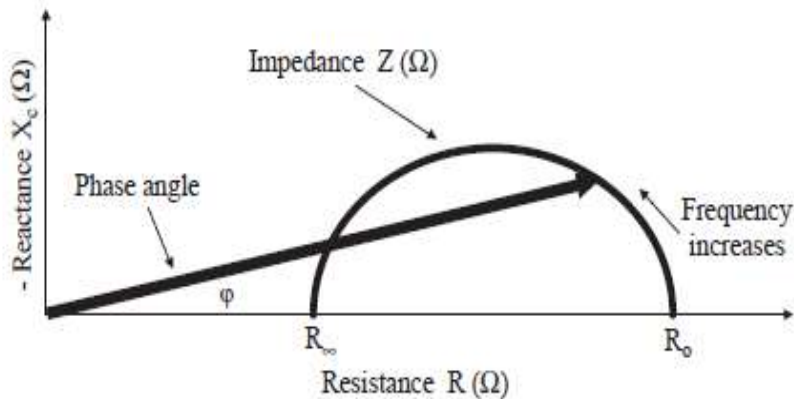
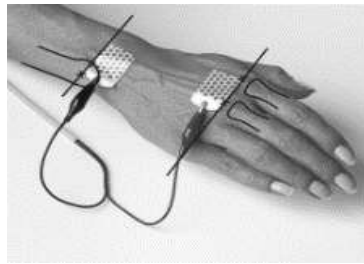
- **Outil très intéressant, permet d'évaluer et monitorer la masse corporelle maigre**
- **Facile, peu coûteux**
- **? Fiabilité interobservateurs**

**Repères et force de compression utilisés → cause importante de variabilité**

- **Manque de protocoles standardisés (OU et QUE mesurer ?)**
- **Manque de valeurs normales ou valeurs « cutt-off »**

# Evaluation masse musculaire

## BIA (impédance bioélectrique: angle de phase)



**Angle de phase**=relation entre réactance et résistance. Calculé selon  $\arctan(X_c/R) \times 180^\circ / \pi$   
→ **Indice de masse musculaire** (norme  $5^\circ$  et  $7^\circ$ )

# Evaluation masse musculaire

## BIA

**Table 1.** ICU-specific cut-off values related to mortality for computed tomography-scan analysis and bioelectrical impedance analysis

	Measurement	Cut-off value	Study population	Related to	AUC	
CT-scan analysis						
	Shibahashi <i>et al.</i> [14 <sup>***</sup> ]	L3 psoas-muscle and paraspinal muscle CSA on day of ICU admission	Women: 39.0cm <sup>2</sup> Men: 15.2cm <sup>2</sup>	150 elderly (>60y) septic ICU patients	Hospital mortality	Women: 0.72 (0.58–0.88) Men: 0.65 (0.54–0.76)
	Weijs <i>et al.</i> [11]	L3 total muscle CSA 1 day before to 4 days after ICU admission	Women: 110cm <sup>2</sup> Men: 170cm <sup>2</sup>	240 mixed ventilated ICU patients with ICU stay of >4 days	Hospital mortality	-
Bioelectrical impedance analysis						
→	Thibault <i>et al.</i> [15 <sup>***</sup> ]	Phase angle on day 1 of ICU admission	3.49°	931 mixed ICU patients with expected ICU stay of >48 h	28-day mortality	0.63 (0.58–0.67)
→	Stapel <i>et al.</i> [16 <sup>■</sup> ]	Phase angle <24 h after ICU admission	4.80°	196 mixed ICU patients	90-day mortality	0.70 (0.59–0.80)

Currently, no ICU-specific cut-off values for musculoskeletal ultrasound exist. AUC, area under the receiver-operating characteristic curve; CSA, cross-sectional area; L3, third lumbar vertebra.



# Evaluation masse musculaire

## Limitations BIA

- BIA est simple, facile et bon marché.

- Influence importante état hydratation patient.

➔ Valeurs de BIA à interpréter avec prudence !

- Outil précieux, en précoce (à l'admission) et pour le « follow-up » (qd statu hydratation normalisé).



# Evaluation masse musculaire

## Conclusions

- **US et BIA:**

(+) bon marché, bien toléré, utilisation facile chevet patient.

(-) validité et reproductibilité des mesures ?

- **CT Scan:**

(+) précis, fiable

(-) coûteux, radiations, risques transport patient

- **Déterminer quelle technique convient le mieux à la situation présente, aux compétences et infrastructures disponibles.**

# EVALUATION FORCE MUSCULAIRE (volontaire)

## ➔ Score force neuromusculaire MRC

**Table 1.** Muscle groups (right and left) assessed in the measurement of the MRC-sumscore.

Abduction of the arm  
Flexion of the forearm  
Extension of the wrist  
Flexion of the leg  
Extension of the knee  
Dorsal flexion of the foot

**Table 2.** MRC-scale with full figures only. The patient is investigated in sitting posture and/or lying supine.

- 0 = No visible contraction
- 1 = Visible contraction without movement of the limb (not existent for hip flexion)
- 2 = Movement of the limb but not against gravity
- 3 = Movement against gravity over (almost) the full range
- 4 = Movement against gravity and resistance
- 5 = Normal

**Kleyweg RP et al, Muscle Nerve 1991 ; 14 : 1103-9**



# EVALUATION FORCE MUSCULAIRE

- **MRC < 48 ⇒ suspicion de ICU-AW**

*De Jonghe et al, JAMA 2002; 288(22): 2859-67*

**Durée VM prolongée**

**Durée séjour en SI prolongée**

**Mortalité augmentée**

**Qualité de vie diminuée**

*Latronico et al, Lancet 2011;10:931-41*

# EVALUATION FORCE MUSCULAIRE

## ■ Dynamométrie

- Mesure force musculaire volontaire

- MRC  $\geq$  3 (plus objectif)

- Dynamométrie Handgrip (HGD)

⇒ Excellente fiabilité interobservateurs

*Fan E et al, Int Care Med 2010;36:1038-43*

*Vanpee G et al, CCM 2011;39(8):1929-34*

⇒ Corrélation entre MRC et Handgrip

*Ali NA et al, CCM 2008;178:261-68*



Fig. 1 Dynamomètre à poignée de type "handgrip"



## REFERENCE VALUES HANDGRIP FORCE

Age	Han	MALE		FEMALE	
		Mean	Stand.dev	Mean	Stand.dev
22-24	R	55	10	32	7
	L	48	10	28	6
25-29	R	55	10	34	6
	L	50	7	29	5
30-34	R	56	10	36	9
	L	50	10	31	8
35-39	R	55	11	34	5
	L	51	10	30	5
40-44	R	53	10	32	6
	L	51	9	28	6
45-49	R	50	10	28	7
	L	46	10	25	6
50-54	R	52	8	30	5
	L	46	8	26	5
55-59	R	46	12	26	6
	L	38	10	21	5
60-64	R	41	9	25	5
	L	37	9	21	5
65-69	R	41	10	23	5
	L	35	9	19	4
70-74	R	35	10	23	5
	L	30	8	19	5
75+	R	30	10	20	5
	L	25	8	17	4

Reference values maximal handgrip force in KgF (Mathiowetz, V. et al.  
Arch.Phys.Med.Rehabil. 1985; 66:69-74)

# EVALUATION FORCE MUSCULAIRE

## ▪ **Dynamométrie Hangrip (HGD)**

**Force musculaire < 7 kg pour la femme  
< 11 kg pour l'homme**

- 
- durée prolongée VM
  - durée prolongée séjour SI et hôpital
  - mortalité intra-hospitalière

*Ali NA et al, AJRCCM 2008*

*De Jonghe B. et al, JAMA 2002*

*De Jonghe B. et al, ICM 2004*

# EVALUATION FORCE MUSCULAIRE

## ▪ Dynamométrie Hangrip (HGD)

- Bonne fiabilité (inter et intra)
- Facile, bon marché
- Valeurs de références
- Force musculaire globale ?

*Vanpee G. et al, Systematic Review CCM 2014*

*Photos B. Clerckx*





# EVALUATION FORCE MUSCULAIRE

## ▣ Dynamométrie portable (HHD)

- **MicroFet®: force musculaire MS et MI**



- **2 techniques:**  
« **Make** » vs « **Break** »  
(isométrique vs excentrique)

- **Bonne sensibilité**  
(MRC > 3)
- **Excellente fiabilité**
- **Valeurs référence**

*Vanpee G. et al, CCM 2014  
Photos B. Clerckx*

# EVALUATION FORCE MUSCULAIRE VOLONTAIRE (résumé)

## ■ **MRC:**

- Bonne sensibilité (MRC <3)
- Très bonne fiabilité (inter et intra)
- Cotations 4-5 moins objectives

## ■ **Dynamométrie (HGD et HDD):**

- Meilleure sensibilité (MRC >3)
- Excellente fiabilité (inter et intra)
- Valeurs référence



Vanpee G. et al, CCM 2014  
Photos B. Clerckx

# EVALUATION FORCE MUSCULAIRE VOLONTAIRE

## ■ **Limitations:**

- **Conscience, coopération et motivation patient**
- **Procédures de test examinateur**
- **Position patient**

*Vanpee G. et al, CCM 2014*

*Parry SM. et al, ICM 2015*

# EVALUATION FORCE MUSCULAIRE NON VOLONTAIRE

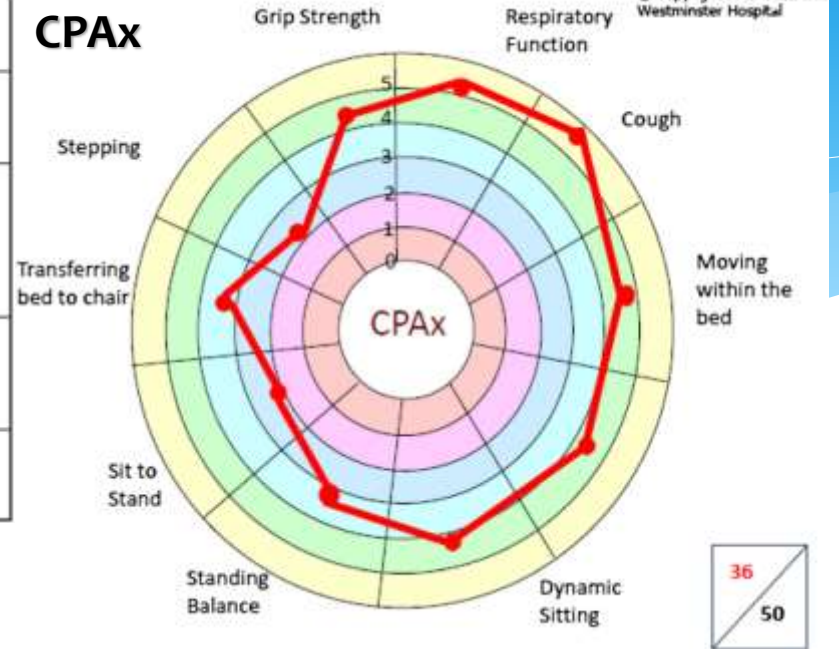
- **Techniques de stimulations électriques ou magnétiques de fibres neuromusculaires**
- **Précoces, indépendantes conscience, adéquation et motivation patient**
- **Fiabilité ? (pas d'études)**
- **Couteuses (investissement temps et matériel)**
- **Connaissances expert**
- **Valeurs normales ?**
- **Alternatives: US ? EMG ?**

# SOMS

# EVALUATION FONCTION MUSCULAIRE

SOMS 0: No activity	SOMS 1: PROM, upright in bed	SOMS 2: Sitting up	SOMS3: Standing	SOMS 4: Ambulating
1. Stable spine, no SCI. 2. ICP < 20 mmHg. 3. Not a moribund patient.	→			
	1. Follows simple comments. 2. No open spinal drains, EVD, peritoneum, chest. 3. No femoral CVVH lines.	→		
		1. Bilateral quadriceps strength 3/5 or more. 2. Sits without support. 3. No weight-bearing restrictions.	→	
			1. Stands twice with minimal assist. 2. Steps in place with minimal assist.	→

## CPAx



## PFIT-S

Assistance	Cadence (steps/min)	Shoulder Strength (a)	Knee Strength (b)
<b>0 = unable</b>	<b>0 = unable</b>	<b>0 = grade 0, 1, or 2</b>	<b>0 = grade 0, 1, or 2</b>
<b>1 = assist x 2</b>	<b>1 = &gt; 0-49</b>	<b>1 = grade 3</b>	<b>1 = grade 3</b>
<b>2 = assist x1</b>	<b>2 = 50- &lt; 80</b>	<b>2 = grade 4</b>	<b>2 = grade 4</b>
<b>3 = no assistance</b>	<b>3 = 80+</b>	<b>3 = grade 5</b>	<b>3 = grade 5</b>

Kasotakis G et al, CCM 2012  
 Corner et al, CC 2014  
 Denehy L. et al, Phys Ther 2013

# Assessment of impairment and activity limitations in the critically ill: a systematic review of measurement instruments and their clinimetric properties

*Parry Selina M. et al, Int Care Med 2015;41:744-62*

 47 études (1950-2014)

33 techniques de mesures identifiées

- Masse musculaire (n=3)

→ BIS, US, circonférence

- Force musculaire (n=4)

→ HDD, HGD, MRC, chair-stand test

- Fonction musculaire (n=26)

→ Tests de marche (6MWT, ...), Barthel Index, SF-36, IADL, SOMS, PFIT-s, CPAX,... etc

# Assessment of impairment and activity limitations in the critically ill: a systematic review of measurement instruments and their clinimetric properties

*Parry Selina M. et al, Int Care Med 2015;41:744-62*

## Propriétés clinimétriques

- Fiabilité (inter et intra)
- Validité
- Erreur de mesure
- Facteur de prédiction en terme de « outcome »

**CONCLUSION:** US, dynamometry, PFIT-s and CPAx demonstrated the strongest clinimetric properties.

# CONCLUSIONS

- ▮ « ICU-AW is an important mediator of physical impairments in survivors of critical illness. As such, studies on prevention or treatment of ICU-AW are urgently needed »

*Wieske et al, Crit Care 2015;19:196*

- **Evaluation de la masse, de la force et de la fonction musculaire:**
  - Détecter la présence d'une ICUAW
  - Suivre évolution patient
  - Adapter la prise en charge thérapeutique (prévention, traitement)
  - Evaluer les effets interventions cliniques
- **Nombreux outils validés, fiables : US, MRC, dynamométrie (HGD,HDD), PFIT-s et CPAx**



**MERCI POUR VOTRE ATTENTION !**

