



HAL
open science

**Mesure de la masse maigre sur les examens
tomodensitométriques initiaux chez des patients de
réanimation chirurgicale et traumatologique : lien avec
la dépense énergétique et amélioration de sa prédiction**

Sébastien Girard

► **To cite this version:**

Sébastien Girard. Mesure de la masse maigre sur les examens tomodensitométriques initiaux chez des patients de réanimation chirurgicale et traumatologique : lien avec la dépense énergétique et amélioration de sa prédiction. Médecine humaine et pathologie. 2017. dumas-01544980

HAL Id: dumas-01544980

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01544980>

Submitted on 22 Jun 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université de Bordeaux

U.F.R DES SCIENCES MEDICALES

Année 2017

Thèse N°3043

Thèse pour l'obtention du
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE
Spécialité Anesthésie-Réanimation

Présentée et soutenue publiquement
Le 10 Mai 2017 par
Sébastien Girard
Né le 08 Décembre 1986 à Bayonne (64)

Mesure de la masse maigre sur les examens
tomodensitométriques initiaux chez des patients de
réanimation chirurgicale et traumatologique :
Lien avec la dépense énergétique et amélioration de sa
prédiction

Directeur de thèse

Monsieur le Docteur Laurent PETIT

Rapporteur externe

Madame le Professeur Fabienne TAMION

Membres du Jury

Monsieur le Professeur François SZTARK
Monsieur le Professeur Matthieu BIAIS
Madame le Professeur Isabelle BOURDEL-MARCHASSON
Madame le Professeur Blandine GATTA CHERIFI
Madame le Docteur Gaëlle MOURISSOUX

Président du jury
Membre du jury
Membre du jury
Membre du jury
Membre du jury

When the going gets weird, the weird turn pro.

(Hunter S. Thompson, 1979)

Je dédie cette thèse à mes grands parents, j'espère vous rendre fier où que vous soyez à présent

Remerciements

Aux membres du jury :

A notre président du jury monsieur le Professeur François SZTARK

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse. Nous vous remercions pour votre disponibilité, votre engagement dans notre formation. Je vous remercie de votre confiance et des opportunités futures que vous m'offrez. Veuillez recevoir l'expression de ma gratitude et mon profond respect.

A notre directeur de thèse monsieur le Docteur Laurent PETIT

Merci de m'avoir fait l'honneur de me proposer et de diriger cette thèse. J'espère avoir été à la hauteur de la confiance que tu m'as accordé. Merci pour tes précieuses corrections et ta patience. J'ai apprécié tes qualités de pédagogue et ton implication dans ma formation d'interne. Tu as été de très bon conseil et je t'en remercie.

A notre rapporteur de thèse madame le Professeur Fabienne TAMION

Nous sommes honorés que vous ayez accepté de rapporter notre travail. Nous vous remercions d'avoir pris de votre temps pour lire cette thèse et pour la réponse rapide que vous nous avez apporté. Veuillez trouver ici le témoignage de notre profond respect.

A monsieur le Professeur Matthieu BIAIS, membre du jury

Merci de nous faire l'honneur de juger cette thèse. J'espère qu'elle sera à la hauteur de tes attentes. Merci pour ton implication dans notre formation et également d'avoir défendu les intérêts des jeunes anesthésistes-réanimateurs lors des réunions (houleuses) avec la direction. Ton savoir et ton engagement sont une source d'inspiration. Je te remercie sincèrement.

A madame le Professeur Blandine GATTA CHERIFI, membre du jury

Merci de nous avoir fait l'honneur d'accepter de juger notre travail. J'espère qu'elle sera à la hauteur de vos attentes. Votre expertise dans le domaine de l'endocrinologie et de la nutrition nous sera très précieuse. Veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect.

A madame le Professeur Isabelle BOURDEL-MARCHASSON, membre du jury

Merci d'avoir accepté de participer à ce jury de thèse. J'espère qu'elle sera à la hauteur de vos attentes. Veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect.

A madame le Docteur Gaëlle Mourissoux, membre du jury

Je suis honoré que tu fasses partie des membres du jury. C'est un véritable plaisir d'avoir pu travailler avec toi lors de mon dernier stage d'interne. Ta rigueur dans la prise en charge des patients de réanimation m'a beaucoup appris. Je te remercie sincèrement.

A mes proches :

A mes parents : merci de m'avoir supporté pendant tout ce temps, d'avoir continué de penser que j'étais un garçon formidable alors qu'en réalité j'étais un adolescent teigneux, de m'avoir soutenu dans mes projets, de m'avoir aidé à surmonter toutes les épreuves de la vie par lesquelles je suis passé, de vous être assurés que je ne manquais jamais de rien, de m'avoir donné des valeurs importantes ... Bref je pourrai continuer cette liste pendant des heures et malgré ça je n'arriverai pas à énumérer un centième de tout ce qui fait que vous êtes les meilleurs parents du monde ! Je sais que c'est avec regret que vous ne pourrez être présent lors de la soutenance de la thèse, cette dédicace est imprimée noir sur blanc de façon durable pour que vous puissiez la lire avec le manuscrit qui vous attend. Je vous aime.

A ma petite sœur : ahlala ma Bibon tellement de bons moments partagés, de fous rires, de cookies engloutis, de bagares, de jeux débiles, de débats enflammés... Bref même si je suis l'ainé je dois reconnaître que tu as toujours été la plus mature de nous deux. Je suis tellement fier de toi soeurette. Je ne te le dis pas assez mais je suis très impressionné par la femme que tu es devenue et par le projet dans lequel tu t'es lancée. Par contre je t'en veux quand même un peu car à cause de toi je vais devoir courrir un marathon sinon papa ne vas pas me lacher 🤔

A mes grands frères et sœurs, Fabi, Manu, Lolo et tout mes neveux et nièces chéris. A tous les bons moments qu'on a pu passer ensemble et à la tribu qui s'aggrandit.

A mes oncles et tantes, cousins et cousines et à la famille Lechartier qui s'aggrandit ! Tant de bons moments passés tous ensemble.

A ma belle famille, la team dragées : Maryse, Olivia, Camille et Géraldine. Des voyages aux repas ensemble en passant par « les cadeaux, les cadeaux ... ». Merci d'avoir toujours été là pour Emilie et moi.

A Mat : je suis très content que tu fasses partie de la famille à présent. Merci de t'occuper aussi bien de ma petite sœur.

A mes amis :

A ceux du pays basque Gunz, Jérem, Dwarf, Rouxe, Jarod, Mélanie, Toti, les scouts, Bastien, Pauline, Jo, etc... : à toutes nos années passées sur la côte, des soirées à la plage ou dans les maisons des millionnaires absents, en passant par les férias d'antologies... Tant de souvenirs qui nous ont fait grandir ensemble. Si je suis arrivé jusque là c'est également grâce à vous. Un grand merci.

A la Facky Team et amis rencontrés pendant les études de médecine : de nos pauses au petit parc de la fac au stress des exams et de l'ECN. Le temps passe et des conseils pour réussir les cas cliniques on est passé aux conseils pour faire faire nos nuits à nos petits. Qui est le prochain sur la liste ? Ces études m'ont permis de rencontrer des amis formidables. Une pensée particulière à notre groupe de sous colle gastronomique. Vivement le prochain « week-end copain » ! Et oui Peg, Chamayou, Hugo, Flo, Charlotte, Popo, Bono, KB, Guigui, Coincoin, Aude, Valérie, Tod, Gab, Antoine, Dadou, Jean, Pierre, Doubi, Anne, Michon, Quentin et tous les autres... Je vais enfin passer ma thèse ! J'espère encore tous vous voir pendant les décénies à venir.

A mes amis d'internat : tant de rencontres pendant ces cinq ans... Je ne vais pas me lancer dans une liste car elle serait forcément non exhaustive et le temps presse mais sache que si tu lis ces remerciements et que nous nous sommes rencontrés pendant ces années ce chapitre est pour toi ! Une pensée spéciale pour la coloc de Pau avec Ben, Marie, Léa, François, les 2 lapins et ...

...A mon âme sœur de DESAR, Arnaud ! Que serai-je devenu sans toi dans cette galère ? Je me rappelle encore le premier jour ou je t'ai vu lors du choix des stages avant d'attaquer le premier semestre et que tu as pris la réanimation digestive à Saint André avec moi. Je me suis dit ok il a l'air un peu « fougou » et très sympa, ça devrait le faire. J'étais loin de me douter que j'allais découvrir une personne aussi attachante et hors du commun que toi. Je suis très heureux d'avoir passé ces dernières années avec toi et j'espère toutes les prochaines. Je nous vois bien comme deux vieux à débattre de politique en sirotant un petit rhum en surveillant d'un œil discret nos enfants respectifs. Tes techniques de sieste guerilla font de toi une légende vivante !

A Julien et au stage de réa chir. Je me rappelle de la fatigue intense due aux gardes, au déchoc et aux toxic Monday ! Des concerts mythiques aux rencontres de personnes qui

comptent énormément pour moi à l'heure actuelle, tu as été présent. Je suis très heureux que savoir que toi et Hélène vous préparez ensemble votre petit nid.

Un grand remerciement à mon Jean Paul, l'homme le plus héroïque de sa génération et qui m'a permis de rencontrer tant de personnes géniales : Nam, Laure, Raph, Olivia, Benjamin, Alex, Max et tous les autres. Nous avons connu l'âge d'or !!

J'oublie forcément des personnes et cette liste ne peut compter tout le monde mais sache si tu lis ces remerciements et que l'on s'est connu que ce soit à Bordeaux, Bayonne, Pau, en soirée, au travail, à un concert ou n'importe où et que l'on a passé un bon moment ensemble tu as compté également et je t'adresse mes sincères remerciements !

Aux CCA, PH, PU-PH qui m'ont transmis leur savoir au cours de mes études et par leur compagnonnage : un grand merci. Cette transmission de savoir est essentielle pour apprendre le métier de médecin et je vous suis éternellement reconnaissant d'avoir pris ce temps.

A Françoise Masson : merci beaucoup de m'avoir aidé pour toute la partie statistique de cette thèse. J'ai beaucoup appris grâce à ces heures passées à analyser les données recueillies.

Aux infirmières, IADE, AS et toutes les personnes qui rendent possible la prise en charge des malades jour après jour dans les services un grand merci. J'ai également beaucoup appris au près de vous.

Enfin pour mes amours !

Pour la personne la plus importante de ma vie : Emilie. Jamais les mots ne pourront rendre compte de ce que tu représentes pour moi. Tu as changé ma vie de façon radicale, tu m'as rendu meilleur et a su être là pour moi à chaque instant. Sans toi je ne serai pas là. Je t'aime plus que tout et merci à toi aussi de donner du sens à tout ça. Pour toujours.

Pour la nouvelle personne la plus importante de ma vie : Noah. Personne n'aura réussi à me faire changer autant en seulement 2 mois. Des nuits blanches aux couches en passant par la solitude des premières DRP et la joie lors de tes premiers sourires, tu m'apprends chaque jour à être un meilleur papa. Je t'aime mon fils, plus que tout. J'espère qu'un jour tu liras ces remerciements.

Table des matières

Introduction.....	10
Objectif du travail de thèse	20
Article original en cours de soumission.....	21
Abstract	23
Introduction.....	24
Methods	30
Results	34
Discussion	39
References.....	43
Discussion des résultats	51
1. Choix de la méthode d'évaluation de la masse maigre :.....	51
2. Corrélation entre masse maigre et dépense énergétique	53
3. Amélioration de la prédiction de la dépense énergétique.....	55
4. Limites de l'étude :	57
Conclusion	60
Références bibliographiques	61
Serment d'Hippocrate	68

Abréviations

BMI : indice de masse corporelle

DE : dépense énergétique

EEE : dépense énergétique évaluée (evaluated energy expenditure)

FiO₂ : fraction inspirée d'oxygène

HB : Harris Benedict

IC et **CI** : calorimétrie indirecte

QR : quotient respiratoire

MEE : dépense énergétique mesurée (measured energy expenditure)

MG et **FM** : masse grasse (fat mass)

MM et **FFM** : masse maigre (fat free mass)

Introduction

Déterminer la dépense énergétique (DE) des patients hospitalisés en réanimation est indispensable pour évaluer leurs besoins énergétiques et l'apport calorique qui en découle. Ces deux éléments permettent de guider la nutrition artificielle indispensable dans des situations d'agression prolongée.

Les conséquences d'une mauvaise évaluation de la DE en réanimation sont bien connues et étudiés.

Une **sous-estimation** de la DE et des apports peut engendrer un déficit protéino-énergétique et **une augmentation du taux de morbidité** (par augmentation du taux d'infection nosocomiale, augmentation des durées de séjour et du coût associé, du taux de défaillances d'organes, des durées de ventilation, altération de la qualité de vie à court, moyen et long terme) **et du taux de mortalité globale** (1–4).

Une **surestimation** des besoins énergétiques, fréquente en pratique, s'accompagne également **de complications** : acidose métabolique, hyperglycémie, hypertriglycéridémie, excès d'apport hydrique, hypercapnie et échec de sevrage ventilatoire, stéatose hépatique ou syndrome de renutrition(4,5).

Cette évaluation de la DE est complexe en réanimation du fait de **nombreux facteurs** qui peuvent avoir des effets synergiques, additifs ou antagonistes.

En effet chez le sujet sain la DE totale est la somme du métabolisme basal dont le principal déterminant est la masse maigre, de l'effet thermique des nutriments, de la thermorégulation et de l'activité musculaire (6).

Chez le patient de réanimation le **métabolisme basal constitue entre 75 et 100% de la DE totale**. Cependant il est très difficile de l'évaluer précisément, en raison de sa **variation au cours de l'hospitalisation**(6).

Classiquement plusieurs phases ont été décrites après une agression : **une première hypométabolique** avec réduction du débit cardiaque et de la consommation d'oxygène (VO₂), puis **une seconde hypermétabolique**(7–9). Ce cycle pouvant se reproduire plusieurs fois au

cours de l'hospitalisation. La pathologie initiale, les soins prodigués, les drogues utilisées (particulièrement les curares et les amines), la température corporelle et la mise en place d'un refroidissement externe, la ventilation mécanique et le mode utilisé, les complications notamment infectieuses, la réponse neuro-endocrine à l'agression vont faire varier la DE de façon très importante (6). De plus les **états nutritionnels pathologiques** sont fréquents chez les patients hospitalisés tels qu'une dénutrition ou une obésité préexistante(10).

La **diminution de la masse maigre** tout au long du séjour est également responsable d'une variabilité de la DE et peut être à l'origine d'un accroissement de la morbidité(11,12).

Au total le patient de réanimation présente de nombreux facteurs provoquant une **variation de son métabolisme de repos** bien au-delà des facteurs classiquement admis dans la population saine.

Plusieurs stratégies existent pour essayer d'évaluer au mieux cette DE: les équations prédictives ou la calorimétrie indirecte (CI).

Les équations prédictives sont les plus fréquemment employées pour évaluer la DE de par leur simplicité. Si le poids et la taille font souvent partie de ces équations, l'âge, la température corporelle ou la ventilation minute peuvent aussi y être intégrés. Souvent adaptées et validées dans des populations de sujets sains (comme celle de Harris Benedict), elles **manquent de précision pour évaluer la DE des patients de réanimation** (13). Dans la littérature, la prise en compte de **facteurs dynamiques** tels que la ventilation minute ou la température (comme les formules de Penn state ou de Faisy) sont plus précises que celles ne prenant en compte que des facteurs statiques (13,14). Malgré tout, l'estimation de la DE reste souvent erronée particulièrement pour les **poids et âges extrêmes** et nécessite l'utilisation d'équations particulières (14,15).

Selon les **recommandations internationales** récentes, des **formules simplifiées** avec un apport allant de **20 à 30 kcal/kg/jour** peuvent être utilisées en l'absence de CI (16–20).

De nombreuses études montrent que ce type de **formules simplifiées**, bien que très pratiques dans leur utilisation, sont **peu corrélées aux mesures de CI et sous estiment la DE** des patients traumatisés ou septiques. Dans ce cas, la DE peut atteindre 60 kcal/jour (13,21–

28). Leur utilisation entrainerait ainsi un déficit calorique majeur et une augmentation de leur morbi-mortalité.

La CI est considérée comme la technique de référence dans la détermination de la DE. Bien que le niveau de preuve soit bas, la CI est recommandée en première intention par les différentes sociétés savantes (16–18). Son principe repose sur l'équivalence entre l'oxydation des nutriments et la production d'adénosine triphosphate source d'énergie dans l'organisme. Elle analyse la **thermochimie respiratoire** et permet, en fonction de la consommation d'oxygène (VO₂) et la production de dioxyde de carbone (VCO₂), de déterminer la DE en suivant l'équation de De Weir (29):

$$DE = [3.9 \times (VO_2) + 1.1 \times (VCO_2)] \times 1.44$$

La mesure des fractions inspirées et expirées d'O₂ ainsi que la fraction expirée de CO₂ couplée au volume minute sur le circuit du respiratoire par l'intermédiaire d'un module moniteur métabolique d'analyse de gaz permet de déterminer VO₂, VCO₂ et le quotient respiratoire (QR). La DE sera ensuite déterminée par l'équation de De Weir. La connaissance de la DE permet de déterminer en fonction de l'état clinique du malade **un objectif nutritionnel adapté.**

Le QR correspond au quotient de la quantité de CO₂ produite lors de l'oxydation totale d'un substrat sur la quantité d'O₂ nécessaire à cette oxydation complète.

Prenons l'exemple du glucose (C₆H₁₂O₆). Ce dernier est dégradé suivant l'équation suivante : C₆H₁₂O₆ + 6O₂ => 6 CO₂ + 6 H₂O + 2840 kJ. Les 2840 kJ produits vont permettre la transformation de 36 ADP en 36 molécules d'ATP. Ainsi pour 6 moles d'O₂ consommées on a production de 2840 kJ d'énergie. Sachant qu'une mole d'O₂ correspond à 22,4L d'O₂ aux conditions standards, on a donc 21,1 kJ par litre d'O₂ consommé (2840 / (6x22,4)) . On constate également au vu de l'équation une relation de 1 pour 1 entre le nombre de molécules d'O₂ consommées et de CO₂ créés. Le QR est alors égal à 1.

Schématiquement le QR est égal à 1 pour les glucides, environ 0,7 pour les lipides et environ 0,8 pour les protides.

Malgré tout la CI possède de **nombreuses limites** rendant parfois difficile son utilisation en réanimation (30) :

-Le **QR** doit être compris dans des limites acceptables soit **entre 0,6 et 1**. En dehors de ces limites, ses valeurs peuvent être issues de la production de métabolites intermédiaires comme les corps cétoniques, de lactates, faussant ainsi la mesure de la DE.

-La présence d'une **fuite de gaz** sur l'ensemble du circuit de ventilation fausse les valeurs de VO₂ et VCO₂ et donc la mesure de la DE.

-L'**augmentation de la fraction inspirée d'O₂** (FiO₂) au-delà de 60% diminue la précision des mesures.

-La mesure doit être faite en période de **stabilité hémodynamique, respiratoire et métabolique**. Il faut environ 20 minutes pour atteindre l'équilibre entre VCO₂ métabolique et respiratoire.

-Techniquement **chronophage**, relativement **couteuse** et difficile à mettre en place de façon systématique.

En raison de ces limites, **l'utilisation des équations prédictives reste privilégiée** par de nombreuses équipes et celles préconisées dans les différentes recommandations internationales (31) sont les plus utilisées.

L'article présenté dans cette thèse fait suite à un travail préliminaire dont l'objectif principal était de **déterminer la corrélation de 5 équations prédictives** (équation de Penn state, équation de Faisy, équation de Harris et Benedict, équation de Ireton Jones, équation simplifiée de 25 kcal/kg/jour) **avec des mesures de CI** chez nos patients de réanimation.

Ont été inclus prospectivement tous les patients hospitalisés dans notre service pour des motifs chirurgicaux ou traumatologiques, sédatisés et ventilés mécaniquement pour une durée estimée à plus de 5 jours, recevant un support nutritionnel sur la période allant du 10 mai 2014 au 3 septembre 2015.

Les mesures de DE par CI et par les 5 équations étaient réalisées à 3 temps au cours l'hospitalisation : entre J3 et J5, entre J6 et J9 et lorsque le patient était ventilé en mode VSAI-PEP. Plusieurs facteurs cliniques étaient également colligés :

-Le motif d'admission en réanimation et le type de traumatisme

-L'âge

-La taille, le poids, le BMI

-La température, la fréquence cardiaque, la pression artérielle moyenne, la pression intracrânienne

-La ventilation minute

-Le niveau de sédation et l'index bispectral

-L'utilisation de noradrénaline, de curares, de barbituriques

-L'apport calorique calculé de façon journalière par les infirmier(e)s de l'équipe : alimentation artificielle, perfusion de glucose, de propofol.

-Le périmètre thoracique

-Le périmètre brachial (PB) ainsi que le pli tricipital (PT)

Les mesures anthropométriques précédentes permettaient d'évaluer cliniquement la masse musculaire (MM) du patient en suivant la formule de Heymsfield (32) :

-Aire musculaire du bras (AMB) = $PB - (0,314 \times PT)$

-MM selon Heymsfield = $Taille \times (0,0264 + 0,0029 \times AMB)$

Nous avons déterminé :

- Le **coefficient de corrélation entre DE mesurée par CI et DE évaluée par les 5 formules**. Une analyse de Bland-Altman a été réalisée pour chacune d'entre elle.

- Nous avons défini 2 groupes de patients :

Groupe des patients « bien classés » pour chaque formule, c'est-à-dire ceux avec une DE évaluée par équation prédictive = DE mesurée par CI \pm 15% (marge d'erreur considérée comme cliniquement acceptable entre le calcul et la mesure de la DE)

Groupe des patients « mal classés » pour chaque formule, c'est-à-dire présentant une différence entre DE évaluée et mesurée supérieure à \pm 15%

Résultats sur 147 patients inclus et un total de 272 mesures de CI : la formule la plus précise pour évaluer la dépense énergétique dans notre population est celle de **Penn state** ($r^2 = 0,66$).

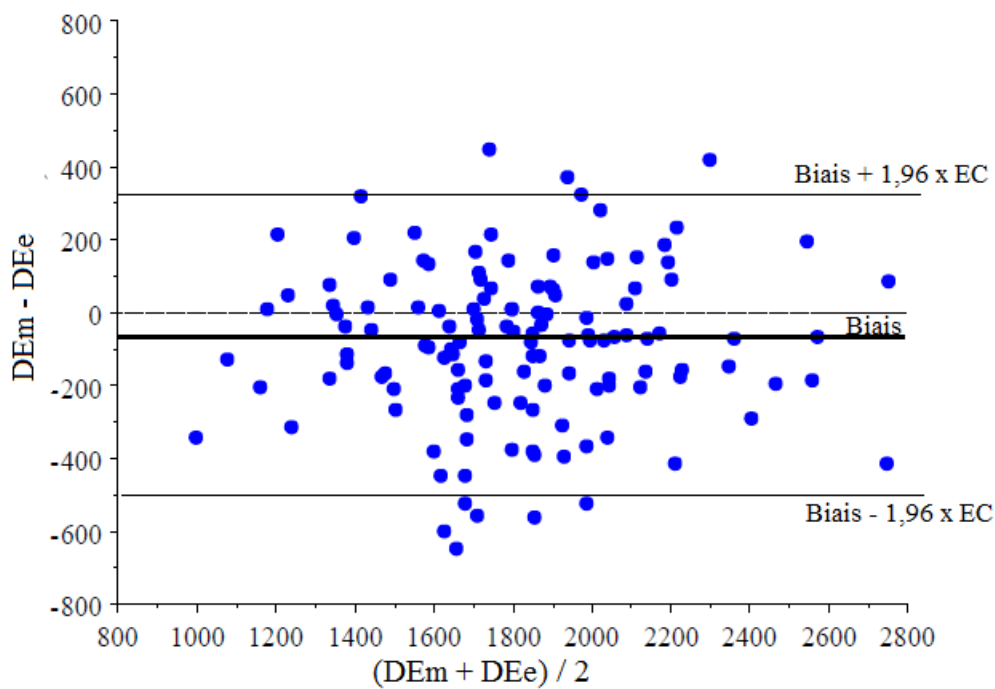


Figure 1: représentation de Bland et Altman concernant la formule de Penn state. DEe : dépense énergétique évaluée par la formule de Penn state, DEm : dépense énergétique mesurée par calorimétrie indirecte

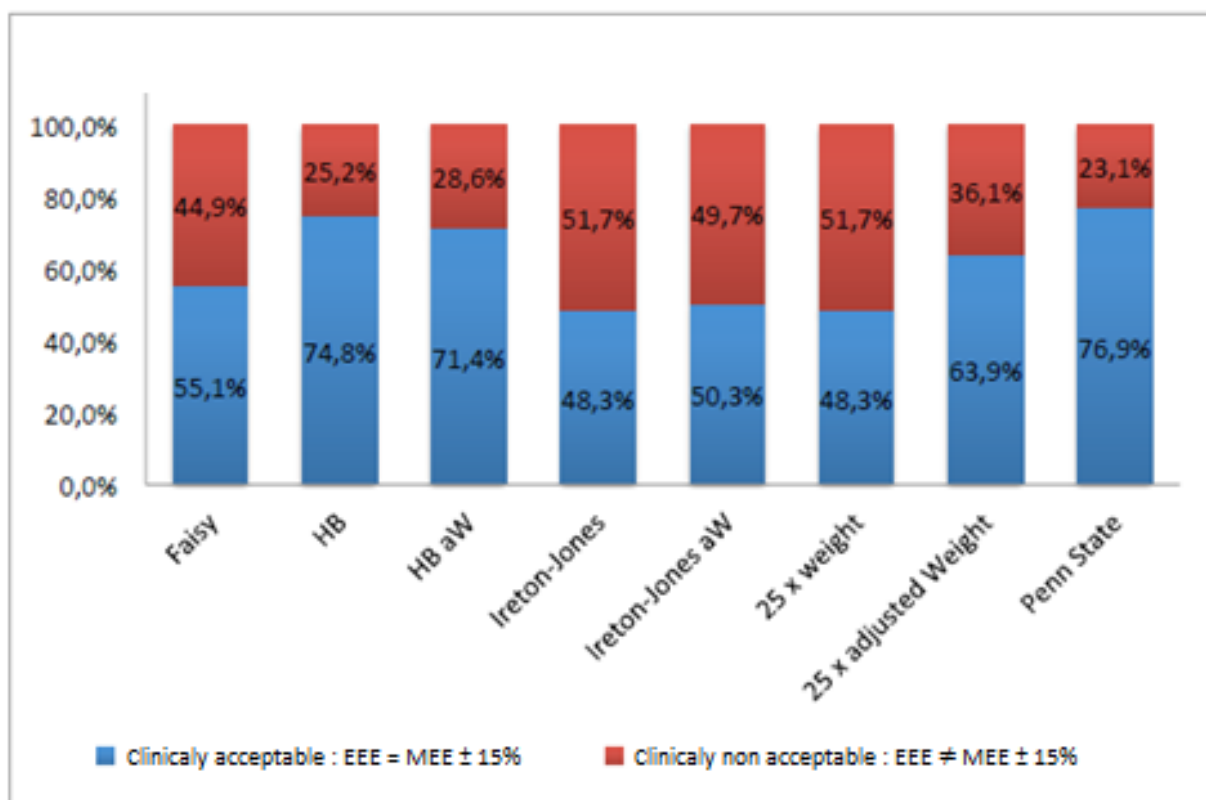


Figure 2: taux de précision des différentes équations. aw : poids ajusté, EEE : dépense énergétique évaluée par les équations prédictives, HB : équation de Harris Benedict, MEE : dépense énergétique mesurée par calorimétrie indirecte

Malgré une précision maximale de 76,9% retrouvée pour la formule de Penn state certaines évaluations de la DE restaient incorrectes.

L'âge, le poids, le sexe, le niveau de sédation, l'utilisation de barbituriques, la température, la fréquence cardiaque, l'apport calorique des dernières 24 heures et **la masse maigre déterminée de façon clinique n'étaient pas différents** entre le groupe où les prédictions étaient correctes et celui où elles étaient incorrectes.

Ces résultats sont concordants avec la littérature, la formule de Penn state étant considérée comme précise par plusieurs auteurs (14,33,34).

Dans ce travail préliminaire, il n'y avait pas d'association statistique entre variation de la DE et variation de la MM déterminée cliniquement. Pourtant elle est le **déterminant principal expliquant la variabilité de la DE chez les sujets sains (35–41)** et son utilisation dans cette population **permet d'améliorer la prédiction de la DE** par rapport à d'autres formules telle que celle de Harris Benedict (42,43). En effet dans le travail de Jésus et al. la formule de

Harris Benedict avait une moins bonne corrélation avec la DE mesurée par CI que d'autres formules prenant en compte la composition corporelle chez 1726 sujets sains (ceci était d'autant plus vrai que le BMI était $< 16 \text{ kg/m}^2$ ou $> 40 \text{ kg/m}^2$). Cette amélioration de la prédiction de la DE en prenant compte la MM est **également constatée dans plusieurs cadres pathologiques** : chez des patients atteints de polyarthrite rhumatoïde, de sclérose latérale amyotrophique, du virus du VIH, dénutris, obèses ou ayant besoin d'une nutrition artificielle (44–50).

Dans le cadre de la réanimation cette corrélation est moins évidente. Stucky et al. (51) montre que l'utilisation de la formule de Cunningham (MM évaluée de façon clinique) a tendance à sous évaluer la DE dans une population de patients obèses ayant subi une brûlure ou un traumatisme. Dans le travail de Frankenfield et al. sur 46 patients de réanimation la masse cellulaire présentait un $r^2 = 0.75$ ($p < 0.0001$) qui est un des constituant principal de la MM (52).

Dans la littérature, il existe un **lien fort entre valeur de la MM et la morbi-mortalité en réanimation**. En effet une MM faible est un facteur de risque de mortalité, de défaillance respiratoire ou d'autres organes, d'une durée de ventilation mécanique prolongée (53–56). Les **scores de qualité de vie sont également altérés** par la diminution de la MM après sortie de réanimation (57). Cette augmentation des complications en lien avec une faible masse musculaire est **également retrouvée dans le cadre de chirurgies majeures** telles que la transplantation pulmonaire ou la pancréatectomie (58,59). Dans le travail de Weig et al. sur 103 patients bénéficiant d'une transplantation pulmonaire, une diminution de la surface du psoas (déterminée sur scanner) était associée à une augmentation de la durée de ventilation mécanique, une durée de séjour prolongée et une augmentation du nombre de recours à une trachéotomie alors que le BMI ne l'était pas.

Notre hypothèse est que l'absence de corrélation entre MM et DE dans notre travail préliminaire s'explique par une **mauvaise estimation de la MM** avec la mesure de la circonférence brachiale et du pli tricipital chez le patient hospitalisé en réanimation.

Nous avons alors analysé les données du groupe « patients mal classés » par l'équation de Penn state. **Une mesure plus précise de la composition corporelle a été réalisée sur les scanners initiaux de ces patients** en s'inspirant de travaux récents(60–62).

La détermination de la composition tissulaire a évolué au cours des dernières années. Historiquement elle reposait sur des mesures anthropométriques permettant par le biais de formules dérivées d'analyses cadavériques, de calculer MM et masse grasse (MG). Progressivement les modèles de composition tissulaire et les moyens paracliniques d'évaluation se sont développés. De nombreux examens précis d'appréciation de la MM existent mais peu sont utilisables dans le cadre de la réanimation.

L'analyse de coupes radiologiques (par scanner ou IRM), considérée par certaines équipes comme technique de référence (63–68), permet de déterminer des surfaces de tissus musculaires et adipeux et ainsi de calculer les MM et MG sur l'ensemble du corps. Initialement les premiers travaux s'intéressant à cette méthode ont été validés par des analyses post-mortem(69). Les travaux de Shen et al. ont montré que l'analyse d'**une coupe scannographique à hauteur de L3 était représentative de la composition tissulaire** de l'ensemble du corps (67,68) permettant ainsi une analyse beaucoup plus rapide.

Cette analyse peut être faite soit par des logiciels d'analyse automatique soit par des logiciels permettant de contourner manuellement les différentes structures et en mesurer les surfaces. Dans les deux cas des seuils en unité Hounsfield sont utilisés. Ces seuils permettent de distinguer les différents tissus en les surlignant en fonction de leur densité. La mesure de leur surface est ensuite soit automatisée à partir d'algorithmes, soit mesurée en dessinant leur contour manuellement (70). Ces deux méthodes présentent des précisions équivalentes(71).

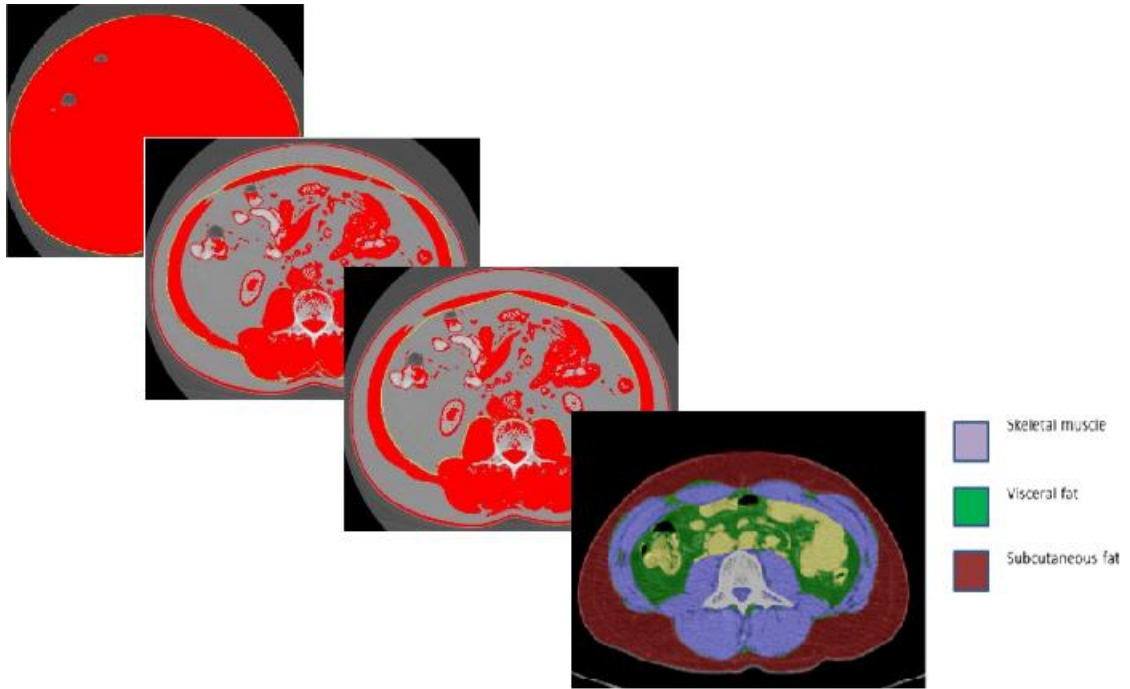


Figure 3: illustration du contourage manuel à partir du logiciel ImageJ

Par ailleurs ces images nous donnent des indications sur la qualité du muscle qui était associée à la mortalité à 6 mois chez 491 patients de réanimation(72).

L'apport de ces nouvelles techniques et la généralisation de l'imagerie comme examen paraclinique indispensable dans de nombreuses situations permet d'avoir accès à ces données de façon plus fréquentes.

Objectif du travail de thèse

- L'objectif principal est d'évaluer **la corrélation entre MM mesurée sur le scanner initial et DE** chez les patients du groupe « mal classés » (pour lesquels la différence entre la DE calculée (équation de Penn state) et la DE mesurée était supérieure à 15%).
- L'objectif secondaire est de déterminer si les mesures scannographiques permettent **d'améliorer la prédiction de la DE** lors de la phase initiale de l'hospitalisation chez ces même patients.

Article original en cours de soumission

Fat free mass determined on ct-scan analysis at the third lumbar vertebrae: correlation to energy expenditure and improving its prediction in a surgical and traumatological critical care setting

S. GIRARD, L. PETIT, F. MASSON, S. DE GUILLEBON, F. SZTARK

Short title : Fat free mass and energy expenditure in the critical care setting

Word count : 7259 words (excluding abstract, references and tables)

Abstract

Background : determining energy expenditure (EE) can be done via predictive equations (PE) or indirect calorimetry measurements (IC). IC is impractical in the critical care setting due to its limits and most intensive care units (ICU) still rely on PE. However most PE, particularly the one recommended in most guidelines, are imprecise. Fat free mass (FFM) is one of the key determinant of EE and can be assessed precisely through ct-scan analysis. Our objectives were to determine the correlation between FFM and EE in a trauma and surgical critical care setting and see if we could improve de reliability of PE using FFM.

Methods : We conducted a monocentric, retrospective observational study on patients hospitalised in our trauma and surgical ICU. Patients who were sedated, ventilated and recieving nutritional support were included. EE was evaluated with 5 predictive formulae and measured using IC. If the difference between measured EE and EE evaluated with the Penn state formula was higher than 15%, we analysed the initial ct scans to assess fat free and fat mass. Our main study goal was to evaluate the correlation between FFM measured on ct scans and EE measured with IC. Our secondary goal was to increase the precision of evaluated EE creating a new formula including body composition parameters measured on ct scans at the thrid lumbar vertebrae level.

Results : A total of 147 patients were included. 68 had difference of more than 15% between measured EE (MEE) with IC and evaluated EE (EEE) using the Penn state formula (that we found to be the most precise). A total of 67 initial ct scans allowing analysis of the third lumbar vertebrae level were available. Pearson correlation coeficient between MEE and FFM from the scans was $R = 0,453$ ($p = 0,0001$). Using multiple regression linear analysis analysis we were able to create a formula predicting EE with a $r^2 = 0,63$

Conclusion : In patients hospitalised in a trauma and surgical ICU, FFM assessed by ct-scans has a rather weak correlation with EE compared to the healthy population. Body composition assessed on the initial ct scans can be used to improve evaluation of EE through formulae in comparison to what is recomended in the european and north american guidelines.

Introduction

Under and overnutrition

In critical care getting the best evaluation of resting energy expenditure (REE) has always been a challenge since patients will often require nutritional support and overnutrition as well as undernutrition are associated with worse outcomes. Underfeeding the critically ill patient is associated with an increased complication rate overall ranging from longer length of stay, higher infection rate, higher renal failure rate, higher mortality rate (1–5). If the cumulative energy balance was less than -4000 kcal the risk of complication during the intensive care unit (ICU) stay is almost doubled (3). However recently some studies suggest that lower caloric intake could be beneficial (6,7), other find that this tight control lead to reduction protein delivery and was associated with poor outcome overall (8,9). Overfeeding can cause hepatic dysfunction, fluid overload, hyperglycemia, hyperlipidemia, hypercapnia and weaning failure (10–12).

In healthy subjects total energy expenditure is made of REE, the thermic effect of nutriment, growth and physical activity, REE making up to 70% of the total energy expenditure in healthy subjects and is considered to make up for 75 to 100% of total energy expenditure in critically ill adults (13). The REE is estimated by predictive equations most of the time even though it is known that those can be highly inaccurate in the critical care setting (14–19) and other approaches that take lean body mass as a factor seems promising for healthy or ill subjects (20–24).

Predictive equation :

Most of the time the REE is evaluated with multiparameter predictive equations since it's the most convenient way to do so. In many studies those equations have shown poor correlation with measured energy expenditure (MEE) using indirect calorimetry. It has been proven that those equations over or underestimate REE up to 50% of the time (25–28). The REE can vary widely between patients with the same anthropometric characteristics, during the ICU stay for the same subject (going from a hypometabolic to a hypermetabolic state), depending on many factors like the treatments received, body composition and type of critical illness (29,30).

Another problem is that some of these equations were validated for healthy population (like Harris Benedict) or for a specific type of critically ill patients (31). All these flaws must be considered when using such equations. Latest guidelines around the world (ASPEN, ESPEN, ACCP, Canadian guidelines, french guidelines...) state that between 20 to 30 kcal/kg/day must be administrated to patients in need of nutritional support when indirect calorimetry is not available (32–36). Many studies have shown that this simplified equation was poorly corelated with MEE in the critical care setting, often creating an important energetic deficit leading to more complications thus the emphasis on indirect calorimetry in those guidelines (8,16,26,27,37–41). Energy expenditure during trauma or severe sepsis can be as high as 50 to 60 kcal/kg/day and following the guideline formula can produce severe energy deficit (41). It is important to note that most predictive equations cannot be used to assess energy expenditure at extreme body weights (even reaching as low as 0% of correct evaluation in some cases)(42). As a preliminary work to this study we compared EEE calculated from 5 different equations and MEE with 272 IC measurements for a total of 147 patients during their stay in our critical care unit for traumatic or surgical indications. The results can be found on table and figure 1. Best correlation was found with the Penn state equation, other equations shown poor results. This is consistent with what can be found in literature and the fact that a convenient and precise way to evaluate REE is needed.

	Mean difference	Standard deviation	Minimum	Maximum	r ²	p
Faisy Eq	-273,8	236,1	287,8	-835,7	0,56	<0,001
HB Eq	29,7	238,4	654,3	-578,6	0,56	<0,001
HB Eq AW	125,9	255,9	685,0	-619,1	0,47	<0,001
Ireton Jones	-326,7	286,1	266,0	-1221,5	0,37	<0,001
Ireton Jones PA	-289,4	317,5	451,7	-1242,5	0,27	<0,001
25x Weight	-253,3	399,5	782,2	-1468,7	0,41	<0,001
25 x AW	-74,4	281,7	650,0	-750,6	0,44	<0,001
Penn State	-86,9	214,3	445,4	-649,7	0,66	<0,001

Table 1: correlation and characteristics of the different predictive equations found in our preliminary study

Accuracy rates of the equations (Percentage of estimations <15%)

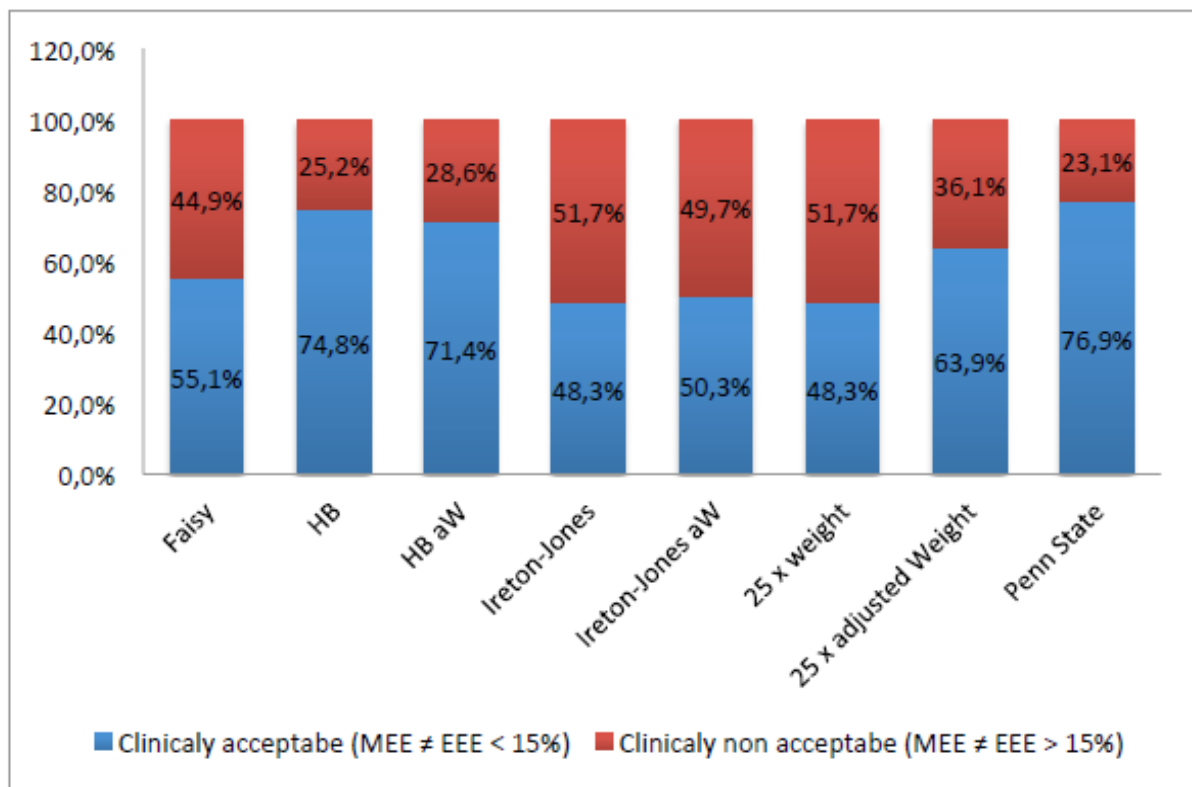


Figure 1 Accuracy rates of the different equations. aW : adjusted weight, EEE : evaluated energy expenditure, HB : Harris Benedict equation, MEE : measured energy expenditure

Indirect calorimetry

Indirect calorimetry (IC) is a well known and established tool to get a precise measure of resting energy expenditure (REE) and has become the gold standard in most guidelines of critical care as we stated. IC measures oxygen consumption and carbon dioxide production for a brief period of time (43) to determine whole body energy use over a day following the De Weir equation ($REE = [3.9 (VO_2) + 1.1 (VCO_2)] 1.44$)(44). It's main purpose is to establish a target goal-oriented therapy for parenteral and enteral nutrition support, this strategy has been proved beneficial (45). But the lack of equipment, trained personnel, time or funds as well as the many limits of IC are reasons why this tool is not more widely used (46–49). Knowing all these limitations many centers still refer to predictive equations or the 20 to 30 kcal/kg/day formula when assessing nutritional needs of their patients even tho there is an increasing consensus that it is not the right way to predict REE (14)

Fat free mass (FFM), energy expenditure and outcome

In the healthy subject LBM is the major determinant of the variations of REE (50–52) be it for man, woman, children or even elderly persons (53–56). Many Predictive formulae were created taking in account LBM to improve the accuracy predictions with some very good results and correlation up to 98% (57) in very specific population. Harris Benedict equation (HB) had a lesser correlation with MEE than another formula that took in account body composition on a study of 1726 subjects, especially considering extreme BMI (73% in healthy subject, 39,3% if BMI < 16kg/m² and 62% if BMI > 40) (58). This very strong relation between FFM and resting energy expenditure still hold true in pathological setting for exemple in the elderly malnourished, obese adolescent, amyotrophic lateral sclerosis, rheumatoid arthritis, HIV/AIDS patients, or any patient with nutrition support (59–65). But in some studies the use of equations taking FFM and FM in account like the Cunningham equation underestimated REE in trauma or burnt obese patients (66).

In the critical care setting lower FFM has been associated with a higher mortality and complication rate, higher rate of respiratory and other organs failure, longer mechanical ventilation period (67–70). Some studies have suggested to monitor it especially knowing how much muscle wasting is prominent during this period (71). This association between outcome and muscle or fat free mass has also be found in heavy surgical setting like during lung transplant or pancreatectomy, wich is not the case of BMI (72,73). Muscle mass preservation has also been associated with the quality of life after ICU discharge thus leading to new strategies, knowing how long it is to recover from muscle waste, like heavy proteic intake, use of anti catabolic or anabolic drugs, early exercise, etc... (71).

We can easily understand why body composition is gaining increasingly interest considering all this evidence. New ways of evaluating FFM were developed to detect the lack of muscle mass or function as precisely as possible as a result.

How to evaluate body composition ?

Determining body composition have evolved a lot and many ways were created associated with increasingly complex body composition model. The first ones were based on cadaver analysis allowing the creation of formulas derived from anthropometric measurements (74).

But those way of evaluating the different component of the body are quite imprecise and unreliable in some situations like sarcopenic or visceral obesity, myosteatorsis, etc (75)....

Then came paraclinical ways to determine body composition ranging from air-displacement plethysmography, bioelectrical impedance analysis (BIA), total body potassium count, dual energy X ray absorptiometry (DXA) and the use of MRI and CT scans cross section imagery (74). The CT and MRI methods have been validated by post mortem measurements and have been proven reliable in comparison to other methods and can be seen as gold standards (76,77). Cross section image at the third lumbar vertebrae is representative of the rest of the body fat and fat free mass and measurement of the surface of muscle and adipose tissue can be extrapolated to whole body fat and fat free mass even in overweight patients or children (78–82). Sheean et al. showed that this kind of evaluation allowed to detect sarcopenia in respiratory failure patients when standard method of evaluation, like the subjective global assessment, failed to detect this risk factor especially in overweighted males (83) and the difficulty of correctly evaluating FFM in obese patient is ordinary in ICU with the often misleading BMI and anthropometric measurements (84). Fat free mass measured by ct imagery can also predict resting metabolic rate after overfeeding (85), is associated with the outcome of patients as seen above. Computed tomography also allows assessment of muscle quality and in a study of 491 ICU patients was associated with 6 month mortality(86). Weijs et al. reviewed two studies that used ct scans to assess muscle waste related to proteic intake and the effect of strategies to counter it (87).

There are several ways to extract data from the scans, some involve automatic softwares like Slice-O-Matic (Tomovision, Montreal, Quebec, Canada) some are manual using open access software like ImageJ from the NIH. Both use Hounsfield units threshold to determine each type of tissue then one use script to measure the area while the other rely on manual outlining of the different structures.

New techniques to assess muscle mass and function involving ultrasonography imagery also seems promising in critical care considering the availability of this tool and the absence of radiation (88).

Study objectives

A preliminary study in the trauma and surgical ICU of the Pellegrin Hospital Bordeaux France was made. This work compared MEE and EEE of mechanically ventilated patients and found that the Penn state equation was most accurate but some patients EEE with PS were still inaccurate. We wanted to see if we could use CT scans data on admission of those patients to improve EEE.

The primary goal of this study is to make sure there is a correlation between FFM measured on section at the third lumbar vertebrae and MEE in this specific population.

Secondary objective was to see if we could improve EEE using FFM and other body composition data and to compare it to other formulae during the initial period of hospitalisation in our ICU.

Methods

The investigational review board of CHU Pellegrin approved the protocol.

All patients admitted to a critical care unit for traumatic injury or in post surgery procedure with an initial ct scan, sedated, mechanically ventilated, in a hemodynamic or respiratory steady state, who were receiving nutritional support and with a difference between MEE and EEE using Penn state equations of more than 15% at some point during their ICU stay were included. Exclusion criteria were : age under 18 or over 75, renal replacement therapy, agitation, hemodynamic instability, need of more than 60% of inspired oxygen concentration.

Indirect calorimetry measurements were done as soon as possible in the five first days of the ICU stay; a second measurement was performed between day 6 and 9 and the last one whenever they were on pressure support ventilation. A metabolic analyzer monitor with a compact airway module (MCOVX; Datex- Ohmeda, Helsinki, Finland) placed near the endotracheal tube on a leak-free line was used. This module has a good correlation with the gold standard : Deltatrac MB-100 (89). Measurements were done once patients were on a steady state, when variation of oxygen consumption or carbon dioxide production was less than 10%, during morning or evening as recommended. Patients were resting and without any stimulation from family or caregivers. Measurements were conducted over 30 to 40 minutes after calibration, data collected every 10 minutes. Continuous feeding infusion was not interrupted. If a variation of more than 10% of MEE was found the measurement was discarded and done later.

EEE was calculated at each indirect calorimetry measurements following 5 formulae (Harris Benedict, Faisy, Ireton Jones, Penn state and european guideline) to determine which one was the more accurate in a preliminary study. Accuracy was assessed by the percentage of estimation that fell within 15% above or below the measurements. Incidence of large errors (more than 15% above or below) were calculated. The different formulae that were used are the following :

-Harris-Benedict equation

Men : $EEE = 66.47 + (13.75 \times \text{weight}) + (5 \times \text{size}) + (6.76 \times \text{age})$

Woman : $EEE = 655.1 + (9.56 \times \text{weight}) + (1.85 \times \text{size}) + (4.68 \times \text{age})$

-Faisy equation

$EEE = (8 \times \text{weight}) + (14 \times \text{size}) + (32 \times \text{Minute ventilation}) + 94 \times \text{Temperature} - 4834$

-Ireton Jones equation

$EEE = 1784 - (11 \times \text{age}) + (5 \times \text{weight}) + 244 \text{ (if men)} + 239 \text{ (if traumatised)} + 804 \text{ (if burnt)}$

-Penn state equation

If BMI > 30 kg/m² and age > 60 :

$EEE = (\text{Mifflin} \times 0.71) + (\text{Temperature} \times 85) + (\text{Minute ventilation} \times 64) - 3085$

Others :

$EEE = (\text{Mifflin} \times 0.96) + (\text{Temperature} \times 167) + (\text{Minute ventilation} \times 31) - 6212$

Mifflin equation : $EEE = (\text{weight} \times 10) + (\text{size} \times 6.25) - (\text{age} \times 5) - (166 \text{ if woman}) + 5$

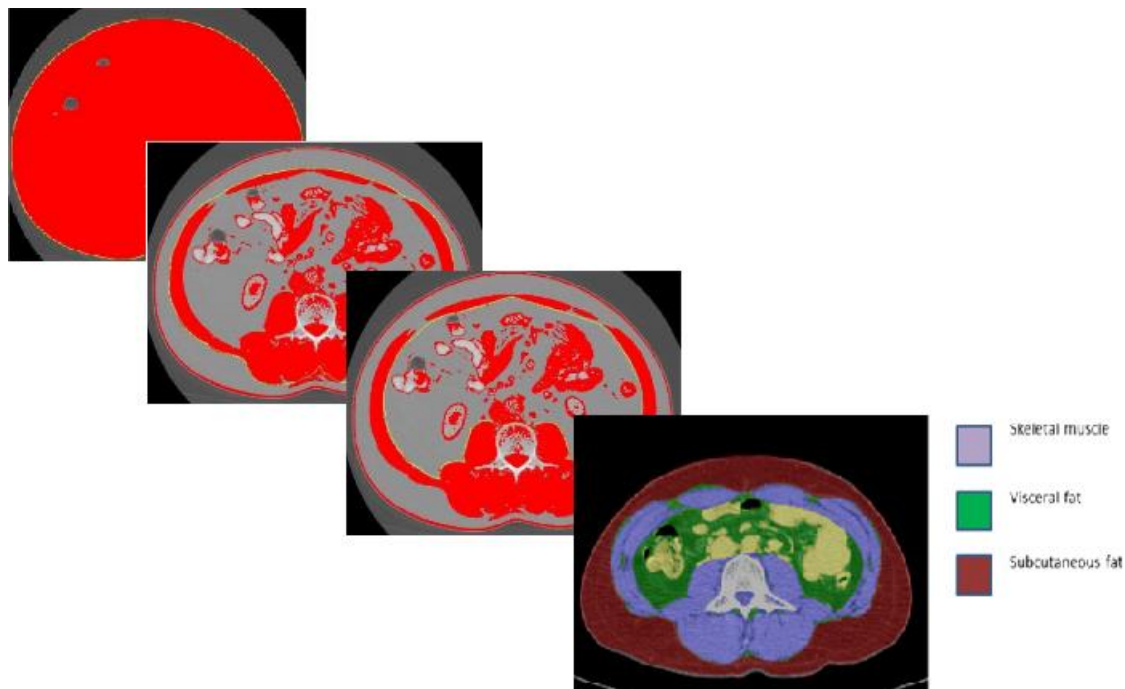
-Current guidelines formula

$EEE = 25 \text{ kcal/kg/day}$

We collected clinical data prospectively at the time of measurement. This include body temperature, minute ventilation, heart rate, blood pressure, height and weight, Cook and palma score, Ramsay score, use of curare, barbiturate, norepinephrine at the time of measurement, daily caloric intake, and type of trauma.

The data of the ct scans were in the form of DICOM files that were analysed using the free ImageJ software developed by the National Institutes of Health and following the method described by Gomez-Perez et al. (90). It is an easy step by step method that uses the threshold in Hounsfield units to differentiate each body tissue depending on its density. This allowed us to determine three surfaces : skeletal muscle, visceral fat and subcutaneous fat.

Figure 2 : pictures of the outlining method



The outlining of the different structures was then done on two consecutive slices at the L3 vertebrae level, three times on each one and the values were averaged. The surfaces measured can be converted into fat free and fat mass with the following equations (91,92) :

$$\text{-Total body fat mass (kg)} = 0,042 \times \text{Adipose surface at L3 (cm}^2\text{)} + 11,2$$

$$\text{-Total body lean body mass (kg)} = 0,3 \times \text{Skeletal muscle at L3 (cm}^2\text{)} + 6,06$$

Those formulae originate from the Shen et al. work on 328 healthy adults and validated with the work of Mourtzakis et al. in an oncology setting (79,80,91).

This manual method has been proven precise to evaluate the different areas compared to automated software (93). All measurements were done by the same operator using a high precision mouse.

Statistical analysis was performed using Statview 5.0 for windows. Correlation between fat free mass measured on ct scans and REE measured by indirect calorimetry as well as the correlation between measured and estimated energy expenditure was assessed by Pearson correlation coefficient. EEE was considered as accurate if it's absolute difference with MEE

was < 15%. Data were described through mean and standard deviation for parametric variables or median and interquartiles for numeric non-parametric or ordinal variables. Categorical variables were described using frequencies and their 95% confidence intervals. Simple and then multiple linear regression was realised with MEE as dependent variable to determine what factors are statistically associated with energy expenditure. A new predictive equation using initial ct scan data derived from the multiple linear regression analysis was compared to the results of other equations during the first days. To compare this formula the difference between MEE and EEE was calculated and over or underestimation was assessed if the difference was over 15% of MEE in absolute value. The comparison was done only with the results of the first measurement and evaluation of energy expenditure to correspond to the timing of the initial ct scan.

Results

A total of 147 patients underwent a total of 272 indirect calorimetry measurements. 68 had a difference of more than 15% between MEE and EEE estimated with the Penn state equation calculated at one of the three time listed above. All but one patients had an initial ct scans that allowed measurements at the third lumbar vertebrae, those 67 patients were included in this study.

Their characteristics can be found on table 2

Table 2 : patients characteristics

Age (years)	47 ± 19
Height (cm)	173 ± 10
Body weight (kg)	86 ± 20
BMI	29 ± 6
Admission IGS 2	38 ± 11
Sex	Female: 15 (22%) / Male : 53 (78%)
Polytrauma	39 (57%)
With head injury	23 (34%)
Post surgical	9 (13%)
Measured energy expenditure (kcal/day)	1801 ± 436
Evaluated energy expenditure with Penn state equation (kcal/day)	1886 ± 389
Received calories in the last 24 hours (kcal/day)	1582 ± 722
Use of Norepinephrine	50 (74%)
Use of curares	6 (9%)
Use of barbiturates	6 (9%)

A statistical association between fat free mass measured on ct scans and MEE was found ($p = 0,0001$) as well as between the muscle surface measured on ct scans and MEE ($p = 0,0001$).

The Pearson coefficient of correlation found a weak correlation between FFM and MEE $R = 0,453$ and $r^2 = 0,205$. The scatter plot representation can be found on Figure 5.

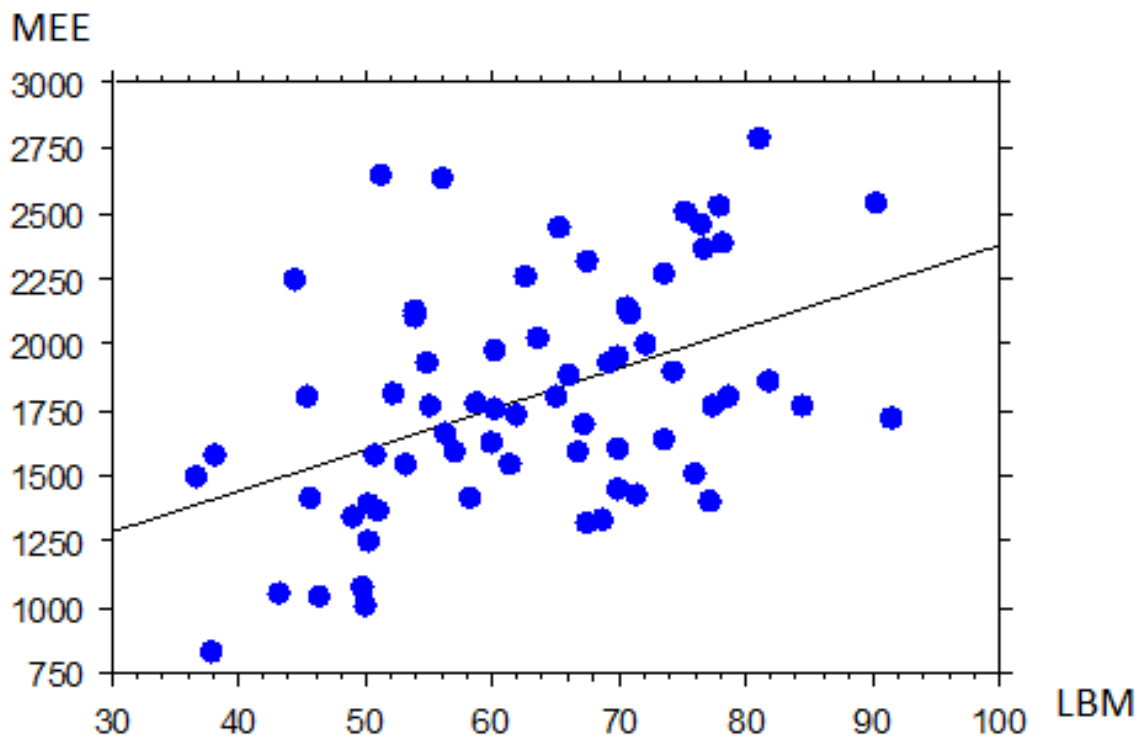


Figure 3 : scatter plot representation. LBM : lean body mass, MEE : measured energy expenditure

Other factors were statistically associated with energy expenditure : temperature ($p < 0,0001$), minute ventilation ($p < 0,0001$), age ($p = 0,0354$), sex ($p = 0,0003$), height ($p < 0,0001$), weight ($p < 0,0001$), BMI ($p = 0,0248$).

Multiple linear regression analysis was performed with independent predictors of energy expenditure. It appeared that the most precise equation we could find didn't use LBM but total fat mass (FM) and had a r^2 of 0,62. The formula was the following :

$$EE_{ct} \text{ (kcal/day)} = -6224 + (55,735 \times MV) + (1444,5 \times T) + (-6,7 \times \text{Age}) + (-297 \times \text{Nor}) + (13,3 \times FM) + (13,3 \times \text{Height})$$

The difference between EEE evaluated by the ct scan formula (EE_{ct}) and MEE was less than 15% of MEE for a total of 42 patients (63%), for 18 patients (27%) the difference between

EEect and MEE was above the 15% x MEE and for 7 patients (10%) was below those 15% of MEE.

The difference between EEE evaluated by guidelines formula (EEEg) and MEE was less than 15% of MEE for a total of 21 patients (31%), above for 38 patients (57%) and below for 8 patients (12%).

The difference between EEE evaluated by the Penn state formula (EEEps) and MEE was less than 15% of MEE for a total of 35 patients (52%), above for 23 patients (34%) and below for 9 patients (13%).

Another modified version of the Penn state formula that integrated the use of norepinephrine was created using the results of the multiple linear regression analysis as followed :

$$\text{EEE with modified Penn state (EEEmps) (kcal/day)} = -4377 + (0,798 \times \text{Mifflin}) + (125 \times T) + (42,156 \times \text{MV}) - 285 \text{ if Norepinephrine}$$

The difference between EEEmps and MEE was less than 15% of MEE for a total of 47 patients (70%), above for 11 patients (16%) and below for 9 patients (13%).

The r^2 for EEEg, EEEps and EEEmps were respectively 0,32, 0.57 and 0.65.

Graphical representation of the evaluation of those formulae can be found on figure 4 and 5

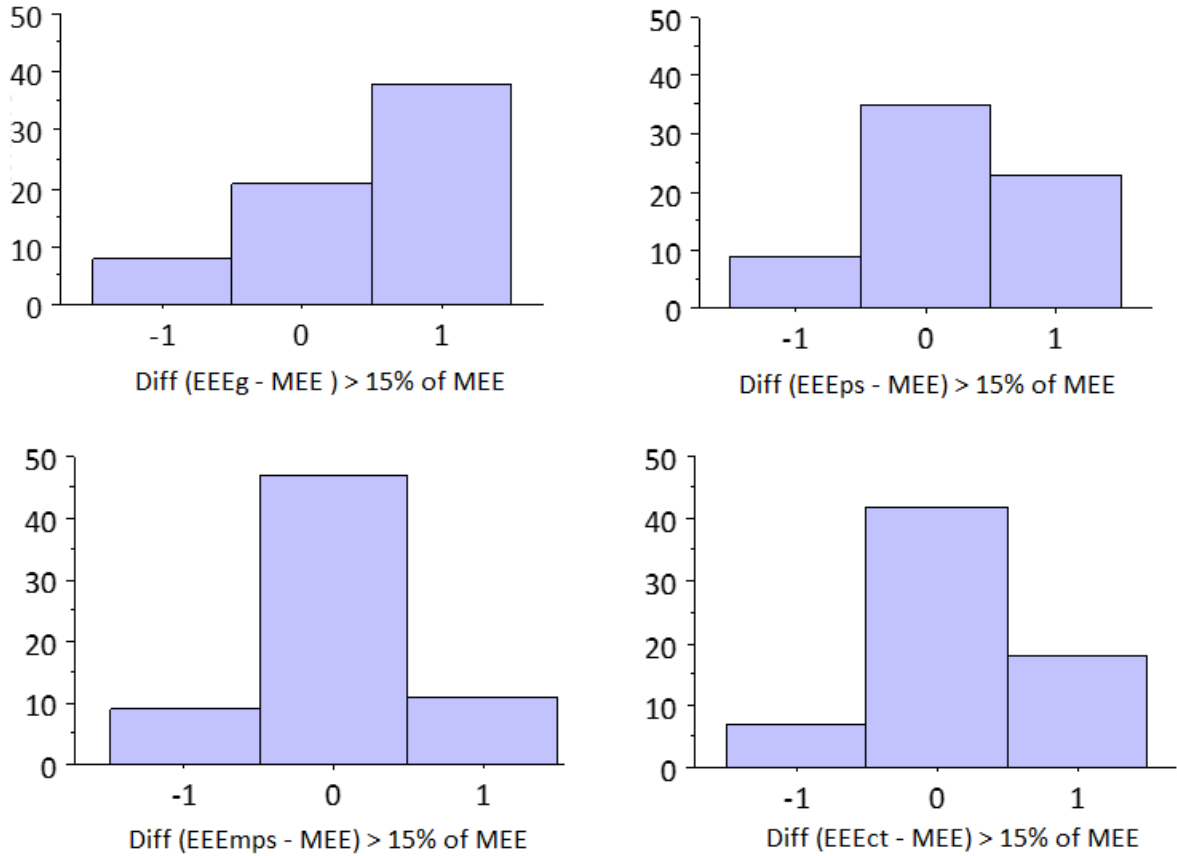


Figure 4 : graphical representation of the patients who had their energy expenditure underestimated (-1), overestimated (1) or correctly estimated (0). EEEct : evaluated energy expenditure with ct scan formula, EEEg : evaluated energy expenditure with current guidelines formula, EEEps : evaluated energy expenditure with Penn state formula, EEEmps : evaluated energy expenditure with modified Penn state formula

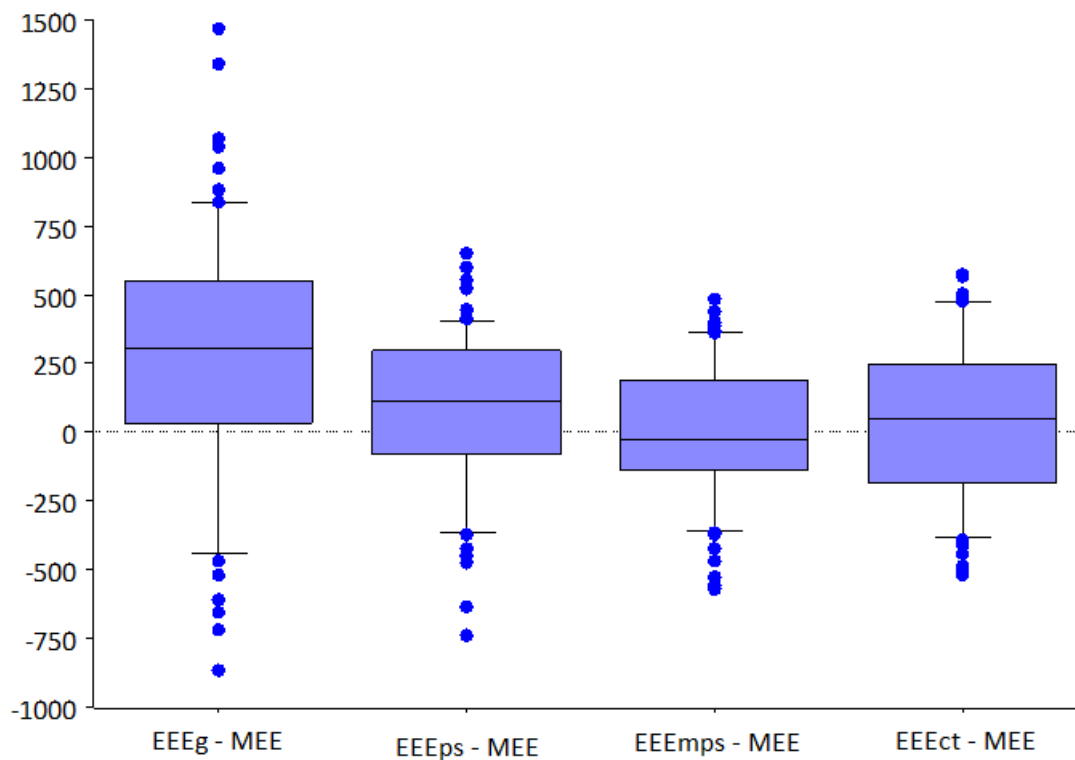


Figure 5 : Box plot representation of the tested formulae. EEect : evaluated energy expenditure with ct scan formula, EEeg : evaluated energy expenditure with current guidelines formula, EEeps : evaluated energy expenditure with Penn state formula, EEemps : evaluated energy expenditure with modified Penn state formula

Discussion

The main goal of this study was to see if the FFM measured on ct scans was correlated with MEE measured by calorimetry in an initial critical care setting. We found that this correlation was around 45% which is weaker than in the healthy population where up to 70% of the variation of resting energy expenditure can be explained by fat free mass.

This rather weak correlation can be explained by the extreme pathological setting leading patients in our unit. All patients in our study were sedated, under mechanical ventilation and with an already abnormal evaluation of their resting energy expenditure with the Penn state formula that we found most precise in our preliminary work. This makes us think that critical illness and traumatic injury involve important modification of the classical determinants of resting energy expenditure due to many factors (like sepsis, mechanical ventilation, wound healing, use of sedatives or curares, muscle traumatism, etc...)(13,30). This population needs a more dynamic way to determine energy expenditure be it by repeated measurements or by dynamic factors integrated in formulae especially in the obese patients or those requiring higher energy intakes where mortality is higher if we use weight only equations (9). There is a lot of intra-individual variation of resting energy expenditure during the ICU stay depending on the drugs used, care given or clinical status at any given time. The same person can also greatly modify its energy needs, during the hospitalisation usually going from an hypometabolic to hypermetabolic state (94,95). There is also a lot of inter-individual variation and in some cases there isn't any formula that allow a good evaluation of the nutrition needs of some patients. Therefore, we wondered if the measurement of FFM could improve our understanding and evaluation of said patients, which we have been able to in some regards.

Another reason there isn't more correlation between FFM and MEE in our study is due to some values that are out of the norm for some patients. In the scatter plot representation, some patients have very high REE and low FFM. We can see that they greatly influence the result of the coefficient of correlation and without those values Pearson coefficient would be much higher. Maybe with later measurements for those patients the results would be more consistent with the rest of our studied population, maybe even if we considered them to be in a steady state they were not.

The formula derived from the radiological data performed better than the recommended one in most guidelines. The 20 to 25 kcal/kg/day lead to a major overfeeding in this study and has a very poor accuracy when compared to the values found by indirect calorimetry overall. Many studies have already shown that, thus the emphasis on the use of indirect calorimetry to determine resting energy expenditure in a precise fashion (16,27). The problem being that it's many limits often result in a feeling that it's not worth using it on a regular basis by many ICU units around the world that prefer the more convenient formulae calculated initially to determine their nutrition goals. Therefore, we wanted to see if we could find a formula that used one of the main determinants of energy expenditure (FFM) assessed precisely by often available radiological initial imagery to improve the precision of EEE.

The ct scan analysis of body composition has gain a lot of interest in many fields of medicine. The method was described a long time ago but only recently seen a wider use. Computed tomography is now part of the routine care for a lot of patients like in oncology or in trauma center. This allow to determine FFM and FM very precisely without increasing the radiation doses the patient is exposed to and provide very interesting informations to taylor better care for each patient. Knowing one patient is at higher risk of complication or toxicity from a treatment because of his low FFM can drastically change the way we take care of this very patient and maybe improve his outcome. In oncology the measurement of muscle mass was used to modify doses of chemotherapy and improve the outcome of patients (96–100).

Another promising way to determine skeletal muscle mass and function through imagery is the use of ultrasonography. It can be used to measure muscle mass and the alteration of it's function linked to muscle waste. Studies have shown that the evaluation of several muscles is correlated with the outcome in ICU (88,101,102). This tool can be used more often than ct scans, it is now essential in critical care for many reasons and we can use it regularly without exposing our patients to harmful radiation. But one of it's pitfall is the disparity of measurements ranging from the way we apply pressure on the probe, the way we place it... Ultrasonography has already been used to assess diaphragm thickness and it's link to respiratory failure and weaning failure (103).

Finally, MRI can also be used as tool to determine body composition but it is very impractical during critical illness due to it's many contraindications and the need of very specific materials due to his magnetic nature.

Our work has several limits. The main one being its clinical significance. We found that EEct was more precise than some of the most used formulae but performed worse than a simple modified Penn state formula (MPSF) that took norepinephrine usage in account. This MPSF is easily calculated thus overwhelm any other harder way to determine energy expenditure be it with indirect calorimetry or with another formula that impose meticulous ct scan outlining in term of clinical significance in the day to day practice. Another limit is the small and very specific population we studied. We only had 67 patients and those patients were quite specific limiting the projections of this work to other settings.

The choice of 15% of MEE to evaluate the precision of the equations can be discussed. In studies the cut-off vary between 5 to 20% (15,104). In our population 15% of MEE correspond to roughly 300 kcal/day. Knowing that the average length of stay is 14 days, a deficit of more than 15% of MEE lead to a deficit of 4000kcal which is the value leading to complications and worse outcome (3).

Manually outlining the cross section is time consuming but precise with very little anatomical knowledge. Several softwares have been created to automatically measure the surfaces of different body components using Hounsfield units thresholds but are expensive. The method we described there is free and can be used even in underprivileged units, its precision is equivalent compared to other automatic softwares (93).

Our work highlight the fact that contrary to what most guidelines state it may be best suited to use predictive equations that integrate some dynamic parameters like the Penn state one knowing the limits of indirect calorimetry and how time consuming and impractical it can be in ICU.

Body composition using radiological data is very promising and has seen a surge of interest in the last years. It can be use to better tailor the way we take care of a specific patient and improving his outcome. It can also be used to judge the risk of mortality or complication of a patient in some framework and allow the physician to react accordingly.

In conclusion, our work proved the link between FFM and energy expenditure in a trauma and surgical ICU and measuring FFM through ct scan imagery can help increase the precision of evaluated energy expenditure in comparison to the 20 to 25 kcal/kg/day promoted in most

guidelines, the Penn state equation but not a modified Penn state equation that also interger the use of Norepinephrine.

References

1. Tsai J-R, Chang W-T, Sheu C-C, Wu Y-J, Sheu Y-H, Liu P-L, et al. Inadequate energy delivery during early critical illness correlates with increased risk of mortality in patients who survive at least seven days: a retrospective study. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2011 Apr;30(2):209–14.
2. Villet S, Chioloro RL, Bollmann MD, Revelly J-P, Cayeux R N M-C, Delarue J, et al. Negative impact of hypocaloric feeding and energy balance on clinical outcome in ICU patients. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2005 Aug;24(4):502–9.
3. Dvir D, Cohen J, Singer P. Computerized energy balance and complications in critically ill patients: an observational study. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2006 Feb;25(1):37–44.
4. Singer P, Hiesmayr M, Biolo G, Felbinger TW, Berger MM, Goeters C, et al. Pragmatic approach to nutrition in the ICU: expert opinion regarding which calorie protein target. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2014 Apr;33(2):246–51.
5. Singer P, Pichard C, Heidegger CP, Wernerman J. Considering energy deficit in the intensive care unit. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2010 Mar;13(2):170–6.
6. Krishnan JA, Parce PB, Martinez A, Diette GB, Brower RG. Caloric intake in medical ICU patients: consistency of care with guidelines and relationship to clinical outcomes. *Chest*. 2003 Jul;124(1):297–305.
7. Marik PE, Hooper MH. Normocaloric versus hypocaloric feeding on the outcomes of ICU patients: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2016 Mar;42(3):316–23.
8. Berger MM, Soguel L, Charrière M, Thériault B, Pralong F, Schaller MD. Impact of the reduction of the recommended energy target in the ICU on protein delivery and clinical outcomes. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2017 Feb;36(1):281–7.
9. Compher C, Nicolo M, Chittams J, Kang Y, Day AG, Heyland DK. Clinical Outcomes in Critically Ill Patients Associated With the Use of Complex vs Weight-Only Predictive Energy Equations. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2015 Sep;39(7):864–9.
10. Klein CJ, Stanek GS, Wiles CE. Overfeeding macronutrients to critically ill adults: metabolic complications. *J Am Diet Assoc*. 1998 Jul;98(7):795–806.
11. Krakau K, Omne-Pontén M, Karlsson T, Borg J. Metabolism and nutrition in patients with moderate and severe traumatic brain injury: A systematic review. *Brain Inj*. 2006 Apr;20(4):345–67.
12. van den Berghe G, Wouters P, Weekers F, Verwaest C, Bruyninckx F, Schetz M, et al. Intensive insulin therapy in critically ill patients. *N Engl J Med*. 2001 Nov 8;345(19):1359–67.
13. Faisy C, Taylor SJ. Dépense énergétique en réanimation. *Réanimation*. 2009 Aug;18(6):477–85.
14. Fulbrook P, Bongers A, Albarran JW. A European survey of enteral nutrition practices and procedures in adult intensive care units. *J Clin Nurs*. 2007 Nov;16(11):2132–41.
15. Walker RN, Heuberger RA. Predictive equations for energy needs for the critically ill. *Respir Care*. 2009 Apr;54(4):509–21.

16. Reid CL. Poor agreement between continuous measurements of energy expenditure and routinely used prediction equations in intensive care unit patients. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2007 Oct;26(5):649–57.
17. Flancbaum L, Choban PS, Sambucco S, Verducci J, Burge JC. Comparison of indirect calorimetry, the Fick method, and prediction equations in estimating the energy requirements of critically ill patients. *Am J Clin Nutr*. 1999 Mar;69(3):461–6.
18. Frankenfield D, Hise M, Malone A, Russell M, Gradwell E, Compher C, et al. Prediction of resting metabolic rate in critically ill adult patients: results of a systematic review of the evidence. *J Am Diet Assoc*. 2007 Sep;107(9):1552–61.
19. Anderegg BA, Worrall C, Barbour E, Simpson KN, Delegge M. Comparison of resting energy expenditure prediction methods with measured resting energy expenditure in obese, hospitalized adults. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2009 Apr;33(2):168–75.
20. Battezzati A, Viganò R. Indirect calorimetry and nutritional problems in clinical practice. *Acta Diabetol*. 2001;38(1):1–5.
21. Nagano A, Yamada Y, Miyake H, Domen K, Koyama T. Comparisons of Predictive Equations for Resting Energy Expenditure in Patients with Cerebral Infarct during Acute Care. *J Stroke Cerebrovasc Dis Off J Natl Stroke Assoc*. 2015 Aug;24(8):1879–85.
22. Kaneko K, Ito C, Koizumi K, Watanabe S, Umeda Y, Ishikawa-Takata K. Resting energy expenditure (REE) in six- to seventeen-year-old Japanese children and adolescents. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 2013;59(4):299–309.
23. Horie LM, Gonzalez MC, Torrinhas RS, Cecconello I, Waitzberg DL. New specific equation to estimate resting energy expenditure in severely obese patients. *Obes Silver Spring Md*. 2011 May;19(5):1090–4.
24. Rotella CM, Dicembrini I. Measurement of body composition as a surrogate evaluation of energy balance in obese patients. *World J Methodol*. 2015 Mar 26;5(1):1–9.
25. Rousing ML, Hahn-Pedersen MH, Andreassen S, Pielmeier U, Preiser J-C. Energy expenditure in critically ill patients estimated by population-based equations, indirect calorimetry and CO₂-based indirect calorimetry. *Ann Intensive Care*. 2016 Dec;6(1):16.
26. Tatucu-Babet OA, Ridley EJ, Tierney AC. Prevalence of Underprescription or Overprescription of Energy Needs in Critically Ill Mechanically Ventilated Adults as Determined by Indirect Calorimetry: A Systematic Literature Review. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2016 Feb;40(2):212–25.
27. Kross EK, Sena M, Schmidt K, Stapleton RD. A comparison of predictive equations of energy expenditure and measured energy expenditure in critically ill patients. *J Crit Care*. 2012 Jun;27(3):321.e5-12.
28. Frankenfield D, Roth-Yousey L, Compher C. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc*. 2005 May;105(5):775–89.

29. Hwang TL, Huang SL, Chen MF. The use of indirect calorimetry in critically ill patients--the relationship of measured energy expenditure to Injury Severity Score, Septic Severity Score, and APACHE II Score. *J Trauma*. 1993 Feb;34(2):247–51.
30. Frankenfield DC, Omert LA, Badellino MM, Wiles CE, Bagley SM, Goodarzi S, et al. Correlation between measured energy expenditure and clinically obtained variables in trauma and sepsis patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 1994 Oct;18(5):398–403.
31. Frankenfield DC, Ashcraft CM. Estimating Energy Needs in Nutrition Support Patients. *J Parenter Enter Nutr*. 2011 Sep 1;35(5):563–70.
32. Singer P, Berger MM, Van den Berghe G, Biolo G, Calder P, Forbes A, et al. ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: intensive care. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2009 Aug;28(4):387–400.
33. Kreymann KG, Berger MM, Deutz NEP, Hiesmayr M, Jolliet P, Kazandjiev G, et al. ESPEN Guidelines on Enteral Nutrition: Intensive care. *Clin Nutr*. 2006 Apr;25(2):210–23.
34. Lefrant J-Y, Hurel D, Cano NJ, Ichai C, Preiser J-C, Tamion F. Nutrition artificielle en réanimation. *Ann Fr Anesth Réanimation*. 2014 Mar;33(3):202–18.
35. Heyland DK, Dhaliwal R, Drover JW, Gramlich L, Dodek P, Canadian Critical Care Clinical Practice Guidelines Committee. Canadian clinical practice guidelines for nutrition support in mechanically ventilated, critically ill adult patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2003 Oct;27(5):355–73.
36. Guidelines for the Provision and Assessment of Nutrition Support Therapy in the Adult Critically Ill Patient - Jan 14, 2016 [Internet]. [cited 2017 Mar 16]. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0148607115621863>
37. Segadilha NLAL, Rocha EEM, Tanaka LMS, Gomes KLP, Espinoza REA, Peres WAF. Energy Expenditure in Critically Ill Elderly Patients: Indirect Calorimetry vs Predictive Equations. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2016 Jan 29;
38. Singer P, Singer J. Clinical Guide for the Use of Metabolic Carts: Indirect Calorimetry--No Longer the Orphan of Energy Estimation. *Nutr Clin Pract Off Publ Am Soc Parenter Enter Nutr*. 2016 Feb;31(1):30–8.
39. Hoffer LJ. Protein and energy provision in critical illness. *Am J Clin Nutr*. 2003 Jan 11;78(5):906–11.
40. Alexander E, Susla GM, Burstein AH, Brown DT, Ognibene FP. Retrospective evaluation of commonly used equations to predict energy expenditure in mechanically ventilated, critically ill patients. *Pharmacotherapy*. 2004 Dec;24(12):1659–67.
41. Uehara M, Plank LD, Hill GL. Components of energy expenditure in patients with severe sepsis and major trauma: a basis for clinical care. *Crit Care Med*. 1999 Jul;27(7):1295–302.
42. Frankenfield DC, Ashcraft CM, Galvan DA. Prediction of resting metabolic rate in critically ill patients at the extremes of body mass index. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2013 Jun;37(3):361–7.

43. Petros S, Engelmann L. Validity of an abbreviated indirect calorimetry protocol for measurement of resting energy expenditure in mechanically ventilated and spontaneously breathing critically ill patients. *Intensive Care Med.* 2001 Jul;27(7):1164–8.
44. Weir JBDB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol.* 1949 Aug;109(1–2):1–9.
45. Singer P, Anbar R, Cohen J, Shapiro H, Shalita-Chesner M, Lev S, et al. The tight calorie control study (TICACOS): a prospective, randomized, controlled pilot study of nutritional support in critically ill patients. *Intensive Care Med.* 2011 Apr;37(4):601–9.
46. Sundström M, Tjäder I, Rooyackers O, Wernerman J. Indirect calorimetry in mechanically ventilated patients. A systematic comparison of three instruments. *Clin Nutr Edinb Scotl.* 2013 Feb;32(1):118–21.
47. Fraipont V, Preiser J-C. Energy estimation and measurement in critically ill patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2013 Nov;37(6):705–13.
48. Lev S, Cohen J, Singer P. Indirect calorimetry measurements in the ventilated critically ill patient: facts and controversies--the heat is on. *Crit Care Clin.* 2010 Oct;26(4):e1-9.
49. Guttormsen AB, Pichard C. Determining energy requirements in the ICU. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2014 Mar;17(2):171–6.
50. Sabounchi NS, Rahmandad H, Ammerman A. Best-fitting prediction equations for basal metabolic rate: informing obesity interventions in diverse populations. *Int J Obes* 2005. 2013 Oct;37(10):1364–70.
51. Cunningham JJ. Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *Am J Clin Nutr.* 1991 Dec;54(6):963–9.
52. Nelson KM, Weinsier RL, Long CL, Schutz Y. Prediction of resting energy expenditure from fat-free mass and fat mass. *Am J Clin Nutr.* 1992 Nov;56(5):848–56.
53. Müller MJ, Bosity-Westphal A, Klaus S, Kreyman G, Lührmann PM, Neuhäuser-Berthold M, et al. World Health Organization equations have shortcomings for predicting resting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: generation of a new reference standard from a retrospective analysis of a German database of resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr.* 2004 Nov;80(5):1379–90.
54. Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr.* 1990 Feb;51(2):241–7.
55. van der Ploeg GE, Withers RT. Predicting the resting metabolic rate of 30-60-year-old Australian males. *Eur J Clin Nutr.* 2002 Aug;56(8):701–8.
56. Nielsen S, Hensrud DD, Romanski S, Levine JA, Burguera B, Jensen MD. Body composition and resting energy expenditure in humans: role of fat, fat-free mass and extracellular fluid. *Int J Obes Relat Metab Disord J Int Assoc Study Obes.* 2000 Sep;24(9):1153–7.
57. Salas JS, Moukarzel E, Dozio E, Goulet OJ, Putet G, Ricour C. Estimating resting energy expenditure by simple lean-body-mass indicators in children on total parenteral nutrition. *Am J Clin Nutr.* 1990 Jun;51(6):958–62.

58. Jésus P, Achamrah N, Grigioni S, Charles J, Rimbert A, Folope V, et al. Validity of predictive equations for resting energy expenditure according to the body mass index in a population of 1726 patients followed in a Nutrition Unit. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2015 Jun;34(3):529–35.
59. Batterham MJ, Morgan-Jones J, Greenop P, Garsia R, Gold J, Caterson I. Calculating energy requirements for men with HIV/AIDS in the era of highly active antiretroviral therapy. *Eur J Clin Nutr*. 2003 Feb;57(2):209–17.
60. Ellis AC, Rosenfeld J. Which equation best predicts energy expenditure in amyotrophic lateral sclerosis? *J Am Diet Assoc*. 2011 Nov;111(11):1680–7.
61. Neelemaat F, van Bokhorst-de van der Schueren MAE, Thijs A, Seidell JC, Weijs PJM. Resting energy expenditure in malnourished older patients at hospital admission and three months after discharge: predictive equations versus measurements. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2012 Dec;31(6):958–66.
62. Metsios GS, Stavropoulos-Kalinoglou A, Panoulas VF, Koutedakis Y, Nevill AM, Douglas KMJ, et al. New resting energy expenditure prediction equations for patients with rheumatoid arthritis. *Rheumatol Oxf Engl*. 2008 Apr;47(4):500–6.
63. Barak N, Wall-Alonso E, Sitrin MD. Evaluation of stress factors and body weight adjustments currently used to estimate energy expenditure in hospitalized patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2002 Aug;26(4):231–8.
64. Barak N, Wall-Alonso E, Cheng A, Sitrin MD. Use of bioelectrical impedance analysis to predict energy expenditure of hospitalized patients receiving nutrition support. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2003 Feb;27(1):43–6.
65. Cameron JD, Sigal RJ, Kenny GP, Alberga AS, Prud'homme D, Phillips P, et al. Body composition and energy intake - skeletal muscle mass is the strongest predictor of food intake in obese adolescents: The HEARTY trial. *Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab*. 2016 Jun;41(6):611–7.
66. Stucky C-CH, Moncure M, Hise M, Gossage CM, Northrop D. How accurate are resting energy expenditure prediction equations in obese trauma and burn patients? *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2008 Aug;32(4):420–6.
67. Moisey LL, Mourtzakis M, Cotton BA, Premji T, Heyland DK, Wade CE, et al. Skeletal muscle predicts ventilator-free days, ICU-free days, and mortality in elderly ICU patients. *Crit Care Lond Engl*. 2013 Sep 19;17(5):R206.
68. Weijs PJM, Looijaard WGPM, Dekker IM, Stapel SN, Girbes AR, Oudemans-van Straaten HM, et al. Low skeletal muscle area is a risk factor for mortality in mechanically ventilated critically ill patients. *Crit Care Lond Engl*. 2014 Jan 13;18(2):R12.
69. Ghorabi S, Ardehali H, Amiri Z, Vahdat Shariatpanahi Z. Association of the Adductor Pollicis Muscle Thickness With Clinical Outcomes in Intensive Care Unit Patients. *Nutr Clin Pract Off Publ Am Soc Parenter Enter Nutr*. 2016 Aug;31(4):523–6.
70. Thibault R, Makhoulouf A-M, Mulliez A, Cristina Gonzalez M, Kekstas G, Kozjek NR, et al. Fat-free mass at admission predicts 28-day mortality in intensive care unit patients: the international prospective observational study Phase Angle Project. *Intensive Care Med*. 2016 Sep;42(9):1445–53.

71. Wischmeyer PE, San-Millan I. Winning the war against ICU-acquired weakness: new innovations in nutrition and exercise physiology. *Crit Care Lond Engl*. 2015;19 Suppl 3:S6.
72. JOGLEKAR S, ASGHAR A, MOTT SL, JOHNSON BE, BUTTON AM, CLARK E, et al. Sarcopenia Is an Independent Predictor of Complications Following Pancreatectomy for Adenocarcinoma. *J Surg Oncol*. 2015 May;111(6):771–5.
73. Weig T, Milger K, Langhans B, Janitza S, Ssic A, Kenn K, et al. Core Muscle Size Predicts Postoperative Outcome in Lung Transplant Candidates. *Ann Thorac Surg*. 2016 Apr;101(4):1318–25.
74. Ellis KJ. Human body composition: in vivo methods. *Physiol Rev*. 2000 Apr;80(2):649–80.
75. Andreoli A, Garaci F, Cafarelli FP, Guglielmi G. Body composition in clinical practice. *Eur J Radiol*. 2016 Aug;85(8):1461–8.
76. Mitsiopoulos N, Baumgartner RN, Heymsfield SB, Lyons W, Gallagher D, Ross R. Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 1998 Jul;85(1):115–22.
77. Bredella MA, Ghomi RH, Thomas BJ, Torriani M, Brick DJ, Gerweck AV, et al. Comparison of DXA and CT in the assessment of body composition in premenopausal women with obesity and anorexia nervosa. *Obes Silver Spring Md*. 2010 Nov;18(11):2227–33.
78. Tong Y, Udupa JK, Torigian DA. Optimization of abdominal fat quantification on CT imaging through use of standardized anatomic space: A novel approach. *Med Phys [Internet]*. 2014 Jun [cited 2017 Mar 17];41(6). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4032419/>
79. Shen W, Punyanitya M, Wang Z, Gallagher D, St-Onge M-P, Albu J, et al. Total body skeletal muscle and adipose tissue volumes: estimation from a single abdominal cross-sectional image. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 2004 Dec;97(6):2333–8.
80. Shen W, Punyanitya M, Wang Z, Gallagher D, St-Onge M-P, Albu J, et al. Visceral adipose tissue: relations between single-slice areas and total volume. *Am J Clin Nutr*. 2004 Aug;80(2):271–8.
81. Maislin G, Ahmed MM, Gooneratne N, Thorne-Fitzgerald M, Kim C, Teff K, et al. Single Slice vs. Volumetric MR Assessment of Visceral Adipose Tissue - Reliability and Validity Among the Overweight and Obese. *Obes Silver Spring Md*. 2012 Oct;20(10):2124–32.
82. O'Connor M, Ryan J, Foley S. Best single-slice location to measure visceral adipose tissue on paediatric CT scans and the relationship between anthropometric measurements, gender and VAT volume in children. *Br J Radiol [Internet]*. 2015 Oct [cited 2017 Mar 17];88(1054). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4730959/>
83. Sheean PM, Peterson SJ, Gomez Perez S, Troy KL, Patel A, Sclamberg JS, et al. The prevalence of sarcopenia in patients with respiratory failure classified as normally nourished using computed tomography and subjective global assessment. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2014 Sep;38(7):873–9.

84. Weig T, Irlbeck T, Frey L, Paprottka P, Irlbeck M. [Above and beyond BMI : Alternative methods of measuring body fat and muscle mass in critically ill patients and their clinical significance]. *Anaesthetist*. 2016 Sep;65(9):655–62.
85. Dériaz O, Fournier G, Tremblay A, Després JP, Bouchard C. Lean-body-mass composition and resting energy expenditure before and after long-term overfeeding. *Am J Clin Nutr*. 1992 Nov;56(5):840–7.
86. Looijaard WGPM, Dekker IM, Stapel SN, Girbes ARJ, Twisk JWR, Oudemans-van Straaten HM, et al. Skeletal muscle quality as assessed by CT-derived skeletal muscle density is associated with 6-month mortality in mechanically ventilated critically ill patients. *Crit Care Lond Engl*. 2016 Dec 1;20(1):386.
87. Weijs PJM. Fundamental determinants of protein requirements in the ICU. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2014 Mar;17(2):183–9.
88. Parry SM, El-Ansary D, Cartwright MS, Sarwal A, Berney S, Koopman R, et al. Ultrasonography in the intensive care setting can be used to detect changes in the quality and quantity of muscle and is related to muscle strength and function. *J Crit Care*. 2015 Oct;30(5):1151.e9-14.
89. McLellan S, Walsh T, Burdess A, Lee A. Comparison between the Datex-Ohmeda M-COVX metabolic monitor and the Deltatrac II in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med*. 2002 Jul;28(7):870–6.
90. Gomez-Perez SL, Haus JM, Sheean P, Patel B, Mar W, Chaudhry V, et al. Measuring abdominal circumference and skeletal muscle from a single cross-sectional CT image: a step-by-step guide for clinicians using National Institutes of Health ImageJ. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2016 Mar;40(3):308–18.
91. Mourtzakis M, Prado CMM, Lieffers JR, Reiman T, McCargar LJ, Baracos VE. A practical and precise approach to quantification of body composition in cancer patients using computed tomography images acquired during routine care. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2008 Sep 25;33(5):997–1006.
92. Yip C, Dinkel C, Mahajan A, Siddique M, Cook GJR, Goh V. Imaging body composition in cancer patients: visceral obesity, sarcopenia and sarcopenic obesity may impact on clinical outcome. *Insights Imaging*. 2015 Jun 13;6(4):489–97.
93. Irving BA, Weltman JY, Brock DW, Davis CK, Gaesser GA, Weltman A. NIH ImageJ and Slice-O-Matic Computed Tomography Imaging Software to Quantify Soft Tissue. *Obesity*. 2007 Feb 1;15(2):370–6.
94. Cuthbertson DP, Angeles Valero Zanuy MA, León Sanz ML. Post-shock metabolic response. 1942. *Nutr Hosp*. 2001 Oct;16(5):176-182-176.
95. Wischmeyer PE. The evolution of nutrition in critical care: how much, how soon? *Crit Care*. 2013;17(Suppl 1):S7.
96. Sjøblom B, Benth JŠ, Grønberg BH, Baracos VE, Sawyer MB, Fløtten Ø, et al. Drug Dose Per Kilogram Lean Body Mass Predicts Hematologic Toxicity From Carboplatin-Doublet Chemotherapy in Advanced Non-Small-Cell Lung Cancer. *Clin Lung Cancer*. 2017 Mar;18(2):e129–36.

97. Ali R, Baracos VE, Sawyer MB, Bianchi L, Roberts S, Assenat E, et al. Lean body mass as an independent determinant of dose-limiting toxicity and neuropathy in patients with colon cancer treated with FOLFOX regimens. *Cancer Med*. 2016 Apr;5(4):607–16.
98. Jacquelin-Ravel N, Aapro M, Pichard C. [Body composition: decision making support in oncology, current and future practices]. *Rev Med Suisse*. 2012 May 23;8(342):1118–23.
99. Crosby V, D'Souza C, Bristow C, Proffitt A, Hussain A, Potter V, et al. Can body composition be used to optimize the dose of platinum chemotherapy in lung cancer? A feasibility study. *Support Care Cancer Off J Multinatl Assoc Support Care Cancer*. 2017 Apr;25(4):1257–61.
100. Hasenberg T, Essenbreis M, Herold A, Post S, Shang E. Early supplementation of parenteral nutrition is capable of improving quality of life, chemotherapy-related toxicity and body composition in patients with advanced colorectal carcinoma undergoing palliative treatment: results from a prospective, randomized clinical trial. *Colorectal Dis Off J Assoc Coloproctology G B Irel*. 2010 Oct;12(10 Online):e190-199.
101. Puthuchery ZA, Rawal J, McPhail M, Connolly B, Ratnayake G, Chan P, et al. Acute skeletal muscle wasting in critical illness. *JAMA*. 2013 Oct 16;310(15):1591–600.
102. Fischer A, Spiegl M, Altmann K, Winkler A, Salamon A, Themessl-Huber M, et al. Muscle mass, strength and functional outcomes in critically ill patients after cardiothoracic surgery: does neuromuscular electrical stimulation help? The Catastim 2 randomized controlled trial. *Crit Care Lond Engl*. 2016 Jan 29;20:30.
103. Kim WY, Suh HJ, Hong S-B, Koh Y, Lim C-M. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 2011 Dec;39(12):2627–30.
104. Savard J-F, Faisy C, Lerolle N, Guerot E, Diehl J-L, Fagon J-Y. Validation of a predictive method for an accurate assessment of resting energy expenditure in medical mechanically ventilated patients. *Crit Care Med*. 2008 Apr;36(4):1175–83.

Discussion des résultats

1. Choix de la méthode d'évaluation de la MM :

La MM constitue l'un des principal déterminant de la DE dans la population générale et est très variable d'un sujet à l'autre. Plusieurs moyens de la mesurer existent présentant chacun ses avantages et ses inconvénients

Notre travail montre que la mesure de la MM sur le scanner initial (73) en réanimation chirurgicale et traumatologique **est possible et accessible** dans une majorité des cas.

De nombreux autres moyens d'évaluer la MM existent mais sont incompatibles avec une activité de réanimation.

- **Les mesures anthropométriques et des différents plis cutanés (73)** sont parfois difficiles à réaliser chez des patients lourdement sédatisés, parfois même contre-indiquées du fait des mobilisations qu'elles impliquent. De plus l'inflation hydrique, problème fréquemment rencontré chez les patients de réanimation, rend la mesure des différents plis cutanés aléatoire et imprécise.

- **La détermination de la densité corporelle (73)** soit par hydrodensitométrie en utilisant le principe d'Archimède et en plongeant le patient dans l'eau, soit en plaçant le patient dans une chambre de pléthysmographie hermétique et en utilisant la loi de Boyle-Mariote. Ces deux méthodes sont difficilement envisageables en réanimation.

- **La mesure de l'eau totale (73)** faite par dilution d'un traceur et prélèvements de liquides biologiques est une méthode couteuse qui nécessite des analyses complexes. Cette mesure de l'eau totale peut également être réalisée par impédancemétrie bioélectrique. Elle présente l'avantage d'être non invasive, réalisable au lit du patient mais peu précise lors des variations importantes de poids, d'inflation hydrique et chez les patients obèses.

- **Le comptage du potassium 40** (73), isotope naturellement présent dans l'organisme, mais nécessitant de placer le patient dans une chambre blindée spécialement conçue pour réaliser ce type de mesures.

- **L'absorptiométrie bi-énergétique** (73) permet de mesurer les différents composants tissulaires mais au prix d'une exposition à des rayonnements ionisants et l'utilisation de matériel coûteux.

- **L'analyse d'image d'IRM** (73) bien que très précise et n'exposant pas le patient à des rayonnements ionisants, les contraintes liées au déplacement du patient, la mise en place de matériel aimanté et la durée prolongée pour l'acquisition des images limite son utilisation en réanimation

D'autres sont compatibles avec les impératifs de la réanimation :

- **L'analyse d'images de scanner** est réalisable dans le cadre des réanimations chirurgicales ou traumatologiques car elle fait régulièrement partie des examens initiaux. **Une analyse des coupes à hauteur de L3** est fréquemment utilisée et permet de déterminer MM et MG très précisément (67,68). En oncologie la mesure scannographique de la MM permet de prédire la survenue d'évènements indésirables suite aux chimiothérapies, ceci n'a pas été étudié en réanimation. **Le surlignage manuel des coupes à hauteur de L3**, est chronophage, les mesures devant être répétées pour plus de précision. Malgré tout, ces techniques restent accessibles avec des connaissances anatomiques basiques et plus rapide à réaliser avec l'expérience de l'opérateur. Plusieurs logiciels ont été créés pour mesurer automatiquement les surfaces des différents composants du corps à l'aide de seuils en unité Hounsfield comme l'utilise Baracos et al. (60). Cependant ceci nécessite l'achat de licences et présente un coût supplémentaire. **Le surlignage manuel n'engendre pas de coûts supplémentaires** et peut être utilisé dans n'importe quelle unité de réanimation. Le travail de Gomez-Perez et al. (70) permet de guider pas à pas tout praticien dans les mesures scanner de MM. Le logiciel gratuit ImageJ mis à disposition par le NUH ainsi que l'installation de plug-ins créés par une communauté dédiée permettent de se former facilement. Cependant il faut prendre en compte l'exposition aux rayonnements ionisants.

- **L'échographie** est une autre technique prometteuse d'analyse de la composition corporelle (74). Elle peut être utilisée pour mesurer l'altération musculaire. Fréquemment utilisé en pratique quotidienne au lit du malade, cet outil n'expose pas aux rayonnements ionisants. Cependant les mesures sont soumises à **d'importantes variations** en fonction de la pression ou l'inclinaison de la sonde par exemple. L'échographie sert déjà à **analyser le muscle diaphragmatique** pour évaluer l'état respiratoire dans l'éventualité d'un sevrage de la ventilation mécanique difficile chez le patient intubé (75). Son utilisation pour déterminer la quantité et la qualité du tissu musculaire pourrait se généraliser.

Dans notre travail préliminaire nous avons réalisé des mesures anthropométriques du pli tricipital et de la circonférence brachiale pour calculer la MM et la MG de façon « classique ». Ces mesures de masse musculaire et grasse anthropométriques **n'étaient pas corrélées** avec les mesures scannographiques ni avec nos mesures calorimétriques de façon étonnante. Ceci peut être expliqué par l'imprécision de ces mesures pour les raisons citées, la difficulté de mettre le patient assis, l'œdème lié à l'agression, à l'accroissement du secteur interstitiel lié au remplissage mais également par le choix de la formule. Certaines formules sont plus corrélées avec la MM (76) mais sont non utilisables dans notre travail par manque de données recueillies.

L'analyse scannographique de la composition corporelle a prouvé son intérêt dans de nombreuses situations médicales. Sa précision et la fréquence de cet examen en réanimation chirurgicale et traumatologique nous ont porté vers ce choix.

2. Corrélation entre MM et DE

L'originalité de notre travail est qu'il s'agit de la **première étude** évaluant la corrélation entre MM mesurée de façon radiologique et DE chez des patients de réanimation. Dans la littérature, la MM est souvent étudiée comme facteur pronostique.

Dans notre population, la **relation entre MM et DE est plus faible** que dans la population générale. En effet la part de la variabilité de la DE expliquée par la MM est de 45% à la phase initiale chez nos patients de réanimation contre 70% à 80% dans la population générale en moyenne (77). Cette corrélation **est statistiquement significative en analyse univariée** ($p = 0,0001$) mais pas en analyse multivariée lorsque les autres facteurs principaux (température, âge, taille, poids, ventilation minute, utilisation de noradrénaline) sont pris en considération.

Cette faible corrélation peut être expliquée par :

- **Un possible biais de sélection** : les patients inclus étaient ceux dont l'évaluation de la DE était erronée avec la formule de Penn state. Ces derniers présentaient probablement des caractéristiques particulières expliquant la faible participation de la MM dans la DE.

- **La variabilité de la DE des patients de réanimation** (6). De nombreux facteurs confondants viennent modifier la mesure de DE de nos patients. Il s'agit de facteurs intrinsèques tels que l'âge, le sexe, le poids, la taille, la température corporelle mais également extrinsèques tels que le type de traumatisme, les thérapeutiques introduites (principalement les curares, les sédatifs et les amines), le mode ventilatoire utilisé, etc... Ainsi il est difficile de préjuger sur une seule mesure de CI d'un objectif nutritionnel constant sur l'ensemble de l'hospitalisation en réanimation. Le résultat d'une CI n'est valable que sur la journée de mesure et le consensus actuel repose sur le fait que tout changement de l'état clinique du patient, de ses thérapeutiques ou du mode ventilatoire nécessite une nouvelle mesure de CI.

- **Les nombreuses perturbations neuro-endocrines suivant une agression majeure** (78) avec altération des voies métaboliques classiques entraînant une résistance à l'insuline, une rétention hydro-sodée, un catabolisme protéique important, l'augmentation de la production de glucose, l'inhibition de la lipolyse de jeûne. Il faut également prendre en compte la mise en jeu de voies métaboliques accessoires tel que la production de lactates en cas d'inadéquation entre besoins et consommation d'oxygène.

- **Le choix du calorimètre utilisé**. En effet le M-COVX n'est pas l'appareil de référence (Deltatrak) (79) mais a été validé par des études cliniques (80)

- **L'altération du métabolisme musculaire** par l'utilisation de curares mais aussi par le traumatisme lui-même.

- Une éventuelle **instabilité infraclinique du patient** : pour limiter ce risque nous avons réalisé les mesures après au moins 2 heures de stabilité hémodynamique et respiratoire. Cependant la stabilité macrocirculatoire constatée ne renseigne pas forcément sur l'état microcirculatoire du patient et peut être altérée. Nous n'avons pas effectué de dosage du taux de lactates pour nous en assurer par exemple. Si c'est le cas les mesures de CI peuvent être faussées.

- **Des valeurs aberrantes pour certains patients** présentant une faible MM mais une DE mesurée très élevée et inversement. En effet 8 (12%) patients semblent présenter des mesures de DE et de MM discordants par rapport au reste de la population étudiée. Le coefficient de corrélation de Pearson utilisé dans notre analyse est très sensible à ce type de valeurs extrêmes. Ceci peut être expliqué par la **variabilité de la DE au cours de l'hospitalisation en réanimation** (6,7) en fonction de l'évolution clinique et des thérapeutiques entreprises. Les patients présentant une DE prédite surévaluée étaient statistiquement **plus petits, avec un poids et une surface musculaire plus faible**.

3. Amélioration de la prédiction de la DE

Après avoir défini la corrélation entre DE et MM nous avons cherché à **améliorer la prédictibilité de la DE** en fonction de la composition corporelle définie sur les scanners en créant une nouvelle formule. En analyse multivariée, la masse maigre n'était pas un facteur statistiquement significatif. **La masse grasse** en association avec l'âge du patient, sa taille, sa température, sa ventilation minute, l'utilisation de noradrénaline permettaient d'améliorer la prédiction de la DE ($R^2 = 0,65$) par rapport aux autres formules. Celle de Penn state et la formule des recommandations actuelles présentaient un R^2 de 0,57 et 0,32 respectivement.

La nouvelle formule proposée était la suivante :

$$EEE_{ct} \text{ (kcal/j)} = -6224 + (55,735 \times VM) + (1444,5 \times T) + (-6,7 \times \text{Age}) + (-297 \times \text{Nor}) + (13,3 \times \text{MG}) + (13,3 \times \text{Taille})$$

Nous avons comparé l'application de cette formule aux résultats obtenus avec la formule de Penn state et celle des recommandations formalisées d'experts (25 kcal/kg/jour)

-Nouvelle formule :

- > 25 patients (37%) étaient mal classés
- > 7 patients (10%) présentaient une DE sous évaluée
- > 18 (27%) présentaient une DE surévaluée

- Formule de Penn state :

- > 32 patients (48%) étaient mal classés
- > 9 patients (13,5%) présentaient une DE sous évaluée
- > 23 (34,5%) présentaient une DE surévaluée
- > 7 patients (10%) de plus qu'avec la nouvelle formule étaient mal classés

- Formule simplifiée basée sur le poids (25 kcal/kg/j) :

- > 46 patients (68%) étaient mal classés
- > 8 (12%) présentaient une DE sous évaluée
- > 38 (56%) présentaient une DE surévaluée
- > 21 patients (31%) de plus qu'avec la nouvelle formule étaient mal classés

Cette formule permet également de **limiter la sous évaluation de la DE** et par conséquent le risque de sous nutrition.

On constate également que la **formule de 25 kcal/kg/j préconisée** dans les guides de bonnes pratiques tant nord-américains que européens, peuvent conduire à **un excès calorique** dans notre population. Elle présente également une **mauvaise corrélation** avec les données calorimétriques ($R^2 = 0,32$)

La CI est la méthode recommandée pour déterminer la DE des patients de réanimation. Cependant le **niveau de recommandation est faible** en France (18). Il n'existe pas d'étude

prouvant qu'un protocole de nutrition basé sur des mesures calorimétriques permet d'apporter un bénéfice en termes de diminution de mortalité et de complications. Sa mise en œuvre est coûteuse tant sur le plan matériel qu'humain. On ne peut écarter un **biais de mesure** du fait des variations allant jusqu'à 10% avec l'appareil utilisé (80). En pratique clinique de nombreux patients de réanimation sont exclus des mesures du fait des limites décrites précédemment. La réalisation de la CI est chronophage. L'évaluation de l'état hémodynamique d'un patient primera souvent sur l'évaluation de son état nutritionnel par CI. Bien que l'importance d'une nutrition adaptée ait été démontrée, elle semble souvent moindre que d'autres grands axes de prise en charge des patients de réanimation. De ce fait l'utilisation de formules prédictives semble justifiable en connaissance des limites de chacune d'entre elles pour la majorité des patients, en réservant ainsi l'utilisation de la CI aux patients présentant des poids ou des âges extrêmes.

4. Limites de l'étude :

Malgré des résultats encourageants notre étude présente quelques limites :

- Il s'agit d'une étude **rétrospective et monocentrique**

- La détermination de la composition corporelle **manque de pertinence clinique**. En effet sa corrélation avec la DE est faible dans notre population. De plus l'application d'une formule modifiée de Penn state (FMPS) prenant en compte l'utilisation de noradrénaline était **plus performante** dans l'évaluation de la DE que la formule dépendant de la MG. Elle permettait de « bien classer » 47 (70%) des patients contre 42 (63%) avec la formule dérivée des analyses des scanners. La FMPS est beaucoup **plus facile et rapide** à calculer que la formule nécessitant un contour manuel des différents tissus. Les paramètres pris en compte dans la FMPS sont cliniques et accessibles directement au lit du malade sans avoir à faire de mesures supplémentaires. Ainsi devant ces avantages associés à une **précision de 70%** elle surpasse la formule avec MG et la CI.

- **Biais de sélection**, l'effectif de notre étude est faible (67 patients). De plus il s'agit de patients issus de la réanimation chirurgicale et traumatologiques **présentant déjà des difficultés d'évaluation de la DE** et probablement non représentatifs de la population

générale retrouvée en réanimation. La majorité de ces patients présentaient une sous évaluation de leur DE avec la formule de Penn state (n = 50, 75%). **Il n'existait pas de différence significative en termes d'âge, de poids, de sexe, de niveau de sédation, d'utilisation de barbituriques, de température corporelle, de fréquence cardiaque et d'apport calorique sur les dernières 24 heures** entre les patients ayant une prédiction correcte avec la formule de Penn state et ceux où elle était erronée. La DE était statistiquement différente entre les 2 groupes (1752 ± 351 kcal/j pour le mode VAC contre 1983 ± 437 kcal/j pour le mode VSAI-PEP ; p < 0,001) ce qui est retrouvé dans la littérature (81). Cette différence entre les modes ventilatoires peut s'expliquer par la différence de gravité de l'état clinique des patients, le mode ventilation spontanée (VSAI-PEP) étant souvent débuté après la phase de choc initial et avec un niveau de sédation plus bas. En effet **en dehors du mode ventilatoire**, si des critères permettent de différencier ces deux groupes de patients ils n'ont pas été étudiés dans ce travail et ne correspondent pas aux critères fréquemment décrits. **La formule de Penn state** a été créée suite à l'étude de 130 patients après la survenue d'accidents vasculaires cérébraux ischémiques ou hémorragiques. Les auteurs retrouvaient une influence de la taille, du poids, de la température centrale et de la ventilation minute chez ces patients présentant des lésions cérébrales non traumatiques. **La température corporelle** joue un rôle majeur pour expliquer la variabilité de la DE que ce soit dans notre étude ou dans la littérature (6) et semble être un des facteurs essentiels si l'on cherche à évaluer précisément la DE.

- Le **choix de la valeur « cut-off » de 15%** de la DE mesurée pour évaluer la performance prédictive des équations. Ce choix est discutable. Dans les études, le seuil varie entre 5 et 20% en fonction du travail pris en compte (22,33,34). Malgré tout la borne de 15% est **régulièrement celle choisie dans la littérature**. De plus dans notre population, 15% de DE correspondent à environ 300 kcal / jour. En considérant que la durée moyenne de séjour est de 14 jours, un déficit de plus de 15% dans notre population **entraîne un déficit de plus de 4000 kcal** sur le séjour. C'est à ce taux que Dvir et al. a démontré une augmentation majeure du taux de complications (3) type sepsis, détresse respiratoire, insuffisance rénale, nécessité de recours à la chirurgie. Ainsi toute stratégie nutritionnelle doit s'attacher à respecter le plus précisément possible les besoins du patient et éviter un déficit énergétique trop important source de mauvais pronostic.

- L'évaluation de la **DE ne reflète pas forcément les besoins métaboliques réels** des patients. Même si l'objectif calorique strict est défini, ceci ne suffit pas à garantir cet apport. Dans la littérature (82,83) il existe de grande disparité entre l'évaluation de la DE, la prescription de nutrition artificielle et la quantité reçue in fine par le patient. Cahill et al. (83) retrouvent que les apports caloriques et protéiques adéquats n'étaient reçus que par 60% de patients sur une cohorte de 2946 sujets dans 158 services de réanimation. Des complications fréquentes en réanimation tels que l'iléus, la gastroparésie, la difficulté de voie d'abord ou le simple dysfonctionnement des pompes (servant à délivrer le mélange nutritif) entraînent une **inadéquation entre le volume prescrit et effectivement reçu par le patient**. Certaines études comme TICACOS (84) semblent montrer qu'un contrôle strict des apports nutritifs est essentiel bien que ces résultats peuvent être discutés.

- **La balance protidique n'a pas été évaluée dans notre étude**. Bien que l'objectif énergétique soit important, des études montrent qu'un déficit protidique est également source de complications (4,12,21,26). Elle entraîne une importante atteinte musculaire (85) et ses conséquences persistent plusieurs années après le séjour en réanimation (57). Cette balance protidique est difficile à déterminer et nécessite des examens spécifiques et coûteux pour une évaluation précise. La CI ne renseigne pas sur cette balance protidique, ainsi garantir l'apport énergétique n'assure pas l'apport protéique des patients.

- **La DE est probablement surestimée** par rapport à d'autres travaux. La nutrition artificielle (entérale ou parentérale) a été poursuivie pendant les mesures de CI dans notre étude. Ceci entraîne une augmentation de la DE par l'augmentation de la dépense induite par la digestion, l'absorption et le stockage des nutriments. Des auteurs ont étudié la CI en dehors de toute nutrition (86). Cependant d'un point de vue éthique il nous semblait **préférable de poursuivre l'alimentation artificielle** lors des mesures de CI, ce qui peut entraîner une majoration de 10% de la DE (87,88).

Conclusion

L'amélioration de nos connaissances du métabolisme et des besoins nutritionnels des patients de réanimation a donné une **place centrale à la nutrition artificielle** comme en chirurgie lourde ou en oncologie. La population générale présente de plus en plus d'états nutritionnels pathologiques tels que l'obésité ou a contrario la dénutrition. Il est indispensable d'avoir une **évaluation de la DE la plus précise possible** pour ajuster nos prescriptions.

Le tissu musculaire constitue l'un des principal déterminant de la variation de la DE dans la population générale mais cette **corrélation est plus faible chez nos patients de réanimation**. L'existence d'une grande variabilité inter-individuelle de DE chez cette population de patients explique en partie ces résultats. Dans ce travail, nous confirmons **les limites de la formule simplifiée basée sur le poids** (20-30 kcal/kg/jour) recommandée dans le référentiel français. Son utilisation entraîne une mauvaise évaluation de la DE, et bien que très pratique elle est imprécise. Elle ne prend pas en considération les variations de la DE constatée en fonction de l'état clinique du patient. L'alternative présentée par **la CI** est peu pratique, chronophage et **souvent non adaptée aux patients de réanimation** qui sont régulièrement dans un état instable.

L'utilisation de formules prédictives prenant en compte des **facteurs dynamiques** dans son équation nous semble **un bon compromis**. La formule que nous proposons ne **surpasse pas une formule de Penn state modifiée** et les mesures scannographiques semblent peu rentables dans cette optique. Elles permettent d'évaluer le pronostic du patient. Les résultats obtenus avec les différentes formules dans le cas des BMI et âges extrêmes doivent être interprétés avec précaution. Dans ces cas là effectivement la **calorimétrie semble trouver sa place**. La MM reste cependant une **piste de recherche** intéressante dans l'évaluation de l'état nutritionnel, du risque de survenue de complication ou d'effet indésirable de thérapeutiques en réanimation.

Références bibliographiques

1. Tsai J-R, Chang W-T, Sheu C-C, Wu Y-J, Sheu Y-H, Liu P-L, et al. Inadequate energy delivery during early critical illness correlates with increased risk of mortality in patients who survive at least seven days: a retrospective study. *Clin Nutr Edinb Scotl.* 2011 Apr;30(2):209–14.
2. Villet S, Chiolerio RL, Bollmann MD, Revelly J-P, Cayeux R N M-C, Delarue J, et al. Negative impact of hypocaloric feeding and energy balance on clinical outcome in ICU patients. *Clin Nutr Edinb Scotl.* 2005 Aug;24(4):502–9.
3. Dvir D, Cohen J, Singer P. Computerized energy balance and complications in critically ill patients: an observational study. *Clin Nutr Edinb Scotl.* 2006 Feb;25(1):37–44.
4. Singer P, Hiesmayr M, Biolo G, Felbinger TW, Berger MM, Goeters C, et al. Pragmatic approach to nutrition in the ICU: expert opinion regarding which calorie protein target. *Clin Nutr Edinb Scotl.* 2014 Apr;33(2):246–51.
5. Klein CJ, Stanek GS, Wiles CE. Overfeeding Macronutrients to Critically Ill Adults. *J Am Diet Assoc.* 1998 Jul;98(7):795–806.
6. Faisy C, Taylor SJ. Dépense énergétique en réanimation. *Réanimation.* 2009 Aug;18(6):477–85.
7. Cuthbertson DP, Angeles Valero Zanuy MA, León Sanz ML. Post-shock metabolic response. 1942. *Nutr Hosp.* 2001 Oct;16(5):176-182-176.
8. Monk DN, Plank LD, Franch-Arcas G, Finn PJ, Streat SJ, Hill GL. Sequential changes in the metabolic response in critically injured patients during the first 25 days after blunt trauma. *Ann Surg.* 1996 Apr;223(4):395–405.
9. Plank LD, Connolly AB, Hill GL. Sequential changes in the metabolic response in severely septic patients during the first 23 days after the onset of peritonitis. *Ann Surg.* 1998 Aug;228(2):146–58.
10. Patel JJ, Rosenthal MD, Miller KR, Codner P, Kiraly L, Martindale RG. The Critical Care Obesity Paradox and Implications for Nutrition Support. *Curr Gastroenterol Rep.* 2016 Sep;18(9):45.
11. Friedrich O, Reid MB, Van den Berghe G, Vanhorebeek I, Hermans G, Rich MM, et al. The Sick and the Weak: Neuropathies/Myopathies in the Critically Ill. *Physiol Rev.* 2015 Jul;95(3):1025–109.
12. Genton L, Pichard C. Protein catabolism and requirements in severe illness. *Int J Vitam Nutr Res Int Z Vitam- Ernahrungsforschung J Int Vitaminol Nutr.* 2011 Mar;81(2–3):143–52.
13. Kross EK, Sena M, Schmidt K, Stapleton RD. A comparison of predictive equations of energy expenditure and measured energy expenditure in critically ill patients. *J Crit Care.* 2012 Jun;27(3):321.e5-12.
14. Frankenfield DC, Coleman A, Alam S, Cooney RN. Analysis of estimation methods for resting metabolic rate in critically ill adults. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2009 Feb;33(1):27–36.

15. Frankenfield D. Validation of an equation for resting metabolic rate in older obese, critically ill patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2011 Mar;35(2):264–9.
16. Singer P, Berger MM, Van den Berghe G, Biolo G, Calder P, Forbes A, et al. ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: intensive care. *Clin Nutr Edinb Scotl.* 2009 Aug;28(4):387–400.
17. Kreymann KG, Berger MM, Deutz NEP, Hiesmayr M, Jolliet P, Kazandjiev G, et al. ESPEN Guidelines on Enteral Nutrition: Intensive care. *Clin Nutr.* 2006 Apr;25(2):210–23.
18. Lefrant J-Y, Hurel D, Cano NJ, Ichai C, Preiser J-C, Tamion F. Nutrition artificielle en réanimation. *Ann Fr Anesth Réanimation.* 2014 Mar;33(3):202–18.
19. Heyland DK, Dhaliwal R, Drover JW, Gramlich L, Dodek P, Canadian Critical Care Clinical Practice Guidelines Committee. Canadian clinical practice guidelines for nutrition support in mechanically ventilated, critically ill adult patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2003 Oct;27(5):355–73.
20. Guidelines for the Provision and Assessment of Nutrition Support Therapy in the Adult Critically Ill Patient - Jan 14, 2016 [Internet]. [cited 2017 Mar 16]. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0148607115621863>
21. Berger MM, Soguel L, Charrière M, Thériault B, Pralong F, Schaller MD. Impact of the reduction of the recommended energy target in the ICU on protein delivery and clinical outcomes. *Clin Nutr Edinb Scotl.* 2017 Feb;36(1):281–7.
22. Reid CL. Poor agreement between continuous measurements of energy expenditure and routinely used prediction equations in intensive care unit patients. *Clin Nutr Edinb Scotl.* 2007 Oct;26(5):649–57.
23. Tatucu-Babet OA, Ridley EJ, Tierney AC. Prevalence of Underprescription or Overprescription of Energy Needs in Critically Ill Mechanically Ventilated Adults as Determined by Indirect Calorimetry: A Systematic Literature Review. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2016 Feb;40(2):212–25.
24. Segadilha NLAL, Rocha EEM, Tanaka LMS, Gomes KLP, Espinoza REA, Peres WAF. Energy Expenditure in Critically Ill Elderly Patients: Indirect Calorimetry vs Predictive Equations. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2016 Jan 29;
25. Singer P, Singer J. Clinical Guide for the Use of Metabolic Carts: Indirect Calorimetry--No Longer the Orphan of Energy Estimation. *Nutr Clin Pract Off Publ Am Soc Parenter Enter Nutr.* 2016 Feb;31(1):30–8.
26. Hoffer LJ. Protein and energy provision in critical illness. *Am J Clin Nutr.* 2003 Jan 11;78(5):906–11.
27. Alexander E, Susla GM, Burstein AH, Brown DT, Ognibene FP. Retrospective evaluation of commonly used equations to predict energy expenditure in mechanically ventilated, critically ill patients. *Pharmacotherapy.* 2004 Dec;24(12):1659–67.
28. Uehara M, Plank LD, Hill GL. Components of energy expenditure in patients with severe sepsis and major trauma: a basis for clinical care. *Crit Care Med.* 1999 Jul;27(7):1295–302.

29. Weir JBDB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol.* 1949 Aug;109(1-2):1-9.
30. Sundström M, Tjäder I, Rooyackers O, Wernerman J. Indirect calorimetry in mechanically ventilated patients. A systematic comparison of three instruments. *Clin Nutr Edinb Scotl.* 2013 Feb;32(1):118-21.
31. Fulbrook P, Bongers A, Albarran JW. A European survey of enteral nutrition practices and procedures in adult intensive care units. *J Clin Nurs.* 2007 Nov;16(11):2132-41.
32. Heymsfield SB, McManus C, Smith J, Stevens V, Nixon DW. Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *Am J Clin Nutr.* 1982 Oct;36(4):680-90.
33. Frankenfield DC, Ashcraft CM, Galvan DA. Prediction of resting metabolic rate in critically ill patients at the extremes of body mass index. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2013 Jun;37(3):361-7.
34. Walker RN, Heuberger RA. Predictive equations for energy needs for the critically ill. *Respir Care.* 2009 Apr;54(4):509-21.
35. Nielsen S, Hensrud DD, Romanski S, Levine JA, Burguera B, Jensen MD. Body composition and resting energy expenditure in humans: role of fat, fat-free mass and extracellular fluid. *Int J Obes Relat Metab Disord J Int Assoc Study Obes.* 2000 Sep;24(9):1153-7.
36. van der Ploeg GE, Withers RT. Predicting the resting metabolic rate of 30-60-year-old Australian males. *Eur J Clin Nutr.* 2002 Aug;56(8):701-8.
37. Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr.* 1990 Feb;51(2):241-7.
38. Müller MJ, Bosy-Westphal A, Klaus S, Kreymann G, Lührmann PM, Neuhäuser-Berthold M, et al. World Health Organization equations have shortcomings for predicting resting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: generation of a new reference standard from a retrospective analysis of a German database of resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr.* 2004 Nov;80(5):1379-90.
39. Nelson KM, Weinsier RL, Long CL, Schutz Y. Prediction of resting energy expenditure from fat-free mass and fat mass. *Am J Clin Nutr.* 1992 Nov;56(5):848-56.
40. Cunningham JJ. Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *Am J Clin Nutr.* 1991 Dec;54(6):963-9.
41. Sabounchi NS, Rahmandad H, Ammerman A. Best-fitting prediction equations for basal metabolic rate: informing obesity interventions in diverse populations. *Int J Obes* 2005. 2013 Oct;37(10):1364-70.
42. Jésus P, Achamrah N, Grigioni S, Charles J, Rimbert A, Folope V, et al. Validity of predictive equations for resting energy expenditure according to the body mass index in a population of 1726 patients followed in a Nutrition Unit. *Clin Nutr Edinb Scotl.* 2015 Jun;34(3):529-35.

43. Salas JS, Moukarzel E, Dozio E, Goulet OJ, Putet G, Ricour C. Estimating resting energy expenditure by simple lean-body-mass indicators in children on total parenteral nutrition. *Am J Clin Nutr.* 1990 Jun;51(6):958–62.
44. Batterham MJ, Morgan-Jones J, Greenop P, Garsia R, Gold J, Caterson I. Calculating energy requirements for men with HIV/AIDS in the era of highly active antiretroviral therapy. *Eur J Clin Nutr.* 2003 Feb;57(2):209–17.
45. Ellis AC, Rosenfeld J. Which equation best predicts energy expenditure in amyotrophic lateral sclerosis? *J Am Diet Assoc.* 2011 Nov;111(11):1680–7.
46. Neelemaat F, van Bokhorst-de van der Schueren MAE, Thijs A, Seidell JC, Weijs PJM. Resting energy expenditure in malnourished older patients at hospital admission and three months after discharge: predictive equations versus measurements. *Clin Nutr Edinb Scotl.* 2012 Dec;31(6):958–66.
47. Metsios GS, Stavropoulos-Kalinoglou A, Panoulas VF, Koutedakis Y, Nevill AM, Douglas KMJ, et al. New resting energy expenditure prediction equations for patients with rheumatoid arthritis. *Rheumatol Oxf Engl.* 2008 Apr;47(4):500–6.
48. Barak N, Wall-Alonso E, Cheng A, Sitrin MD. Use of bioelectrical impedance analysis to predict energy expenditure of hospitalized patients receiving nutrition support. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2003 Feb;27(1):43–6.
49. Barak N, Wall-Alonso E, Sitrin MD. Evaluation of stress factors and body weight adjustments currently used to estimate energy expenditure in hospitalized patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2002 Aug;26(4):231–8.
50. Cameron JD, Sigal RJ, Kenny GP, Alberga AS, Prud'homme D, Phillips P, et al. Body composition and energy intake - skeletal muscle mass is the strongest predictor of food intake in obese adolescents: The HEARTY trial. *Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab.* 2016 Jun;41(6):611–7.
51. Stucky C-CH, Moncure M, Hise M, Gossage CM, Northrop D. How accurate are resting energy expenditure prediction equations in obese trauma and burn patients? *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2008 Aug;32(4):420–6.
52. Frankenfield DC, Cooney RN, Smith JS, Rowe WA. Bioelectrical impedance plethysmographic analysis of body composition in critically injured and healthy subjects. *Am J Clin Nutr.* 1999 Jan 3;69(3):426–31.
53. Moisey LL, Mourtzakis M, Cotton BA, Premji T, Heyland DK, Wade CE, et al. Skeletal muscle predicts ventilator-free days, ICU-free days, and mortality in elderly ICU patients. *Crit Care Lond Engl.* 2013 Sep 19;17(5):R206.
54. Weijs PJM, Looijaard WGPM, Dekker IM, Stapel SN, Girbes AR, Oudemans-van Straaten HM, et al. Low skeletal muscle area is a risk factor for mortality in mechanically ventilated critically ill patients. *Crit Care Lond Engl.* 2014 Jan 13;18(2):R12.
55. Ghorabi S, Ardehali H, Amiri Z, Vahdat Shariatpanahi Z. Association of the Adductor Pollicis Muscle Thickness With Clinical Outcomes in Intensive Care Unit Patients. *Nutr Clin Pract Off Publ Am Soc Parenter Enter Nutr.* 2016 Aug;31(4):523–6.

56. Thibault R, Makhoulouf A-M, Mulliez A, Cristina Gonzalez M, Kekstas G, Kozjek NR, et al. Fat-free mass at admission predicts 28-day mortality in intensive care unit patients: the international prospective observational study Phase Angle Project. *Intensive Care Med.* 2016 Sep;42(9):1445–53.
57. Wischmeyer PE, San-Millan I. Winning the war against ICU-acquired weakness: new innovations in nutrition and exercise physiology. *Crit Care Lond Engl.* 2015;19 Suppl 3:S6.
58. JOGLEKAR S, ASGHAR A, MOTT SL, JOHNSON BE, BUTTON AM, CLARK E, et al. Sarcopenia Is an Independent Predictor of Complications Following Pancreatectomy for Adenocarcinoma. *J Surg Oncol.* 2015 May;111(6):771–5.
59. Weig T, Milger K, Langhans B, Janitza S, Sasic A, Kenn K, et al. Core Muscle Size Predicts Postoperative Outcome in Lung Transplant Candidates. *Ann Thorac Surg.* 2016 Apr;101(4):1318–25.
60. Baracos VE, Reiman T, Mourtzakis M, Gioulbasanis I, Antoun S. Body composition in patients with non-small cell lung cancer: a contemporary view of cancer cachexia with the use of computed tomography image analysis. *Am J Clin Nutr.* 2010 Apr;91(4):1133S–1137S.
61. Mourtzakis M, Prado CMM, Lieffers JR, Reiman T, McCargar LJ, Baracos VE. A practical and precise approach to quantification of body composition in cancer patients using computed tomography images acquired during routine care. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2008 Sep 25;33(5):997–1006.
62. Prado CMM, Birdsell LA, Baracos VE. The emerging role of computerized tomography in assessing cancer cachexia. *Curr Opin Support Palliat Care.* 2009 Dec;3(4):269–75.
63. Bredella MA, Ghomi RH, Thomas BJ, Torriani M, Brick DJ, Gerweck AV, et al. Comparison of DXA and CT in the assessment of body composition in premenopausal women with obesity and anorexia nervosa. *Obes Silver Spring Md.* 2010 Nov;18(11):2227–33.
64. Tong Y, Udupa JK, Torigian DA. Optimization of abdominal fat quantification on CT imaging through use of standardized anatomic space: A novel approach. *Med Phys [Internet].* 2014 Jun [cited 2017 Mar 17];41(6). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4032419/>
65. Maislin G, Ahmed MM, Gooneratne N, Thorne-Fitzgerald M, Kim C, Teff K, et al. Single Slice vs. Volumetric MR Assessment of Visceral Adipose Tissue - Reliability and Validity Among the Overweight and Obese. *Obes Silver Spring Md.* 2012 Oct;20(10):2124–32.
66. O'Connor M, Ryan J, Foley S. Best single-slice location to measure visceral adipose tissue on paediatric CT scans and the relationship between anthropometric measurements, gender and VAT volume in children. *Br J Radiol [Internet].* 2015 Oct [cited 2017 Mar 17];88(1054). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4730959/>
67. Shen W, Punyanitya M, Wang Z, Gallagher D, St-Onge M-P, Albu J, et al. Total body skeletal muscle and adipose tissue volumes: estimation from a single abdominal cross-sectional image. *J Appl Physiol Bethesda Md 1985.* 2004 Dec;97(6):2333–8.
68. Shen W, Punyanitya M, Wang Z, Gallagher D, St-Onge M-P, Albu J, et al. Visceral adipose tissue: relations between single-slice areas and total volume. *Am J Clin Nutr.* 2004 Aug;80(2):271–8.

69. Mitsiopoulos N, Baumgartner RN, Heymsfield SB, Lyons W, Gallagher D, Ross R. Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 1998 Jul;85(1):115–22.
70. Gomez-Perez SL, Haus JM, Sheean P, Patel B, Mar W, Chaudhry V, et al. Measuring abdominal circumference and skeletal muscle from a single cross-sectional CT image: a step-by-step guide for clinicians using National Institutes of Health ImageJ. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2016 Mar;40(3):308–18.
71. Irving BA, Weltman JY, Brock DW, Davis CK, Gaesser GA, Weltman A. NIH ImageJ and Slice-O-Matic Computed Tomography Imaging Software to Quantify Soft Tissue. *Obesity*. 2007 Feb 1;15(2):370–6.
72. Looijaard WGPM, Dekker IM, Stapel SN, Girbes ARJ, Twisk JWR, Oudemans-van Straaten HM, et al. Skeletal muscle quality as assessed by CT-derived skeletal muscle density is associated with 6-month mortality in mechanically ventilated critically ill patients. *Crit Care Lond Engl*. 2016 Dec 1;20(1):386.
73. Ellis KJ. Human body composition: in vivo methods. *Physiol Rev*. 2000 Apr;80(2):649–80.
74. Parry SM, El-Ansary D, Cartwright MS, Sarwal A, Berney S, Koopman R, et al. Ultrasonography in the intensive care setting can be used to detect changes in the quality and quantity of muscle and is related to muscle strength and function. *J Crit Care*. 2015 Oct;30(5):1151.e9-14.
75. Kim WY, Suh HJ, Hong S-B, Koh Y, Lim C-M. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 2011 Dec;39(12):2627–30.
76. Al-Gindan YY, Hankey CR, Leslie W, Govan L, Lean MEJ. Predicting muscle mass from anthropometry using magnetic resonance imaging as reference: a systematic review. *Nutr Rev*. 2014 Feb;72(2):113–26.
77. Ravussin E, Lillioja S, Anderson TE, Christin L, Bogardus C. Determinants of 24-hour energy expenditure in man. Methods and results using a respiratory chamber. *J Clin Invest*. 1986 Dec;78(6):1568–78.
78. Clark MA, Hentzen BT, Plank LD, Hill GI. Sequential changes in insulin-like growth factor 1, plasma proteins, and total body protein in severe sepsis and multiple injury. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 1996 Oct;20(5):363–70.
79. Tissot S, Delafosse B, Bertrand O, Bouffard Y, Viale JP, Annat G. Clinical validation of the Deltatrac monitoring system in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med*. 1995 Feb;21(2):149–53.
80. McLellan S, Walsh T, Burdess A, Lee A. Comparison between the Datex-Ohmeda M-COVX metabolic monitor and the Deltatrac II in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med*. 2002 Jul;28(7):870–6.
81. Hoher JA, Zimmermann Teixeira PJ, Hertz F, da S Moreira J. A comparison between ventilation modes: how does activity level affect energy expenditure estimates? *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2008 Apr;32(2):176–83.

82. De Waele E, Spapen H, Honoré PM, Mattens S, Rose T, Huyghens L. Bedside calculation of energy expenditure does not guarantee adequate caloric prescription in long-term mechanically ventilated critically ill patients: a quality control study. *ScientificWorldJournal*. 2012;2012:909564.
83. Cahill NE, Dhaliwal R, Day AG, Jiang X, Heyland DK. Nutrition therapy in the critical care setting: what is 'best achievable' practice? An international multicenter observational study. *Crit Care Med*. 2010 Feb;38(2):395–401.
84. Singer P, Anbar R, Cohen J, Shapiro H, Shalita-Chesner M, Lev S, et al. The tight calorie control study (TICACOS): a prospective, randomized, controlled pilot study of nutritional support in critically ill patients. *Intensive Care Med*. 2011 Apr;37(4):601–9.
85. Puthuchery ZA, Rawal J, McPhail M, Connolly B, Ratnayake G, Chan P, et al. Acute skeletal muscle wasting in critical illness. *JAMA*. 2013 Oct 16;310(15):1591–600.
86. Faisy C, Guerot E, Diehl J-L, Labrousse J, Fagon J-Y. Assessment of resting energy expenditure in mechanically ventilated patients. *Am J Clin Nutr*. 2003 Aug;78(2):241–9.
87. Schutz Y. The basis of direct and indirect calorimetry and their potentials. *Diabetes Metab Rev*. 1995 Dec;11(4):383–408.
88. Tappy L. Thermic effect of food and sympathetic nervous system activity in humans. *Reprod Nutr Dev*. 1996;36(4):391–7.

Serment d'Hippocrate

Au moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque.

Introduction : en réanimation la détermination de la dépense énergétique (DE) peut être réalisé par le biais d'équation prédictive (EP) ou en réalisant des mesures de de calorimétrie indirect (CI). La CI possède de nombreuses limites et beaucoup de services se servent des EP pour définir les besoins caloriques de leurs patients. Les EP et particulièrement celle recommandée dans les guides de bonne pratique sont imprécises. La masse maigre (MM) est le déterminant principal de la variabilité des la DE entre les personnes et elle peut être mesuré précisément sur des examens tomodensitométriques. L'objectif principal de cette étude était d'évaluer la corrélation entre DE mesurée par CI et la MM mesurée sur des scanners, puis d'essayer d'améliorer la prédiction de la DE à partir des éléments obtenus par l'analyse scannographique

Méthode : nous avons conduit une étude retrospective monocentrique incluant les patients hospitalisés dans notre réanimation chirurgicale et traumatologique. Les patients étaient inclus si ils étaient ventilés, sédatisés, nourris par nutrition artificielle. La DE a été évaluée par 5 équations prédictives et mesurée par CI. Si une différence supérieure à 15% était retrouvée entre les résultats de la CI et la prédiction par l'équation de Penn state les scanners initiaux des patients étaient analysés pour déterminer la MM et masse grasse au niveau de la 3eme vertèbre lombaire. Notre objectif principal était de déterminer la corrélation entre la MM et la DE mesurée (DEM) par CI. Dans un second temps nous avons essayé d'améliorer la précision de l'évaluation de la DE une EP incluant les données mesurées sur les scanners.

Résultats : Un total de 147 patients ont été inclus. 68 présentaient une différence de plus de 15% entre la DEM et la DE prédite (DEP) par l'équation de Penn state. Un total de 67 scanners initiaux permettant une analyse au niveau de L3 étaient disponibles. Il y avait une corrélation statistiquement significative entre la MM et la DE ($R=0,453$; $p = 0,0001$) et nous avons créé une formule prenant en compte les données des analyses scannographiques présentant un $r^2 = 0,63$.

Conclusions : il existe une corrélation faible entre la MM et la DE des patients hospitalisés en réanimation pour des motifs chirurgicaux ou traumatologiques. Cette corrélation est moins importante que dans la population générale. Il est possible d'améliorer la précision des EP recommandées en prenant en compte ces facteurs radiologiques

Background : determining energy expenditure (EE) can be done via predictive equations (PE) or indirect calorimetry measurements (IC). IC is impractical in the critical care setting due to its limits and most intensive care units (ICU) still rely on PE. However most PE, particularly the one recommended in most guidelines, are imprecise. Fat free mass (FFM) is one of the key determinant of EE and can be assessed precisely through ct-scan analysis. Our objectives were to determine the correlation between FFM and EE in a trauma and surgical critical care setting and see if we could improve de reliability of PE using FFM.

Methods : We conducted a monocentric, retrospective observational study on patients hospitalised in our trauma and surgical ICU. Patients who were sedated, ventilated and receiving nutritional support were included. EE was evaluated with 5 predictive formulae and measured using IC. If the difference between measured EE and EE evaluated with the Penn state formula was higher than 15%, we analysed the initial ct scans to assess fat free and fat mass. Our main study goal was to evaluate the correlation between FFM measured on ct scans and EE measured with IC. Our secondary goal was to increase the precision of evaluated EE creating a new formula including body composition parameters measured on ct scans at the third lumbar vertebrae level.

Results : A total of 147 patients were included. 68 had difference of more than 15% between measured EE (MEE) with IC and evaluated EE (EEE) using the Penn state formula (that we found to be the most precise). A total of 67 initial ct scans allowing analysis of the third lumbar vertebrae level were available. Pearson correlation coefficient between MEE and FFM from the scans was $R = 0,453$ ($p = 0,0001$). Using multiple regression linear analysis analysis we were able to create a formula predicting EE with a $r^2 = 0,63$

Conclusion : In patients hospitalised in a trauma and surgical ICU, FFM assessed by ct-scans has a rather weak correlation with EE compared to the healthy population. Body composition assessed on the initial ct scans can be used to improve evaluation of EE through formulae in comparison to what is recommended in the european and north american guidelines.

Thèse de doctorat en médecine

Spécialité : ANESTHESIE REANIMATION

Mots clé : réanimation chirurgicale et traumatologique, dépense énergétique, calorimétrie indirecte, masse maigre, tomodensitométrie