



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com

NUTRITION CLINIQUE
et MÉTABOLISME

Nutrition clinique et métabolisme 30 (2016) 297–302

Article original

Comparaison entre les dépenses énergétiques mesurées par Deltatrac II[®] et celles mesurées par l'E-COVX[®] chez des patients agressés : étude prospective observationnelle

Comparison between the energy expenditure measured by Deltatrac II[®] and by E-COVX[®], in critically ill patients: A prospective observational study

Marjorie Fadeur^{a,*}, Christian Malherbe^b, Anne-Marie Verbrugge^b,
Didier Ledoux^c, Nicolas Paquot^a

^a Diabétologie, nutrition et maladies métaboliques, département de médecine interne, CHU Sart-Tilman, bâtiment B35, avenue de l'Hôpital 1, 4000 Liège, Belgique

^b Diététique, CHU Sart-Tilman, avenue de l'Hôpital 1, 4000 Liège, Belgique

^c Unité de soins intensifs, anesthésie-réanimation, CHU Sart-Tilman, avenue de l'Hôpital 1, 4000 Liège, Belgique

Reçu le 22 juillet 2016 ; accepté le 25 juillet 2016

Disponible sur Internet le 14 septembre 2016

Résumé

Objectifs. – L'apport énergétique à fournir aux sujets agressés est une question complexe et la calorimétrie indirecte (CI) est la méthode de référence pour le déterminer. La dépense énergétique (DE) mesurée par CI, avec le Deltatrac II[®], a été comparée aux valeurs mesurées par un nouvel appareil de CI couplé à un ventilateur : l'E-COVX[®].

Matériel et méthodes. – Ces mesures ont été réalisées chez des patients agressés et ventilés, en unités de soins intensifs (USI). La consommation d'O₂ (VO₂), la production de CO₂ (VCO₂), le quotient respiratoire (QR) et la DE ont été enregistrés. Ces mesures ont été réalisées de manière consécutive, aléatoire et pendant une même durée de temps. Des tests-*t* de Student ont été réalisés pour comparer les résultats ainsi que des graphiques de Bland et Altman.

Résultats. – Quarante-quatre patients (29 hommes, âgés de 60 ± 15 ans, d'IMC de 25,9 ± 5,3 kg/m²) ont été inclus. Avec le Deltatrac II[®], la VO₂ était de 244 ± 69 mL/min, la VCO₂ de 189 ± 47 mL/min, le QR de 0,79 ± 0,08 et la DE de 1648 ± 457 kcal/jour. Les VO₂, VCO₂ et la DE étaient significativement différentes entre les deux appareils malgré des QR équivalents. Selon nos résultats, le module E-COVX[®] surestime significativement la DE.

Conclusion. – Le module E-COVX[®] constitue une manière pratique pour mesurer la DE en USI. Cependant, ce nouveau dispositif surestime la DE (234 kcal/j) comparé au Deltatrac II[®], méthode de référence. Des améliorations significatives de ces dispositifs sembleraient donc nécessaires avant de pouvoir les utiliser en routine en USI.

© 2016 Association pour le développement de la recherche en nutrition (ADREN). Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Soins intensifs ; Calorimétrie indirecte ; Patients agressés

Abstract

Objectives. – The energy intake to provide to critically ill subjects is a complex issue and the indirect calorimetry (IC) is the reference method to determine it. The energy expenditure (EE) measured by IC, with the Deltatrac II[®], were compared to values measured by a new module coupled to a ventilator: the E-COVX[®].

* Auteur correspondant.

Adresses e-mail : marjorie.fadeur@chu.ulg.ac.be (M. Fadeur), christian.malherbe@chu.ulg.ac.be (C. Malherbe), am.verbrugge@chu.ulg.ac.be (A.-M. Verbrugge), dledoux@chu.ulg.ac.be (D. Ledoux), nicolas.paquot@chu.ulg.ac.be (N. Paquot).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.nupar.2016.07.008>

0985-0562/© 2016 Association pour le développement de la recherche en nutrition (ADREN). Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Material and methods. – ICU patients on mechanical ventilation underwent measurements, simultaneously connected during 20 min to the ventilator. VO_2 consumption, VCO_2 production, respiratory quotient (RQ) and EE were recorded. These measures were made successively at random and during a same period. Statistics' Student *t*-tests were realized to compare the results. Bland and Altman graphs were also made.

Results. – Forty-four patients (29 males, aged 60 ± 15 years, with a BMI 25.9 ± 5.3 kg/m²) were included. For the Deltatrac II[®], VO_2 was 244 ± 69 mL/min, VCO_2 189 ± 47 mL/min, RQ 0.79 ± 0.08 and EE 1648 ± 457 kcal/day. VO_2 , VCO_2 , and EE differed significantly between the two devices despite similar RQ. By our results, the E-COVX[®] module significantly overestimates the EE.

Conclusion. – E-COVX[®] is a convenient device to measure EE in ICU. However, this new module overestimates EE (234 kcal/day) compared with Deltatrac II[®], gold standard method to measure EE. Significant improvements of this news devices seem mandatory before recommending their clinical use in ICU.

© 2016 Association pour le développement de la recherche en nutrition (ADREN). Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Keywords: Intensive care; Indirect calorimetry; Critically ill patients

1. Introduction

Chez les patients agressés, en unités de soins intensifs (USI), un apport nutritionnel optimal est un élément important de la prise en charge. En effet, ces patients sont, d'une part, à haut risque de dénutrition, dû au catabolisme intense, avec un accroissement de morbi-mortalité et de défaillances d'organes [1–3] et, d'autre part, un apport énergétique (AE) excessif peut mener à des désordres métaboliques sévères [1], des atteintes de la fonction hépatique [1,2,4–6], des complications infectieuses, des polyneuropathies de réanimation ainsi qu'à des troubles de la fonction respiratoire [4,5,7].

Une prescription de l'AE, basée sur la dépense énergétique (DE) réelle des patients [8], est donc essentielle pour assurer le bon fonctionnement des différents organes [9], ainsi que pour limiter la morbidité et la mortalité [10].

De nombreuses équations de prédiction de la DE ont été développées mais ne sont cependant pas suffisamment précises et reproductibles pour assurer une prescription optimale des AE [8]. Il est bien établi par les sociétés d'experts (ESPEN, ASPEN [11] et SFAR [12]) que la mesure par calorimétrie indirecte (CI) représente la meilleure méthode d'évaluation des besoins et donc des apports énergétiques. Le Deltatrac II (Datex[®]) a longtemps été considéré comme appareil de référence mais la problématique actuelle est qu'il n'est plus fabriqué. De plus, la CI est peu utilisée en USI, souvent pour des raisons pratiques : mise en œuvre complexe, nécessitant du personnel formé à son utilisation ce qui rend sa pratique en routine difficilement envisageable. Par conséquent, l'AE délivré à ces patients est le plus souvent établi selon les recommandations de ces sociétés savantes qui sont basées sur un apport en kilocalories (kcal) par kilo (kg) de poids corporel [2,6,13–16].

Les objectifs de cette étude ont été de réaliser des mesures de DE par CI chez des patients, hospitalisés en USI, à l'aide du Deltatrac II[®] ainsi qu'à l'aide d'un nouveau module de CI, l'E-COVX (Datex[®]), couplé à un respirateur (Engstrom Carrestation[®]) et de comparer les résultats obtenus par ces deux appareils. Le module E-COVX[®], étant relié à un respirateur, est plus simple à mettre en œuvre que le Deltatrac II[®], ce qui serait plus intéressant en utilisation de routine.

La technique de la CI repose sur la mesure par analyse des gaz d'échange, c'est-à-dire, de la consommation en oxygène (VO_2)

et de la production en gaz carbonique (VCO_2) du patient. Pour être valide, cette méthode nécessite que tous les échanges gazeux s'effectuent au niveau des poumons [17,18]. L'appareil de CI inclut des analyseurs de gaz : senseurs paramagnétiques pour mesurer l' O_2 et des analyseurs infrarouges pour mesurer le CO_2 . L'air expiré par le patient est récolté à partir du port expiratoire du respirateur et amené vers la chambre des mélanges du Deltatrac II[®]. Un échantillon de l'air inhalé par le patient est récolté par une ligne d'échantillonnage au niveau de l'humidificateur du ventilateur.

Sur base des volumes en O_2 et CO_2 mesurés par l'appareil, il est alors possible de calculer la DE en appliquant l'équation de Weir. Lors de cette étude, nous appliquons l'équation de Weir modifiée [17,19,20] qui ne tient pas compte de l'azote urinaire :

$$DE \text{ (kcal/j)} = \{ (VO_2 \text{ (L/min)} \times 3,941) + (VCO_2 \text{ (L/min)} \times 1,11) \} \times 1440$$

Pour être fiables, les mesures doivent être réalisées en respectant quelques conditions :

- température de la chambre : 20–25 °C ;
- stabilité respiratoire ($FiO_2 < 60$ %), *positive end-expiratory pressure* (PEEP) < 12 mmHg [18] ou < 9 cm d' H_2O [21] ;
- exclure les fuites d'air au niveau du tube endotrachéal, les fistules bronchopleurales, les fuites au niveau du circuit du respirateur, les drains thoraciques qui pourraient sous-estimer les VO_2 , VCO_2 et les DE [17] ;
- pas de méthode d'épuration du CO_2 ou d'oxygénation extracorporelle (dialyse, hémofiltration continue, extracorporelle membrane oxygénation [ECMO]) [17] ;
- stabilité au niveau température, hémodynamique et respiratoire (minimiser les détresses respiratoires, les polypnées ou les instabilités respiratoires par aspiration) ;
- pas d'activité physique (cycloergomètre) ;
- pas de NO (monoxyde d'azote) ou de gaz anesthésique ;
- durée de mesure d'au moins 20 à 30 minutes.

2. Matériel, patients et méthodes

Dans le cadre de l'étude, il a été décidé d'interrompre la nutrition entérale, lorsqu'elle était présente, pas plus de deux heures avant le début de la mesure, afin de limiter le plus possible la perte d'AE liée à cette interruption. L'objectif de celle-ci était de diminuer la thermogenèse postprandiale afin de rendre les résultats comparables entre les patients. Compte tenu des faibles débits de nutrition, une interruption de deux heures nous a semblé suffisante pour minimiser cette thermogenèse.

Les mesures de CI étaient exécutées chez des patients agressés, ventilés, sédatisés et hospitalisés en USI depuis plus de 48 heures. Tout patient, présentant ces conditions, était systématiquement inclus, à l'exception de la présence d'un critère d'exclusion, ce qui, dans notre cas, signifiait la présence d'une condition empêchant la réalisation d'une mesure fiable (voir conditions ci-dessus) ou le refus de participation à l'étude. Ces mesures étaient réalisées, d'une part, avec le Deltatrac II[®] et, d'autre part, avec l'E-COVX[®] en mode monitoring. Cela signifie que les patients étaient reliés au même ventilateur pendant toute la durée du test et que les appareils de CI venaient s'intégrer sur ce ventilateur auquel était soumis le patient afin de conserver le même appareil pendant toute la durée des mesures. Les mêmes modes de ventilation étaient également conservés. Les gaz inspirés et expirés étaient directement récupérés par une connexion au tube endotrachéal. Les deux appareils étaient employés dans les mêmes conditions, consécutivement et de manière aléatoire. En effet, une utilisation simultanée des deux appareils pourrait engendrer une sous-estimation des gaz respiratoires, à cause de l'échantillon de gaz récupéré par l'E-COVX[®], ce qui pourrait en définitive influencer la mesure par le Deltatrac II[®] [22]. Le but était de comparer les valeurs obtenues avec les deux appareils afin de tester l'exactitude du nouveau module de CI.

Le Deltatrac II[®] était calibré avant chaque mesure, grâce à une bonbonne de gaz dont les concentrations en O₂ et CO₂ sont connues et cela, après un temps de chauffe de l'appareil de 30 minutes, comme décrit par les consignes du fabricant. Le module E-COVX[®], selon les consignes d'utilisation, était également calibré, minimum une fois par semestre et ne nécessitait pas de temps de chauffe. Dans les deux cas, il était important d'atteindre une période de stabilité pour obtenir des valeurs comparables. Les mesures duraient au minimum 30 minutes pour avoir au moins 20 minutes de comparaison entre les deux appareils. Les mesures étaient réalisées en dehors des heures de soins, de toilettes et de rencontre avec les médecins. Le but était d'éviter tout événement potentiellement source de stress qui pourrait modifier la mesure. Dans le cas où un événement apparaissait, il était pris en compte et le temps de mesure était allongé de manière à repérer si une différence dans les mesures avait été engendrée et pour pouvoir les écarter.

Toutes les données étaient reportées en tant que moyenne et déviation standard. Afin de comparer les résultats donnés par ces deux appareils, nous avons réalisé des tests-*t* de Student sur échantillons pairés ainsi que des graphiques de Bland et Altman sur les données suivantes : VO₂, VCO₂, quotient respiratoire (QR) et DE. Le seuil de significativité est à 0,001.

Ce protocole d'étude était approuvé par le comité d'éthique local et le consentement était obtenu, généralement par un membre de la famille proche du patient, après explication du protocole oralement et par écrit avec un document d'information.

3. Résultats

Quarante-quatre patients hospitalisés en USI depuis plus de 48 heures ont été inclus dans l'étude : 15 femmes et 29 hommes, âgés de 60 ± 15 ans (3 sujets > 75 ans) et dont l'indice de masse corporelle était de $29,9 \pm 5,3$ kg/m². Le **Tableau 1** montre les moyennes de la DE, des VO₂ et des VCO₂ des deux appareils ainsi que les déviations standards.

Chez des patients agressés, ventilés et sédatisés, il apparaît que la mesure par E-COVX[®] surestimait de manière significative (14 %) la DE mesurée par Deltatrac II[®], soit 234 (± 360) kcal/24 h. Un graphique de Bland et Altman a été conçu avec ces valeurs (**Fig. 1**). Nous pouvons voir que les valeurs sont dispersées et que les limites d'agrément sont importantes (-473 à $+940$ kcal).

Comme la valeur de la DE obtenue par CI était basée sur la mesure de la VO₂ et de la VCO₂, nous avons comparé ces valeurs fournies par les deux appareils, afin d'expliquer la différence de DE observée. L'analyse statistique montre des différences significatives entre les deux appareils (**Tableau 1**). Une analyse selon Bland et Altman démontre que c'est la mesure de la VO₂ (**Fig. 2**) qui présente des points plus divergents comparé à la mesure de la VCO₂ (**Fig. 3**).

Au vu de ces différences, nous avons comparé la stabilité métabolique lors de ces mesures en étudiant plus particulièrement les quotients respiratoires (QR). Ces derniers correspondent aux rapports des VCO₂ sur les VO₂. Nous avons également appliqué le test de Student sur échantillon pairés à ces données et nous avons observé (**Tableau 1**) qu'il n'y a pas de différence statistique entre le QR donné par le Deltatrac II et celui donné par l'E-COVX. Nous avons également réalisé un graphique de Bland et Altman pour représenter ces données (**Fig. 4**).

4. Discussion

Nos résultats montrent que le module de calorimétrie indirecte E-COVX[®] avait tendance à surestimer la DE par rapport à la mesure obtenue avec le Deltatrac II[®], d'environ 14 %, soit une surestimation de la DE d'environ 230 kcal par 24 heures. L'importance des limites d'agrément observées (-473 ; $+940$ kcal) limite, de notre point de vue, l'utilisation de ce nouveau dispositif en routine à l'heure actuelle.

D'autres études récentes ont comparé le Deltatrac II[®] avec de nouveaux modules, tels que le Quark RMR[®] et le CCM Express[®] [10,21], mais aucune jusqu'à présent n'a comparé, comme la nôtre, le Deltatrac II[®] et l'E-COVX[®]. Sundstrom et al. [10] ont effectué, tout comme nous, des mesures séquentielles chez 24 patients en USI, en excluant ceux admis pour traumatisme. Graf et al. [21] ont obtenu chez 40 sujets, comparables à ceux de notre étude, des mesures simultanées par les deux techniques, mais uniquement chez des sujets étant sous le

Tableau 1

Comparaison entre les mesures de la dépense énergétique (DE), de la consommation d'oxygène (VO₂), de la production de dioxyde de carbone (VCO₂) et du quotient respiratoire (QR) obtenues par le Deltatrac II® et celles obtenues par E-COVX® chez des patients agressés, sédatisés, ventilés et en USI depuis plus de 48 heures.

	Deltatrac II®		E-COVX®		Différence	Valeur de <i>p</i>
	Moyenne	SD	Moyenne	SD		
DE (kcal)	1648	457	1882	519	234 ± 360	<0,001
VO ₂ (mL/min)	244	69	278	78	34 ± 55	<0,001
VCO ₂ (mL/min)	189	47	215	55	27 ± 40	<0,001
QR	0,79	0,08	0,78	0,08	0,01 ± 0,10	0,38

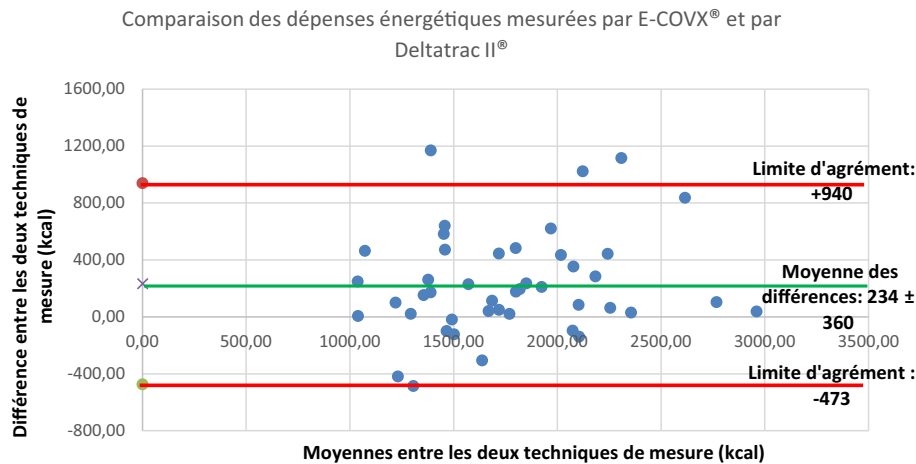


Fig. 1. Représentation selon la méthode de Bland et Altman des dépenses énergétiques mesurées par le Deltatrac II® et l'E-COVX®. Abscisse : moyenne entre les dépenses énergétiques mesurées par le Deltatrac II® et l'E-COVX®. Ordonnée : différence entre les dépenses énergétiques mesurées par les deux appareils. Différence moyenne 234 ± 360 kcal. Limites d'agrément à 95 % = -473 ; +940 kcal.

même type de ventilateur. Ces deux travaux indiquaient que les mesures obtenues avec le Quark RMR® étaient comparables à celle fournies par le Deltatrac II®, tandis que le CCM Express® surestimait de manière significative la DE (entre 17 et 64 %), en raison de valeurs plus élevées de VO₂ et de VCO₂.

Dans notre travail, l'étude particulière des VO₂ et VCO₂ a permis de mettre en évidence des valeurs plus dispersées pour les VO₂. Un tel résultat était aussi retrouvé par McLellan et al. lorsqu'ils comparaient le Deltatrac II® au module M-COVX® [22]. Il apparaissait que le capteur paramagnétique

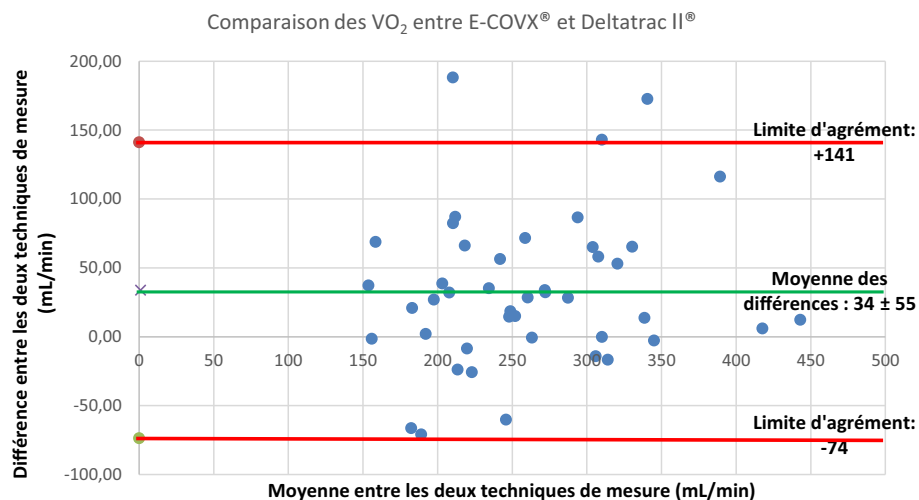


Fig. 2. Représentation selon la méthode de Bland et Altman des VO₂ mesurées par le Deltatrac II® et l'E-COVX®. Abscisse : moyenne entre les VO₂ (mL/min) mesurées par le Deltatrac II® et l'E-COVX®. Ordonnée : différence entre les VO₂ (mL/min) mesurées par les deux appareils. Différence moyenne en VO₂ = 34 ± 55 mL/min. Limites d'agrément à 95 % = -74 ; + 141 mL/min.

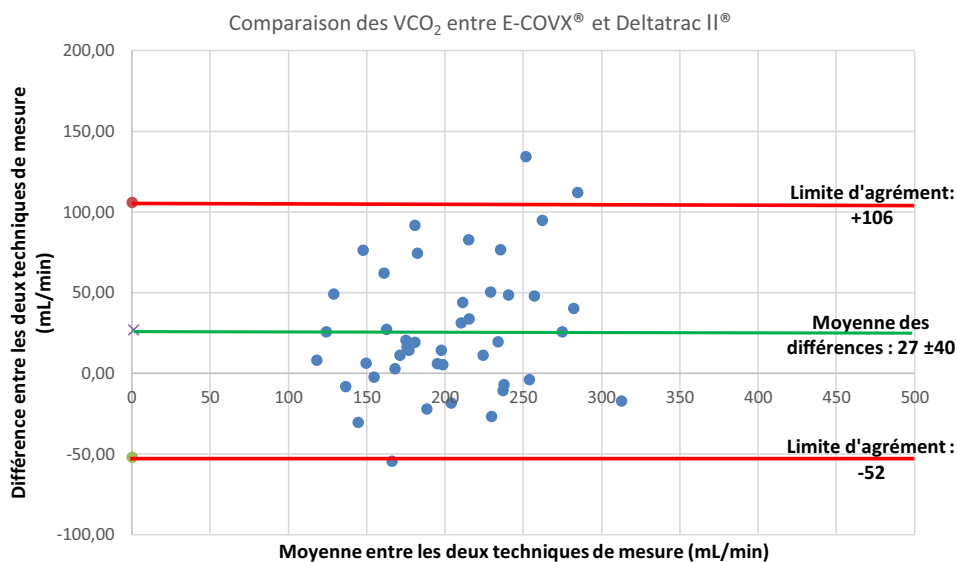


Fig. 3. Représentation selon la méthode de Bland et Altman des VCO₂ mesurées par le Deltatrac II® et l'E-COVX®. Abscisse : moyenne entre VCO₂ (mL/min) mesurées par le Deltatrac II® et l'E-COVX®. Ordonnée : différence entre les VCO₂ (mL/min) mesurées par les deux appareils. Différence moyenne en VCO₂ = 27 ± 40 mL/min. Limites d'agrément à 95 % = -52 ; +106 mL/min.

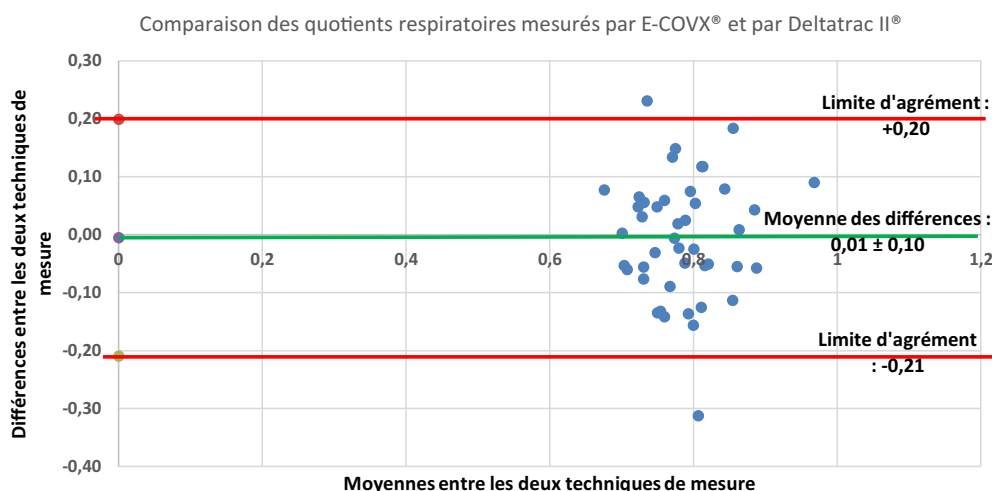


Fig. 4. Représentation selon la méthode de Bland et Altman des QR mesurés par le Deltatrac II® et l'E-COVX®. Abscisse : moyenne entre QR mesurés par le Deltatrac II® et l'E-COVX®. Ordonnée : différence entre les QR mesurés par les deux appareils. Différence moyenne en QR = 0,01 ± 0,10. Limites d'agrément à 95 % = -0,21 ; +0,20.

serait influencé par la température, l'humidité et la pression [10]. Compte tenu du fait que l'air expiré était récolté soit en bout de course avec le Deltatrac II®, soit près de la bouche du patient avec l'E-COVX®, ceci pourrait fausser les valeurs de VO₂ mesurées entre les deux appareils [10]. Il serait intéressant d'envisager un appareil de CI qui récolte les gaz respiratoires du patient au même endroit que le Deltatrac II®. De cette manière, une comparaison, dans laquelle le capteur paramagnétique n'est pas influencé par divers paramètres, serait alors plus performante.

Notre travail comporte plusieurs limites. Tout d'abord, nos résultats ont été obtenus sur un faible effectif. Cependant, cet échantillon limité, par ailleurs comparable à d'autres études publiées récemment [10,22], était suffisant pour montrer une différence significative. Ensuite, différents éléments susceptibles

d'influencer la DE des sujets n'ont pu être pris en compte. En particulier, tous les patients ne bénéficiaient pas des mêmes appareils de ventilation artificielle, ni des mêmes modes de ventilation, ce qui a pu influencer les mesures et qui pourrait expliquer les déviations standards importantes observées. De plus, les causes de l'agression étaient variées (médicales, chirurgicales, traumatiques) et nous ne distinguions pas la gravité de l'agression en utilisant les scores spécifiques à l'USI (tel que le score SOFA) ce qui accroît le caractère hétérogène de notre groupe de patients. Cependant, la comparaison des QR nous a permis de mettre en évidence une bonne stabilité métabolique du moins, durant les périodes de mesure. Enfin, la phase de l'agression dans laquelle se situait le patient – et dont on connaît également le rôle important en termes de DE [23,24] – n'a pas

été établie au moment de la mesure par CI. Dès lors, de nouvelles études incluant plus de patients et précisant mieux la situation médicale et la phase d'agression de ceux-ci, sont nécessaires afin de confirmer nos résultats.

5. Conclusions

La mesure de la DE par CI reste hautement souhaitable. En effet, les différentes formules permettant d'estimer la DE chez ces patients sont imprécises et risquent d'aboutir à un apport nutritionnel inadéquat dont on connaît le caractère péjoratif, en particulier dans cette situation délicate qu'est l'agression. Actuellement, en comparaison au Deltatrac II®, le module E-COVX surestime la DE des patients à un niveau qui semble non acceptable en pratique quotidienne, puisqu'il présente, selon nos résultats, un risque d'erreur moyen de 234 kcal/j, voire plus de manière ponctuelle. L'utilisation de ce module pourrait aboutir à la mise en place de nutriments artificielles trop énergétiques, qui seraient délétères pour les patients.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

- [1] Tamion F. Nutrition de l'obèse agressé. *Nutr Clin Metabol* 2014;28:244–8.
- [2] Petit A, Tamion F. Nutrition du patient obèse agressé. *Reanim* 2010;19:448–53.
- [3] Thibault R, Preiser JC, Tamion F. Référentiel de pratiques professionnelles : nutrition de l'adulte hospitalisé en réanimation : évaluation nutritionnelle et stratégie du support nutritionnel. *Nutr Clin Metabol* 2015;29:33–41.
- [4] Dickerson R, Boschert K, Kudsk K, et al. Hypocaloric enteral tube feeding in critically ill obese patient. *Nutrition* 2002;18:241–6.
- [5] Miller J, Choban P. Feeding the critically ill obese patient: the role of hypocaloric nutrition support. *Respir Care Clin* 2006;12:593–601.
- [6] Breen H, Ireton-Jones C. Predicting energy needs in obese patients. *Nutr Clin Pract* 2004;19:284–9.
- [7] Singer P, Hiesmayr M, Biolo G, et al. Pragmatic approach to nutrition in the ICU: expert opinion regarding which calorie protein target. *Clin Nutr* 2014;33:246–51.
- [8] Graf S, Karsegard VL, Viatte V, et al. Comparison of three indirect calorimetry devices and three methods of gas collection: a prospective observational study. *Clin Nutr* 2013;32:1067–72.
- [9] Casaer MP, Ziegler TR. Nutritional support in critical illness and recovery. *Lancet Diabetes Endocrinol* 2015;3:734–45.
- [10] Sundström M, Tjäder I, Rooyackers O, et al. Indirect calorimetry in mechanically ventilated patients. A systematic comparison of three instruments. *Clin Nutr* 2013;32:118–21.
- [11] McClave S, Taylor B, Martindale R, et al. Guidelines for the Provision and assessment of nutrition support therapy in the adult critically ill patients: Society of Critical Care Medicine (SCCM) and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (A.S.P.E.N.). *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2016;40:159–211.
- [12] Singer P, Berger M, Van den Berghe G, et al. ESPEN guidelines on parenteral nutrition: intensive care. *Clin Nutr* 2009;28:387–400.
- [13] SFNEP, SBNC. Questions de nutrition clinique en réanimation et soins intensifs. Les éditions de la SFNEP « Nourrir l'homme malade »; 2010. p. 7–37.
- [14] Lefrant JY, Hurel D, Cano N, et al. Recommandations formalisées d'experts. Nutrition artificielle en réanimation. *Ann Fr Anesth Reanim* 2014;33:202–18.
- [15] Kreyman K, Berger M, Deutz N, et al. ESPEN guidelines on enteral nutrition: intensive care. *Clin Nutr* 2006;25:210–23.
- [16] Hasselmann M, Kummerlen C. Comment faut-il nourrir les patients de réanimation ? Conférences d'actualisation. Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS et SFAR; 2000. p. 489–501.
- [17] Haugen H, Chan LN, Li F. Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians. *Nutr Clin Pract* 2007;22:377–88.
- [18] Bursztein S, Elwyn D, Askanazi J, et al. Energy metabolism, indirect calorimetry and nutrition. Williams & Wilkins; 1989. p. 2–101.
- [19] Fraipont V, Preiser JC. Energy estimation and measurement in critically ill patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2013;37:705–13.
- [20] Japur C, Penaforte F, Chiarello P, et al. Harris-Benedict equation for critically ill patients: are there differences with indirect calorimetry? *J Crit Care* 2009;24, 628.e1–628.e5.
- [21] Graf S, Karsegard V, Viatte V, et al. Evaluation of three indirect calorimetry devices in mechanically ventilated: which device compares best with deltatrac ill? A prospective observational study. *Clin Nutr* 2015;34:60–5.
- [22] McLellan S, Walsh T, Burdess A, et al. Comparison between the Datex-Ohmeda M-COVX metabolic monitor and the Deltatrac II in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med* 2002;28:870–6.
- [23] Vincent JL, Preiser JC. When should we add parenteral to enteral nutrition? *Lancet* 2013;381:354–5.
- [24] Preiser JC, Noordally O, Leverve X. Nutrition in critical care. Londres: Remedica; 2005. p. 2–24.