

réanimation 2024

PARIS 12-14 JUIN

Palais des Congrès de Paris
Porte Maillot

NUTRITION ET EXERCICE EN REANIMATION : CALORIMETRIE INDIRECTE

SRLF-SKR, Paris 12/06/2024

M.Lemaire

Service des Soins Intensifs, H.U.B. Erasme, Bruxelles



DÉCLARATION DE LIENS D'INTÉRÊT POTENTIELS

Lemaire Muriel, Bruxelles

☒ Je déclare les liens d'intérêt potentiel suivants :

Calorimètre en prêt (Baxter)



réanimation 2024

PARIS 12-14 JUIN

Palais des Congrès de Paris
Porte Maillot





↓↓ mortalité < sepsis/maladies graves

« Survival from Critical illness » X 3

Déficits fonctionnels ou PICS

Wischmeyer P. et al., Curr Opin Crit Care 2017;23(4):269-278

INTRODUCTION: FACTEURS DE RISQUES



SEPSIS / MOF

ALIMENT / 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

Synth. prot. plus lente
Protéolyse accélérée
Apoptose augmentée

Morphologie muscle
Proportion fibres I/II
Contractilité
Capacité aérobie

Catabolisme
Atrophie
Faiblesse



- 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

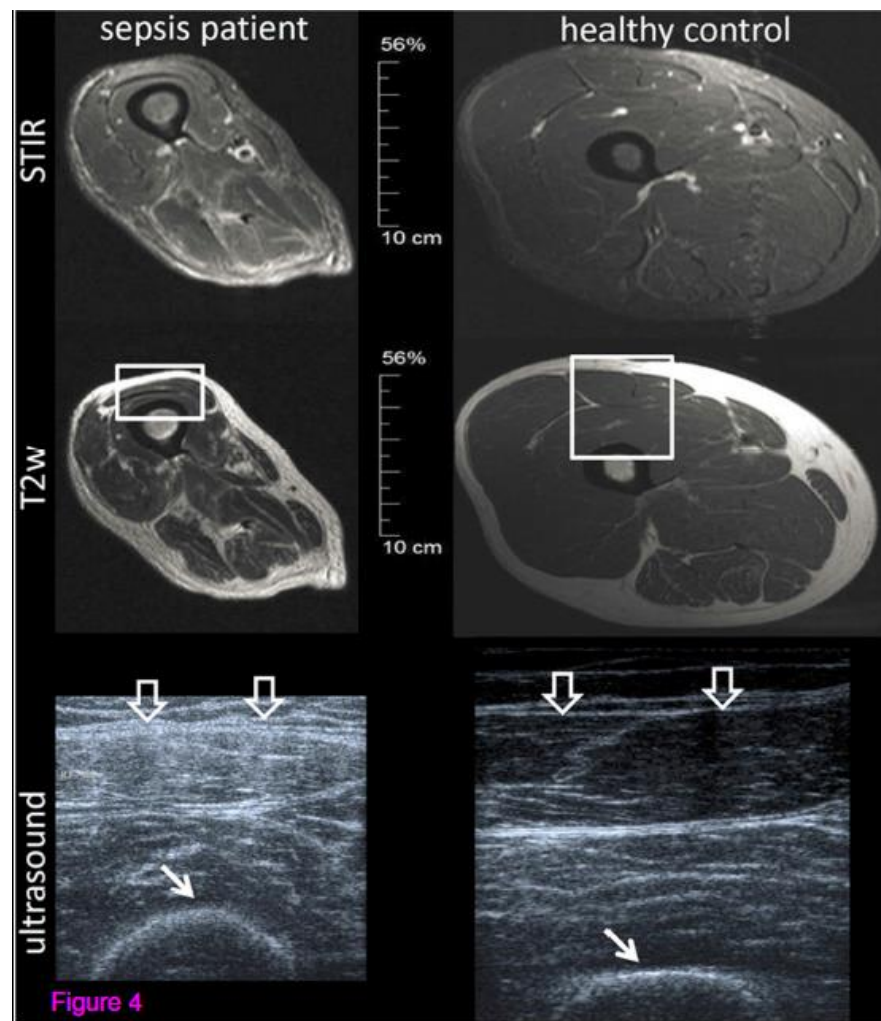
- Atrophie muscles squelettiques dès 48h – ICU.

- 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



- 40% de perte de force musculaire au cours 1^{ère} semaine:

≈ 1% - 6 % / jour d'immobilisation.

Cameron S. et al, JCC 2015

- ↓ 10 % à 14% masse quadriceps au cours 1^{ère} 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

CONSEQUENCES

1. Respiratoires < m. respiratoires (diaphragme ++)

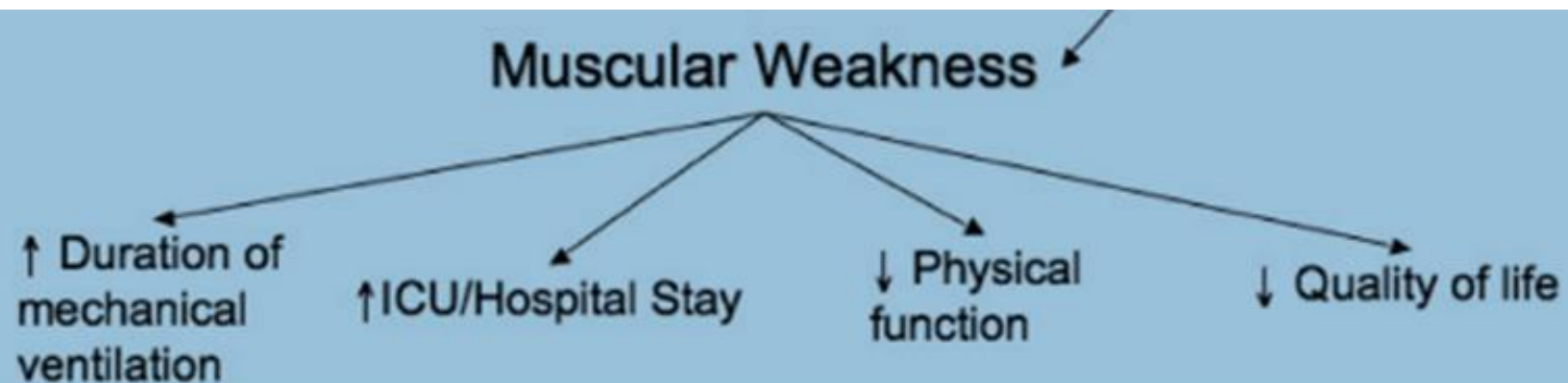
⇒ ↑ durée VM et ↑ taux échecs sevrage VM

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

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

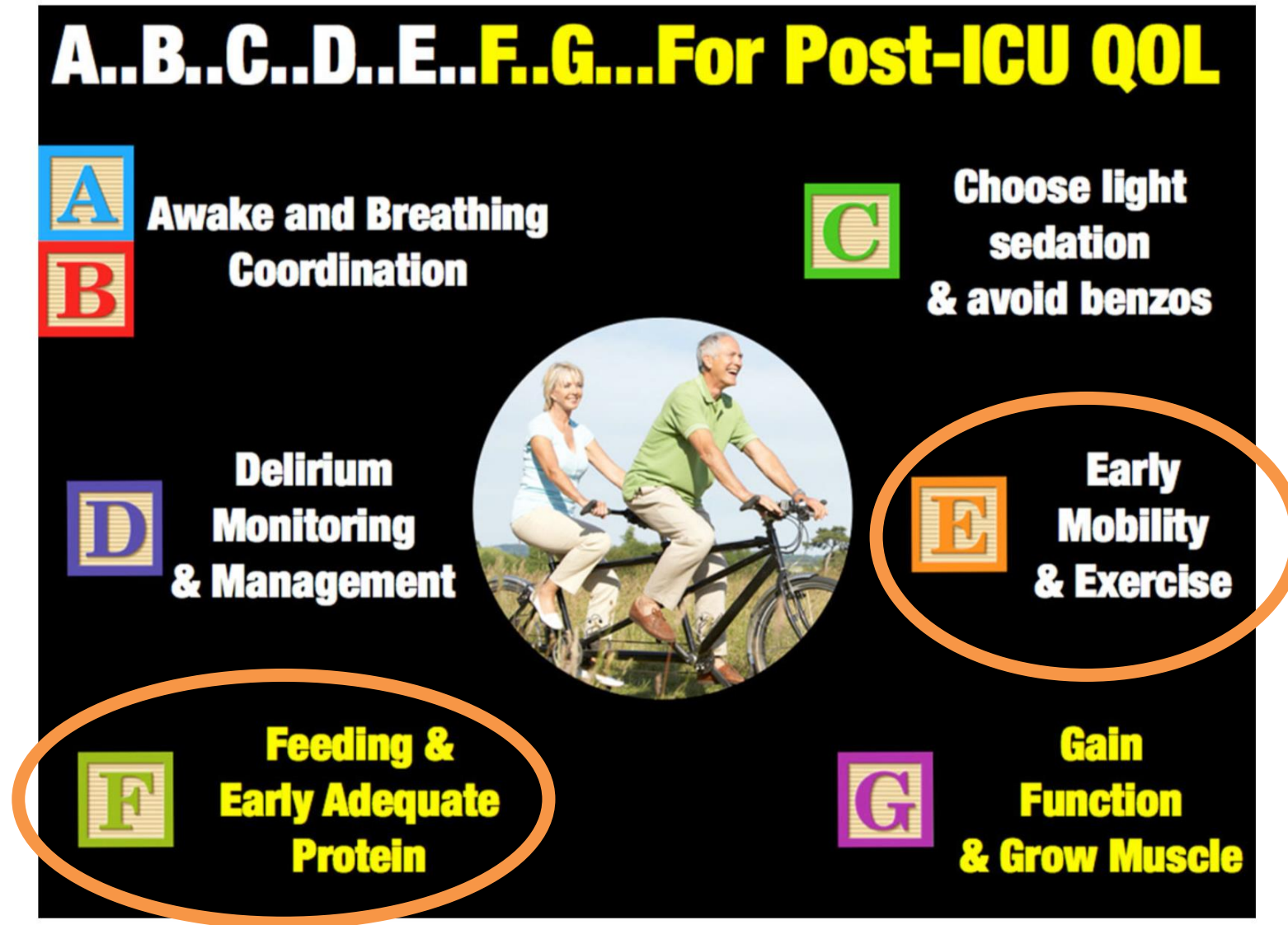
2. Fonctionnelles < m. squelettiques

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



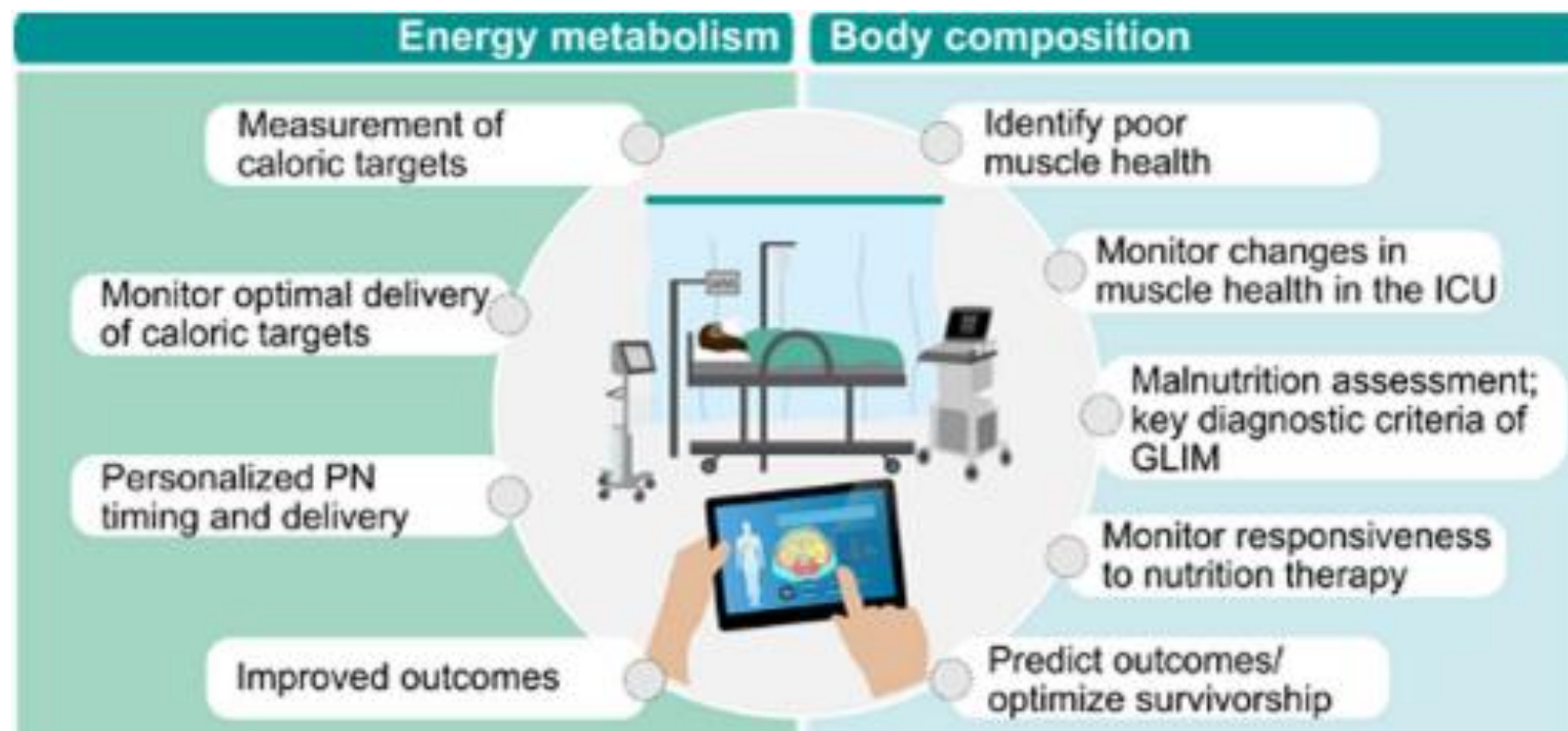
Truong AD et al., CCM 2009;13:216

Prévention: le « E » et le « F »



IMPORTANCE DE L'ÉVALUATION !

- Masse, force et fonction musculaires mais aussi...
- Dépense énergétique (DE)



Masse, force et fonction musculaires...Outils validés:

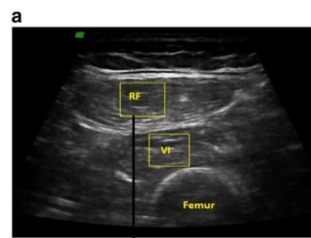
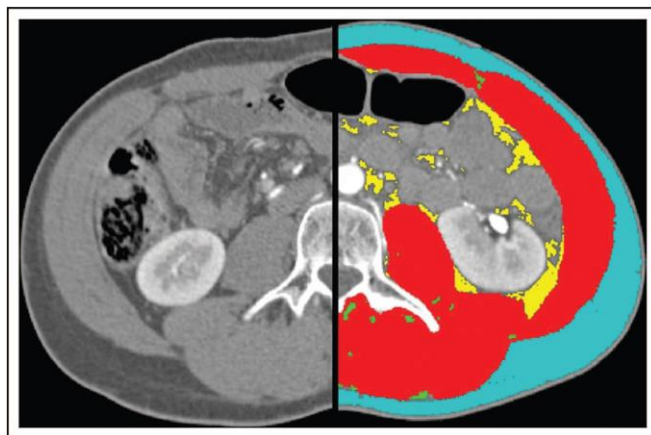


Table 1. Muscle groups (right and left) assessed in the measurement of the MRC-sumscore.

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

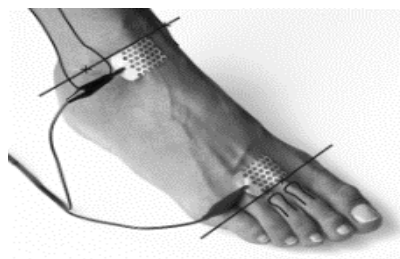
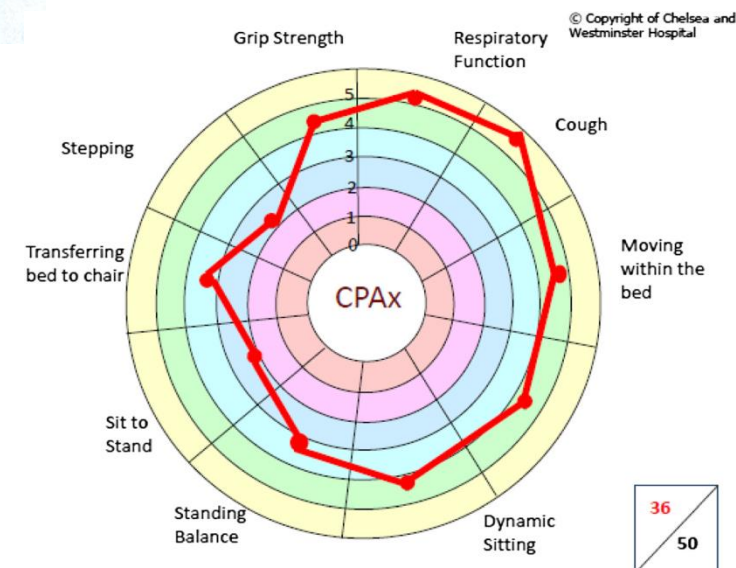


Fig. 1 Dynamomètre à poignée de type "handgrip"



COMMENT EVALUER LA « DE » AU LIT DU PATIENT ?



- Nombre « magique » (25-30 kcal / kg / jour)
- Equations prédictives
- Calorimétrie indirecte
- CO2 exhalé : capnométrie

Nombre magique

- Nombre « magique » : objectif 25-30 Kcal/Kg/jour
- Equation ACCP:
 $DE = (25-30 \text{ Kcal/J}) \times \text{poids}$
- Poids ??
- Pas de modification au cours du temps



Rousting et al., Ann. Intensive Care 2016;6:16

Kreymann et al., ESPEN Guidelines, Clin Nutr 2006;25:210-23

Heyland DK. et al., Canadian Guidelines, JPEN 2003;27(5):355-73

Nombre magique: quel poids?

- **Poids sec** = admission, pesée à l'étage, estimé si œdèmes/ ascite, poids le + bas
- **Réel** si BMI/IMC < 30 (Esen 2019)
- **Poids "ideal" ? ou de forme** si BMI < 18.5 après la phase aigue
- **Ajusté si BMI ≥ 30** = Poids idéal + 25 % (Poids réel - Poids idéal) (Esen 2019)
- Importance donc de vérifier que la taille soit présente dans le dossier du patient
- Patient, famille, mesure de l'avant bras / talon-genoux

J-C. Preiser

Nombre magique

- Nombre « magique » : objectif 25-30 Kcal/Kg/jour
- Equation ACCP:
 $DE = (25-30 \text{ Kcal/J}) \times \text{poids}$
- Poids ??
- Pas de modification au cours du temps



Rousting et al., Ann. Intensive Care 2016;6:16

Kreymann et al., ESPEN Guidelines, Clin Nutr 2006;25:210-23

Heyland DK. et al., Canadian Guidelines, JPEN 2003;27(5):355-73

COMMENT EVALUER LA « DE » AU LIT DU PATIENT ?



- Nombre « magique » (25-30 kcal / kg / jour)
- Equations prédictives
- CO2 exhalé : capnométrie
- Calorimétrie indirecte

EQUATIONS PREDICTIVES

Table 4.7. Selected predictive equations for resting energy expenditure (REE).

Name	Formula
Harris-Benedict	Males: $66.5 + (13.8 \times \text{weight}) + (5 \times \text{height}) - (6.8 \times \text{age})$ Females: $655.1 + (9.6 \times \text{weight}) + (1.9 \times \text{height}) - (4.7 \times \text{age})$ Correction factors*: • Postoperative: Estimated REE $\times 1.1$ • Multiple fractures: Estimated REE $\times 1.1$ to 1.3 • Severe infection: Estimated REE $\times 1.3$ to 1.6 • Burns: Estimated REE $\times 1.5$ to 2.1 • Fever: Estimated REE $\times 1.1/^{\circ}\text{C}$ above 37°C
Frankenfield	$-1000 + 100 (\text{minute ventilation}) + 1.3 (\text{haemoglobin}) + 300 (\text{sepsis})$
Swinamer	$945 (\text{body surface area}) - 6.4 (\text{age}) + 108 (\text{temperature}) + 24.2 (\text{respiratory rate}) + 817 (\text{minute ventilation}) - 4349$
Fusco	$-983 - 4 (\text{age}) + 32 (\text{height in inches}) + 11 (\text{weight})$
Ireton-Jones†	$1925 - 10 (\text{age}) + 5 (\text{weight}) + 281 (\text{sex}) + 292 (\text{trauma}) + 851 (\text{burn})$

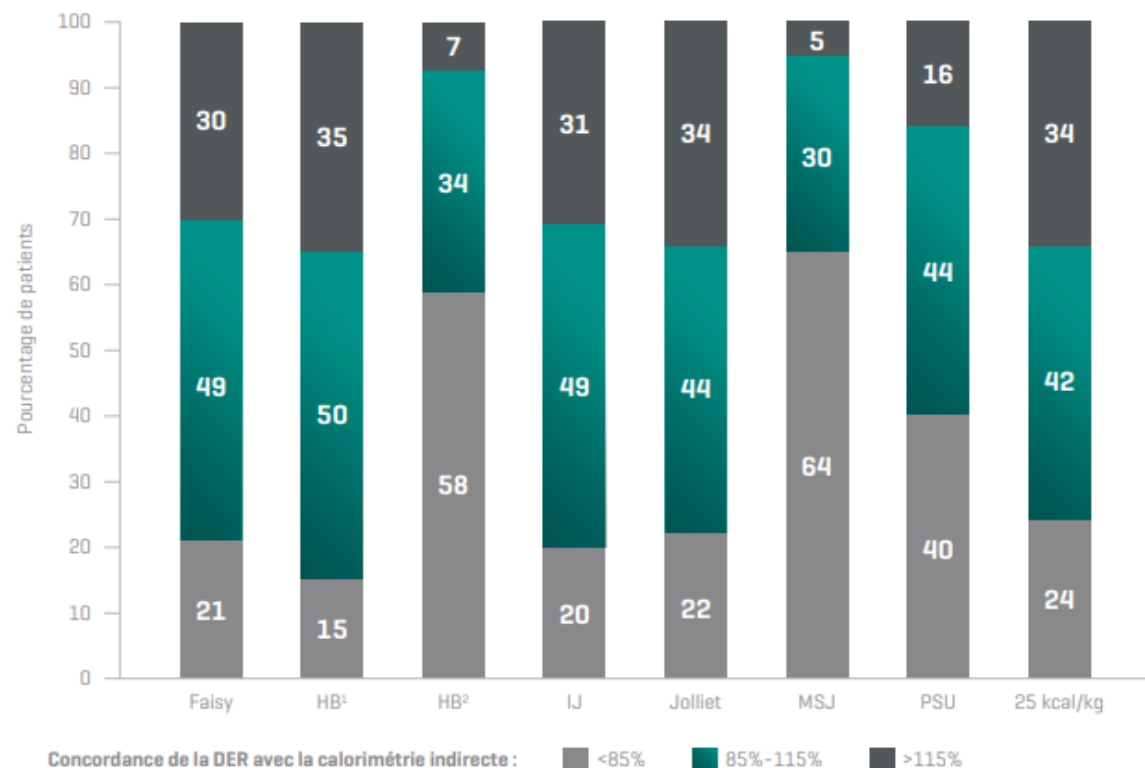
Unless otherwise specified, weight is expressed in kilograms, height is expressed in centimetres, body surface area is expressed in square metres and age is expressed in years.

* If required, several correction factors can be used simultaneously

† Sex: 0 for females, 1 for males

- Laquelle choisir ?
- « Niveau » de stress ? (DE X FS)

EQUATIONS PREDICTIVES sont imprécises



- Ne sont exactes que pour < 50% des patients en SI
- Risque **sur** ou **sous** alimentation nocive

Etude de validation rétrospective
N= 1440 pat., 3500 mes.

Zusman O. et al., Clin Nutr 2019;38(3):1206-1210

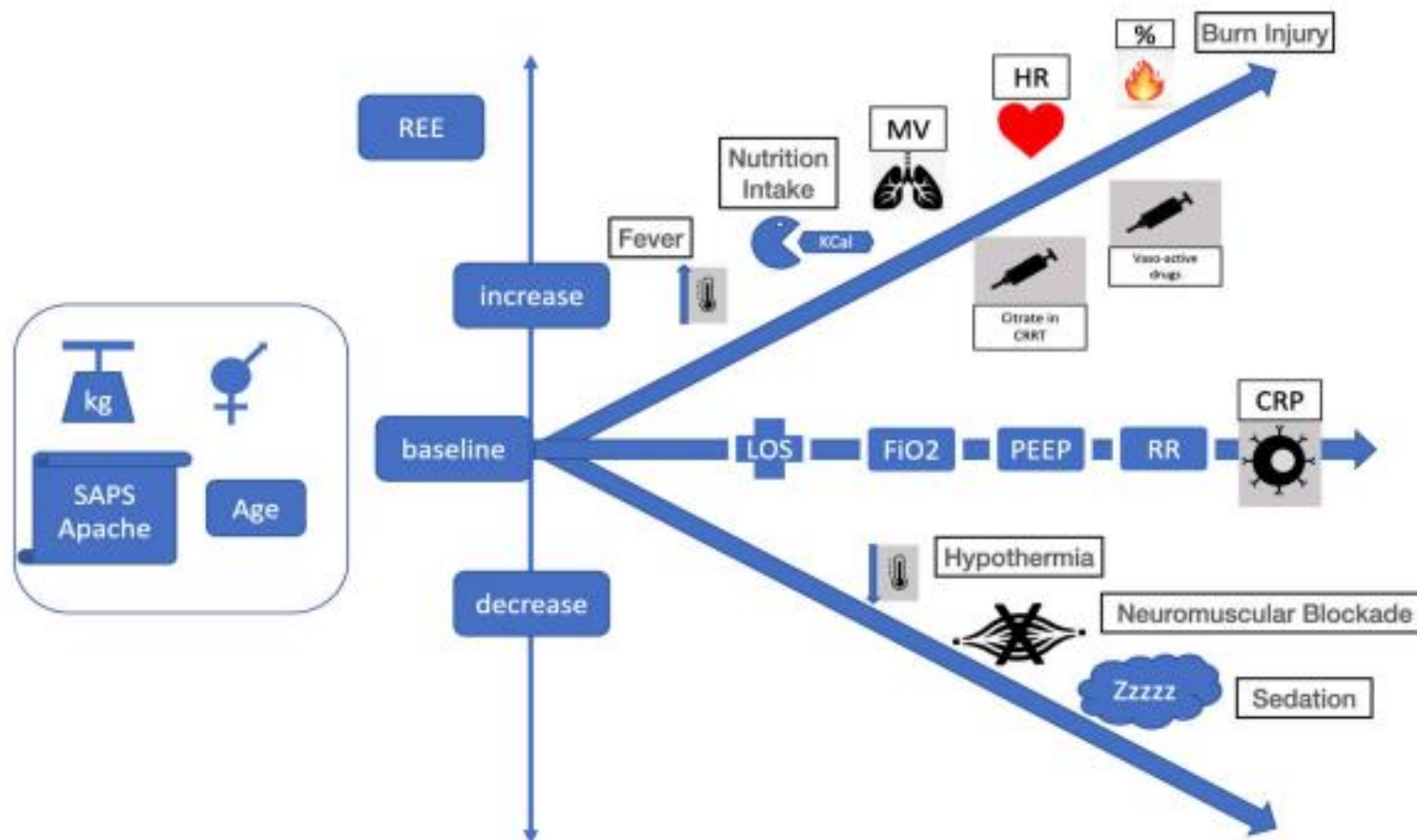
¹ Avec un facteur de correction de 1,3.

² Sans facteur de correction.

HB = Harris-Benedict, CI = calorimétrie indirecte, IJ = Ireton-Jones, PSU = Penn-State

Adapté de Zusman O, et al. Clin Nutr. 2019;38(3):1206-1210.

Facteurs affectant DER



+ TEMPS !

DE phase précoce

≠

DE phase tardive

Figure 4. Key factors affecting resting energy expenditure (REE).

De Waele E. et al., Curr Opin Crit Care 2021;27(4):334-343

COMMENT EVALUER LA « DE » AU LIT DU PATIENT ?

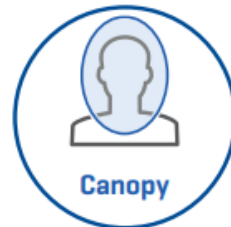


- Nombre « magique » (25-30 kcal / kg / jour)
- Equations prédictives
- Calorimétrie indirecte
- CO2 exhalé : capnométrie

Calorimétrie indirecte



- Mesure de référence de la DE patients ventilés mécaniquement (ESPEN/ASPEN)
- Mesure la quantité d'énergie produite par combustion des nutriments
- Déf. objectifs apports cal. < 70% DE phase aiguë, ↑ = DE plus tard...
- Equation de Weir:
$$DER \text{ (kcal/j)} = 1.44 \times (3,94 \times \text{VO}_2 \text{ (ml/min)} + 1.1 \times \text{VC}_{\text{O}_2} \text{ (ml/min)})$$
- Durée de mesure ≈ 15 minutes, 2-3x/sem.



Preiser J-C. et al., Crit Care 2015;19(1):35
Wischmeyer et al., Crit Care 2023;27:261

Calorimétrie indirecte



COSMED
Rome - ITALY
www.cosmed.com



Test date
04/28/2020

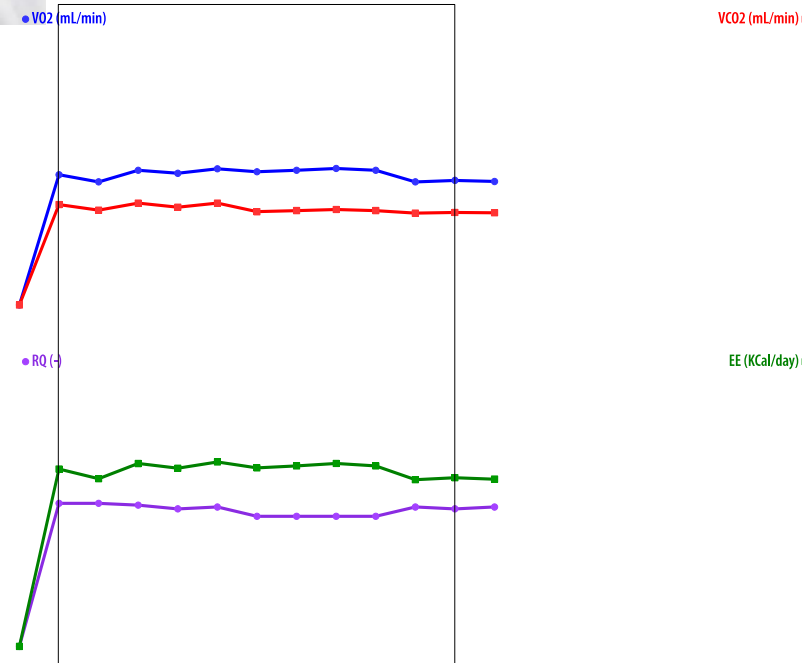
Time
11:45

Subject	Waongwango Bokungu	ID	--	Gender	Male	Age	21	D.O.B.	03/31/1999	Weight	142.0 Kg	Height	186.0 cm	BMI (kg/m2)	41.0
Predicted Set	ESPEN(25kcal/kg/day)	Test Position	Undefined	Agitation	N/A	Sedation	N/A	Body Temp (°C)	37	Resting period	N/A	Fasting period	N/A	UN (g/day)	0

Indirect Calorimetry Report - Ventilator Test

- VO₂
- VCO₂

- DER
- QR



REE			RQ	
2383			0.73	
67 %pred			npRQ: --	
Kcal/day			Vt	
352			857	
mL/min			mL	
VCO2			Rf	
258			10.0	
mL/min			1/min	
Substrates				
FAT	CHO	PRO	FiO2	
91	9	0	29.71	
(%)	(%)	(%)	%	

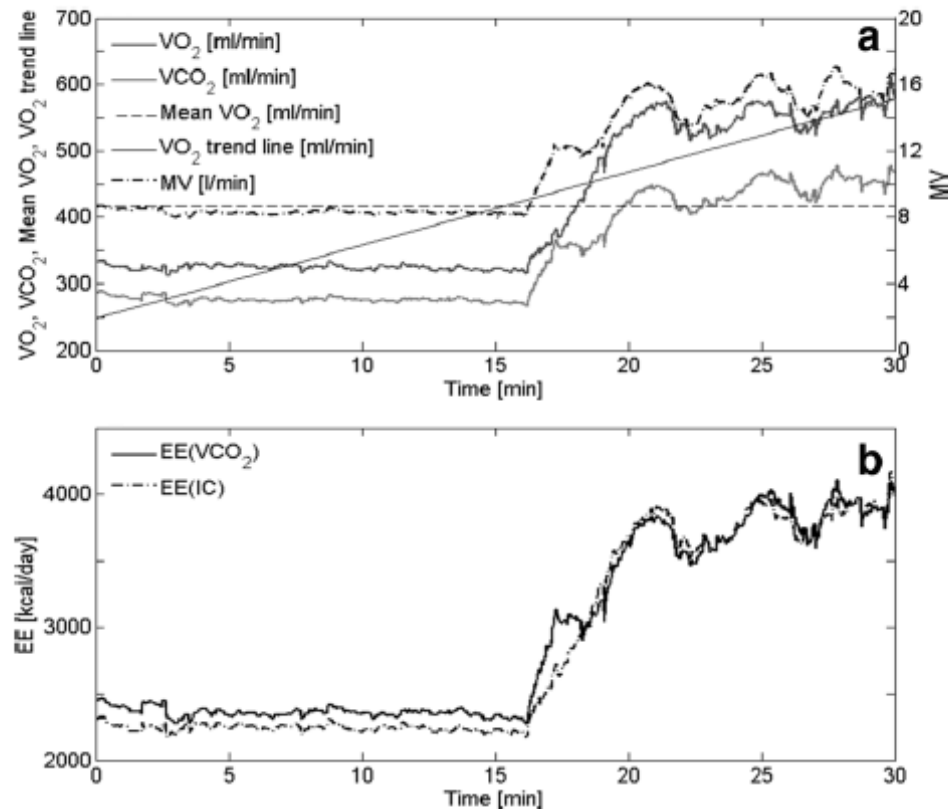


Fig. 2 **a** Recorded VO_2 , VCO_2 and MV from Patient 18. The mean and trend line of VO_2 are also displayed. **b** EE(VCO_2) and EE(IC) were calculated from recorded VO_2 and VCO_2

Mesures sensibles aux variations de ventilation et aux changements rapides du métabolisme !

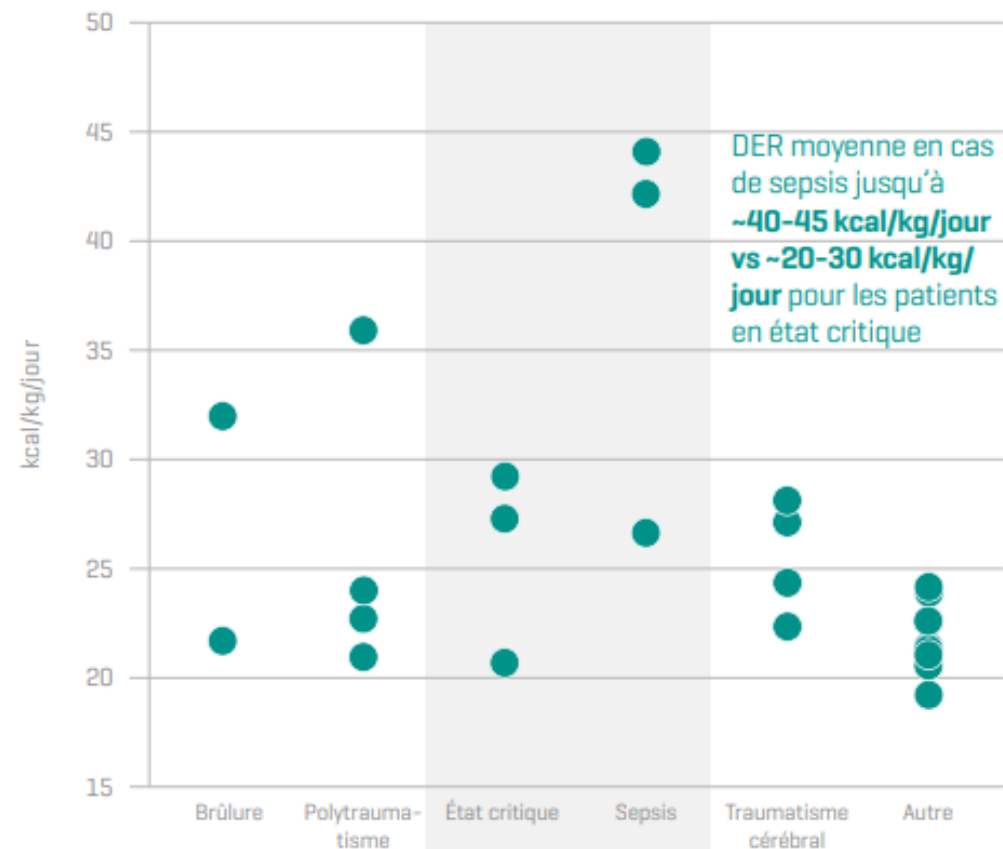
Rousing et al., Ann. Intensive Care 2016;6:16

Ivanov S. et al., Respir Physiol 1968.5(2):243-9

Andreassen S. et al., Crit Rev Biomed Eng 2005;33(3):265-98

Chiumello D. et al., Intensive Care Med 2013;39(8):1377-85

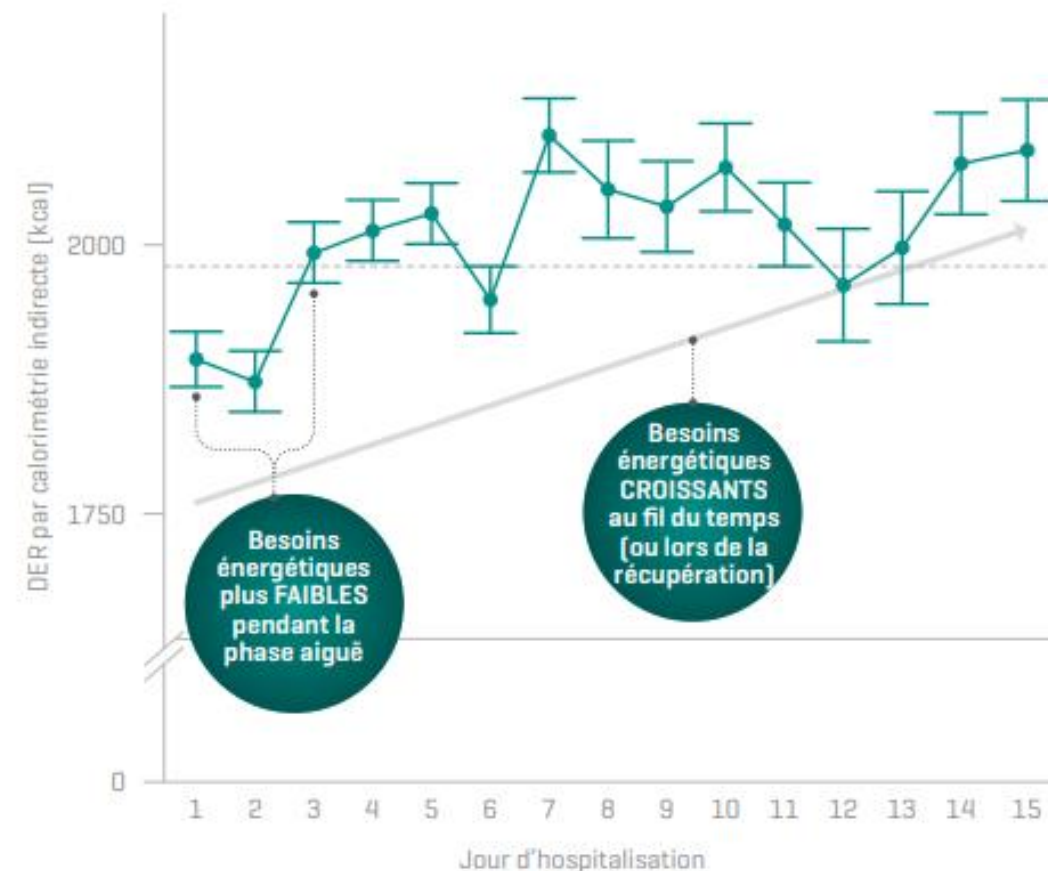
Besoins énergétiques « dynamiques »



Chaque point représente la moyenne des DER mesurées de chaque groupe dans les études.

MT = polytraumatisme, TBI = traumatisme cérébral

Adapté de Rattanachaiwong S, et al. Clin Nutr 2018, doi.org/10.1016/j.clnu.2018.12.035.



DER moyenne des patients en état critique par jour d'hospitalisation.

DER = dépense énergétique au repos

USI = unité soins intensifs

Adapté de Rattanachaiwong S, et al. Clin Nutr 2018, doi.org/10.1016/j.clnu.2018.12.035.



- CI recommandée (ESPEN/ASPEN) pour mesurer avec précision la DE
- Permet de détecter la variabilité de la DER au cours du temps
- Guider/Optimiser apports en énergie
- ↓ ICU-AW
- ↓ catabolisme et dégradation protéines
(≈ préservation masse m. et récupération fonction)

Fetterplace K. et al., J Hum Nutr Diet 2019 ;32(6):702-712

Sundstrom et al., PLoS One 2020;15(10):e0240045

NARRATIVE REVIEW

Nutrition in the intensive care unit: from the acute phase to beyond

Angelique M. E. de Man^{1,2*}, Jan Gunst^{3,4} and Annika Reintam Blaser^{5,6}

Maximum
70% REE (20-
25 kcal/kg/d)
Protein loss

Minimum
100% REE
(25-35
kcal/kg/d)
1,3 g proteins

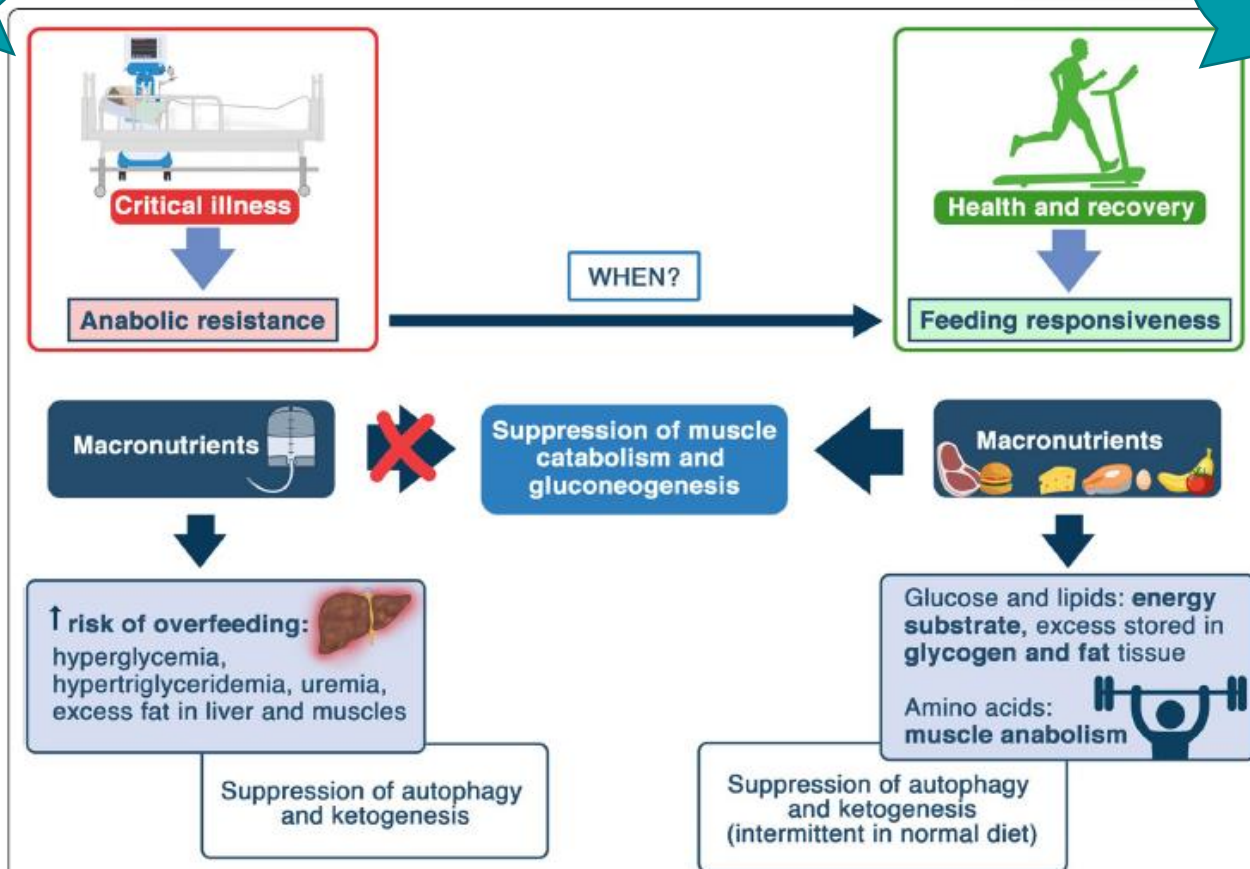
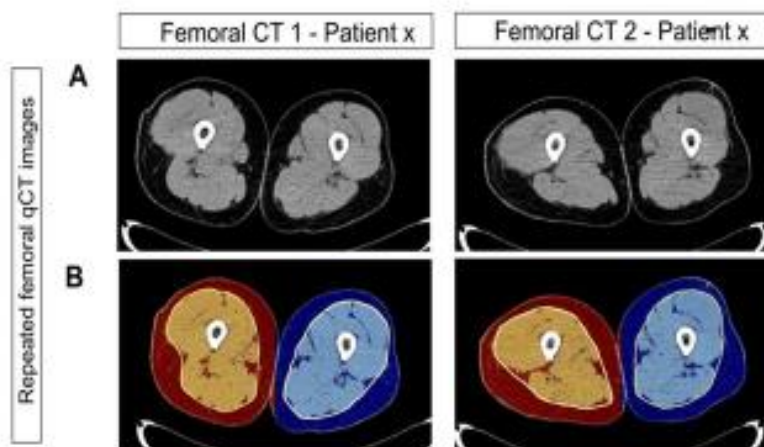
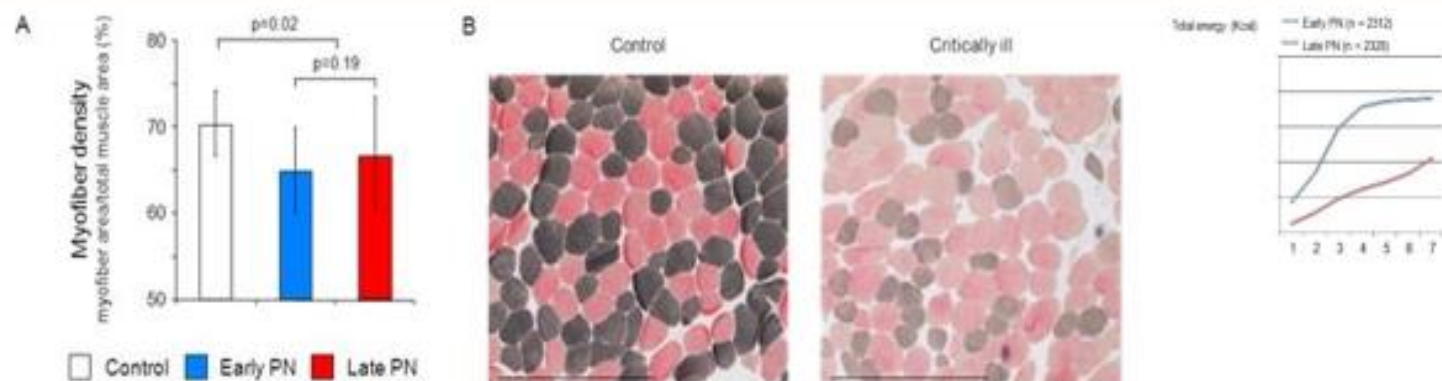


Fig. 3 Potential mechanisms for the lack of benefit by early full feeding in critical illness. This figure is a reproduction and adaptation from [4], under the Creative Commons Attribution 4.0 International License, (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Impact of Early Parenteral Nutrition on Muscle and Adipose Tissue Compartments During Critical Illness*



Trop d'apports en NRJ en phase précoce:
+ dépôt graisse
+ faiblesse m.

NARRATIVE REVIEW

Nutrition in the intensive care unit: from the acute phase to beyond

Angelique M. E. de Man^{1,2*}, Jan Gunst^{3,4} and Annika Reintam Blaser^{5,6}

Maximum
70% REE (20-
25 kcal/kg/d)
Protein loss

Minimum
100% REE
(25-35
kcal/kg/d)
1.3 g proteins

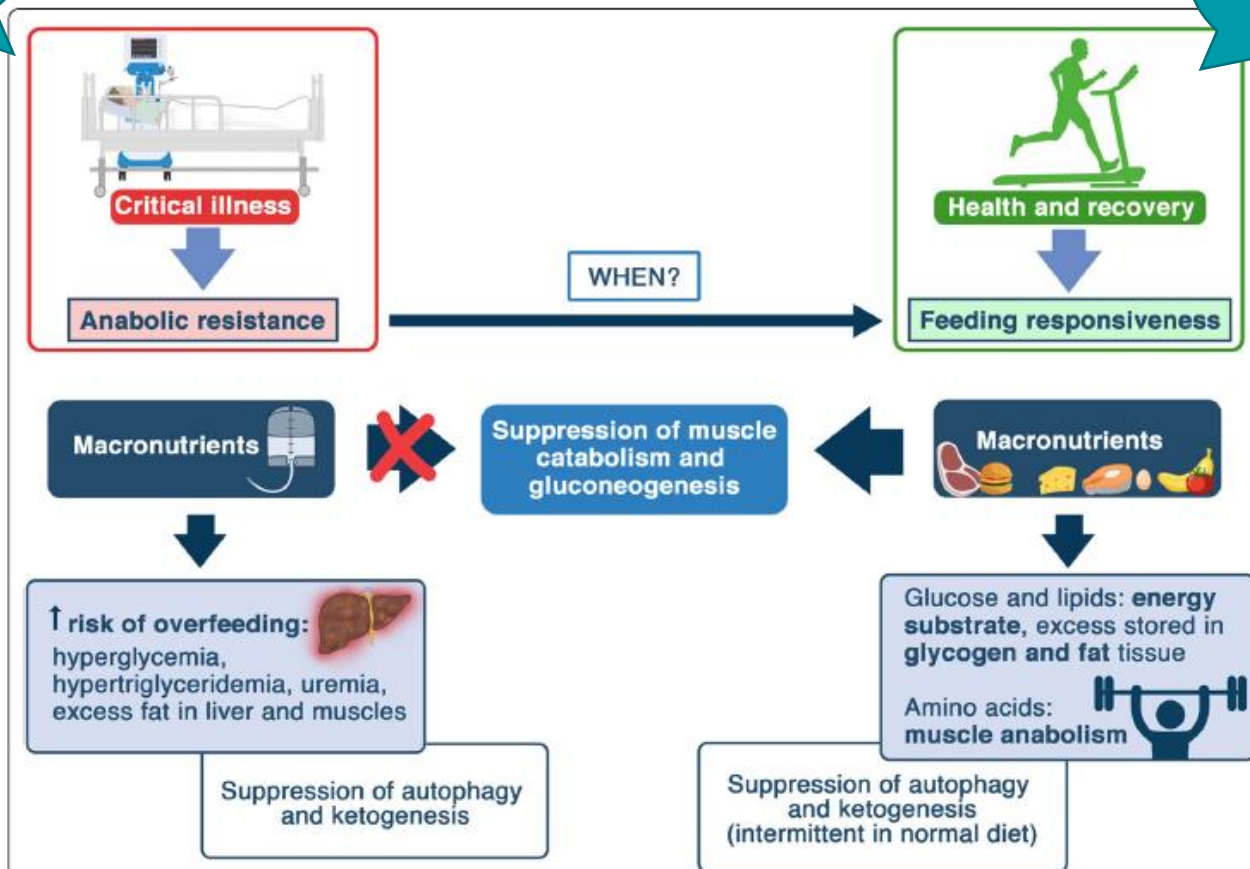


Fig. 3 Potential mechanisms for the lack of benefit by early full feeding in critical illness. This figure is a reproduction and adaptation from [4], under the Creative Commons Attribution 4.0 International License, (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



- CI recommandée (ESPEN/ASPEN) pour mesurer avec précision la DE
- Permet de détecter la variabilité de la DER au cours du temps
- Guider/Optimiser apports en énergie
- ↓ ICU-AW
- ↓ catabolisme et dégradation protéines
(≈ préservation masse m. et récupération fonction)

Fetterplace K. et al., J Hum Nutr Diet 2019 ;32(6):702-712

Sundstrom et al., PLoS One 2020;15(10):e0240045

8 RTCs
N=991 pat.

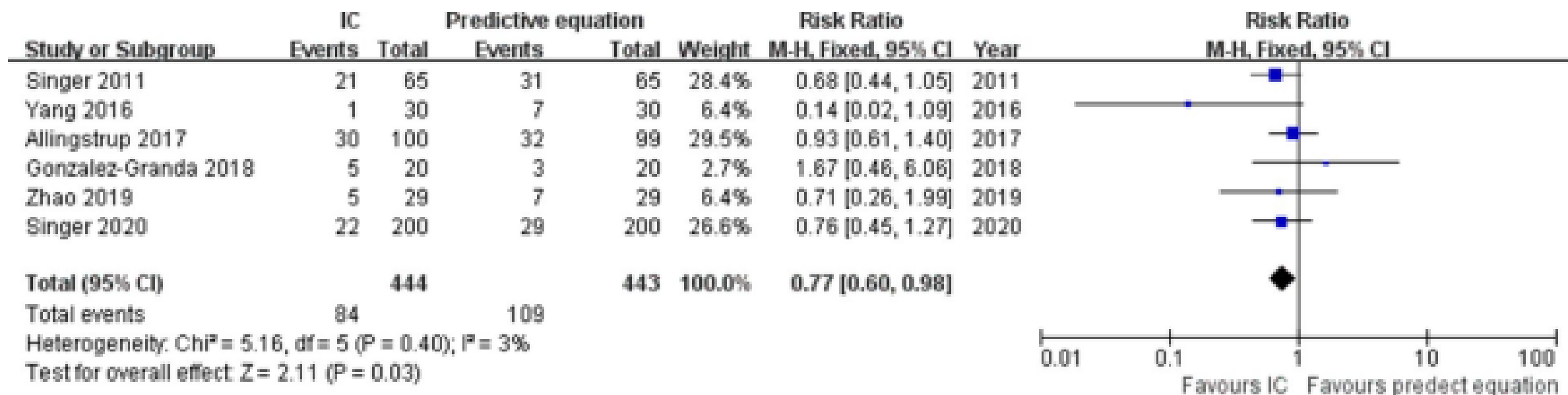


Fig. 2 Forest plot showing the effects of energy delivery guided by indirect calorimetry on short-term mortality rate in critically ill patients

Duan et al., Crit Care 2021;25(1):88

Indirect calorimetry

ADVANTAGES

- Precise
- Accurate
- Simple
- Respiratory quotient to identify underfeeding or overfeeding
- Rapid assessment
- Parts are disposable

DISADVANTAGES

- **Need for IC-trained staff**
- Patient stability
- Supplemental oxygen
- Patient cooperation
- Interference from medical interventions
- Uncertain accuracy on ECMO



New generation metabolic cart



/!\ variations ventilation et métabolisme



Wischmeyer PE et al., Crit Care 2023;27;261

COMMENT EVALUER LA « DE » AU LIT DU PATIENT ?



- Nombre « magique » (25-30 kcal / kg / jour)
- Equations prédictives
- Calorimétrie indirecte
- CO2 exhalé : capnométrie

- Alternative basée uniquement sur la **VCO₂**

- Equation de Weir modifiée:

$$DE (VCO_2) = ((5,5 \text{ min/ml} \cdot \text{QR} - 1 + 1,76 \text{ min/ml}) \cdot VCO_2 - 26)) \text{ kcal/J}$$

$$VO_2 = VCO_2 / QR$$

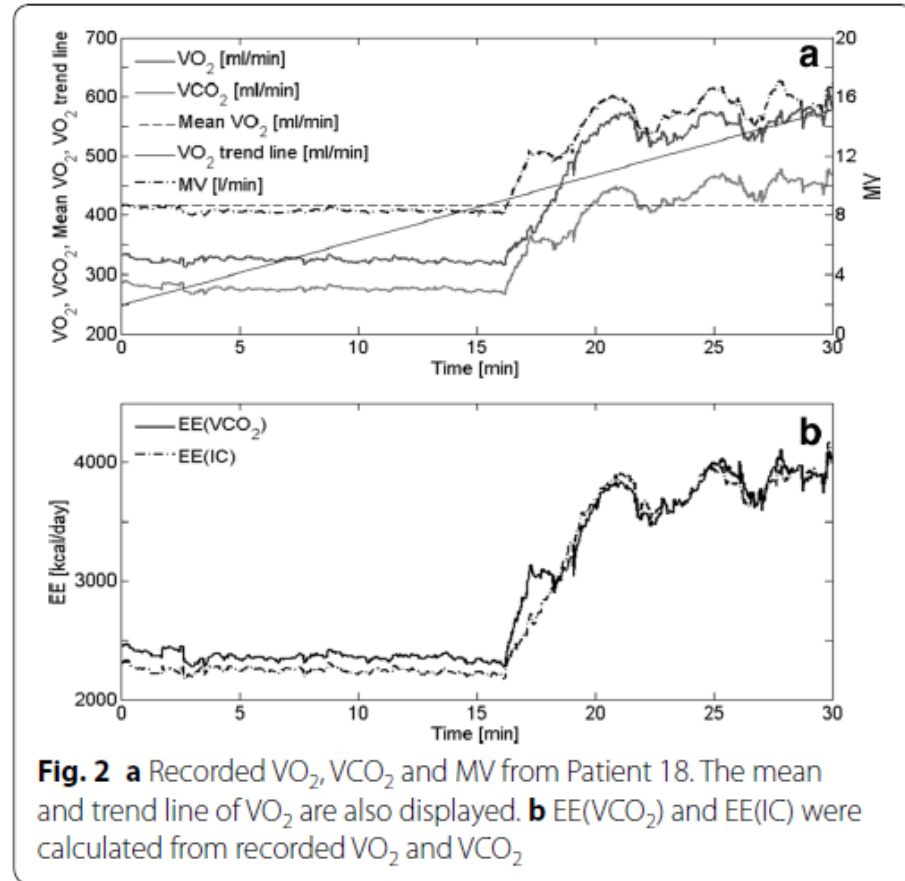
- QR ? Valeur fixe $\approx 0,86$

Rousing et al., Ann. Intensive Care 2016;6:16



Energy expenditure in critically ill patients estimated by population-based equations, indirect calorimetry and CO₂-based indirect calorimetry

Mark Lillelund Rousing^{1*}, Mie Hviid Hahn-Pedersen¹, Steen Andreassen¹, Ulrike Pielmeier¹ and Jean-Charles Preiser²



N= 18 pat.

Calorimétrie basée sur VCO₂ estime DE avec précision

Meilleure corrélation que éq.prédictives

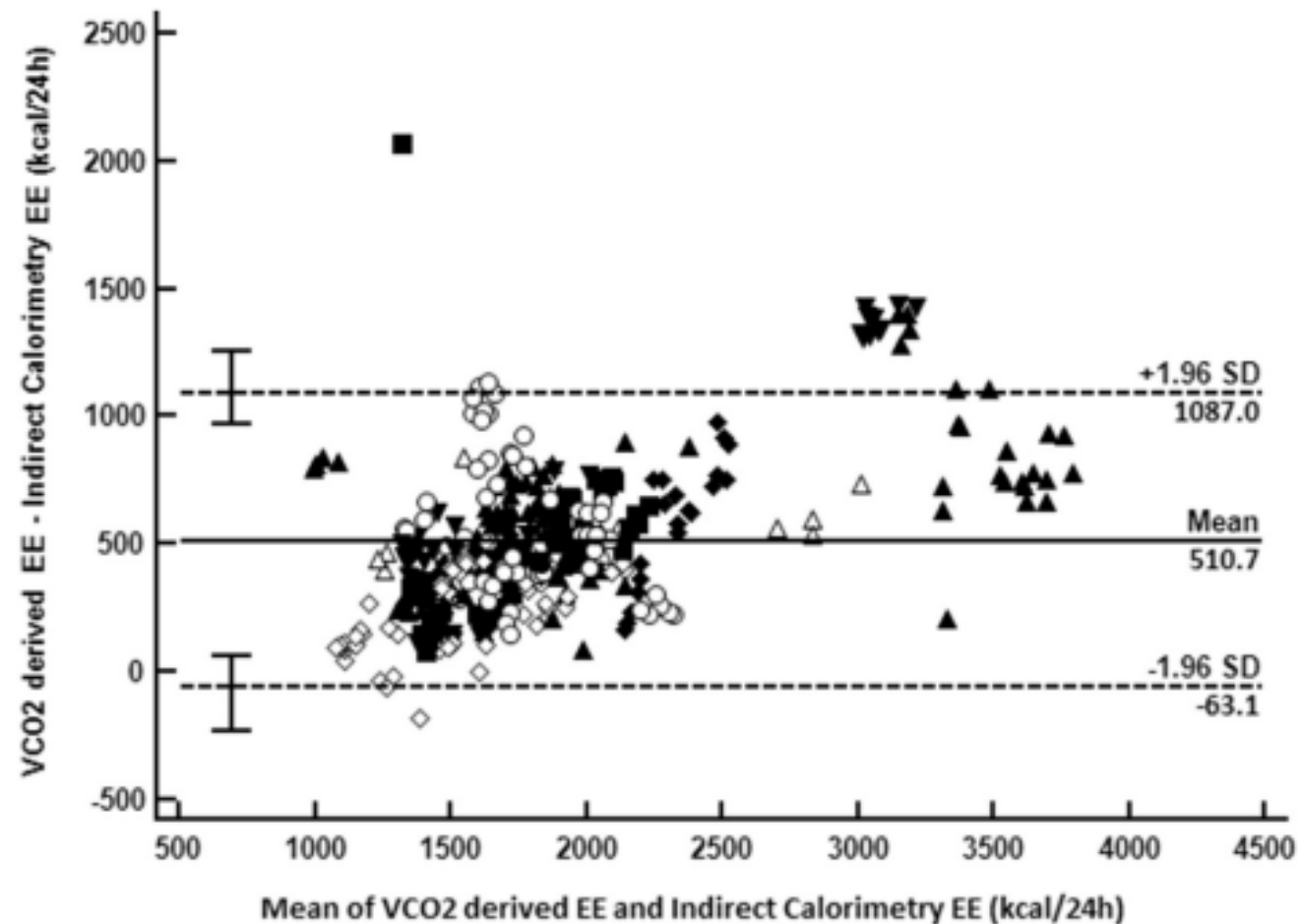
Sensible variations VM et métaboliques

QR arbitraire?

Rousing et al., Ann. Intensive Care 2016;6:16

Resting energy expenditure by indirect calorimetry versus the ventilator-VCO₂ derived method in critically ill patients: The DREAM-VCO₂ prospective comparative study

W.A.C. Koekkoek ^a, G. Xiaochen ^a, D. van Dijk ^b, A.R.H. van Zanten ^{c, d, *}



Etude cohorte prospective
N= 31 pat., 414 mes

EEVCO₂ surestime DE réelle
≈ Biais de 511 Kcal

Clin Nutr ESPEN 2020 ;(39): 137-143

Conclusion



- CI recommandée (ESPEN/ASPEN) pour mesurer avec précision la DE
- Permet de détecter la variabilité de la DER au cours du temps
- Guider/Optimiser apports en énergie (pas trop début/assez ensuite)
- ↓ ICU-AW, préservation masse m. et récupération fonction ?
- Alternatives: éq. prédictives et capnométrie ?

- CI recommandée (ESPEN/ASPEN) pour mesurer la masse musculaire

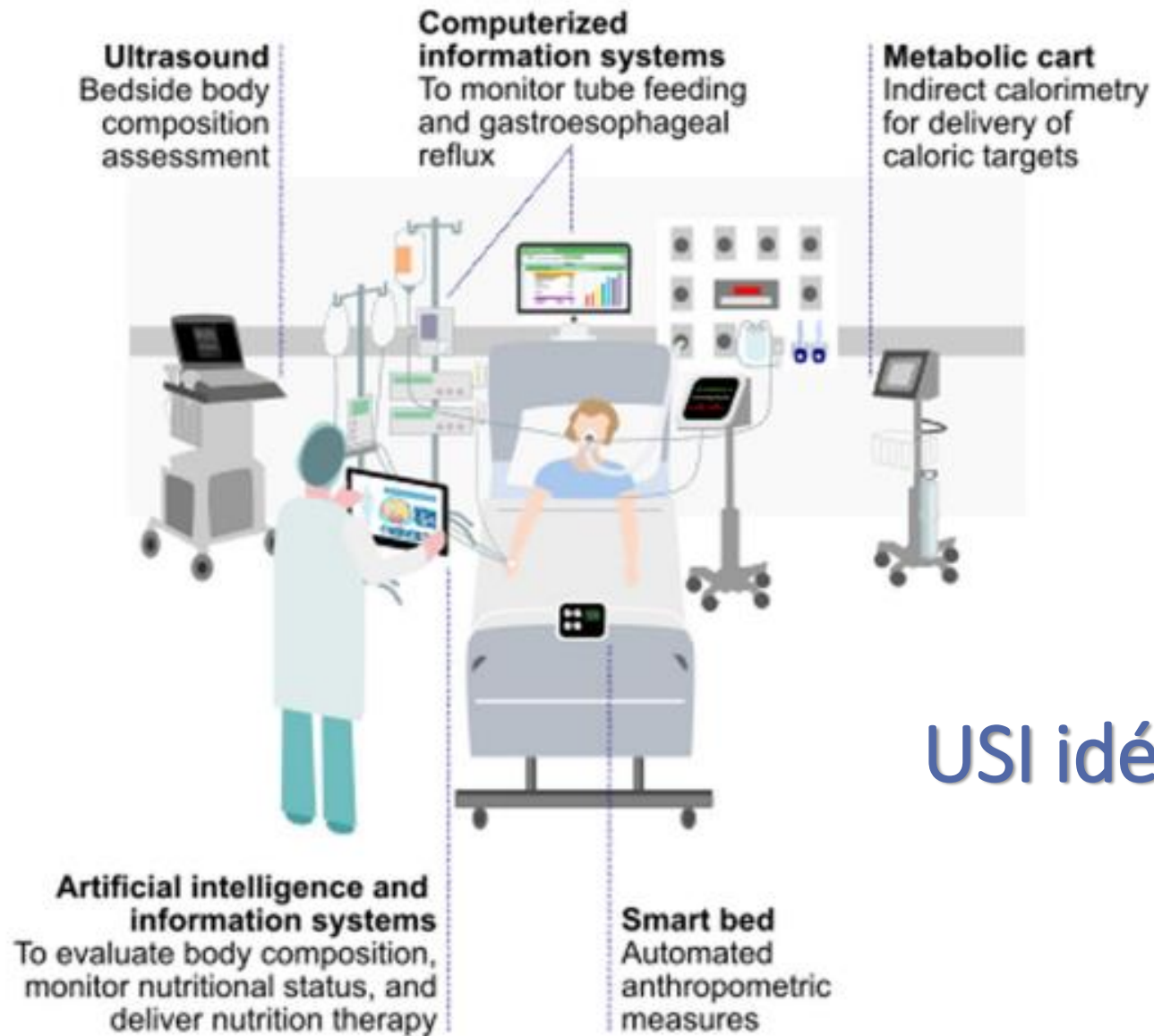
- Permet de détecter la malnutrition

- Evaluer DE et masse musculaire
- Guider, optimiser nutrition et exercice
- Personnaliser prise en charge

et récupération fonction ?

Alternatives: éq. prédictives et capnométrie ?

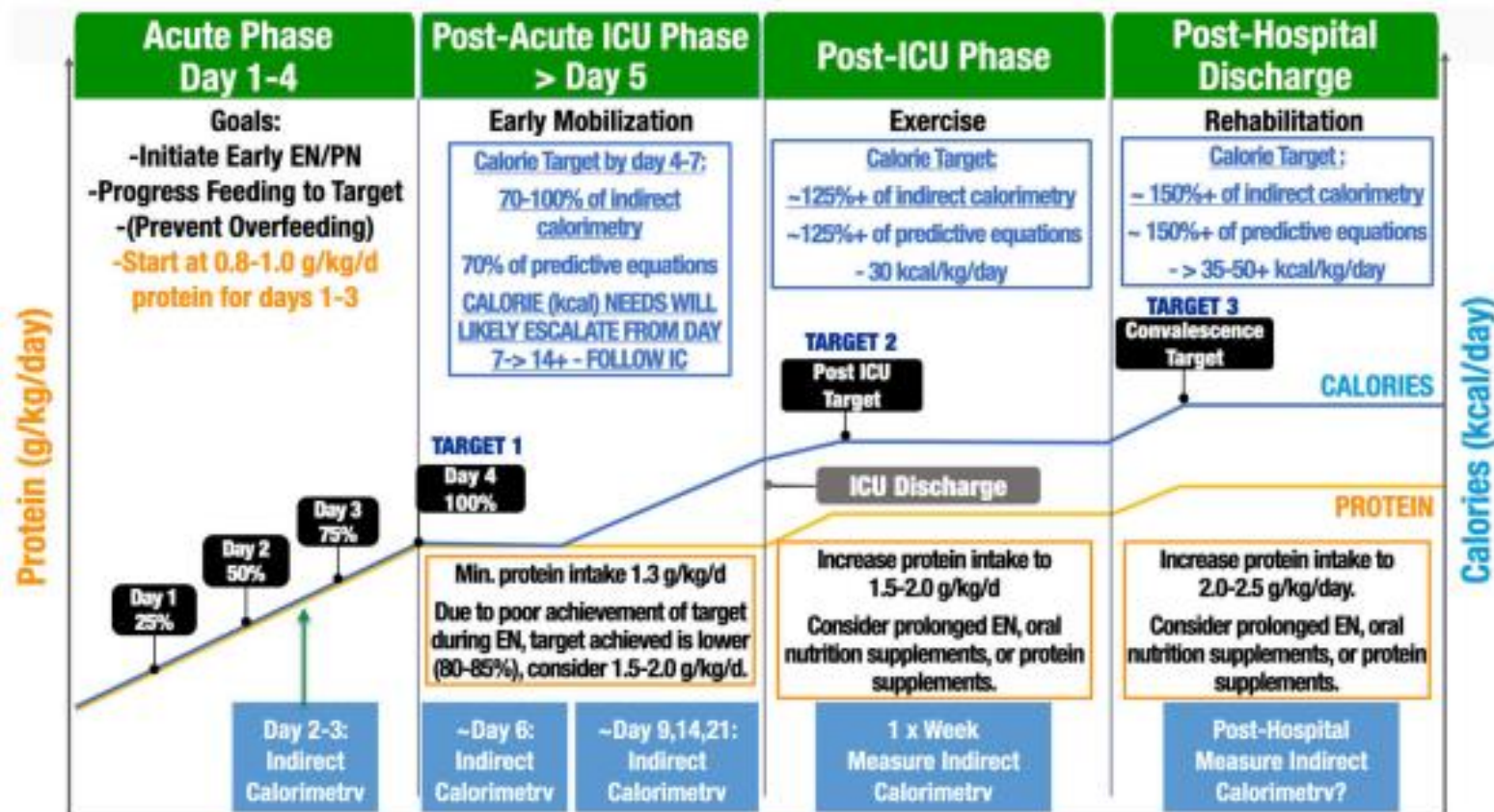




USI idéale...Des soins sur mesures !

Wischmeyer PE et al., Crit Care 2023;27;261

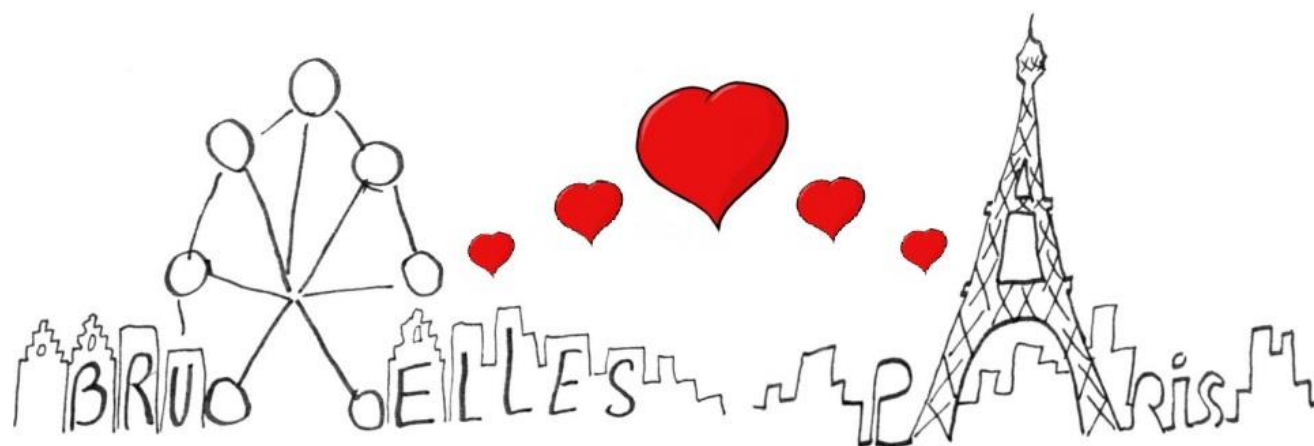
Algorithme proposé



Note- Repeat Indirect Calorimetry Measures Following Any Change in Clinical Condition (I.e. sepsis, new infection)

Figure 5. Personalized Indirect Calorimetry-Guided Critical Care Nutrition Algorithm

MERCI pour votre attention !



Merci à Jean-charles Preiser
et Coralie Snidero (Baxter)

Conclusion

- CI recommandée (ESPEN/ASPEN) pour mesurer la masse musculaire

- Permet de détecter la malnutrition

- Evaluer DE et masse musculaire
- Guider, optimiser nutrition et exercice
- Personnaliser prise en charge

et récupération fonction ?

Alternatives: éq. prédictives et capnométrie ?

