

Unité d'évaluation des technologies et
des modes d'intervention en santé (UETMIS)

Centre hospitalier de l'Université de Montréal

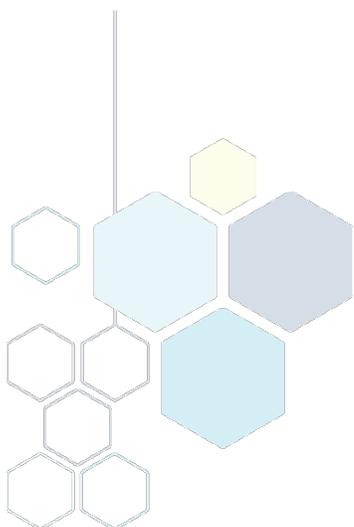
CALORIMÉTRIE INDIRECTE : PLACE DU Q-NRG+® EN PRATIQUE CLINIQUE

Note informative

Préparée par

Raouf Hassen-Khodja

Alfons Pomp



Avril 2023

Le contenu de cette publication a été rédigé et édité par l'Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS) du Centre hospitalier de l'Université de Montréal (CHUM). Ce document est également offert en format PDF sur le site Web du CHUM.

Auteurs : Raouf Hassen-Khodja, M.D., M. Sc.
Alfons Pomp, M.D., FRCSC, FACS

Pour se renseigner sur cette publication ou sur toute autre activité de l'UETMIS, s'adresser à :

Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS)
Centre hospitalier de l'Université de Montréal
Bureau B06.8057
1050, rue Saint-Denis
Montréal (Québec) H2X 3J3
Téléphone : 514 890-8000, poste 36132
Télécopieur : 514 412-7460
Courriel : detmis.chum@ssss.gouv.qc.ca

Comment citer ce document :

« Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS), Centre hospitalier de l'Université de Montréal. *Calorimétrie indirecte : place du Q-NRG+® en pratique clinique*. Note informative. Préparée par Raouf Hassen-Khodja et Alfons Pomp. Avril 2023 ».

ISBN 978-2-89528-158-0

La reproduction totale ou partielle de ce document est autorisée à condition que la source soit mentionnée.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	3
MISSION.....	5
REMERCIEMENTS	6
RÉSUMÉ	7
SUMMARY	8
GLOSSAIRE.....	9
ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES	10
1 INTRODUCTION.....	11
2 DÉFINITIONS ET RAPPEL	11
2.1 Rappel physiopathologique.....	11
2.2 La calorimétrie : mesures directes et indirectes	12
2.3 Utilisation en clinique médicale.....	12
2.4 Rappel sur les technologies de mesure de la calorimétrie.....	13
2.5 Le dispositif Q-NRG®	16
3 MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE.....	16
3.1 Stratégie de la recherche.....	16
3.2 Critères de sélection	16
4 RÉSULTATS DE LA RECHERCHE	17
5 DONNÉES ACTUELLES.....	17
5.1 Dépenses énergétiques : les équations prédictives par rapport à la calorimétrie indirecte.....	17
5.2 Technologie : Q-NRG® (COSMED, Italie)	18
5.3 Autres études.....	19
5.3.1 Étude spécifiant l'utilisation du Q-NRG+® (annexe E, tableau13)	19
5.3.2 Études comparant les résultats obtenus par Q-NRG® avec ceux des équations prédictives.....	19
5.3.3 Étude comparant des résultats obtenus par Q-NRG® et par Quark RMR®	20
5.3.4 Aspects médico-économiques.....	20
6 DISCUSSION.....	21
7 CONCLUSION	22
8 BIBLIOGRAPHIE.....	23
ANNEXE A - DONNÉES NORMATIVES DE LA CALORIMÉTRIE INDIRECTE	29
ANNEXE B - SPÉCIALITÉS COUVERTES PAR LA NUTRITION CLINIQUE ET SPÉCIALITÉS CONCERNÉES PAR LA CALORIMÉTRIE INDIRECTE (CHUM).....	29
ANNEXE C - STRATÉGIE DE RECHERCHE DOCUMENTAIRE SELON LES BASES DE DONNÉES CONSIDÉRÉES	36
ANNEXE D - ÉTUDES EXCLUES.....	39
ANNEXE E - ÉTUDES INCLUSES	54

Liste des tableaux

Tableau 1 : Exigences énergétiques recommandées dans diverses directives de l'ESPEN (adaptation [8; 17]).....	14
Tableau 2 : Exemples de technologies de calorimétrie indirecte	15
Tableau 3 : Valeurs normatives de la calorimétrie indirecte (patients hors USI avec IMC de 18,5 à 30 kg/m ²)	29
Tableau 4 : Spécialités couvertes par la nutrition clinique au CHUM.....	29
Tableau 5 : Spécialités médicales où la calorimétrie indirecte est essentielle pour une thérapie nutritionnelle optimale (Service de nutrition clinique du CHUM)	31
Tableau 6 : Résumé des avantages et limites de la calorimétrie indirecte et des équations prédictives	32
Tableau 7 : Numéro d'homologation du Q-NRG+® (Santé Canada)	33
Tableau 8 : 510 (k) Premarket Notification (Food and Drugs Administration).....	34
Tableau 9 : Résultats de l'essai de la technologie Q-NRG au niveau CHUM effectué en septembre 2022 (huit patients).....	35
Tableau 10 : Études publiées avant 2015 et exclues de notre rapport (n = 39)	39
Tableau 11 : Études exclues des sélection Pubmed et Ovid (n = 118).....	42
Tableau 12 : Études incluant le Q-NRG®	54
Tableau 13 : Autres études incluant le Q-NRG®	56

MISSION

L'Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS) a pour mission de conseiller les décideurs du CHUM dans leurs choix de technologies et de modes d'intervention en santé, en basant sa méthodologie sur les données probantes, les pratiques les plus efficaces dans le domaine de la santé et l'état des connaissances actuelles. En outre, en conformité avec la mission universitaire du CHUM, elle travaille à diffuser les connaissances acquises au cours de ses évaluations, tant au sein de la communauté du CHUM qu'à l'extérieur, contribuant ainsi à l'implantation d'une culture d'évaluation et d'innovation.

En plus de s'associer aux médecins, aux pharmaciens, aux membres du personnel infirmier et aux autres professionnels du CHUM, l'UETMIS travaille de concert avec la communauté de pratique. Cette dernière est composée des unités d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé des autres centres hospitaliers universitaires, de l'Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS) ainsi que du Réseau universitaire intégré de santé de l'Université de Montréal (RUIS de l'UdeM).

L'UETMIS participe également au processus permanent d'amélioration continue de la performance clinique. Elle travaille de concert avec l'équipe de la gestion de l'information à élaborer des tableaux de bord permettant une évaluation critique et évolutive des secteurs d'activités cliniques. L'UETMIS propose des pistes de solution contribuant à accroître la performance clinique par une analyse des données probantes et des lignes directrices cliniques, de même que des pratiques exemplaires. Cette démarche est réalisée en collaboration avec les gestionnaires (administratifs et cliniques).

REMERCIEMENTS

L'Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS) tient à remercier madame Stéphanie Émond, chef des services d'audiologie, de nutrition clinique et d'orthophonie du Centre hospitalier de l'Université de Montréal, et madame Danielle Moreau-Amaru, coordonnatrice en nutrition clinique, pour leur précieuse collaboration dans la finalisation de ce rapport.

L'UETMIS exprime aussi sa reconnaissance envers madame Duy-Ha Ta, agente administrative, qui a collaboré à l'élaboration finale de ce rapport.

Divulgence de conflit d'intérêts

Aucun conflit à signaler.

RÉSUMÉ

Pour les patients qui présentent des maladies complexes ou hospitalisés en soins intensifs, l'alimentation orale adéquate est dans la majorité des cas impossible et le recours à une nutrition complémentaire est nécessaire pour assurer un apport nutritionnel quantitativement et qualitativement adapté à leurs besoins. L'optimisation de ce complément nutritionnel au traitement médical requiert une évaluation précise des besoins énergétiques du patient, car un apport calorique inadéquat ou superflu peut augmenter la durée du séjour à l'hôpital, la ventilation mécanique, l'incidence des complications infectieuses et le coût des soins.

Le calcul de cet apport énergétique dépend de nombreux facteurs, dont le contexte thérapeutique, l'état clinique des malades et le type d'infection. Parmi les méthodes permettant d'évaluer les dépenses énergétiques, la calorimétrie indirecte est une technique non invasive qui est considérée comme une méthode de référence. Contrairement aux équations prédictives qui peuvent présenter des marges d'erreur importantes, la calorimétrie indirecte permet d'estimer les dépenses métaboliques de base et les taux de dépenses énergétiques nécessaires selon l'évolution clinique du malade et d'identifier les substrats énergétiques métabolisés par le corps à un moment précis.

La plupart des appareils actuellement disponibles pour mesurer la dépense calorique sont coûteux, complexes, difficiles à déplacer, et ils nécessitent le plus souvent une expertise pour leur utilisation et leur maintenance, reléguant leur utilisation principalement aux activités de recherche. Ce rapport évalue l'efficacité d'une technologie récente en calorimétrie indirecte. Le Q-NRG+® a été conçu pour être portable, facile à utiliser et moins coûteux, pour concurrencer les systèmes métaboliques conventionnels. Ce dispositif permet des mesures rapides et précises des calories utilisées par divers patients gravement malades, et ceux avec diverses situations métaboliques nécessitant des soins quaternaires.

L'Unité d'évaluation des technologies et des modes d'interventions suggère que le Centre hospitalier de l'Université de Montréal devrait acquérir ce dispositif de calorimétrie indirecte pour répondre à la demande des différents services, en particulier pour les patients gravement malades. L'acquisition de cette technologie pourrait enfin permettre la conception d'études prospectives pour déterminer de manière optimale les besoins énergétiques à délivrer au cours des différents stades évolutifs de certaines maladies complexes.

SUMMARY

During acute illness patients usually require nutritional supplementation to provide appropriate intake to enhance healing. Optimisation of this important adjunct to medical therapy mandates an accurate evaluation of the patient's energy requirements as inadequate, or superfluous, provision of calories can increase hospital length of stay, ventilator dependence, the incidence of infectious and other complications and thus increase the cost of care.

Current best practice suggests that indirect calorimetry is beneficial to measure total energy expenditure in acute care as the current predictive equations may have a significant margin of error. As a clinical situation evolves it can also be associated with dynamic metabolic changes and repeated measurements of caloric requirements may be necessary.

Most devices currently available to measure caloric expenditure are expensive, complex, not easily displaced and require significant operator expertise for use and maintenance relegating their utilization primarily to research activities. This report evaluates the efficacy of a recent technological innovation in indirect calorimetry; the Q-NRG[®]. The machine is easy to use and available at a reasonable cost. The instrument allows rapid and precise measurements of the calories used in a variety of critically ill patients, and those with diverse metabolic situations, that populate a quaternary institution. We conclude that the Q-NRG[®] warrants by acquisition by the Centre hospitalier de l'Université de Montréal where further studies and assessment of its benefit to patient care can be undertaken.

GLOSSAIRE

Dépense énergétique totale, ou DET (ou TEE, pour *total energy expenditure, en anglais*) : somme de la dépense énergétique de base (DER 50 à 75 %), de la thermogenèse induite par l'alimentation (TIA) et de la dépense énergétique induite par l'activité (DIA).

Dépense énergétique au repos (DER) ou de base (DEB) (*resting energy expenditure, en anglais*) : représente la dépense énergétique d'une personne éveillée et au repos dans un état interprandial; elle peut être estimée à environ 1 kcal/kg de poids corporel par heure chez l'adulte en bonne santé.

Dépense métabolique au repos (DMR) : métabolisme du corps entier pendant une période de conditions de repos strictes et stables, qui sont définies par une combinaison d'hypothèses d'homéostasie physiologique et d'équilibre biologique. Il diffère du DMB, car les mesures peuvent être modifiées et définies par les limitations contextuelles.

Quotient respiratoire : rapport du volume de CO₂ expiré sur le volume d'O₂ consommé dans le même temps, pendant la métabolisation des aliments, selon la formule $QR = \text{CO}_2 \text{ éliminé} / \text{O}_2 \text{ consommé}$. Il représente le taux d'oxydation du substrat chez les sujets métaboliquement stables.

ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES

AEE	Activity induced energy expenditure
ASPEN	American Society for Parenteral and Enteral Nutrition
CI	Calorimétrie indirecte (<i>IC : indirect calorimetry</i>)
CPNPC	Cancer du poumon non à petites cellules
DE	Dépenses énergétiques (<i>EE : energy expenditure</i>)
DER	Dépense énergétique au repos (<i>REE : resting energy expenditure</i>)
DET	Dépense énergétique totale (<i>TEE : total energy expenditure</i>)
DEIA	Dépense énergétique induite par l'activité (<i>AEE : activity-induced energy expenditure</i>)
DIA	Dépense énergétique induite par l'activité (<i>AEE : activity-induced energy expenditure</i>)
DMB	Dépenses métaboliques de base (<i>BEE : basal energy expenditure</i>)
DRI	Japanese dietary reference intakes
EGS	Évaluation globale subjective (<i>SGA : subjective global assessment</i>)
EHB	Équation de Harris et Benedict
ERC	Étude randomisée contrôlée
ESICM	European Society of Intensive Care Medicine
ESPEN	European Society for Clinical Nutrition and Metabolism
FiO ₂	Fraction d'oxygène inspiré
ICALIC	International Multicentric Study Group for Indirect Calorimetry
OMS	Organisation mondiale de la santé (<i>WHO : World Health Organization</i>)
QR	Quotient respiratoire (<i>RQ : respiratory quotient</i>)
SCCM	Society of Critical Care Medicine
TIA	Thermogenèse induite par l'alimentation (<i>DIT : diet-induced thermogenesis</i>)
TN	Thérapie nutritionnelle (<i>NT : nutritional therapy</i>)
USI	Unité des soins intensifs (<i>ICU : intensive care unit</i>)
VCO ₂	Volume de dioxyde de carbone produit
VM	Ventilation mécanique
VO ₂	Volume d'oxygène consommé

1 INTRODUCTION

Chez le sujet sain, l'apport nutritionnel par l'alimentation est régulé dans le temps par des mécanismes complexes. Pour les malades qui présentent des maladies complexes ou hospitalisés en soins intensifs, l'alimentation orale adéquate est dans la majorité des cas impossible et le recours à une nutrition complémentaire est nécessaire pour assurer un apport nutritionnel quantitativement et qualitativement adapté à leurs besoins. Cependant, le calcul de cet apport énergétique dépend de nombreux facteurs, comme le contexte thérapeutique, l'état clinique des malades et le type d'infection. Parmi les méthodes permettant d'évaluer les dépenses énergétiques, la calorimétrie indirecte, une technique non invasive, est considérée comme une méthode de référence. Elle permet d'estimer les dépenses métaboliques de base et les taux de dépenses énergétiques et d'identifier les substrats énergétiques métabolisés par le corps à un moment précis [50].

Dans l'objectif d'avoir une évaluation précise des besoins énergétiques pour optimiser le soutien nutritionnel des patients gravement malades, un calorimètre indirect potentiellement facile d'utilisation et financièrement abordable, le Q-NRG® (COSMED, Rome, Italie) a été développé¹. Dans ce contexte, le Service de nutrition clinique du Centre hospitalier de l'Université de Montréal a demandé à l'Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention (UETMIS-CHUM) d'évaluer l'efficacité de la technologie Q-NRG+®² et de considérer sa place dans la thérapie nutritionnelle de ces malades hospitalisés, au profil clinique souvent complexe, en particulier dans les unités de soins intensifs.

2 DÉFINITIONS ET RAPPEL

2.1 Rappel physiopathologique

La dépense énergétique totale d'un individu comprend les dépenses dues au métabolisme de base, à la thermogenèse³, à la température ambiante, aux conditions spécifiques⁴ et à certains symptômes⁵ [11]. Les études associant la malnutrition à de mauvais résultats cliniques dans les unités de soins intensifs (USI) ont souvent rapporté des résultats contradictoires en raison du diagnostic inapproprié de la malnutrition effectué par des outils d'évaluation nutritionnelle dont la validité prédictive était discutable [22; 37]. En outre, la dépense énergétique (DE) calculée à partir de mesures de VCO₂ dérivées d'un ventilateur n'est acceptable que pour 40 % de la population de patients⁶, et un biais important peut être négligé si les résultats ne sont pas vérifiés par calorimétrie indirecte (CI) [49]. Il est à souligner qu'une mauvaise évaluation des besoins énergétiques d'un patient peut aboutir à des conséquences dommageables, voire létales : un déficit peut augmenter la morbidité, alors qu'un excès calorique peut exacerber les risques d'infection ou parfois influencer la durée d'une ventilation mécanique [64]. Des résultats d'études ont confirmé qu'une thérapie nutritionnelle optimale adaptée était

¹ Q-NRG® (COSMED, Rome, Italie) a été développé par un groupe de chercheurs soutenant l'initiative internationale d'étude de la calorimétrie (ICALIC).

² Au Canada, la compagnie Baxter ne commercialise que le modèle Q-NRG+® (données des services d'audiologie, de nutrition clinique et d'orthophonie, CHUM).

³ La thermogenèse dépend de multiples facteurs, dont l'apport nutritionnel.

⁴ Thérapeutiques, entre autres.

⁵ Crises convulsives, frissons, etc.

⁶ À cause de la grande variabilité comme une respiration irrégulière ou de causes endogènes.

associée à de meilleurs résultats cliniques [15; 69; 70; 71]. La dépense énergétique de repos (DER)⁷ peut être prédite par des formules, comme celle de Harris et Benedict, à partir de données anthropométriques (âge, sexe, taille, ...) associées à la masse maigre : $M = (R + C + K + E) + S^8$. Ces estimations, validables pour un groupe, peuvent être inexactes, voire erronées, chez de nombreux sujets; de plus, elles n'intègrent pas les modifications⁹ de la DER liées à certaines pathologies affectant le poids, comme dans la dysthyroïdie, le diabète, l'inflammation, etc., et leurs traitements, etc. [21].

2.2 La calorimétrie : mesures directes et indirectes

La calorimétrie directe (CD) permet de mesurer l'ensemble des pertes (thermiques, par radiation, par convection et par évaporation). Elle n'est pas applicable aux malades des services de réanimation, en particulier lorsque ces derniers sont ventilés mécaniquement.

La calorimétrie indirecte (CI) estime le type et le taux d'utilisation du substrat¹⁰ et le métabolisme énergétique in vivo à partir de mesures d'échanges gazeux. Elle mesure les différences de concentrations d'oxygène (VO₂) et de dioxyde de carbone (VCO₂) entre les gaz inspirés et expirés et le débit de gaz¹¹. La DE est ensuite calculée à l'aide de différentes équations [41; 50]. Les volumes de VO₂ et de VCO₂ peuvent modifier les résultats de la CI lors de certaines conditions cliniques. Par exemple, lors d'une septicémie, on peut observer une augmentation de VO₂, alors qu'une diminution de la VO₂ peut être notée lors d'une hyperthermie, d'un coma ou d'une paralysie. De même, une augmentation ou une diminution de VCO₂ est observée respectivement lors d'hyperventilation ou de traitements de maladies cardiaques.

2.3 Utilisation en clinique médicale

La CI est une technique non invasive, précise¹² et reproductible [28; 38]. Elle est considérée comme la norme clinique pour mesurer la dépense énergétique réelle (DE) et permet de surveiller ses variations dans le temps chez les patients gravement malades. Cette méthode permet d'estimer les dépenses métaboliques de base¹³ (DMR) et les dépenses énergétiques au repos¹⁴ (DER), en plus d'identifier les substrats énergétiques¹⁵ métabolisés par le corps à un moment précis [50].

Les données des équations prédictives montrent une grande variation selon le type de patients ciblés [2; 16; 27; 32; 43; 47; 66; 67]. La CI est utilisée en routine clinique pour évaluer la DER¹⁶; cependant, les mesures doivent

⁷ En théorie et selon le principe de conservation de l'énergie, la quantité d'énergie pénétrant dans un corps est égale à celle qui s'en échappe. L'oxydation des éléments nutritifs (lipides, glucides et protéines) se traduit par la production d'énergie (ATP), d'eau et d'azote.

⁸ M représente la production d'énergie à partir des métabolismes oxydatifs; R, les pertes thermiques par radiation; C, les pertes thermiques par convection; E, les pertes thermiques par conduction; K, les pertes thermiques par évaporation; et S, les variations de stock de chaleur par réchauffement ou refroidissement du corps.

⁹ De ± 5 à 15 %.

¹⁰ F : gras; CHO : glucides; P : protéines; N₂ : azote; H₂O : eau; ATP : adénosine triphosphate.

¹¹ Journée de la recherche sur l'interdisciplinarité HES-SO - 25 novembre 2013.

¹² Erreur inférieure à 1 % [38].

¹³ BEE, en anglais : dépense métabolique de base ou taux de dépense énergétique par unité de temps chez les animaux endothermiques au repos [1].

¹⁴ REE, en anglais : la dépense métabolique au repos (DMR) est le métabolisme du corps entier des mammifères (et d'autres vertébrés) pendant une période de conditions de repos strictes et stables, qui sont définies par une combinaison d'hypothèses d'homéostasie physiologique et d'équilibre biologique. Elle diffère de la DMR, car les mesures peuvent être modifiées et définies par les limitations contextuelles.

¹⁵ Exemple : gluconéogenèse, cétogenèse.

¹⁶ Elle reflète les activités vitales (cardiaque, respiratoire, tonus musculaire basal, etc.).

être répétées pour permettre un ajustement des besoins et s'adapter aux variations de la DE dues à l'évolution clinique ou aux traitements [54]. En 2018, les directives de l'European Society for Clinical Nutrition and Metabolism (ESPEN) recommandent, en cas d'absence de CI, l'utilisation du VCO₂ obtenu à partir des ventilateurs de patients ventilés mécaniquement pour le calcul de la DE [61; 66]. En outre, si une mesure de VCO₂ n'est pas disponible, l'utilisation d'une simple équation basée sur le poids (20-25 kcal/kg/jour) doit être privilégiée. Le tableau 1 reprend les diverses recommandations de l'ESPEN sur les exigences énergétiques préconisées dans diverses pathologies et les stratégies recommandées chez les patients.

Actuellement, il existe de nombreux systèmes de mesure de CI qui sont compacts, performants et relativement faciles à utiliser. Le type de circuit employé permet de distinguer deux méthodes pour mesurer le VO₂. Les méthodes en circuit ouvert sont les plus répandues et sont actuellement utilisées en routine clinique. La mesure des échanges gazeux au moyen de ces CI peut être réalisée selon différentes techniques (avec ou sans séparation des gaz inspirés et expirés), dont les résultats restent similaires [2]. Même si la CI est devenue une technique de référence dans la mesure de la DER¹⁷, son utilisation en routine clinique présente quelques défis et limites techniques, comme la définition de ses indications, la prise en compte des contre-indications et le coût.

2.4 Rappel sur les technologies de mesure de la calorimétrie

Les calorimètres indirects disponibles sont coûteux et techniquement complexes qui nécessitent un temps de préchauffage et d'étalonnage avant chaque mesure de DE (jusqu'à 30 min), une désinfection poussée après l'utilisation et un ordinateur pour exporter et analyser les résultats. Ces limites ont eu pour conséquences l'arrêt de production¹⁸ du Deltatrac Metabolic Monitor® (Datex, Finlande), qui manquait également de précision [25; 55].

Les dernières innovations ont apporté un certain nombre d'avantages, comme la flexibilité d'utilisation et des bénéfices médico-économiques. La nouvelle génération de calorimètres indirects présente des fonctionnalités importantes comme un temps plus court pour l'obtention d'une mesure stable, un haut niveau de précision, une bonne ergonomie, et ce, à des coûts abordables. Cependant, le temps de réponse des analyseurs de gaz et des logiciels peut être à l'origine d'erreurs potentielles [44]. En 2009, Cooper et collaborateurs avaient comparé le Deltatrac avec cinq moniteurs métaboliques différents¹⁹. Les auteurs ont noté que les cinq appareils montraient un coefficient de variation (%) plus élevé, qui varie de 4,8 % à 10,9 %, et qu'aucun d'entre eux ne pouvait être considéré comme suffisamment fiable à des fins de recherche [14]. Des études similaires ont mis en évidence le besoin urgent de développer un calorimètre indirect qui répond aux exigences cliniques pour une évaluation précise des DE chez les patients atteints de maladies aiguës ou chroniques [26; 59]. Voir tableau 2.

¹⁷ <https://pdf.medicaexpo.fr/pdf/cosmed/solutions-gold-standard-calorimetrie-indirecte-composition-corporelle/68117-200173.html>.

¹⁸ Au début des années 1990.

¹⁹ MedGraphics CPX Ultima (Medical Graphics Corp, St Paul, MN), MedGem (Microlife USA, Golden, CO), Vmax Encore 29 System (VIASYS Healthcare Inc, Yorba Linda, CA), TrueOne 2400 (Parvo Medics, Sandy, UT) et Korr ReeVue (Korr Medical Technologies, Salt Lake City, UT).

Tableau 1 : Exigences énergétiques recommandées dans diverses directives de l'ESPEN (adaptation) [8; 17]

PATHOLOGIES	EXEMPLES D'EFFETS SUR LA DER	DONNÉES PROBANTES	STRATÉGIE PROPOSÉE	RÉSULTATS DES ÉQUATIONS PRÉDICTIVES	REMARQUES
Cancer [6]	+ Croissance du cancer et inflammation. - Réduction progressive de la masse corporelle maigre.	+ REE est élevée chez 40 % des patients atteints de cancer [33].	L'équation de Souza – Ozório-Singer [65] peut aider à améliorer l'estimation de la dépense énergétique au repos.	Grande variation dans la performance des équations prédictives de REE.	Les patients hypermétaboliques souffrent davantage de cachexie [33].
USI [62]		Recommandation ESPEN grade B.	Risque de suralimentation dans les premiers jours, cible hypocalorique de 70 % des DER évoluant progressivement vers 80-100 % des dépenses énergétiques.	La grande variabilité entre les patients et la faible précision des équations basées sur le poids.	En l'absence de CI, le VO ₂ obtenu à partir d'un cathéter artériel pulmonaire ou le VCO ₂ obtenu à partir du ventilateur donnent une meilleure évaluation de la DER que les équations prédictives.
Hépatopathies [52]		+	Équations de Harris-Benedict et Mifflin.	Les équations de Harris Benedict [1, 2] et de Mifflin chez les patients cirrhotiques [20].	La CI est approuvée par ESPEN [7].
Maladies neurologiques [12]	+ Inflammation et troubles endocriniens. - Dysfonctionnement du tissu musculaire.	+	Cible de 30 kcal/kg/jour.		La ventilation non invasive réduit généralement les DER.
Insuffisance intestinale [51]		+	Cible 25-35 kcal/kg/jour.	Mauvais résultats avec les équations prédictives [36].	Spécifiques à l'état clinique du malade.
Cas de polymorbidités [24]		+	Équations basées sur le poids ?	Rares.	CI doit guider la thérapie nutritionnelle dans la mesure du possible (grade de recommandation 0).
Brûlures majeures [58]		+	Pour les adultes : équation de Toronto. Pour les enfants : équation de Schofield.	La cible protéique : - Adultes : 1,5-2 g/kg/jour. - Enfants : 1,5-3 g/kg/jour.	
Maladies rénales [13]	+ Acidose métabolique et inflammation. - Insuffisance rénale aiguë et chronique.	+	Équation de Harris-Benedict	Un facteur de stress ne doit pas être ajouté, car cela pourrait exposer le patient à une suralimentation.	Les lignes directrices ESPEN sont actuellement en préparation.

Tableau 2 : Exemples de technologies de calorimétrie indirecte

PRODUIT	OMNICAL	CALOSYS	OXYMAX ECONOMY	CCM EXPRESS	ULTIMA CCM	Q-NRG+	Q-NRG
Technologie	À balayage différentiel	À balayage différentiel		Par titration isothermique	À balayage différentiel		
Applications	Indirecte Recherche scientifique	Indirecte Recherche scientifique	Indirecte	Indirecte	Indirecte	Indirecte	Indirecte
Caractéristiques				Compacte	Automatique	Mobile	Mobile
Description	Calorimètre à balayage différentiel			Calorimètre par titration isothermique	Calorimètre à balayage différentiel		
Compagnie	TSE Systems Canada	TSE Systems Canada	Columbus Instruments États-Unis – Ohio	MGC Diagnostics États-Unis – Minnesota	MGC Diagnostics États-Unis – Minnesota	COSMED Italie	COSMED Italie

2.5 Le dispositif Q-NRG®

Le concept et les spécifications du Q-NRG® (COSMED) ont été mis au point en collaboration avec le groupe d'étude ICALIC Trial. Compact : le Q-NRG® ne nécessite pas de temps de préchauffage ni d'étalonnage assisté par l'utilisateur²⁰. Les valeurs moyennes de VO₂, de VCO₂, de QR²¹ et de DE sont rapportées toutes les 30 secondes. Il a été conçu pour être portable et pour concurrencer les systèmes métaboliques conventionnels avec un coût moindre. Le dispositif Q-NRG® peut mesurer la DER par mode canopée (*canopy hood*) ou par l'intermédiaire d'un masque facial oronasal chez les sujets respirants spontanément lorsque le mode canopée ne peut être utilisé. Chez les patients ventilés mécaniquement, le dispositif Q-NRG+® peut être utilisé²².

3 MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

Le principal objectif de cette revue est d'évaluer la technologie Q-NRG+® et de déterminer sa place potentielle en thérapie nutritionnelle.

3.1 Stratégie de la recherche

Les bases de données suivantes ont été consultées : US National Library of Medicine (PubMed.gov), Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE), EMBASE (2015–2023), Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL) et Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature (CINAHL) EBSCOhost). La stratégie de recherche était composée des mots-clés suivants (Medical Subject Heading, ou MeSH) : « calorimetry », « indirect calorimetry », « direct calorimetry », « resting energy expenditure », « resting metabolic rate », « VCO₂ », « VO₂ », « nutritional therapy », « Q-NRG » « Q-NRG+ ». Les équivalents en français de ces mots-clés, soit « calorimétrie », « calorimétrie indirecte », « calorimétrie directe » et « dépense énergétique au repos », ont été utilisés dans les moteurs de recherche usuels. Dans certains cas, la liste de références des articles récupérés a été utilisée pour trouver d'autres études pertinentes ou complémentaires. La recherche initiale a été effectuée en octobre 2022, puis mise à jour en janvier 2023. Aucun filtre méthodologique n'a été appliqué. La stratégie de recherche se trouve dans l'annexe B.

3.2 Critères de sélection

Nous avons inclus principalement des études liées au principe de la CI, aux innovations, aux bénéfices centrés sur le patient, à l'utilisation clinique dans la pratique et aux aspects médico-économiques. À moins d'un apport pertinent, les études publiées avant 2015 ont été exclues de l'étude (annexe D).

Les études exclues ou définies comme hors sujet sont les études incluses dans d'autres publications ou dont l'objectif principal ne concerne pas le sujet principal de la recherche. Les publications qui présentaient des données d'ordre général ont été écartées de notre travail.

Les critères de prise en compte des études pour cette note informative restent à visée indicative et ne peuvent être considérés comme restrictifs.

²⁰ L'appareil ne nécessite qu'un étalonnage mensuel du débitmètre interne de la turbine et des analyseurs de gaz, grâce à des procédures rapides.

²¹ Quotient respiratoire.

²² Fraction d'oxygène allant jusqu'à 75 %.

4 RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

Les publications sélectionnées sont pour la majorité des études observationnelles ou des suivis de cohorte. Elles concernent essentiellement la comparaison de dispositifs de CI aux équations prédictives utilisées couramment pour l'estimation des besoins énergétiques des sujets gravement malades, ainsi que les études récentes présentant des résultats de mesures simultanées entre des appareils de CI qui incluent le Q-NRG® (COSMED, Italie). Il faut souligner la rareté des études sur l'utilisation du Q-NRG+®.

En général, il existe très peu d'études avec des méthodologies rigoureuses (comme les études randomisées contrôlées, ou ERC). Pour exemple, une revue systématique de la littérature publiée en 2020 par Tatu-Babet et collaborateurs [68] a colligé 4060 articles²³, où seulement 4 ERC comparant la CI à une équation prédictive ont été incluses²⁴. Dans cette étude, les auteurs avaient conclu que les données évaluant l'impact de l'utilisation de la CI existent, mais restent limitées, et que des études avec d'autres indicateurs (en particulier la VM) étaient nécessaires pour pouvoir tirer des conclusions définitives.

Pour le Q-NRG®, une seule étude effectuée par l'International Multicentric Study Group for Indirect Calorimetry (ICALIC), parrainée par la Société européenne de nutrition clinique et de métabolisme (ESPEN) et par la Société européenne de médecine de soins intensifs (ESIC), a évalué et testé in vitro cette technologie. Les résultats de cette étude ont été repris par plusieurs auteurs. Des biais méthodologiques ont été signalés.

Au total, 12 études ont été sélectionnées pour ce document, dont deux comparent la CI aux équations prédictives et permettent de situer la CI dans la stratégie de thérapie nutritionnelle [1; 3; 10; 18; 19; 20; 35; 40; 42; 45; 56; 57].

5 DONNÉES ACTUELLES

5.1 Dépenses énergétiques : les équations prédictives par rapport à la calorimétrie indirecte

Dans une étude publiée en 2019, Eslamparast et collaborateurs ont comparé les DER estimées à l'aide d'équations prédictives (pDER) par rapport aux DER mesurées à l'aide de la CI²⁵ (mDER) [20]. Cette méta-analyse a analysé 17 études incluant 1883 patients adultes atteints de cirrhose. Les données obtenues par la CI ont été comparées aux résultats de 10 équations prédictives (EP) différentes : équation de Harris et Benedict (EHB) (n = 14 études); Mifflin-St Jeor (n = 2); régression basée sur la masse maigre (équation basée sur la FFM) (n = 2); Schofield (n = 1); Owen (équation basée sur la FFM) (n = 1); Cunningham (équation basée sur la FFM) (n = 1); Muller (équation basée sur la FFM) (n = 1); équation basée sur la surface corporelle (BSA) (n = 1); et l'équation basée sur les apports nutritionnels de référence japonaise (DRI) (n = 1). Les auteurs avaient conclu que les équations prédictives calculant les DER ont une précision limitée chez les patients atteints de cirrhose en sous-estimant le plus souvent leurs besoins énergétiques. En outre, les auteurs ont souligné qu'il existait de grandes variations dans les données comparatives individuelles.

En 2021, Boudou-Rouquette et collaborateurs [10] ont effectué une étude prospective bicentrique évaluant la relation entre la DER des patients atteints de cancer (CPNPC métastatique) et leur sensibilité aux inhibiteurs de

²³ Bases de données Medline, Embase, CINAHL et Cochrane Library.

²⁴ 396 sujets; Deltatrac II, Colorado Med Tech Metascope; 2 COSMED Quark RMR (1 x 2.0).

²⁵ L'analyseur de gaz respiratoire, le chariot métabolique, le calorimètre à circuit ouvert et le Vmax. Huit études ont utilisé le Deltatrac Metabolic Monitor et quatre études, le MedGraphics IC.

point de contrôle immunitaire (ICI)²⁶. Les patients ont subi une évaluation nutritionnelle avant de commencer l'immunothérapie. Pour chaque patient, le VO₂ a été mesuré pendant 15 minutes par CI à l'aide d'un masque facial relié à un analyseur d'oxygène (Fitmate, COSMED, Italie). La DER mesurée (mDER) a été déterminée à partir du VO₂ en utilisant l'équation de Weir²⁷ et les résultats ont été immédiatement affichés dans le système. Pour évaluer l'étendue de l'altération des DER par rapport aux individus en bonne santé, la mDER a été comparée à la DER théorique (tDER), calculée avec les équations révisées de Harris et Benedict²⁸. Même si l'interprétation de ces résultats présentait certaines limites, les auteurs soulignent que l'influence pronostique de la DER et sa capacité prédictive à identifier les patients sensibles à la thérapie ICI ne sont pas visibles dans un ensemble de données. Cependant, les auteurs remarquent que l'hypermétabolisme n'est pas seulement corrélé à la survie sans progression et à la survie globale; les DER sont également associées à un taux de réponse tumorale réduit, suggérant ainsi un lien direct entre l'énergie du corps entier et la possibilité d'un effet pharmacodynamique des ICI. Pour les auteurs, les DER ont à la fois une valeur prédictive et pronostique, mais leur poids relatif doit être déterminé par une étude randomisée. Ils ajoutent que la validation externe de ces résultats est justifiée dans un plus grand nombre de centres de cancérologie participants et le suivi d'une plus grande cohorte [10].

5.2 Technologie : Q-NRG® (COSMED, Italie)

Étude de l'International Multicentric Study Group for Indirect Calorimetry (ICALIC)

L'étude effectuée par ICALIC et parrainée par la Société européenne de nutrition clinique et de métabolisme (ESPEN) et par la Société européenne de médecine de soins intensifs (ESICM) a évalué et testé in vitro le calorimètre Q-NRG® (COSMED, Italie) [44; 47]. Ce dispositif de CI de taille réduite est équipé d'une nouvelle chambre de micromélange dynamique²⁹ qui réduit la stabilisation temporelle des concentrations de gaz, et donc la variabilité du VO₂ et du VCO₂. Ce dispositif utilise un algorithme qui prend en compte les différents niveaux de ventilation pouvant être atteints par différents sujets au repos en adaptant le débit de prélèvement en fonction de la ventilation. Les résultats des mesures de composition de gaz ont été validés in vitro et in vivo par rapport à la technologie de référence, qui est le spectromètre de masse (MAX300-LG, Extrel, Pittsburgh, États-Unis) [48]. Les mesures de la DER sont obtenues en 5 à 7 minutes, en moyenne, sans calibration préalable et sans désinfection. Les auteurs soutiennent que le Q-NRG® peut être utilisé au chevet du patient, respirant spontanément ou sous ventilation.

Delsoglio et collaborateurs reprennent les résultats d'une évaluation du calorimètre indirect qui avait pour but d'analyser l'exactitude et la précision intra et inter-unité du dispositif Q-NRG® (COSMED, Rome, Italie) en mode dilution de canopée in vitro et chez des adultes respirant spontanément [18; 34]. Les résultats obtenus ont été confirmés in vivo en interchangeant trois unités Q-NRG® lors de la mesure des DE chez 15 sujets sains. Selon les résultats de cette étude, on peut supposer que l'exactitude et la précision du calorimètre indirect Q-NRG® de nouvelle génération correspondent aux exigences des cliniciens. Cette étude complète les résultats en démontrant que le Q-NRG® est également très précis en mode canopée. La précision des mesures de VO₂, de VCO₂, de QR et de DE par le Q-NRG® a été démontrée in vitro en obtenant des différences de mesure < 1,5 % par rapport aux valeurs attendues dans des conditions de mélange de gaz et de contrôle de débit de haute précision. Cette petite différence systématique a été confirmée in vivo par la comparaison de mesures simultanées entre le Q-NRG® et la spectrométrie de masse.

²⁶ Les *checkpoints* immunitaires, ou points de contrôle de la réponse immunitaire, sont un ensemble de récepteurs et de ligands qui interviennent dans la modulation de la réponse lymphocytaire T. Leur rôle physiologique est de maintenir la tolérance du soi et de moduler l'intensité et la durée de la réponse immunitaire.

²⁷ Taux métabolique (kcal par jour) = 1440 (3,9 VO₂ + 1,1 VCO₂).

²⁸ Équation de Harris-Benedict : pour les hommes tDER (kcal/j) = 66,5 + 13,75 x W + 500 x H - 6,78 x A; pour les femmes : tDER (kcal/j) = 655 + 9,56 x W + 185 x H - 4,68 x A (W = poids en kilogrammes; H = hauteur en mètres; et A = âge en années).

²⁹ Taille 1:100 par rapport au standard et capacité de 2 ml.

L'étude effectuée sur le Q-NRG® présente certaines limites méthodologiques, comme la taille de la population traitée, la modification du mode opératoire standard (durée, débit, etc.) et les biais potentiels en raison de subventions de la part de la compagnie COSMED, qui fabrique le dispositif.

5.3 Autres études

Sur les sept études qui concernaient le Q-NRG®, deux études ont été exclues : une étude publiée en 2022 [3] qui a été effectuée dans un contexte expérimental et présentait les résultats comparatifs de quatre dispositifs de mesures métaboliques³⁰, et une étude observationnelle de patients atteints de COVID-19 et ventilés mécaniquement, publiée en 2022. Cette dernière évaluait la DER mesurée (mDER) avec le Q-NRG® (COSMED) et les pratiques d'alimentation ainsi que la tolérance pendant les phases aiguës et tardives de la COVID-19 chez ces patients [35].

Parmi les cinq autres études incluses, deux avaient comparé les résultats obtenus par le Q-NRG® avec ceux des équations prédictives, deux études comparaient différents dispositifs de CI, et enfin, une seule étude présentait les résultats de patients présentant un choc septique et suivis à l'aide du Q-NRG+®, COSMED. Annexe E, tableau 12.

5.3.1 Étude spécifiant l'utilisation du Q-NRG+® (annexe E, tableau 13)

Dans l'étude pilote observationnelle prospective publiée en 2022, incluant des patients adultes présentant un choc septique, ventilés et hospitalisés dans une unité de soins intensifs (USI) chirurgicaux, Occhiali et collaborateurs [42] rapportent les données métaboliques recueillies à l'aide du calorimètre COSMED Q-NRG+®. Les auteurs notent que le déficit énergétique s'est amélioré, tandis que la DER et le QR sont restés relativement stables au cours de la première semaine de séjour en USI. Les auteurs ajoutent que l'importance des variations de la consommation de substrats n'était pas claire. Ils concluent que ces résultats préliminaires devraient être approfondis par des études plus larges.

5.3.2 Études comparant les résultats obtenus par Q-NRG® avec ceux des équations prédictives

- Une étude publiée en 2021 concerne l'utilisation du Q-NRG® dans un contexte de SRAS-CoV-2 (COVID-19) chez des malades ventilés [40]. Dans cette étude, Niederer et collaborateurs ont rapporté les résultats d'une évaluation longitudinale des DER obtenues par le dispositif Q-NRG® (mDER) et par les équations prédictives couramment utilisées³¹ (pDER) chez les 38 patients malades ventilés tout au long des séjours en unité de soins intensifs (USI). Les auteurs notent que les données observées réaffirment la nécessité de mesures de CI longitudinales de routine pour fournir des cibles énergétiques précises chez les patients atteints de COVID-19 en USI. D'autre part, ils notent que les équations de Penn State University (PSU) et d'ASPEN-SCCM³² semblent donner l'estimation la plus raisonnable de la mDER dérivée de la CI chez ce type de patient, mais celle-ci reste souvent sur ou sous-estimée.
- La seconde étude publiée en 2022 concerne les patients survivants en USI (chirurgicaux) et suivis par le Q-NRG® en mode canopée [57]. Dans cette étude observationnelle, Rousseau et collaborateurs ont comparé les dépenses énergétiques (mDE) des survivants en USI obtenues par le Q-NRG® en mode canopée pendant leur période d'hospitalisation post-USI avec les estimations des équations prédictives (eDE). Les valeurs eDE dérivées à l'aide des équations de HB et de WB³³ des 55 patients, étaient significativement plus élevées que

³⁰ Q-NRG (COSMED, Rome, Italie), Vyntus CPX (Vyaire, Höchberg, Allemagne), Omnicul (Maastricht Instruments, Maastricht, Pays-Bas) et Ultima CardiO2 (Medgraphics Corporation, St. Paul, MN, États-Unis).

³¹ Équations prédictives de Harris-Benedict (HB), Mifflin St-Jeor (MSJ) et Penn State University (PSU), et les équations basées sur le poids des directives de l'American Society of Parenteral and Enteral Nutrition – Society of Critical Care Medicine (ASPEN-SCCM).

³² American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (ASPEN)/Society of Critical Care Medicine (SCCM).

³³ Équation basée sur le poids.

les mDE. Il n'y avait pas de différence significative entre les mDE et les eDE obtenues en utilisant l'équation de Penn-State (PS). En utilisant l'équation de PS, une concordance à moins de 15 % de la mDE a été trouvée chez 32 des 55 patients. Les auteurs ont conclu que dans ce contexte d'hospitalisation post-USI, aucune des équations testées n'était précise pour prédire les DE mesurées par la CI.

5.3.3 Étude comparant des résultats obtenus par Q-NRG® et par Quark RMR®³⁴

Dans une étude publiée en 2022 par Dupertuis et collaborateurs [19], les résultats de la mesure des DER avec le Q-NRG® étaient obtenus plus rapidement qu'avec le dispositif Quark RMR® (19,7 ± 2,9 min contre 24,5 ± 4,3 min, P < 0,001) chez 85 patients externes et hospitalisés respirant spontanément. En mode couvert, le Q-NRG® a donné des valeurs similaires au Quark RMR®, avec 73 % des patients atteignant un état d'équilibre (CV % < 10 %) dans un intervalle de 5 à 15 min. En mode masque facial, le Q-NRG® était moins stable que le Quark RMR® en mode canopée et l'état d'équilibre n'a été atteint que chez 40 % des patients dans un intervalle de 5 à 15 minutes. La corrélation entre les deux dispositifs était plus forte lorsque le Q-NRG® était utilisé en mode canopée plutôt qu'en mode masque facial (coefficients de Pearson respectivement de 0,96 et 0,86). En mode masque facial, le Q-NRG® surestimait la DER de 150 ± 51 kcal/jour chez les hommes par rapport au Quark RMR® en mode canopée. Les auteurs ont conclu que le Q-NRG® en mode canopée a permis de gagner au moins 5 minutes par rapport au Quark RMR® tout en conservant la même précision de mesure. Cependant, son utilisation en mode masque facial pourrait entraîner une surestimation de la DER chez les hommes et, par conséquent, ne devrait pas être recommandée en milieu clinique.

Une étude prospective comparative multicentrique [56] est actuellement en recrutement³⁵. Cette étude a comme objectif d'étudier les changements dans la dépense énergétique et les caractéristiques cliniques qui y sont associées chez des patients effectuant un séjour prolongé en USI. Les auteurs ont l'intention de sélectionner 6 000 patients pour participer à l'étude, en tenant compte de la possibilité que plusieurs mesures de CI ne soient pas effectuées de manière cohérente. Les différents calorimètres étudiés sont : E-sCOVX (General Electric, Helsinki, Finlande), Quark RMR (COSMED, Rome, Italie), Q-NRG® (COSMED, Rome, Italie) et BEACON Caresystem³⁶ (Mermaid Care, Nørresundby, Danemark). La fin des inscriptions est prévue pour la fin de 2023, et l'analyse des données et la publication des résultats, en 2024.

5.3.4 Aspects médico-économiques

Les études suisses sur la supplémentation nutritionnelle [9; 53] ont rapporté que l'atteinte d'objectifs énergétiques mesurés individualisés à l'aide de la nutrition parentérale complémentaire³⁷ était associée à une amélioration³⁸ de l'immunité, à une moindre inflammation systémique et à une réduction d'une perte de masse musculaire. Les auteurs notent que l'optimisation de l'apport énergétique est une stratégie de réduction des coûts chez les adultes gravement malades pour lesquels la nutrition entérale³⁹ est insuffisante [53]. Les auteurs ajoutent que d'autres études sont nécessaires pour mieux comprendre l'impact médico-économique des besoins mesurés en CI chez les patients en USI. Cependant, il n'existe pas d'analyse économique complète sur la CI en général et sur le Q-NRG+® en particulier.

³⁴ Le Quark RMR est un système de mesure métabolique de la DER et du QR de manière non invasive, grâce à la mesure de la consommation d'oxygène (VO₂) et de la production de dioxyde de carbone (VCO₂) chez des sujets respirant spontanément (au repos et pendant l'exercice) et des patients assistés mécaniquement.

³⁵ Arrêt prévu pour la fin de 2023.

³⁶ BEACON Caresystem est un système d'aide à la gestion de ventilateur d'USI, qui peut théoriquement réduire le temps de ventilation des patients jusqu'à 25 %.

³⁷ En cas d'échec de la nutrition entérale exclusive.

³⁸ Par interaction.

³⁹ La nutrition entérale consiste à apporter une solution alimentaire (solution nutritive) directement dans l'estomac ou dans l'intestin grêle.

Au CHUM, pour les patients intubés ou qui présentent des maladies complexes, les nutritionnistes du Service de nutrition clinique élabore sa thérapie nutritionnelle à partir d'équations prédictives : kcal/kg (20-25 kcal/kg) ou l'équation prédictive de Penn State. Le volume potentiel de malades qui nécessitent des mesures de CI reste à définir. Les données disponibles (en excluant les services de soins intensifs) sont de 4 % par année pour les maladies métaboliques héréditaires et de 2 à 4 malades par semaine pour les services de nutrition parentérale. Il faut noter que ces chiffres ne spécifient pas le pourcentage des malades ventilés (annexe B, tableaux 4 et 5). Le Service de nutrition clinique du CHUM a effectué une journée d'essai de la technologie Q-NRG® sur huit patients, dont un malade sous ventilation. Tableau 9.

Selon les données présentées par le Service de nutrition clinique du CHUM, le coût d'acquisition du Q-NRG®+ (COSMED/Baxter) est de 48 700 \$ CA. Ce prix inclut les accessoires permanents et les coûts pour les consommables jetables requis pour la première année⁴⁰.

6 DISCUSSION

L'impact des besoins énergétiques sur les résultats cliniques des patients en fonction de leurs dépenses énergétiques réelles reste insuffisamment apprécié. Les résultats des ERC ont confirmé que les apports caloriques proches de la DER mesurée ont amélioré l'état clinique des patients [15; 29; 60; 71]. L'optimisation de la thérapie nutritionnelle est cruciale pour la prise en charge globale des patients. Elle peut améliorer les résultats cliniques en diminuant les taux de complications, la durée de la ventilation mécanique en entraînant une réduction de la durée de séjour hospitalier, et probablement des économies de coût pour un grand nombre de maladies [4]. Les données actuelles confirment l'importance de la CI pour mesurer la DE afin d'optimiser la prescription énergétique. Cependant, celle-ci doit répondre aux changements métaboliques dynamiques liés à l'évolution de la maladie ou des traitements administrés^{41 42}. En dehors des conditions métaboliques, la qualité de toute mesure de CI est influencée par d'autres facteurs, comme l'environnement, les procédures thérapeutiques au moment de la mesure ainsi que certains paramètres de ventilation mécanique [23; 30]. En effet, un certain nombre d'études sur la CI suggèrent la répétition des mesures selon l'évolution de l'état clinique, et une interprétation attentive des DER mesurées par la CI est nécessaire [17; 7; 39]. Pour les patients en soins intensifs, l'adaptation de la prescription nutritionnelle en fonction d'un objectif défini par CI est encore débattue^{43 44} [9; 5; 53; 63].

Même si les équations prédictives comme celle de Harris-Benedict et de Penn State University sont largement utilisées, elles présentent de faibles niveaux de précision, qui vont de 18 % à 70 %. Dans une revue de la littérature publiée en 2021, les auteurs avaient conclu que l'utilisation systématique de la CI doit être encouragée comme stratégie d'optimisation des soins nutritionnels [1]. Cependant, certains facteurs limitent son utilisation, notamment les valeurs des mesures de DER liées à l'état clinique du patient et les caractéristiques de la technologie utilisée - telles que le coût actuel élevé des appareils, son mode de fonctionnement et la maintenance technique nécessaire. Le dispositif Q-NRG® fait partie des nouvelles méthodes innovantes qui s'avèrent prometteuses dans l'évaluation des DE et la minimisation des contraintes de la CI, permettant ainsi aux cliniciens d'effectuer des mesures rapides et précises. Les résultats de la principale étude sur le Q-NRG®

⁴⁰ Le coût de 3 465 \$ est basé sur une utilisation de 150 à 300 tests par année sur la base des besoins actuels. Ces coûts pourraient varier dans les commandes de consommables subséquentes (Service de nutrition clinique du CHUM).

⁴¹ Les maladies métaboliques, les cancers, les traumatismes graves (crâniens avec ventilation mécanique, orthopédiques), pathologies psychiatriques, etc.

⁴² Par exemple, lorsque près des deux tiers de l'énergie sont couverts par la production endogène de glucose grâce à la mobilisation des protéines musculaires, du glycogène et des réserves de lipides pendant la maladie.

⁴³ N° d'identifiant Clinicaltrials.gov. : NCT01372176.

⁴⁴ Allingstrup et collaborateurs (2017) ont évalué les effets de la nutrition précoce axée sur les objectifs (EGDN) par rapport aux soins nutritionnels standards chez les patients adultes en unité de soins intensifs (USI). Les auteurs avaient conclu que l'EGDN ne semblait pas affecter la qualité de vie physique ou clinique à 6 mois par rapport aux soins nutritionnels standards chez les patients adultes en soins intensifs, ventilés mécaniquement et admis en soins aigus.

soulignent l'efficacité de la technologie, en particulier pour les patients ventilés. Cependant, les biais potentiels associés au protocole d'étude nécessitent une validation de ces résultats.

En 2019, Baxter International Inc. et COSMED S.R.L.⁴⁵ ont prévu de proposer le Q-NRG+® à 18 pays clés à travers le monde avec un potentiel d'expansion supplémentaire. En 2019, Santé Canada a donné la première homologation à la compagnie COSMED S.R.L. (Italie) pour Q-NRG+® suivie en 2020, par la Food and Drug Administration (FDA, États-Unis). Annexe B, tableaux 7 et 8. Ce dispositif est actuellement vendu dans 12 pays d'Europe, ainsi qu'au Canada, en Australie et en Nouvelle-Zélande. Plusieurs de ces appareils sont actuellement en utilisation au Canada et l'Hôpital Royal Alexandra (Alberta Health Services) a accueilli le premier moniteur métabolique COSMED Q-NRG+® au Canada suivi du Oakville Trafalgar Memorial Hospital (Ontario). En plus de présenter les mêmes caractéristiques du modèle Q-NRG® utilisé chez les sujets sains ou chez les malades respirants spontanément, en mode ventilateur, le dispositif Q-NRG+® permet la mesure de la dépense énergétique au repos chez les patients ventilés mécaniquement : il peut être utilisé chez sujets ventilés âgés de plus de 10 ans et pesant plus de 10 kg.

7 CONCLUSION

Pour les malades qui présentent des anomalies du métabolisme⁴⁶ ou qui sont hospitalisés dans les unités de soins intensifs, l'alimentation orale est dans la majorité des cas impossible et le recours à une nutrition complémentaire est nécessaire pour assurer un apport nutritionnel quantitativement et qualitativement adapté à leurs besoins. L'estimation de cet apport énergétique dépend de nombreux facteurs, comme l'état clinique des malades, le type d'infection et la stratégie thérapeutique appliquée, et un calcul précis des besoins s'avère essentiel dans ces cas. Les technologies de mesure de la CI devraient répondre à un certain nombre de critères d'efficacité (mesures rapides et de grande précision), d'adaptabilité à des patients spécifiques et de contraintes économiques (faciles à entretenir et à un coût abordable). Pour cela, la CI reste peu utilisée en milieu clinique, car les dispositifs sont le plus souvent indisponibles, exigeants en main-d'œuvre et coûteux. Les développements récents devraient faciliter l'emploi généralisé de la CI dans la routine médicale et promouvoir de meilleurs résultats cliniques. Dans ce contexte, la mesure de la CI par une technologie de type Q-NRG+® pourrait répondre à la demande de certains services cliniques spécialisés accueillant des patients ventilés ou qui présentent des maladies complexes et nécessitant une optimisation des besoins énergétiques très précis. Cependant, il est important d'évaluer le volume potentiel de patients ventilés qui nécessitent ce niveau de prise en charge nutritionnelle.

Considérant l'importance du CHUM dans le système de santé québécois et sa position de centre de référence pour plusieurs spécialités médicales et soins quaternaires, il serait pertinent d'offrir une prise en charge optimale pour ces patients (tableau 5). Dans ce contexte, l'UETMIS suggère que le CHUM devrait acquérir la technologie de calorimétrie indirecte la plus appropriée pour répondre à la demande des différents services, en particulier pour les patients gravement malades. Cette acquisition pourrait enfin permettre la conception d'études prospectives qui pourront déterminer la dose optimale d'énergie à délivrer au cours des différents stades de certaines maladies complexes.

⁴⁵ Baxter International Inc. (spécialiste de la nutrition clinique) et COSMED srl. (Concepteur de systèmes métaboliques pour des applications cliniques se sont associés pour commercialiser le Q-NRG+®, un système de surveillance métabolique dispositif utilisant la technologie de calorimétrie indirecte.

⁴⁶ Glycogénoses, mitochondriopathies, etc.

8 BIBLIOGRAPHIE

- 1 Achamrah N, Delsoglio M, De Waele E, Berger MM, Pichard C. Indirect calorimetry : The 6 main issues. *Clin Nutr.* 2021 Jan;40 (1):4-14. doi: 10.1016/j.clnu.2020.06.024. Epub 2020 Jul 2. PMID: 32709554.
- 2 Achamrah N, Oshima T, Genton L. Innovations in energy expenditure assessment. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care.* 2018;21(5):321-8.
- 3 Alcantara JMA, Galgani JE, Jurado-Fasoli L, Dote-Montero M, Merchan-Ramirez E, Ravussin E, Ruiz JR, Sanchez-Delgado G. Validity of four commercially available metabolic carts for assessing resting metabolic rate and respiratory exchange ratio in non-ventilated humans. *Clin Nutr.* 2022 Mar;41(3):746-754. doi: 10.1016/j.clnu.2022.01.031. Epub 2022 Feb 4. PMID: 35180452; PMCID: PMC9616127.a.
- 4 Allard JP, Keller H, Jeejeebhoy KN, Laporte M, Duerksen DR, Gramlich L, Payette H, Bernier P, Vesnaver E, Davidson B, Teterina A, Lou W. Malnutrition at Hospital Admission-Contributors and Effect on Length of Stay: A Prospective Cohort Study From the Canadian Malnutrition Task Force. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2016 May;40 (4):487-97. doi: 10.1177/0148607114567902. Epub 2015 Jan 26. PMID: 25623481.
- 5 Allingstrup MJ, Kondrup J, Wiis J, Claudius C, Pedersen UG, Hein-Rasmussen R, et al. Early goal-directed nutrition versus standard of care in adult intensive care patients: the single-centre, randomised, outcome assessor-blinded EAT-ICU trial. *Intensive care medicine.* 2017;43(11):1637-47.
- 6 Bachmann P, Baracos V, Barthelemy N, Bertz H, Bozzetti F, et al. ESPEN guidelines on nutrition in cancer patients. *Clin Nutr* 2017;36 :11-48.
- 7 Belarmino G, Singer P, Gonzalez MC, Machado NM, Cardinelli CS, Barcelos S, et al. Prognostic value of energy expenditure and respiratory quotient measuring in patients with liver cirrhosis. *Clinical nutrition.* 2018;38(4):1899-904.
- 8 Bendavid I, Lobo DN, Barazzoni R, Cederholm T, Coëffier M, de van der Schueren M, Fontaine E, Hiesmayr M, Laviano A, Pichard C, Singer P. The centenary of the Harris-Benedict equations: How to assess energy requirements best? Recommendations from the ESPEN expert group. *Clin Nutr.* 2021 Mar;40(3):690-701. doi: 10.1016/j.clnu.2020.11.012. Epub 2020 Nov 20. PMID: 33279311.
- 9 Berger MM, Pantet O, Jacquelin-Ravel N, Charriere M, Schmidt S, Becce F, et al. Supplemental parenteral nutrition improves immunity with unchanged carbohydrate and protein metabolism in critically ill patients: The SPN2 randomized tracer study. *Clinical nutrition.* 2018.
- 10 Boudou-Rouquette P, Arrondeau J, Gervais C, Durand JP, Fabre E, De Percin S, Villeminey CV, Piketty AC, Rassy N, Ulmann G, Damotte D, Mansuet-Lupo A, Giraud F, Alifano M, Wislez M, Alexandre J, Jouinot A, Goldwasser F. Development and validation of a host-dependent, PDL1-independent, biomarker to predict 6-month progression-free survival in metastatic non-small cell lung cancer (mNSCLC) patients treated with anti-PD1 immune checkpoint inhibitors (ICI) in the CERTIM Cohort: The ELY study. *EBio-Medicine.* 2021 Nov;73:103630. doi: 10.1016/j.ebiom.2021.103630. Epub 2021 Oct 20. PMID: 34688030; PMCID: PMC8536532.
- 11 Brandi LS, Bertolini R, Santini L, Cavani S. Effects of ventilator resetting on indirect calorimetry measurement in the critically ill surgical patient. *Crit Care Med*, 1999, 27: 531-9.
- 12 Burgos R, Breton I, Cereda E, Desport JC, Dziewas R, Genton L, et al. ESPEN guideline clinical nutrition in neurology. *Clin Nutr* 2018;37:354-96.
- 13 Cano NJ, Aparicio M, Brunori G, Carrero JJ, Cianciaruso B, Fiaccadori E, et al. ESPEN guidelines on parenteral nutrition : Adult renal failure. *Clin Nutr* 2009;28:401-1.
- 14 Cooper JA, Watras AC, O'Brien MJ, Luke A, Dobratz JR, Earthman CP, et al. Assessing validity and reliability of resting metabolic rate in six gas analysis systems. *J Am Diet Assoc* 2009;109 (1):128e32. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2008.10.004>.

- 15 De Waele E, Honore PM, Malbrain M. Does the use of indirect calorimetry change outcome in the ICU? Yes it does. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*. 2018;21(2):126-9.
- 16 De Waele E, Opsomer T, Honore PM, Diltoer M, Mattens S, Huyghens L, et al. Measured versus calculated resting energy expenditure in critically ill adult patients. Do mathematics match the gold standard? *Minerva Anesthesiol*. 2015;81(3):272-82.
- 17 Delsoglio M, Achamrah N, Berger MM, Pichard C. Indirect Calorimetry in Clinical Practice. *J Clin Med*. 2019 Sep 5;8 (9):1387. doi: 10.3390/jcm8091387. PMID: 31491883; PMCID: PMC6780066.a.
- 18 Delsoglio M, Dupertuis YM, Oshima T, van der Plas M, Pichard C. Evaluation of the accuracy and precision of a new generation indirect calorimeter in canopy dilution mode. *Clin Nutr*. 2020 Jun;39(6):1927-1934. doi: 10.1016/j.clnu.2019.08.017. Epub 2019 Sep 10. PMID: 31543335.
- 19 Dupertuis YM, Delsoglio M, Hamilton-James K, Berger MM, Pichard C, Collet TH, Genton L. Clinical evaluation of the new indirect calorimeter in canopy and face mask mode for energy expenditure measurement in spontaneously breathing patients. *Clin Nutr*. 2022 Jul;41(7):1591-1599. doi: 10.1016/j.clnu.2022.05.018. Epub 2022 May 27. PMID: 35671611.
- 20 Eslamparast T, Vandermeer B, Raman M, Gramlich L, Den Heyer V, Belland D, Ma M, Tandon P. Are Predictive Energy Expenditure Equations Accurate in Cirrhosis? *Nutrients*. 2019 Feb 4;11 (2):334. doi : 10.3390/nu11020334. PMID: 30720726; PMCID : PMC6412603.
- 21 Fagour C., Cherifi C., Gonzalez C., Maury E., Gin H and Rigalleau V. Mesurer la dépense énergétique en pratique clinique How to measure energy expenditure in clinical practice? *Médecine des Maladies Métaboliques*. Volume 7, Issue 6, December 2013, Pages 525-532. [https://doi.org/10.1016/S1957-2557\(13\)70703-X](https://doi.org/10.1016/S1957-2557(13)70703-X).
- 22 Fernández-Jiménez R, Dalla-Rovere L, García-Olivares M, Abuín-Fernández J, Sánchez-Torralvo FJ, Doulatram-Gamgaram VK, Hernández-Sánchez AM, García-Almeida JM. Phase Angle and Handgrip Strength as a Predictor of Disease-Related Malnutrition in Admitted Patients: 12-Month Mortality. *Nutrients*. 2022 Apr 28;14(9):1851. doi: 10.3390/nu14091851. PMID: 35565818; PMCID: PMC9105999.
- 23 Fullmer S, Benson-Davies S, Earthman CP, Frankenfield DC, Gradwell E, Lee PS, et al. Evidence analysis library review of best practices for performing indirect calorimetry in healthy and non-critically ill individuals. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 2015;115(9):1417-46 e2.
- 24 Gomes F, Schuetz P, Bounoure L, Austin P, Ballesteros-Pomar M, Cederholm T, et al. ESPEN guidelines on nutritional support for polymorbid internal medicine patients. *Clin Nutr* 2018;37:336 - 53.
- 25 Graf S, Karsegard VL, Viatte V, Heidegger CP, Fleury Y, Pichard C, et al. Evaluation of three indirect calorimetry devices in mechanically ventilated patients: which device compares best with the Deltatrac II((R))? A prospective observational study. *Clinical nutrition*. 2015;34(1):60-5.
- 26 Graf S, Karsegard VL, Viatte V, Maisonneuve N, Pichard C, Genton L. Comparison of three indirect calorimetry devices and three methods of gas collection: a prospective observational study. *Clin Nutr*. 2013 Dec;32(6):1067-72. doi: 10.1016/j.clnu.2013.08.012. Epub 2013 Sep 4. PMID: 24064252.
- 27 Graf S, Pichard C, Genton L, Oshima T, Heidegger CP. Energy expenditure in mechanically ventilated patients: The weight of body weight! *Clinical nutrition*. 2017;36(1):224-8.
- 28 Haugen HA, et al. "Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians." *Nutr Clin Pract*. 2007 Aug;22(4): 377-88.
- 29 Heidegger CP, Berger MM, Graf S, Zingg W, Darmon P, Costanza MC, et al. Optimisation of energy provision with supplemental parenteral nutrition in critically ill patients: a randomised controlled clinical trial. *Lancet*. 2013;381(9864):385-93.

- 30 Irving CJ, Eggett DL, Fullmer S. Comparing Steady State to Time Interval and Non-Steady State Measurements of Resting Metabolic Rate. *Nutrition in clinical practice: official publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition*. 2017;32(1):77-83.
- 31 Iwashyna TJ, Hodgson CL, Pilcher D, et al. Timing of onset and burden of persistent critical illness in Australia and New Zealand: a retrospective, population-based, observational study. *Lancet Respir Med*. 07 2016;4 (7):566-573. doi:10.1016/S2213-2600(16)30098-4.
- 32 Jesus P, Achamrah N, Grigioni S, Charles J, Rimbart 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*. 2015;34(3):529-35.
- 33 Jouinot A, Vazeille C, Durand JP, Huillard O, Boudou-Rouquette P, Coriat R, et al. Resting energy expenditure in the risk assessment of anticancer treatments. *Clin Nutr* 2018;37:558-65.
- 34 Kaviani S, Schoeller DA, Ravussin E, Melanson EL, Henes ST, Dugas LR, Dechert RE, Mitri G, Schoffelen PFM, Gubbels P, Tornberg A, Garland S, Akkermans M, Cooper JA. Determining the Accuracy and Reliability of Indirect Calorimeters Utilizing the Methanol Combustion Technique. *Nutr Clin Pract*. 2018 Apr;33(2):206-216. doi: 10.1002/ncp.10070. PMID: 29658183; PMCID: PMC6457648.
- 35 Lakenman PLM, van Schie JC, van der Hoven B, Baart SJ, Eveleens RD, van Bommel J, Olieman JF, Joosten KFM. Nutritional intake and gastro-intestinal symptoms in critically ill COVID-19 patients. *Clin Nutr*. 2022 Dec;41(12):2903-2909. doi: 10.1016/j.clnu.2022.04.001. Epub 2022 Apr 6. PMID: 35504769.
- 36 Lawinski M, Singer P, Gradowski L, Gradowska A, Bzikowska A, Majewska K. Predicted versus measured resting energy expenditure in patients requiring home parenteral nutrition. *Nutrition* 2015;31:1328-32.
- 37 Lew CCH, Yandell R, Fraser RJL, Chua AP, Chong MFF, Miller M. Association Between Malnutrition and Clinical Outcomes in the Intensive Care Unit: A Systematic Review [Formula : see text]. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2017 Jul;41(5):744-758. doi:10.1177/0148607115625638 Epub 2016 Feb 2. PMID: 26838530.
- 38 Marson F, et al. "Correlation between oxygen consumption calculated using Fick's method and measured with indirect calorimetry in critically ill patients." *Arq Bras Cardiol*. 2004 Jan;82 (1):77-81, 72-6. Epub 2004 Feb 12.
- 39 Maxwell J, Gwardschaladse C, Lombardo G, Petrone P, Policastro A, Karev D, et al. The impact of measurement of respiratory quotient by indirect calorimetry on the achievement of nitrogen balance in patients with severe traumatic brain injury. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2017;43(6):775-82.
- 40 Niederer LE, Miller H, Haines KL, Molinger J, Whittle J, MacLeod DB, McClave SA, Wischmeyer PE. (2021) Prolonged progressive hypermetabolism during COVID-19 hospitalization undetected by common predictive energy equations. *Clin Nutr ESPEN*. Oct;45:341-350.
- 41 Nishi, Y. (1981). "Measurement of thermal balance in man". In K. Cena & J. Clark (ed.). *Bioengineering, Thermal Physiology and Comfort*. Elsevier. pp. 29 -39.
- 42 Occhiali E, Urli M, Pressat-Laffouilhère T, Achamrah N, Veber B, Clavier T. Dynamic metabolic changes measured by indirect calorimetry during the early phase of septic shock: a prospectiveobservational pilot study. *Eur J Clin Nutr*. 2022 May;76 (5):693-697. doi: 10.1038/s41430-021-01012-2. Epub 2021 Oct 15. PMID:34654897.
- 43 Orozco-Ruiz X, Pichardo-Ontiveros E, Tovar AR, Torres N, Medina-Vera I, Prinelli F, et al. Development and validation of new predictive equation for resting energy expenditure in adults with overweight and obesity. *Clinical nutrition*. 2017;37(6 Pt A):2198-205.
- 44 Oshima T, Berger MM, De Waele E, Guttormsen AB, Heidegger CP, Hiesmayr M, et al. Indirect calorimetry in nutritional therapy. A position paper by the ICALIC study group. *Clinical nutrition*. 2017;36(3):651-62.a.

- 45 Oshima T, Delsoglio M, Dupertuis YM, Singer P, De Waele E, Veraar C, Heidegger CP, Wernermann J, Wischmeyer PE, Berger MM, Pichard C. The clinical evaluation of the new indirect calorimeter developed by the ICALIC project. *Clin Nutr*. 2020 Oct;39 (10):3105-3111. doi: 10.1016/j.clnu.2020.01.017. Epub 2020 Jan 31. PMID: 32046881.
- 46 Oshima T, Dupertuis YM, Delsoglio M, Graf S, Heidegger CP, Pichard C. In vitro validation of indirect calorimetry device developed for the ICALIC project against mass spectrometry. *Clin Nutr ESPEN*. 2019 Aug;32:50-55. doi: 10.1016/j.clnesp.2019.05.004. Epub 2019 May 23. PMID: 31221290.
- 47 Oshima T, Graf S, Heidegger CP, Genton L, Pugin J, Pichard C. Can calculation of energy expenditure based on CO₂ measurements replace indirect calorimetry? *Critical care*. 2017;21(1):13.b.
- 48 Oshima T, Ragusa M, Graf S, Dupertuis YM, Heidegger CP, Pichard C. Methods 454 to validate the accuracy of an indirect calorimeter in the in-vitro setting. *Clin Nutr ESPEN*. 2017;22:71-5.c.
- 49 Oshima T, S. Graf, C. Heidegger, L. Genton, V. Karsegard, Y. Dupertuis, C. Pichard Can ventilator derived energy expenditure measurements replace indirect calorimetry? Geneva Universtiy Hospital, Geneva, Switzerland. *Critical Care* 2016, 20(Suppl 2):P284.
- 50 Pinheiro Volp AC, et al. "Energy expenditure: components and evaluation methods." *Nutr Hosp*. 2011 May-Jun;26 (3):430-40. doi: 10.1590/S0212-16112011000300002.
- 51 Pironi L, Arends J, Bozzetti F, Cuerda C, Gillanders L, Jeppesen PB, et al. ESPEN guidelines on chronic intestinal failure in adults. *Clin Nutr* 2016;35:247-307.
- 52 Plauth M, Bernal W, Dasarathy S, Merli M, Plank LD, Schutz T, et al. ESPEN guideline on clinical nutrition in liver disease. *Clin Nutr* 2019;38:485-521.
- 53 Pradelli L, Graf S, Pichard C, Berger MM. Supplemental parenteral nutrition in intensive care patients: A cost saving strategy. *Clinical nutrition*. 2018;37(2):573-9.
- 54 Rattanachaiwong S, Singer P. Indirect calorimetry as point of care testing. *Clinical nutrition*. 2019;38(6):2531-44.
- 55 Rehal MS, Fiskaare E, Tjader I, Norberg A, Rooyackers O, Wernerman J. Measuring energy expenditure in the intensive care unit: a comparison of indirect calorimetry by E-sCOVX and Quark RMR with Deltatrac II in mechanically ventilated critically ill patients. *Critical care*. 2016;20:54.
- 56 Rehal MS and Rooyackers O. Study Protocol (2021-10-25). A longitudinal investigation of Energy expenditure and substrate utilization In Critically ill patients (EPIC): a prospective observational multi-center study. Primary investigator: Martin Sundström Rehal Co-primary investigator: Olav Rooyackers.
- 57 Rousseau AF, Fadeur M, Colson C, Misset B. Measured Energy Expenditure Using Indirect Calorimetry in Post-Intensive Care Unit Hospitalized Survivors: A Comparison with Predictive Equations. *Nutrients*. 2022 Sep 25;14 (19):3981. doi: 10.3390/nu14193981. PMID:36 235 634.
- 58 Rousseau AF, Losser MR, Ichai C, Berger MM. ESPEN endorsed recommendations: Nutritional therapy in major burns. *Clin Nutr* 2013;32:497-502.
- 59 Schadewaldt P, Nowotny B, Strassburger K, Kotzka J, Roden M. Indirect calorimetry in humans: a postcalorimetric evaluation procedure for correction of metabolic monitor variability. *Am J Clin Nutr*. 2013 Apr;97(4):763-73. doi: 10.3945/ajcn.112.035014. Epub 2013 Feb 27. PMID: 23446893.
- 60 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 medicine*. 2011;37(4):601-9.
- 61 Singer P, Blaser AR, Berger MM, Alhazzani W, Calder PC, Casaer MP, et al. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit. *Clinical nutrition*. 2018;38(1):48-79.

- 62 Singer P, Blaser AR, Berger MM, Alhazzani W, Calder PC, Casaer MP, et al. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit. *Clin Nutr* 2019;38:48-79.
- 63 Singer P, Pichard C, Rattanachaiwong S. Evaluating the TARGET and EAT-ICU trials: how important are accurate caloric goals? Point-counterpoint: the pro position. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*. 2020;23(2):91-5.b.
- 64 Singer P. and Singer J. La calorimétrie indirecte : un outil précis trop peu utilisé Indirect calorimetry : a rarely used specific tool *Réanimation*. (2012)21:406-410.
- 65 Souza MTP, Singer P, Ozorio GA, Rosa VM, Alves MMF, Mendoza Lopez RV, et al. Resting energy expenditure and body composition in patients with head and neck cancer: An observational study leading to a new predictive equation. *Nutrition* 2018;51-52:60-5.
- 66 Stapel SN, de Groot HJ, Alimohamad H, Elbers PW, Girbes AR, Weijs PJ, et al. Ventilator derived carbon dioxide production to assess energy expenditure in critically ill patients: proof of concept. *Critical care*. 2015;19:370.
- 67 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;40(2):212-25.
- 68 Tatucu-Babet OA, Fetterplace K, Lambell K, Miller E, Deane AM, Ridley EJ. Is Energy Delivery Guided by Indirect Calorimetry Associated With Improved Clinical Outcomes in Critically Ill Patients? A Systematic Review and Meta-analysis. *Nutr Metab Insights*. 2020 Mar 19; 13:1178638820903295. doi: 10.1177/1178638820903295. PMID: 32231435; PMCID: PMC7082874.
- 69 Weijs P, Stapel S, de Groot S, Driessen R, de Jong E, Girbes A, Strack van Schijndel R, Beishuizen A. Optimal Protein and Energy Nutrition Decreases Mortality in Mechanically Ventilated, Critically Ill Patients: A Prospective Observational Cohort Study. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2012;36(1):60-8.
- 70 Yeh DD, Fuentes E, Quraishi SA, Cropano C, Kaafarani H, Lee J, et al. Adequate Nutrition May Get You Home: Effect of Caloric/Protein Deficits on the Discharge Destination of Critically Ill Surgical Patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2016;40(1):37-44.
- 71 Zusman O, Theilla M, Cohen J, Kagan I, Bendavid I, Singer P. Resting energy expenditure, calorie and protein consumption in critically ill patients: a retrospective cohort study. *Critical Care*. 2016; 20:367,1-8.

ANNEXES

ANNEXE A – DONNÉES NORMATIVES DE LA CALORIMÉTRIE INDIRECTE

Tableau 3 : Valeurs normatives de la calorimétrie indirecte⁴⁷ (patients hors USI avec IMC de 18,5 à 30 kg/m²)

INDICATEURS	VALEURS
VO ₂	90–120 ml/min/m ²
VCO ₂	50–90 ml/min/m ²
Quotient respiratoire [23]	Physiologique entre 0,67 et 1,2, selon l'oxydation du substrat
EE	20 – 45 kcal/kg/jour
Coefficient de variation (VO ₂ , VCO ₂)	≤ 10 % de variation pour 30 min de mesure

ANNEXE B – SPÉCIALITÉS COUVERTES PAR LA NUTRITION CLINIQUE ET SPÉCIALITÉS CONCERNÉES PAR LA CALORIMÉTRIE INDIRECTE (CHUM)⁴⁸

Tableau 4 : Spécialités couvertes par la nutrition clinique au CHUM

SPÉCIALITÉ HOSPITALIÈRE	SPÉCIALITÉS EN EXTERNE
Cardiologie (CARD, CARA, CARB) Chirurgie cardiaque (CCAR)	Clinique externe de gastroentérologie, maladie inflammatoire de l'intestin (maladie de Crohn, colite ulcéreuse)
Chirurgie digestive (CGDO)	Clinique externe multi : cardio, hépato, urologie, URHESS, gastro, et médecine interne
Chirurgie hépato-biliaire (CGHO)	Clinique de Parkinson
Chirurgie onco (CGO)	Dialyse péritonéale
Chirurgie thoracique (CTHO)	Dialyse (centre externe), clinique de protection rénale
Chirurgie vasculaire (CVP)	Endocrinologie
Fibrose kystique (FK)	Fibrose kystique (FK)
Gastrologie (GASG)	GARE (grossesse à risque)
Gériatrie (GÉRI)	Maladies métaboliques héréditaires (PCU, cycle de l'urée, ...)
Grands brûlés (BRUL)	Nutrition parentérale à domicile
Gynécologie (GYN)	Oncologie externe (chimiothérapie)
Gynéco-onco (ONGY)	ORL externe

⁴⁷ Valeurs pour un indice de masse corporelle (IMC) compris entre 18,5 et 30 kg/m², non applicables aux patients en soins intensifs.

⁴⁸ Service de nutrition clinique du CHUM.

SPÉCIALITÉ HOSPITALIÈRE	SPÉCIALITÉS EN EXTERNE
Hématologie (HEME)	Radiation oncologie
Hépatologie (GASH)	Transplantation hépatique (TRHM)
Médecine interne (MINT) 19 N	Transplantation rénale (TRRM)
Médecine interne (MINT) 18 N	Transplantation pulmonaire (TRPM)
Autres	
<p>Néonatalogie (NNES, NNER, NNEA); néphrologie (NEPH); neurochirurgie (NCHI); neurologie (NEUR); neurologie (NEUR); neuro-vasculaire (NEUV); nutrition parentérale; obstétrique (OBS); oncologie (ONCO); Otorhinolaryngologie (ORL); orthopédie (OCOL, OELE, OURG); plastie (PLAS); psychiatrie (PSY); pneumologie (PNEU); radiologie (RAD) 13 Sud uniquement; soins intensifs (10N); soins intensifs (10 S); soins palliatifs (PAL); toxicomanie (DESI); transplantation hépatique (TRHM); transplantation rénale (TRRM); transplantation pulmonaire (TRPM, TRPC) – soins intensifs (TRPM/TRPC); Unité des soins intensifs cardiaques (tous les codes); urologie (URO) (URG); urgence sans demande H.</p>	

Tableau 5 : Spécialités médicales où la calorimétrie indirecte est essentielle pour une thérapie nutritionnelle optimale (Service de nutrition clinique du CHUM)

SPÉCIALITÉ		COMMENTAIRES	NOMBRE DE PATIENTS/ANNÉE	NOMBRE POTENTIEL DE PATIENTS CONCERNÉS PAR LA CI/ANNÉE
Maladies métaboliques héréditaires	Exemples : Glycogénose Déficit dans le cycle de l'urée Acidémie propionique Acidémie méthylmalonique	La pierre angulaire du traitement des maladies métaboliques est la nutrition. Le calcul précis des besoins énergétiques est primordial pour éviter le catabolisme qui provoque des décompensations métaboliques avec l'accumulation de métabolites toxiques (c.-à-d. ammoniacque, acide lactique, leucine, ...). Ces décompensations peuvent amener des séquelles principalement neurologiques, hépatiques, cardiaques et rénales. Elles peuvent aussi entraîner le décès des patients. À l'opposé, une surestimation des apports énergétiques augmente à long terme le gain de poids et les risques de maladies chroniques associées à l'obésité et au surpoids. L'évaluation des besoins énergétiques avec la calorimétrie indirecte permet donc d'ajuster précisément les apports nutritionnels afin de limiter les impacts autant d'un sous-traitement que du surtraitement.	210	10
Nutrition parentérale	Exemples : Chirurgie digestive Gynécologie-oncologie Chirurgie hépato-biliaire Hématologie-oncologie Autres chirurgies Médecine interne	Le calcul des besoins précis est important pour éviter le sous-nutrition et surtout la surnutrition, qui pourrait avoir un impact sur le foie. Souvent, les patients sous NPT ont aussi les extrêmes dans leur poids (IMC très bas ou élevé) et les formules traditionnelles ne sont pas validées, ce qui pourrait augmenter le risque d'erreur dans le calcul des besoins.		2—4 par semaine (estimation)
Nutrition parentérale à domicile (NAPD)		Une limitation de la NAPD est la stéatose hépatique, un résultat de la surnutrition. Considérant le risque (la facilité) de sur-nourrir avec NAPD, le calcul des besoins précis est primordial et souvent difficile à estimer avec les calculs actuels pour la population (souvent en poids insuffisant dû à une histoire de malabsorption ou de système digestif non fonctionnel).		
Soins intensifs		Les besoins des patients en soins intensifs peuvent être très variables selon leur état de santé fluctuant : Ils peuvent passer par des périodes d'hypométabolisme, qui augmente le risque de sur - et de sous-alimentation.	494	

SPÉCIALITÉ		COMMENTAIRES	NOMBRE DE PATIENTS/ANNÉE	NOMBRE POTENTIEL DE PATIENTS CONCERNÉS PAR LA CI/ANNÉE
Grands brûlés		Les besoins nutritionnels des patients fluctuent selon le stade de guérison des plaies.	50	
Fibrose kystique			185 usagers	?
Transplantation pulmonaire		Il peut y avoir un gros écart entre les besoins nutritionnels des patients avant et après la greffe. Il y a une pénurie de données pour estimer leurs besoins.	243 usagers Nombre de nouvelles greffes par année à venir	
Transplantation hépatique		Souvent, les patients ont de l'ascite et une sarcopénie sous-jacente qui rendent difficile le calcul des besoins nutritionnels basé sur le poids avec fiabilité.		

Tableau 6 : Résumé des avantages et limites de la calorimétrie indirecte et des équations prédictives

	CALORIMÉTRIE INDIRECTE	ÉQUATIONS PRÉDICTIVES
Précision	Élevée. Considérée comme l'étalon-or. Élevée pour les ventilateurs et les canopées. Jusqu'à 20 % de différence entre les appareils.	Précision d'environ 50 % seulement. En général, erreur autour de 250 kcal/jour, mais peuvent aller jusqu'à 1000 kcal/jour pour certains types de patients.
Coût	Modéré. De 14 000 € à 30 000 € pour l'appareil. 5 000 € annuellement pour les matériaux et l'entretien. Coût de la main-d'œuvre.	Aucun.
Facilité d'utilisation	Rapide pour les nouveaux appareils (5 minutes). Nécessite de l'expérience et une compréhension technique. Nécessite des étalonnages (moins dans les nouveaux appareils).	Très facilement utilisable. Nécessite peu de formation. Intégration facile dans les dossiers médicaux électroniques.
Disponibilité	Faible. 80 % des professionnels de santé n'y ont pas accès et 10 % en moyenne n'ont qu'un accès occasionnel.	Facilement disponible pour une utilisation clinique partout.
Indicateurs	Dépense énergétique au repos, VO ₂ , VCO ₂ , QR.	Dépense énergétique au repos, mais aussi dépense énergétique totale.

	CALORIMÉTRIE INDIRECTE	ÉQUATIONS PRÉDICTIVES
Remarques	Pour une médecine précise et personnalisée. Peut améliorer les résultats pour l'état clinique des patients. Suivi de mesures répétées pour l'optimisation des bilans énergétiques.	L'équation de l'OMS ⁴⁹ est probablement la meilleure pour les patients avec un IMC supérieur à 30 kg/m ² . Harris-Benedict est l'équation de choix pour un IMC ≥ 30 kg/m ² . Celle-ci ne doit PAS être ajustée en cas de surpoids ou d'insuffisance pondérale.

VO₂ : consommation d'oxygène. VCO₂ : consommation de dioxyde de carbone. QR : quotient respiratoire.

Tableau 7 : Numéro d'homologation du Q-NRG+® (Santé Canada)⁵⁰

Numéro de l'homologation : 102571

Type : Système

Classe de l'instrument : 2

Première date de délivrance de l'instrument : 2019-03-14

Nom de l'homologation : Q-NRG+

PREMIÈRE DATE DE DÉLIVRANCE DE L'INSTRUMENT	NOM DE INSTRUMENT	PREMIÈRE DATE DE DÉLIVRANCE DE L'IDENTIFICATEUR
2019-03-14	Q-NRG + METABOLIC MONITOR	2019-04-11

⁴⁹ OMS. Rapport sur la santé dans le monde - 2002 : Réduire les risques et promouvoir une vie saine. Genève, Suisse : Organisation mondiale de la santé, 2002.

⁵⁰ https://produits-sante.canada.ca/mdall-limh/information.do?deviceId_idInstrument=1009675&deviceName_nomInstrument=Q-NRG%2B+METABOLIC+MONITOR&lang=fra&licenceld=102571.

Tableau 8 : 510 (k) Premarket Notification (Food and Drugs Administration)⁵¹

DEVICE CLASSIFICATION NAME	CALCULATOR, PREDICTED VALUES, PULMONARY FUNCTION
510(k) Number	K190800
Device Name	COSMED Q-NRG/Q-NRG + Portable Metabolic Monitors
Applicant	COSMED Srl Vi Dei Piani Di Monte Savello 37, Albano Laziale Rome, IT 0041
Applicant Contact	Andrea Duca
Correspondent	Donawa Lifescience Consulting Srl Piazza Albania 10 Rome, IT 00153
Correspondent Contact	Roger Gray
Regulation Number	868.1890
Classification Product Code	BTY
Date Received	03/28/2019
Decision Date	02/06/2020
Decision	Substantially Equivalent (SESE)
Regulation Medical Specialty	Anesthesiology
510k Review Panel	Anesthesiology
Summary	Summary
Type	Traditional
Reviewed by Third Party	No
Combination Product	No

⁵¹ <https://www.fda.gov/medical-devices/510k-clearances/february-2020-510k-clearances>.

Tableau 9 : Résultats de l'essai de la technologie Q-NRG au niveau CHUM effectué en septembre 2022 (huit patients)⁵²

UNITÉ	PROFIL	VENTILATION	FORMULE BEE*	BEE*	RÉSULTATS Q-NRG+	DIFFÉRENCE/ KCAL/%
11 Sud	Complications post-chirurgie digestive sous NPT, cachexie 33 kg	Non	38 kcal/kg	1250 kcal	961 kcal, RQ 0,99	289/23,1 %
19 Sud	Fibrose kystique sous NPT	Non	Formule FKP ajusté* Formule FKP	1495 kcal 2800 kcal	1391 kcal, RQ 0,76	104/3,7 %
18 Sud	Fibrose kystique sous NPT	Non	Formule FKP ajusté* Formule FKP	2066 kcal 3600 kcal	2074 kcal, RQ 0,85	8/0,3 %
12 Sud	Hyperemese Gravidique sous NPT	Non	Formule grossesse**	2176 kcal	1822 kcal, RQ 0,89	354/16,3 %
11 Sud	Iléus vs subocclusion IMC > 45	Non	28kcal/kg p. ajusté	2350 kcal	2329 kcal, RQ 0,74	21/0,9 %
17 Sud	Endocardite infectieuse Plaies de pressions ++	Non	35-40kcal/kg	2720 - 3110 kcal	1803 kcal, RQ 0,67	917/33,7 % 1307/42,0 %
9 Nord (Grands brûlés)	UGB sévère, TBSA 30 % chirurgie 25 % total TBSA - 55 %, IMC - 16	Non	Toronto	2905 kcal	2194 kcal, RQ 0,93 *premier résultat : 887 kcal (dû à morphine)	711/24,5 %
10 Nord (Soins intensifs)	Post-op chirurgie cardiaque multicompliquée	Oui	20-25 kcal/kg	1450 - 1750 kcal	1748 kcal/jr, RQ 0,74, 23 kcal/kg	-298/-20,6 %
					Moyenne	379,22/13,8 %* (-298, + 1307)

* Le calcul exclut le 700 kcal pour gain pondéral désiré, 1,08 pour correction malabsorption et 1,3 facteur activité

** avec poids ajusté + 100 kcal pour le 1^{er} trimestre

NPT : nutrition parentérale

BEE : basal Energy expenditure : dépenses métaboliques de base

FKP = fibrose kystique pulmonaire

⁵² Service de nutrition clinique du CHUM.

ANNEXE C – STRATÉGIE DE RECHERCHE DOCUMENTAIRE SELON LES BASES DE DONNÉES CONSIDÉRÉES

PubMed Advanced Search Builder

Filters applied : Books and Documents, Clinical Trial, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review, Humans

SEARCH	QUERY	RESULTS	TIME
# 19	Search: (((((indirect calorimetry) AND (("2015/01/01"[Date — Publication] : "3000"[Date — Publication]))) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter]))) AND (expenditure energy AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter]))) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (human) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (technology) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (ICU) Filters: Books and Documents, Clinical Trial, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review	7	10:44:43
# 18	Search: (((((indirect calorimetry) AND (("2015/01/01"[Date — Publication] : "3000"[Date — Publication]))) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter]))) AND (expenditure energy AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter]))) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (human) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (intensive) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (ventilation) Filters: Books and Documents, Clinical Trial, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review	11	10:43:43
# 17	Search: (((((indirect calorimetry) AND (("2015/01/01"[Date — Publication] : "3000"[Date — Publication]))) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter]))) AND (expenditure energy AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter]))) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (human) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (intensive) Filters: Books and Documents, Clinical Trial, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review	52	10:43:02
# 16	Search: (((((indirect calorimetry) AND (("2015/01/01"[Date — Publication] : "3000"[Date — Publication]))) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter]))) AND (expenditure energy AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter]))) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (human) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (intensive) Filters: Books and Documents, Clinical Trial, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review	0	10:42:38

SEARCH	QUERY	RESULTS	TIME
	OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (human) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (technology) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (ISU) Filters: Books and Documents, Clinical Trial, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review		
# 15	Search: (((((indirect calorimetry) AND (("2015/01/01"[Date — Publication] : "3000"[Date — Publication]))) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (expenditure energy AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (human) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (technology) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (qnrq) Filters: Books and Documents, Clinical Trial, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review	0	10:42:04
# 14	Search: (((((indirect calorimetry) AND (("2015/01/01"[Date — Publication] : "3000"[Date — Publication]))) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (expenditure energy AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (human) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (technology) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (Q-NRG) Filters: Books and Documents, Clinical Trial, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review	0	10:41:25
# 13	Search: (((((indirect calorimetry) AND (("2015/01/01"[Date — Publication] : "3000"[Date — Publication]))) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (expenditure energy AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (human) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (technology) Filters: Books and Documents, Clinical Trial, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review	34	10:40:34
# 12	Search: (((indirect calorimetry) AND (("2015/01/01"[Date — Publication] : "3000"[Date — Publication]))) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (expenditure energy AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter]))	358	10:39:59

SEARCH	QUERY	RESULTS	TIME
	OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (human) Filters: Books and Documents, Clinical Trial, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review		
# 11	Search: ((indirect calorimetry) AND (("2015/01/01"[Date — Publication] : "3000"[Date — Publication])) AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) AND (expenditure energy AND (booksdocs[Filter] OR clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter])) Filters: Books and Documents, Clinical Trial, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review	381	10:39:15
# 10	Search: expenditure energy Filters: Books and Documents, Clinical Trial, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review	84,368	10:38:56
# 9	Search: (indirect calorimetry) AND (("2015/01/01"[Date — Publication] : "3000"[Date — Publication])) Filters: Books and Documents, Clinical Trial, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review	473	10:38:23
# 8	Search: (indirect calorimetry) AND (("2015/01/01"[Date — Publication] : "3000"[Date — Publication])) Filters: Books and Documents, Clinical Trial, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review	461	10:38:04
# 7	Search: (indirect calorimetry) AND (("2015/01/01"[Date — Publication] : "3000"[Date — Publication])) Filters: Books and Documents, Clinical Trial, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial	345	10:37:58
# 6	Search: (indirect calorimetry) AND (("2015/01/01"[Date — Publication] : "3000"[Date — Publication])) Filters: Books and Documents, Clinical Trial, Meta-Analysis	345	10:37:50
# 5	Search: (indirect calorimetry) AND (("2015/01/01"[Date — Publication] : "3000"[Date — Publication])) Filters: Books and Documents, Clinical Trial	329	10:37:45
# 4	Search: (indirect calorimetry) AND (("2015/01/01"[Date — Publication] : "3000"[Date — Publication])) Filters: Books and Documents	3	10:37:41
# 3	Search: (indirect calorimetry) AND ((«2015/01/01» [Date — Publication] : «3000» [Date — Publication]))	2,651	10:37:25
# 2	Search: indirect calorimetry	8,794	10:36:28
# 1	Search: indirecte calorimetry	17	10:36:12

ANNEXE D – ÉTUDES EXCLUES

Tableau 10 : Études publiées avant 2015 et exclues de notre rapport (n = 39)

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Allard 1990	Allard JP, Pichard C, Hoshino E, Stechison S, Fareholm L, Peters WJ, et al. Validation of a new formula for calculating the energy requirements of burn patients. JPEN J Parenter Enteral Nutr 1990;14:115-8	Avant 2015
Basile 2008	Basile-Filho A, Auxiliadora Martins M, Marson F, Evora PR. An easy way to estimate energy expenditure from hemodynamic data in septic patients. Acta Cir Bras. 2008;23 Suppl 1:112-7; discussion 7	DELTATRAC II Metabolic Monitor (Datex-Ohmeda, Finlande)
Cano 2009	Cano NJ, Aparicio M, Brunori G, Carrero JJ, Cianciaruso B, Fiaccadori E, et al. ESPEN guidelines on parenteral nutrition : Adult renal failure. Clin Nutr 2009;28:401-1	G
Compher 2006	Compher C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L; Evidence Analysis Working Group. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. J Am Diet Assoc. 2006 Jun;106(6):881-903. doi: 10.1016/j.jada.2006.02.009. PMID: 16720129	G
Cooper 2008	Cooper JA, Watras AC, O'Brien MJ, Luke A, Dobratz JR, Earthman CP, Schoeller DA. Assessing validity and reliability of resting metabolic rate in six gas analysis systems. J Am Diet Assoc. 2009 Jan;109 (1):128-32. doi: 10.1016/j.jada.2008.10.004. PMID: 19103333; PMCID: PMC2650235	MedGraphics CPX Ultima, MedGem, Vmax Encore 29 System, TrueOne 2400, and Korr ReeVue
De Waele 2013	De Waele E, Spapen H, Honore PM, Mattens S, Van Gorp V, Diltoer M, et al. Introducing a new generation indirect calorimeter for estimating energy requirements in adult intensive care unit patients: feasibility, practical considerations, and comparison with a mathematical equation. J Crit Care. 2013;28 (5):884 e1-6	Avant 2015
Ferreira 2013	Ferreira LG, Santos LF, Silva TR, Anastácio LR, Lima AS, Correia MI. Hyper- and hypometabolism are not related to nutritional status of patients on the waiting list for liver transplantation. Clin Nutr. 2014 Oct;33 (5):754-60. doi: 10.1016/j.clnu.2013.10.016. Epub 2013 Oct 30. PMID: 24238850	Avant 2015
Glass 2012	Glass, C.; Hipskind, P.; Cole, D.; Lopez, R.; Dasarathy, S. Handheld Calorimeter is a Valid Instrument to Quantify Resting Energy Expenditure in Hospitalized Cirrhotic Patients: A Prospective Study. Nutr. Clin. Pract. 2012, 27, 677-688	Avant 2015
Heidegger 2013	Heidegger CP, Berger MM, Graf S, Zingg W, Darmon P, Costanza MC, Thibault R, Pichard C. Optimisation of energy provision with supplemental parenteral nutrition in critically ill patients: a randomised controlled clinical trial. Lancet. 2013 Feb 2;381(9864):385-93. doi: 10.1016/S0140-6736(12)61351-8. Epub 2012 Dec 3. PMID: 23218813	HS
Heyland 2003	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 Sep-Oct;27 (5):355-73. doi: 10.1177/0148607103027005355. PMID: 12971736	Avant 2015

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Hickmann 2014	Hickmann CE, Roeseler J, Castanares-Zapatero D, Herrera EI, Mongodin A, Laterre PF. Energy expenditure in the critically ill performing early physical therapy. <i>Intensive care medicine</i> . 2014;40(4):548-55	HS
Hipskin 2011	Hipskind P, Glass C, Charlton D, Nowak D, Dasarathy S. Do handheld calorimeters have a role in assessment of nutrition needs in hospitalized patients? A systematic review of literature. <i>Nutr Clin Pract</i> . 2011 Aug;26(4):426-33. doi: 10.1177/0884533611411272. PMID: 21775638; PMCID: PMC4581882	Calorimétrie directe
Kalaitzakis 2007	Kalaitzakis, E.; Bosaeus, I.; Ohman, L.; Bjornsson, E. Altered Postprandial Glucose, Insulin, Leptin, and Ghrelin in Liver Cirrhosis: Correlations with Energy Intake and Resting Energy Expenditure. <i>Am. J. Clin. Nutr.</i> 2007, 85, 808-815	Avant 2015
Kreymann 1993	Kreymann G, Grosser S, Buggisch P, Gottschall C, Matthaei S, Greten H. 504 Oxygen consumption and resting metabolic rate in sepsis, sepsis syndrome, and septic shock. <i>Crit Care Med</i> . 506 1993;21 (7):1012-9	Avant 2015
Kyle 2012	Kyle UG, Arriaza A, Esposito M, Coss-Bu JA. Is indirect calorimetry a necessity or a luxury in the pediatric intensive care unit? <i>JPEN J Parenter Enteral Nutr</i> . 2012;36(2):177-82	Avant 2015
Madden 1999	Madden AM, Morgan MY. Resting energy expenditure should be measured in patients with cirrhosis, not predicted. <i>Hepatology</i> . 1999 Sep;30 (3):655-64. doi: 10.1002/hep.510300326. PMID: 10462371	Avant 2015
Meng 2011	Meng, Q.H.; Hou, W.; Yu, H.W.; Lu, J.; Li, J.; Wang, J.H.; Zhang, F.Y.; Zhang, J.; Yao, Q.W.; Wu, J.; et al. Resting Energy Expenditure and Substrate Metabolism in Patients with Acute-on-Chronic Hepatitis B Liver Failure. <i>J. Clin. Gastroenterol.</i> 2011, 45, 456-461	Avant 2015
Milte 2013	Milte RK, Ratcliffe J, Miller MD, Crotty M. Economic evaluation for protein and energy supplementation in adults: opportunities to strengthen the evidence. <i>European journal of clinical nutrition</i> . 2013;67(12):1243-50	Avant 2015
Muller 1999	Muller, M.J.; Bottcher, J.; Selberg, O.; Weselmann, S.; Boker, K.H.; Schwarze, M.; von zur Muhlen, A.; Manns, M.P. Hypermetabolism in Clinically Stable Patients with Liver Cirrhosis. <i>Am. J. Clin. Nutr.</i> 1999, 69, 1194-1201	Avant 2015
Peng 2007	Peng, S.; Plank, L.D.; McCall, J.L.; Gillanders, L.K.; McIlroy, K.; Gane, E.J. Body Composition, Muscle Function, and Energy Expenditure in Patients with Liver Cirrhosis: A Comprehensive Study. <i>Am. J. Clin. Nutr.</i> 2007, 85, 1257-1266	Avant 2015
Pichard 1996	Pichard C, Kyle UG, Slosman DO, Penalosa B. Energy expenditure in anorexia nervosa: can fat free mass as measured by bioelectrical impedance predict energy expenditure in hospitalized patients? <i>Clinical nutrition</i> . 1996;15(3):109-14	Avant 2015
Pivois 2012	Pivois L, Drutel A, Fayemendy P, Nassouri S, Lopez S, Galinat S, Desport JC, Comparaison de la mesure de la dépense énergétique de repos par calorimétrie indirecte à plusieurs formules de la littérature ainsi qu'aux niveaux énergétiques de régime proposés par le bilan diététique dans une cohorte de patients obèses. <i>Cahiers de Nutrition et de Diététique</i> , Volume 47, Issue 3, 2012, Pages 139-146, ISSN 0007-9960. https://doi.org/10.1016/j.cnd.2011.12.001	Avant 2015
Plauth 2004	Plauth, M.; Schütz, T.; Buckendahl, D.P.; Kreymann, G.; Pirlich, M.; Gruengreiff, S.; Romaniuk, P.; Ertl, S.; Weiß, M.; Lochs, H. Weight Gain After Transjugular Intrahepatic Portosystemic Shunt is Associated with Improvement in Body Composition in Malnourished Patients with Cirrhosis and Hypermetabolism. <i>J. Hepatol.</i> 2004, 40, 228-233	Avant 2015

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Rocha 2006	da Rocha EE, Alves VG, da Fonseca RB. Indirect calorimetry: methodology, instruments and clinical application. <i>Curr Opin Clin Nutr Metab Care.</i> 2006 May;9 (3):247-56. doi: 10.1097/01.mco.0000222107.15548.f5. PMID: 16607124	Avant 2015
Rousseau 2013	Rousseau AF, Losser MR, Ichai C, Berger MM. ESPEN endorsed recommendations : Nutritional therapy in major burns. <i>Clin Nutr</i> 2013;32:497-502	Avant 2015
Schofield 1985	Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. <i>Hum Nutr Clin Nutr</i> 1985;39 Suppl 1:5-41	Avant 2015
Schultz 2012	Schultz T, Hudjetz H, Roske A, Katzorke C, Kreymann G, Budde K, Fritsche L, Neumayer H, Lochs H, Plauth M. Weight Gain in Long-Term Survivors of Kidney Or Liver Transplantation—Another Paradigm of Sarcopenic Obesity? <i>Nutrition</i> 2012, 28, 378-383	Avant 2015
Scolapio 2000	Scolapio, J.S.; Bowen, J.; Stoner, G.; Tarrosa, V. Substrate Oxidation in Patients with Cirrhosis: Comparison with Other Nutritional Markers. <i>J. Parenter. Enteral Nutr.</i> 2000, 24, 150-153	Avant 2015
Shiraki M 2009	Shiraki M, Terakura Y, Iwasa J, Shimizu M, Miwa Y, Murakami N, Nagaki M, Moriwaki H. Elevated serum tumor necrosis factor-alpha and soluble tumor necrosis factor receptors correlate with aberrant energy metabolism in liver cirrhosis. <i>Nutrition.</i> 2010 Mar;26(3):269-75. doi: 10.1016/j.nut.2009.04.016. Epub 2009 Aug 19. PMID: 19695831	Avant 2015
Singer 2011	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. <i>Intensive care medicine.</i> 2011;37(4):601-9	Avant 2015 Deltatrac II
Tajika 2014	Tajika, M.; Kato, M.; Mohri, H.; Miwa, Y.; Kato, T.; Ohnishi, H.; Moriwaki, H. Prognostic Value of Energy Metabolism in Patients with Viral Liver Cirrhosis. <i>Nutrition</i> 2002, 18, 229-234	Avant 2015
Teramoto 2014	Teramoto, A.; Yamanaka-Okumura, H.; Urano, E.; Nakamura-Kutsuzawa, T.; Sugihara, K.; Katayama, T.; Miyake, H.; Imura, S.; Utsunomiya, T.; Shimada, M. Comparison of Measured and Predicted Energy Expenditure in Patients with Liver Cirrhosis. <i>Asia Pac. J. Clin. Nutr.</i> 2014, 23, 197-204	Avant 2015
Vermeij 1991	Vermeij, C.; Feenstra, B.; Oomen, A.; De Graaf, E.; Zillikens, M.; Swart, G.; Bruining, H. Assessment of Energy Expenditure by Indirect Calorimetry in Healthy Subjects and Patients with Liver Cirrhosis. <i>J. Parenter. Enteral Nutr.</i> 1991, 15, 421-425	Avant 2015
Waluga 1996	Waluga, M.; Zahorska-Markiewicz, B.; Janusz, M.; Stabiak, Z.; Chelwicka, A. Resting Energy Expenditure in Patients with Cirrhosis of the Liver Measured by Indirect Calorimetry, Anthropometry and Bioelectrical Impedance Analysis. <i>Cell. Mol. Life Sci.</i> 1996, 52, 591-596	Avant 2015
Weir 1949	Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. <i>J Physiol.</i> 1949;109(1-2):1-9	Avant 2015
Wells 1998	Wells JC, Fuller NJ. Precision and accuracy in a metabolic monitor for indirect calorimetry. <i>Eur J Clin Nutr.</i> 1998 Jul;52(7):536-40. doi: 10.1038/sj.ejcn.1600604. PMID: 9683338	Avant 2015

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Wu 2015	Wu C, Wang X, Yu W, Tian F, Liu S, Li P, Li J, Li N. Hypermetabolism in the Initial Phase of Intensive Care Is Related to a Poor Outcome in Severe Sepsis Patients. <i>Ann Nutr Metab.</i> 2015;66(4):188-195. doi: 10.1159/000430848. Epub 2015 Jun 2. PMID: 26044971	HS
Yang 2016	Yang X, Ma G, Wang LJ, Ma XD. Comparison of respiratory indirect calorimetry and Harris-Benedict coefficient in guiding energy target in patients with sepsis. <i>Chin J Clin Nutr.</i> 2016;24(004):193-8	HS
Zhao 2019	Zhao S, Duan L, Yu G, Zou Q, Wu Q, Wang H, He X. Changing laws of rest energy expenditure in critically ill patients and the intervention effect for nutritional support: a prospective study. <i>Zhonghua wei zhong bing ji jiu yi xue.</i> 2019;31(12):1512-6	HS

Tableau 11 : Études exclues des sélection Pubmed et Ovid (n = 118)

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Achamrah 2018	Achamrah N, Jesus P, Grigioni S, Rimbert A, Petit A, Dechelotte P, et al. Validity of Predictive Equations for Resting Energy Expenditure Developed for Obese Patients: Impact of Body Composition Method. <i>Nutrients.</i> 2018;10(1)	HS
Allard 2016	Allard JP, Keller H, Jeejeebhoy KN, Laporte M, Duerksen DR, Gramlich L, Payette H, Bernier P, Vesnaver E, Davidson B, Teterina A, Lou W. Malnutrition at Hospital Admission-Contributors and Effect on Length of Stay: A Prospective Cohort Study from the Canadian Malnutrition Task Force. <i>JPEN J Parenter Enteral Nutr.</i> 2016 May;40 (4):487-97. doi: 10.1177/0148607114567902. Epub 2015 Jan 26. PMID: 25623481	HS
Allingstrup 2017	Allingstrup MJ, Kondrup J, Wiis J, Claudius C, Pedersen UG, Hein-Rasmussen R, Bjerregaard MR, Steensen M, Jensen TH, Lange T, Madsen MB, Møller MH, Perner A. Early goal-directed nutrition versus standard of care in adult intensive care patients: the single-centre, randomised, outcome assessor-blinded EAT-ICU trial. <i>Intensive Care Med.</i> 2017 Nov;43(11):1637-1647. doi: 10.1007/s00134-017-4880-3. Epub 2017 Sep 22. PMID: 28936712	HS Ventilated patients COSMED Quark RMR
Amaro-Gahete 2018	Amaro-Gahete FJ, Jurado-Fasoli L, De-la-O A, Gutierrez Á, Castillo MJ, Ruiz JR. Accuracy and Validity of Resting Energy Expenditure Predictive Equations in Middle-Aged Adults. <i>Nutrients.</i> 2018 Nov 2;10(11):1635. doi: 10.3390/nu10111635. PMID: 30400196; PMCID: PMC6266118	
Arends 2017	Arends J, Bachmann P, Baracos V, Barthelemy N, Bertz H, Bozzetti F, Fearon K, Hütterer E, Isenring E, Kaasa S, Krznicar Z, Laird B, Larsson M, Laviano A, Mühlebach S, Muscaritoli M, Oldervoll L, Ravasco P, Solheim T, Strasser F, de van der Schueren M, Preiser JC. ESPEN guidelines on nutrition in cancer patients. <i>Clin Nutr.</i> 2017 Feb;36(1):11-48. doi: 10.1016/j.clnu.2016.07.015. Epub 2016 Aug 6. PMID: 27637832	HS
Batemann 2015	Bateman RM, Sharpe MD, Jagger JE, Ellis CG : <i>Critical care</i> 2015, 19(1):389	HS

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Bell 2015	Bell, J A. «Resting energy expenditure using indirect calorimetry in individuals with moderate to low burns: A pilot study of associated factors, patient acceptability and comparison with predictive equations.» (2015)	
Berger 2018	Berger MM, Pantet O, Jacquelin-Ravel N, Charrière M, Schmidt S, Becce F, Audran R, Spertini F, Tappy L, Pichard C. Supplemental parenteral nutrition improves immunity with unchanged carbohydrate and protein metabolism in critically ill patients: The SPN2 randomized tracer study. Clin Nutr. 2019 Oct;38 (5):2408-2416. doi: 10.1016/j.clnu.2018.10.023. Epub 2018 Nov 5. PMID: 30448193	HS
Berger 2019	Berger MM, Pichard C. Parenteral nutrition in the ICU: Lessons learned over the past few years. Nutrition. 2019 Mar; 59:188-194. doi: 10.1016/j.nut.2018.08.012. Epub 2018 Aug 24. PMID: 30529820	HS
Berman 2015	Berman ES, Melanson EL, Swibas T, Snaith SP, Speakman JR. Inter- and intraindividual correlations of background abundances of (2)H, (18)O and (17)O in human urine and implications for DLW measurements. European journal of clinical nutrition. 2015;69(10):1091-8	HS
Boudou-Rouquette 2021	Boudou-Rouquette P, Arrondeau J, Gervais C, Durand JP, Fabre E, De Percin S, Villeminey CV, Piketty AC, Rassy N, Ulmann G, Damotte D, Mansuet-Lupo A, Giraud F, Alifano M, Wislez M, Alexandre J, Jouinot A, Goldwasser F. Development and validation of a host-dependent, PDL1-independent, biomarker to predict 6-month progression-free survival in metastatic non-small cell lung cancer (mNSCLC) patients treated with anti-PD1 immune checkpoint inhibitors (ICI) in the CERTIM Cohort: The ELY study. EBioMedicine. 2021 Nov; 73:103630. doi: 10.1016/j.ebiom.2021.103630. Epub 2021 Oct 20. PMID: 34688030; PMCID: PMC8536532	HS Fitmate, COSMED, Italie
Buitrago-Vargas 2020	Buitrago G, Vargas J, Sulo S, Partridge JS, Guevara-Nieto M, Gomez G, Misas JD, Correia MITD. Targeting malnutrition: Nutrition programs yield cost savings for hospitalized patients. Clin Nutr. 2020 Sep;39(9): 2896-2901. doi: 10.1016/j.clnu.2019.12.025. Epub 2019 Dec 26. PMID: 31917050	HS
Burgos 2018	Burgos R, Breton I, Cereda E, Desport JC, Dziewas R, Genton L, et al. ESPEN guideline clinical nutrition in neurology. Clin Nutr 2018; 37:354-96	HS
Cheng 2022	Lv, Cheng et al. "Association between caloric adequacy and short-term clinical outcomes in critically ill patients using a weight-based equation: Secondary analysis of a cluster-randomized controlled trial." Frontiers in Nutrition 9 (2022) : n. pag	HS
Correia 2018	Correia MITD, Perman MI, Pradelli L, Omaralsaleh AJ, Waitzberg DL. Economic burden of hospital malnutrition and the cost-benefit of supplemental parenteral nutrition in critically ill patients in Latin America. J Med Econ. 2018 Nov;21(11):1047-1056. doi: 10.1080/13696998.2018.1500371. Epub 2018 Jul 25. PMID: 30001667	HS
Curtis 2017	Curtis LJ, Bernier P, Jeejeebhoy K, Allard J, Duerksen D, Gramlich L, Laporte M, Keller HH. Costs of hospital malnutrition. Clin Nutr. 2017 Oct;36 (5):1391-1396. doi: 10.1016/j.clnu.2016.09.009. Epub 2016 Sep 19. PMID: 27765524	HS

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Delsoglio 2019	Delsoglio M, Dupertuis YM, Oshima T, van der Plas M, Pichard C. Evaluation of the accuracy and precision of a new generation indirect calorimeter in canopy dilution mode. <i>Clinical nutrition</i> . 2019; S0261-5614 (19) 33029-8.b	Voir étude récente
De Waele 2018	de Waele E, Honore PM, Malbrain M. Between dream and reality in nutritional therapy: How to fill the gap. <i>Annual Update in Intensive Care and Emergency Medicine</i> 2018. 2018:597	HS
De Waele 2018	De Waele E, Honoré PM, Malbrain MLNG. Does the use of indirect calorimetry change outcome in the ICU? Yes it does. <i>Curr Opin Clin Nutr Metab Care</i> . 2018 Mar;21(2):126-129. doi: 10.1097/MCO.0000000000000452. PMID: 29341970	G
De Waele 2021	De Waele E, Jonckheer J, Wischmeyer PE. Indirect calorimetry in critical illness: a new standard of care? <i>Curr Opin Crit Care</i> . 2021 Aug 1;27(4):334-343. doi: 10.1097/MCC.0000000000000844. PMID: 33990505; PMCID: PMC8367824	G
Duan 2021	Duan JY, Zheng WH, Zhou H, Xu Y, Huang HB. Energy delivery guided by indirect calorimetry in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis. <i>Crit Care</i> . 2021 Feb 27;25(1):88. doi: 10.1186/s13054-021-03508-6. PMID: 33639997; PMCID: PMC7913168	HS
Duan 2022	Duan J, Cheng M, Xu Y, Tang S, Li X, Chen Y, Lu H, Gao T, Yu W. Comparison of the effects of different calorie amounts of enteral nutrition in hypercatabolism associated with ghrelin-POMC in endotoxemic rats. <i>Nutr Metab (Lond)</i> . 2022 Apr 15;19(1):28. doi: 10.1186/s12986-022-00663-7. PMID: 35428321	HS Animal
Eslamparast 2019	Eslamparast T, Vandermeer B, Raman M, Gramlich L, Den Heyer V, Belland D, Ma M, Tandon P. Are Predictive Energy Expenditure Equations Accurate in Cirrhosis? <i>Nutrients</i> . 2019 Feb 4;11(2):334. doi: 10.3390/nu11020334. PMID: 30720726; PMCID: PMC6412603	Deltatrac Metabolic Monitor MedGraphics IC
Fernandez-Jimenez 2022	Fernández-Jiménez R, Dalla-Rovere L, García-Olivares M, Abuín-Fernández J, Sánchez-Torralvo FJ, Doulatram-Gamgaram VK, Hernández-Sánchez AM, García-Almeida JM. Phase Angle and Handgrip Strength as a Predictor of Disease-Related Malnutrition in Admitted Patients: 12-Month Mortality. <i>Nutrients</i> . 2022 Apr 28;14(9):1851. doi: 10.3390/nu14091851. PMID: 35565818; PMCID: PMC9105999	HS
Fiuza-Luces 2016	Fiuza-Luces C, Santos-Lozano A, García-Silva MT, Martín-Hernández E, Quijada-Fraile P, Marín-Peiró M, Campos P, Arenas J, Lucía A, Martín MA, Morán M. Assessment of resting energy expenditure in pediatric mitochondrial diseases with indirect calorimetry. <i>Clin Nutr</i> . 2016 Dec;35(6):1484-1489. doi: 10.1016/j.clnu.2016.03.024. Epub 2016 Apr 7. PMID: 27105558	HS
Fraipont 2013	Fraipont V, Preiser JC. Energy estimation and measurement in critically ill patients. <i>JPEN J Parenter Enteral Nutr</i> . 2013 Nov;37(6):705-13. doi: 10.1177/0148607113505868. Epub 2013 Oct 10. PMID: 24113283	G
Frankenfield 2019	Frankenfield DC. Factors Related to the Assessment of Resting Metabolic Rate in Critically Ill Patients. <i>JPEN J Parenter Enteral Nutr</i> . 2019 Feb;43(2):234-244. doi: 10.1002/jpen.1484. Epub 2018 Nov 21. PMID: 30462858	HS Les équations de Penn State

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Fullmer 2015	Fullmer S, Benson-Davies S, Earthman CP, Frankenfield DC, Gradwell E, Lee PS, Piemonte T, Trabulsi J. Evidence analysis library review of best practices for performing indirect calorimetry in healthy and non-critically ill individuals. J Acad Nutr Diet. 2015 Sep;115 (9):1417-1446.e2. doi : 10.1016/j.jand.2015.04.003. Epub 2015 May 30. PMID: 26038298	HS
Gastalver-Martin 2015	Gastalver-Martín C, Alarcón-Payer C, León-Sanz M. Individualized measurement of disease-related malnutrition's costs. Clin Nutr. 2015 Oct;34 (5):951-5. doi: 10.1016/j.clnu.2014.10.005. Epub 2014 Oct 22. PMID: 25456609	
Gomes 2018	Gomes F, Schuetz P, Bounoure L, Austin P, Ballesteros-Pomar M, Cederholm T, et al. ESPEN guidelines on nutritional support for polymorbid internal medicine patients. Clin Nutr 2018;37:336 - 53	G
Gonzalez-Granda 2019	Gonzalez-Granda A, Schollenberger A, Haap M, Riessen R, Bischoff SC. Optimization of nutrition therapy with the use of calorimetry to determine and control energy needs in mechanically ventilated critically ill patients: the ONCA study, a randomized, prospective pilot study. JPEN J Parenter Enteral Nutr. 2019;43(4):481-	HS
Gupta 2017	Gupta RD, Ramachandran R, Venkatesan P, Anoop S, Joseph M, Thomas N. Indirect Calorimetry : From Bench to Bedside. Indian J Endocrinol Metab. 2017;21(4):594-9	G
Hanim 2021	Hanim, Farah et al. "A Comparison between Continuous Indirect Calorimetry and Single Weight-Based Formula in Estimating Resting Energy Expenditure in Nutritional Therapy: A Prospective Randomized Controlled Study in Critically Ill Patients" (2021)	HS
Hollander 2017	Hollander FM, Kok A, de Roos NM, Belle-van Meerkerk G, van de Graaf EA. Prediction Equations Underestimate Resting Energy Expenditure in Patients with End-Stage Cystic Fibrosis. Nutr Clin Pract. 2017 Feb;32(1):116-121. doi: 10.1177/0884533616645819. Epub 2016 Jul 10. PMID: 27143650	HS EP et mucoviscidose
Hopkins 2016	Hopkins M, Finlayson G, Duarte C, Whybrow S, Ritz P, Horgan GW, Blundell JE, Stubbs RJ. Modelling the associations between fat-free mass, resting metabolic rate and energy intake in the context of total energy balance. Int J Obes (Lond). 2016 Feb;40(2):312-8. doi: 10.1038/ijo.2015.155. Epub 2015 Aug 17. PMID: 26278004	HS
Hsu 2018	Hsu PH, Lee CH, Kuo LK, Kung YC, Chen WJ, Tzeng MS. Determination of the energy requirements in mechanically ventilated critically ill elderly patients in different BMI groups using the Harris-Benedict equation. J Formos Med Assoc. 2018 Apr;117(4):301-307. doi: 10.1016/j.jfma.2017.12.010. Epub 2018 Jan 12. PMID: 29336938	HS
Hurtado-Torres 2021	Hurtado-Torres GF. Indirect Calorimetry in Critically Ill Patients With COVID-19: More Questions Than Answers. JPEN J Parenter Enteral Nutr. 2021 Aug;45(6):1139-1140. doi: 10.1002/jpen.2054. Epub 2020 Dec 16. PMID: 33242351	Édito 7 patients Covid

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Irving 2017	Irving CJ, Eggett DL, Fullmer S. Comparing Steady State to Time Interval and Non-Steady State Measurements of Resting Metabolic Rate. <i>Nutr Clin Pract.</i> 2017 Feb;32(1):77-83. doi: 10.1177/0884533616672064. Epub 2016 Oct 22. PMID: 28124948	HS
Iwashyna 2016	Iwashyna TJ, Hodgson CL, Pilcher D, et al. Timing of onset and burden of persistent critical illness in Australia and New Zealand: a retrospective, population-based, observational study. <i>Lancet Respir Med.</i> 07 2016;4 (7): 566-573. doi:10.1016/S2213-2600(16)30098-4	HS
Jantarabenjakul 2016	Jantarabenjakul W, Sanguanrungrasirikul S, Sritippayawan S, Suteerojntakool O, Chomtho S. Resting Energy Expenditure Measured by Indirect Calorimetry in Infants and Young Children with Chronic Lung Disease. <i>J Med Assoc Thai.</i> 2016 Dec;99(12):1306-14. PMID: 29952514	18 patients
Jeejeebhoy 2015	Jeejeebhoy KN, Keller H, Gramlich L, Allard JP, Laporte M, Duerksen DR, Payette H, Bernier P, Vesnaver E, Davidson B, Teterina A, Lou W. Nutritional assessment: comparison of clinical assessment and objective variables for the prediction of length of hospital stay and readmission. <i>Am J Clin Nutr.</i> 2015 May;101 (5):956-65. doi: 10.3945/ajcn.114.098665. Epub 2015 Mar 4. PMID: 25739926	HS
Jomphe 2018	Jomphe V, Lands LC, Mailhot G. Nutritional Requirements of Lung Transplant Recipients: Challenges and Considerations. <i>Nutrients.</i> 2018 Jun 19;10(6):790	HS
Kagan 2018	Kagan I, Zusman O, Bendavid I, Theilla M, Cohen J, Singer P. Validation of carbon dioxide production (VCO ₂) as a tool to calculate resting energy expenditure (REE) in mechanically ventilated critically ill patients: a retrospective observational study. <i>Crit Care.</i> 2018 Aug 3;22(1):186. doi: 10.1186/s13054-018-2108-8. PMID: 30075796; PMCID: PMC6091032	HS
Kamel AY 2022	Kamel AY, Robayo L, Liang D, Rosenthal MD, Croft CA, Ghita G, Brumback B, Efron PA, Mohr A, Moore FA, Brakenridge SC. Estimated vs measured energy expenditure in ventilated surgical-trauma critically ill patients. <i>JPEN J Parenter Enteral Nutr.</i> 2022 Aug;46(6):1431-1440. doi: 10.1002/jpen.2314. Epub 2022 Jan 27. PMID : 34921708	Comparaison CI non précisée à 10 EP ⁵³
Karayiannis 2021	Karayiannis D, Kakavas S, Sarri A, Giannopoulou V, Liakopoulou C, Jahaj E, Kanavou A, Pitsolis T, Malachias S, Adamos G, Mantelou A, Almperti A, Morogianni K, Kampouropoulou O, Kotanidou A, Mastora Z. Does Route of Full Feeding Affect Outcome among Ventilated Critically Ill COVID-19 Patients: A Prospective Observational Study. <i>Nutrients.</i> 2021 Dec 29;14(1):153. doi: 10.3390/nu14010153. PMID: 35011026	HS
Kaiyala 2019	Kaiyala KJ, Wisse BE, Lighton JRB. Validation of an equation for energy expenditure that does not require the respiratory quotient. <i>PLoS One.</i> 2019;14(2):e0211585	G

⁵³ Harris-Benedict (HB); (Modified Harris-Benedict (mHB); Mifflin-St. Jeor (MSJ); Bernstein (B); (Livingston (L); Schofield (S); (Cunningham ©); Katch-McArdle (KM); W 25 kcal/kg 25 x weight; 30 kcal/kg

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Kim 2021	Kim MK, Choi YS, Suh SW, Lee SE, Park YG, Kang H. Target Calorie Intake Achievements for Patients Treated in the Surgical Intensive Care Unit. <i>Clin Nutr Res</i> . 2021 Apr 19;10(2):107-114. doi: 10.7762/cnr.2021.10.2.107. PMID: 33987137; PMCID: PMC8093089	HS
Knafelj 2016	R. Knafelj, P. Kordis. Co-administration of nitric oxide and sevoflurane using anaconda. Rihard Knafelj, Ljubljana, Slovenia; 2Clinical Center Ljubljana, Ljubljana, Slovenia. <i>Critical Care</i> 2016, 20(Suppl 2):P374	
Knudsen 2016	Knudsen AW, Krag A, Nordgaard-Lassen I, Frandsen E, Tofteng F, Mortensen C, Becker U. Effect of paracentesis on metabolic activity in patients with advanced cirrhosis and ascites. <i>Scand J Gastroenterol</i> . 2016;51(5):601-9. doi: 10.3109/00365521.2015.1124282. Epub 2015 Dec 16. PMID: 26673350	HS
Koekkoek 2020	Koekkoek WAC, Xiaochen G, van Dijk D, van Zanten ARH. Resting energy expenditure by indirect calorimetry versus the ventilator-VCO ₂ derived method in critically ill patients: The DREAM-VCO ₂ prospective comparative study. <i>Clin Nutr ESPEN</i> . 2020 Oct;39:137-143. doi: 10.1016/j.clnesp.2020.07.005. Epub 2020 Jul 31. PMID: 32859307	Quark RMR Metabolic Monitor (Cosmed, Rome, Italy)
Kruizenga 2016	Kruizenga HM, Hofsteenge GH, Weijs PJ. Predicting resting energy expenditure in underweight, normal weight, overweight, and obese adult hospital patients. <i>Nutr Metab (Lond)</i> . 2016 Nov 24;13:85. doi: 10.1186/s12986-016-0145-3. PMID: 27904645; PMCID: PMC5121980	HS
Ladd 2018	Ladd AK, Skillman HE, Haemer MA, Mourani PM. Preventing Underfeeding and Overfeeding: A Clinician's Guide to the Acquisition and Implementation of Indirect Calorimetry. <i>Nutr Clin Pract</i> . 2018 Apr;33(2):198-205. doi: 10.1177/0884533617710214. Epub 2017 Dec 14. PMID: 28549221	24 patients
Landes 2016	Landes S, McClave SA, Frazier TH, Lowen CC, Hurt RT. Indirect calorimetry: is it required to maximize patient outcome from nutrition therapy? <i>Curr Nutr Rep</i> . 2016;5(3):233-9	G
Ławiński 2015	Ławiński M, Singer P, Gradowski Ł, Gradowska A, Bzikowska A, Majewska K. Predicted versus measured resting energy expenditure in patients requiring home parenteral nutrition. <i>Nutrition</i> . 2015 Nov-Dec;31(11-12):1328-32. doi: 10.1016/j.nut.2015.05.002. Epub 2015 Jun 1. PMID: 26278135	HS
Lew 2017	Lew CCH, Yandell R, Fraser RJL, Chua AP, Chong MFF, Miller M. Association Between Malnutrition and Clinical Outcomes in the Intensive Care Unit: A Systematic Review [Formula : see text]. <i>JPEN J Parenter Enteral Nutr</i> . 2017 Jul;41(5):744-758. doi: 10.1177/0148607115625638. Epub 2016 Feb 2. PMID: 26838530	HS
Macena 2022	Macena ML, Paula DTDC, da Silva Júnior AE, Praxedes DRS, Pureza IROM, de Melo ISV, Bueno NB. Estimates of resting energy expenditure and total energy expenditure using predictive equations in adults with overweight and obesity: a systematic review with meta-analysis. <i>Nutr Rev</i> . 2022 Oct 10;80(11):2113-2135. doi: 10.1093/nutrit/nuac031. PMID: 35551409	HS Deltatrac; Fitmate; Vmax 2; MedGem; Deltatrac II; Parvo Medics TrueOne2400; CPX-D model; ReeVue; R-1; Quark RMR

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Maxwell 2017	Maxwell J, Gwardschaladse C, Lombardo G, Petrone P, Policastro A, Karev D, Prabhakaran K, Betancourt A, Marini CP. The impact of measurement of respiratory quotient by indirect calorimetry on the achievement of nitrogen balance in patients with severe traumatic brain injury. <i>Eur J Trauma Emerg Surg.</i> 2017 Dec; 43(6):775-782. doi: 10.1007/s00068-016-0724-z. Epub 2016 Sep 22. PMID: 27658944	HS
McClave 2021	McClave SA, Omer E. Point-Counterpoint : Indirect Calorimetry Is not Necessary for Optimal Nutrition Therapy in Critical Illness. <i>Nutr Clin Pract.</i> 2021 Apr;36(2):268-274. doi: 10.1002/ncp.10657. Epub 2021 Mar 26. PMID: 33769598	G
McClave 2016	McClave SA, Taylor BE, Martindale RG, Warren MM, Johnson DR, Braunschweig C, McCarthy MS, Davanos E, Rice TW, Cresci GA, Gervasio JM, Sacks GS, Roberts PR, Compher C; Society of Critical Care Medicine; American Society for Parenteral and Enteral Nutrition. Guidelines for the Provision and Assessment of Nutrition Support Therapy in the Adult Critically Ill Patient: Society of Critical Care Medicine (SCCM) and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (A.S.P.E.N.). <i>JPEN J Parenter Enteral Nutr.</i> 2016 Feb;40(2):159-211. doi: 10.1177/0148607115621863. Erratum in: <i>JPEN J Parenter Enteral Nutr.</i> 2016 Nov; 40(8):1200. PMID: 26773077	G
McDonald 2020	McDonald CM, Alvarez JA, Bailey J, Bowser EK, Farnham K, Mangus M, Padula L, Porco K, Rozga M. Academy of Nutrition and Dietetics: 2020 Cystic Fibrosis Evidence Analysis Center Evidence-Based Nutrition Practice Guideline. <i>Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics</i> , 19 Jun 2020, 121(8):1591-1636.e3 DOI: 10.1016/j.jand.2020.03.015 PMID: 32565399 PMCID: PMC8542104	HS
Mogensen 2016	Mogensen KM, Andrew BY, Corona JC, Robinson MK. Validation of the Society of Critical Care Medicine and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition Recommendations for Caloric Provision to Critically Ill Obese Patients: A Pilot Study. <i>JPEN J Parenter Enteral Nutr.</i> 2016 Jul;40(5):713-21. doi: 10.1177/0148607115584001. Epub 2015 Apr 20. PMID: 25897016	HS
Moonen 2021	Moonen HPFX, Beckers KJH, van Zanten ARH. Energy expenditure and indirect calorimetry in critical illness and convalescence: current evidence and practical considerations. <i>J Intensive Care.</i> 2021 Jan 12;9 (1):8. doi: 10.1186/s40560-021-00524-0. PMID: 33436084; PMCID: PMC7801790	G
Mouzaki 2017	Mouzaki M, Schwartz SM, Mtaweh H, La Rotta G, Mah K, Herridge J, Van Arsdell G, Parshuram CS, Floh AA. Can VCO ₂ -Based Estimates of Resting Energy Expenditure Replace the Need for Indirect Calorimetry in Critically Ill Children? <i>JPEN J Parenter Enteral Nutr.</i> 2017 May;41 (4):619-624. doi: 10.1177/0148607115627143. Epub 2016 Feb 10. PMID: 26950946	Respiratory mass spectrometry
Neelemaat 2012	Neelemaat F, van Bokhorst-de van der Schueren MA, Thijs A, Seidell JC, Weijs PJ. Resting energy expenditure in malnourished older patients at hospital admission and three months after discharge: predictive equations versus measurements. <i>Clin Nutr.</i> 2012 Dec;31(6):958-66. doi: 10.1016/j.clnu.2012.04.010. Epub 2012 Jun 1. PMID: 22658444	

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Nichols 2021	Nichols S, George D, Prout P, Dalrymple N. Accuracy of resting metabolic rate prediction equations among healthy adults in Trinidad and Tobago. <i>Nutr Health</i> . 2021 Mar;27(1):105-121. doi: 10.1177/0260106020966235. Epub 2020 Oct 22. PMID: 33089756	HS MedGem®
Noel 2022	Noel J, Jouinot A, Alexandre J, Ulmann G, Bretagne M, Castel-Ajgal Z, De Percin S, Vaquin-Villeminey C, Revel MP, Peyromaure M, Boudou-Rouquette P, Arrondeau J, Gataa I, Durand JP, Goldwasser F, Huillard O. Association of Energy Expenditure and Efficacy in Metastatic Renal Cell Carcinoma Patients Treated with Nivolumab. <i>Cancers (Basel)</i> . 2022 Jun 30;14(13):3214. doi: 10.3390/cancers14133214. PMID : 35 804 986	HS
Oliveira 2021	Oliveira A, Fernandes SA, Carteri RB, Tovo CV. Evaluation of Rest Energy Expenditure in Patients with Non Alcoholic Fatty Liver Disease. <i>Arq Gastroenterol</i> . 2021 Apr-Jun;58(2):157-163. doi: 10.1590/S0004-2803.202100000-27. PMID: 34190778	HS Korr® MetaCheck calorimeter
Ong 2022	Ong CS, Brown P, Shou BL, Wilcox C, Cho SM, Mendez-Tellez PA, Kim BS, Whitman GJR. Resting Energy Expenditure of Patients on Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation for Adult Respiratory Distress Syndrome: A Pilot Study. <i>Crit Care Explor</i> . 2022 Jul 18;4 (7):e0730. doi : 10.1097/CCE.0000000000000730. eCollection 2022 Jul. PMID:35923588	10 patients
Orozco-Ruiz 2017	Orozco-Ruiz X, Pichardo-Ontiveros E, Tovar AR, Torres N, Medina-Vera I, Prinelli F, et al. Development and validation of new predictive equation for resting energy expenditure in adults with overweight and obesity. <i>Clinical nutrition</i> . 2017;37(6 Pt A):2198-205	HS
Oshima 2017	Oshima T, Graf S, Heidegger CP, Genton L, Pugin J, Pichard C. Can calculation of energy expenditure based on CO ₂ measurements replace indirect calorimetry? <i>Crit Care</i> . 2017 Jan 21;21 (1):13. doi: 10.1186/s13054-016-1595-8. Erratum in: <i>Crit Care</i> . 2017 Apr 12;21(1):95. PMID: 28107817; PMCID: PMC5251283	HS
Oshima 2017	Oshima T, Berger MM, De Waele E, Guttormsen AB, Heidegger CP, Hiesmayr M, Singer P, Wernerman J, Pichard C. Indirect calorimetry in nutritional therapy. A position paper by the ICALIC study group. <i>Clin Nutr</i> . 2017 Jun;36(3):651-662. doi: 10.1016/j.clnu.2016.06.010. Epub 2016 Jun 22. PMID: 27373497	G
Oshima 2017	Oshima T, Ragusa M, Graf S, Dupertuis YM, Heidegger CP, Pichard C. Methods to validate the accuracy of an indirect calorimeter in the in-vitro setting. <i>Clin Nutr ESPEN</i> . 2017 Dec;22:71-75. doi: 10.1016/j.clnesp.2017.08.009. Epub 2017 Aug 30. PMID: 29415838	G
Oshima 2017	Oshima T, S. Graf, C. Heidegger, L. Genton, V. Karsegard, Y. Dupertuis, C. Pichard. P284 Can ventilator derived energy expenditure measurements replace indirect calorimetry? Geneva Universtiy Hospital, Geneva, Switzerland	Poster
Petros 2016	Petros S, Horbach M, Seidel F, Weidhase L. Hypocaloric vs Normocaloric Nutrition in Critically Ill Patients: A Prospective Randomized Pilot Trial. <i>JPEN J Parenter Enteral Nutr</i> . 2016 Feb;40(2):242-9. doi: 10.1177/0148607114528980. Epub 2014 Apr 3. PMID: 24699555	HS

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Pironi 2016	Pironi L, Arends J, Bozzetti F, Cuerda C, Gillanders L, Jeppesen PB, et al. ESPEN guidelines on chronic intestinal failure in adults. Clin Nutr 2016;35:247-307	HS
Plauth 2019	Plauth M, Bernal W, Dasarathy S, Merli M, Plank LD, Schutz T, et al. ESPEN guideline on clinical nutrition in liver disease. Clin Nutr 2019;38:485-521	HS
Pradelli 2018	Pradelli L, Graf S, Pichard C, Berger MM. Supplemental parenteral nutrition in intensive care patients: A cost saving strategy. Clin Nutr. 2018 Apr;37(2):573-579. doi: 10.1016/j.clnu.2017.01.009. Epub 2017 Jan 25. PMID: 28169021	HS
Pretorius 2021	Pretorius A, Wood P, Becker P, Wenhold F. Resting Energy Expenditure and Related Factors in 6- to 9-Year-Old Southern African Children of Diverse Population Groups. Nutrients. 2021 Jun 9;13(6):1983. doi: 10.3390/nu13061983. PMID: 34207655	HS
Prieto-Frias 2016	Prieto-Frias, C.; Conchillo, M.; Payeras, M.; Inarrairaegui, M.; Davola, D.; Fruhbeck, G.; Salvador, J.; Rodriguez, M.; Richter, J.A.; Mugueta, C.; et al. Factors Related to Increased Resting Energy Expenditure in Men with Liver Cirrhosis. Eur. J. Gastroenterol. Hepatol. 2016, 28, 139-145. [CrossRef]	HS
Rattanachaiwong 2019	Rattanachaiwong S, Singer P. Indirect Calorimetry as Point-of-Care Testing. Clinical Nutrition. 2019;38(6): 2531-44	G
Rattanachaiwong 2018	Rattanachaiwong S, Singer P. Should we calculate or measure energy expenditure? practical aspects in the ICU. Nutrition. 2018 Nov;55-56:71-75. doi: 10.1016/j.nut.2018.05.001. Epub 2018 May 9. PMID: 29960161	G
Rehal 2016	Rehal MS, Fiskaare E, Tjader I, Norberg A, Rooyackers O, Wernerman J. Measuring energy expenditure in the intensive care unit: a comparison of indirect calorimetry by E-sCOVX and Quark RMR with Deltatrac II in mechanically ventilated critically ill patients. Critical care. 2016;20:54	HS E-sCOVX and Quark RMR with Deltatrac II
Ridley 2019	Ridley, E., Chapman, M., Lambell, K., & Peake, S. (2019). Obesity and Nutrition in Critical Illness: The role of nutrition in obese critically ill patients and an overview of the clinical guidelines for nutrition provision in this patient population. ICU Management & Practice, 19(3), 162-166	HS
Sabatino 2017	Sabatino A, Theilla M, Hellerman M, Singer P, Maggiore U, Barbagallo M, Regolisti G, Fiaccadori E. Energy and Protein in Critically Ill Patients with AKI: A Prospective, Multicenter Observational Study Using Indirect Calorimetry and Protein Catabolic Rate. Nutrients. 2017 Jul 26;9(8):802. doi: 10.3390/nu9080802. PMID: 28933744; PMCID: PMC5579596	HS Vmax™ Encore Metabolic Cart 29n (SensorMedics Italia srl, Milano, Italy) or the Deltatrac II (Datex-Omeda, GE, Helsinki, Finland)
Sanches 2015	Sanches, Ana Claudia Soncini et al. «Resting energy expenditure in critically ill patients: Evaluation methods and clinical applications.» Revista da Associacao Medica Brasileira 62 7 (2016): 672-679	HS
Sanchez-Delgado 2018	Sanchez-Delgado G, Alcantara JMA, Ortiz-Alvarez L, Xu H, Martinez-Tellez B, Labayen I, Ruiz JR. Reliability of resting metabolic rate measurements in young adults: Impact of methods for data analysis. Clin Nutr. 2018 Oct;37 (5):1618-1624. doi: 10.1016/j.clnu.2017.07.026. Epub 2017 Aug 5. PMID: 28826698	HS

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
San Martin 2020	San Martin, Rocio, et al. « Concepts of indirect calorimetry on metabolic disorders: a narrative review. » Revista de Medicina 99.6 (2020): 581-590	HS
Sassedahran 2022	Saseedharan S, Chada RR, Kadam V, Chiluka A, Nagalla B. Energy expenditure in COVID-19 mechanically ventilated patients: A comparison of three methods of energy estimation. JPEN J Parenter Enteral Nutr. 2022 Nov;46(8):1875-1882. doi: 10.1002/jpen.2393. Epub 2022 May 28. PMID: 35526145; PMCID: PMC9348140	HS
Segadilha 2017	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. 2017 Jul;41(5):776-784. doi: 10.1177/0148607115625609. Epub 2016 Jan 29. PMID: 26826262	HS
Seo 2021	Seo HC, Shin D, Leem CH, Joo S. Development of a Portable Respiratory Gas Analyzer for Measuring Indirect Resting Energy Expenditure (REE). J Healthc Eng. 2021 Feb 17;2021:8870749. doi: 10.1155/2021/8870749. PMID : 33 680 417 ; PMCID : PMC7904359	HS Analyseur de gaz respiratoire portable (domicile) Vmax 29
Shi 2019	Shi J, Xi L, Chi T, Song J, Wang Z. Application value of resting energy monitoring in nutritional support therapy for mechanical ventilation patients. Zhonghua wei zhong bing ji jiu yi xue. 2019;31(1):98-101	Chinois
Singer 2016	Singer, P.; Singer, J. Clinical Guide for the Use of Metabolic Carts: Indirect Calorimetry-No Longer the Orphan of Energy Estimation. Nutr. Clin. Pract. 2016, 31, 30-38	G Deltatrac II (GE, Finland)
Singer 2019	Singer P, Blaser AR, Berger MM, Alhazzani W, Calder PC, Casaer MP, Hiesmayr M, Mayer K, Montejo JC, Pichard C, Preiser JC, van Zanten ARH, Oczkowski S, Szczeklik W, Bischoff SC. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit. Clin Nutr. 2019 Feb;38(1):48-79	G
Singer 2020	Singer P, De Waele E, Sanchez C, Ruiz Santana S, Montejo JC, Laterre PF, Soroksky A, Moscovici E, Kagan I. TICACOS international: a multi-center, randomized, prospective controlled study comparing tight calorie control versus Liberal calorie administration study. Clin Nutr (Edinburgh, Scotland). 2020;40:380	HS
Singer 2020	Singer P, Pichard C, Rattanachaiwong S. Evaluating the TARGET and EAT-ICU trials: how important are accurate caloric goals? Point-counterpoint : the pro position. Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 2020 Mar;23(2):91-95. doi: 10.1097/MCO.0000000000000638. PMID: 32004237	HS
Slingerland-Boot 2022	Slingerland-Boot H, Adhikari S, Mensink MR, van Zanten ARH. Comparison of the Beacon and Quark indirect calorimetry devices to measure resting energy expenditure in ventilated ICU patients. Clin Nutr ESPEN. 2022 Apr; 48:370-377. doi: 10.1016/j.clnesp.2022.01.015. Epub 2022 Jan 19. PMID: 35331516	HS
Souza 2018	Souza MTP, Singer P, Ozorio GA, Rosa VM, Alves MMF, Mendoza Lopez RV, et al. Resting energy expenditure and body composition in patients with head and neck cancer: An observational study leading to a new predictive equation. Nutrition 2018;51-52:60-5	HS
Stapel 2015	Stapel SN, de Grooth HJ, Alimohamad H, Elbers PW, Girbes AR, Weijs PJ, et al. Ventilator derived carbon dioxide production to assess energy expenditure in critically ill patients: proof of concept. Critical care. 2015; 19:370	HS

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Stapel 2019	Stapel SN, Weijs PJM, Girbes ARJ, Oudemans-van Straaten HM. Indirect calorimetry in critically ill mechanically ventilated patients: Comparison of E-sCOVX with the deltatrac. Clin Nutr. 2019 Oct;38 (5):2155-2160. doi: 10.1016/j.clnu.2018.08.038. Epub 2018 Sep 6. PMID: 30245021	HS
Tatucu-Babet 2016	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;40(2):212-25	HS
Tignanelli 2019	Tignanelli CJ, Andrews AG, Sieloff KM, Pleva MR, Reichert HA, Wooley JA, Napolitano LM, Cherry-Bukowiec JR. Are Predictive Energy Expenditure Equations in Ventilated Surgery Patients Accurate? J Intensive Care Med. 2019 May;34 (5):426-431. doi: 10.1177/0885066617702077. Epub 2017 Apr 6. PMID : 28382850	EHB versus CI USI (Deltatrac MetabolicMonitor et MedGraphics IC).
Valainathan	S. Valainathan, A. Boukris, A. Konstantinos, N. Schoch, G. Goujon, D. Konstantinou, H. Becheur, A.L. Pelletier. P.557 — Dépense énergétique dans la pancréatite aigüe évaluée par calorimétrie indirecte comparée à la formule de Harris et Benedict	Poster
Van Schaik 2022	Van Schaik J, Burghard M, Lequin MH, van Maren EA, van Dijk AM, Takken T, Rehorst-Kleinlugtenbelt LB, Bakker B, Meijer L, Hoving EW, Fiocco M, Schouten-van Meeteren AYN, Tissing WJE, van Santen HM. Resting energy expenditure in children at risk of hypothalamic dysfunction. Endocr Connect. 2022 Jul 21;11(8): e220276. doi : 10.1530/EC-22-0276. PMID: 35904233; PMCID: PMC9346331	
Vest 2019	Vest MT, Newell E, Shapero M, McGraw P, Jurkovitz C, Lennon SL, Trabulsi J. Energy balance in obese, mechanically ventilated intensive care unit patients. Nutrition. 2019 Oct;66:48-53. doi: 10.1016/j.nut.2019.02.021. Epub 2019 Apr 26. PMID: 31207439; PMCID: PMC6702036	CI en circuit ouvert. MedGraphics CCM Express ⁵⁴ , St Paul, MN, USA)
Wasyluk 2022	Wasyluk W, Zwolak A, Jonckheer J, De Waele E, Dąbrowski W. Methodological Aspects of Indirect Calorimetry in Patients with Sepsis-Possibilities and Limitations. Nutrients. 2022 Feb 22;14(5):930. doi: 10.3390/nu14050930. PMID: 35267903; PMCID: PMC8912694	HS Deltatrac Metabolic Monitor
Weiner 2015	Weiner ID, Mitch WE, Sands JM. Urea and Ammonia Metabolism and the Control of Renal Nitrogen Excretion. Clin J Am Soc Nephrol. 2015 Aug 7;10(8):1444-58. doi: 10.2215/CJN.10311013. Epub 2014 Jul 30. PMID: 25078422; PMCID: PMC4527031	HS
Whittle 2020	Whittle, J., Molinger, J., MacLeod, D., Haines, K., & Wischmeyer, P. E. (2020). Persistent hypermetabolism and longitudinal energy expenditure in critically ill patients with COVID-19. Critical Care, 24(1), 1-4	HS
Wischmeyer 2021	Wischmeyer PE, Molinger J, Haines K. Point-Counterpoint : Indirect Calorimetry Is Essential for Optimal Nutrition Therapy in the Intensive Care Unit. Nutr Clin Pract. 2021 Apr;36(2):275-281. doi: 10.1002/ncp.10643. Epub 2021 Mar 18. PMID: 33734477; PMCID: PMC8276639	G

⁵⁴ Les patients respirant spontanément.

AUTEURS/ANNÉE	TITRES	REMARQUES
Wright 2016	Wright TG, Dawson B, Jalleh G, Guelfi KJ. Accuracy of resting metabolic rate prediction in overweight and obese Australian adults. <i>Obes Res Clin Pract.</i> 2016 Sep;10 Suppl 1:S74-S83. doi : 10.1016/j.orcp.2015.07.008. Epub 2015 Aug 12. PMID: 26277698	HS
Wright 2020	Wright A, Shepelev J, Kriz A (2020) Indirect calorimetry is a cost-saving strategy to manage patients in hospital intensive care. <i>Value in Health</i> , 23, S409-S409	Poster (Baxter)
Yatabe 2019	Yatabe T. Strategies for optimal calorie administration in critically ill patients. <i>J Intensive Care.</i> 2019 Mar 12;7:15	G
Yeh 2016a	Yeh DD, Fuentes E, Quraishi SA, Cropano C, Kaafarani H, Lee J, King DR, DeMoya M, Fagenholz P, Butler K, Chang Y, Velmahos G. Adequate Nutrition May Get You Home: Effect of Caloric/Protein Deficits on the Discharge Destination of Critically Ill Surgical Patients. <i>JPEN J Parenter Enteral Nutr.</i> 2016 Jan;40 (1):37-44. doi: 10.1177/0148607115585142. Epub 2015 Apr 29. PMID: 25926426	HS
Yeh 2016b	Yeh DD, Peev MP, Quraishi SA, Osler P, Chang Y, Rando EG, Albano C, Darak S, Velmahos GC. Clinical Outcomes of Inadequate Calorie Delivery and Protein Deficit in Surgical Intensive Care Patients. <i>Am J Crit Care.</i> 2016 Jul;25(4):318-26. doi: 10.4037/ajcc2016584. PMID: 27369030	HS
Yu 2020	Yu PJ, Cassiere H, DeRosa S, Bocchieri K, Yar S, Hartman A. Hypermetabolism and Coronavirus Disease 2019. <i>JPEN J Parenter Enteral Nutr.</i> 2020 Sep;44 (7):1234-1236. doi: 10.1002/jpen.1948. Epub 2020 Jul 12. PMID: 32559309; PMCID: PMC7323185	7 patients
Wu 2015	Wu C, Wang X, Yu W, Tian F, Liu S, Li P, Li J, Li N. Hypermetabolism in the Initial Phase of Intensive Care Is Related to a Poor Outcome in Severe Sepsis Patients. <i>Ann Nutr Metab.</i> 2015;66(4):188-195. doi: 10.1159/000430848. Epub 2015 Jun 2. PMID: 26044971	HS
Yang 2016	Yang X, Ma G, Wang LJ, Ma XD. Comparison of respiratory indirect calorimetry and Harris-Benedict coefficient in guiding energy target in patients with sepsis. <i>Chin J Clin Nutr.</i> 2016;24(004):193-8	HS
Zhao 2019	Zhao S, Duan L, Yu G, Zou Q, Wu Q, Wang H, He X. Changing laws of rest energy expenditure in critically ill patients and the intervention effect for nutritional support: a prospective study. <i>Zhonghua wei zhong bing ji jiu yi xue.</i> 2019;31(12):1512-6	HS
Zusman	Zusman, O., Kagan, I., Bendavid, I., Theilla, M., Cohen, J., & Singer, P. (2019). Predictive equations versus measured energy expenditure by indirect calorimetry: a retrospective validation. <i>Clinical nutrition</i> , 38(3), 1206-1210	HS

G : Généralités

HS : Hors sujet

ANNEXE E – ÉTUDES INCLUSES

Tableau 12 : Études incluant le Q-NRG®

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES :	RÉSULTATS	CONCLUSION																				
Oshima 2019 [46]	Cette étude vise à valider la précision et l'exactitude du Q-NRG® ⁵⁵ dans le cadre in vitro.	Étude multicentrique. Adultes sous ventilation mécanique en USI. Comparateur Spectromètre de masse (Extrel, États-Unis).	Les mesures de mélanges gazeux de concentrations prédéfinies d'O ₂ et de CO ₂ par le Q-NRG® étaient précises à moins de 2 % par rapport aux mesures du spectromètre de masse dans l'analyse de régression Passing Bablok. Dans un environnement ventilé mécaniquement de FiO ₂ de 21 % à 70 %, les mesures Q-NRG® de VO ₂ et VCO ₂ simulés étaient à moins de 5 % de différence par rapport aux mesures du spectromètre de masse de référence.	L'évaluation in vitro confirme que la précision du calorimètre indirect Q-NRG® est de 5 % à un enrichissement en oxygène de 70 %; c'est-à-dire le maximum prévu pour une utilisation clinique. D'autres recommandations pour l'utilisation clinique du Q-NRG® seront publiées une fois l'étude multicentrique en cours terminée.																				
Oshima 2020 [45]	Le projet ICALIC a été lancé pour développer un calorimètre indirect (CI) précis, fiable et convivial, et visait à évaluer sa facilité d'utilisation et la faisabilité des mesures d'EE en unité de soins intensifs (USI). (Q-NRG®).	Étude prospective, observationnelle et sans insu. Multicentrique 9 centres. Les patients en soins intensifs ventilés mécaniquement ont été évalués à l'aide du nouveau CI (Q-NRG®) et des dispositifs actuellement utilisés.	Six centres sur neuf ont rempli le nombre requis de patients pour l'analyse primaire. Les différences moyennes dans le temps nécessaire au Q-NRG® par rapport aux CI actuellement utilisés étaient de : <table border="1" data-bbox="856 911 1543 1304"> <thead> <tr> <th>Centre</th> <th>Nbre de patients</th> <th>Temps (min)</th> <th>Technologie</th> <th>DE (différences moyennes ± sd (kcal/jour))</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Genève (Suisse)</td> <td>49</td> <td>32,3 ± 2,5</td> <td>Vs. Deltatrac®; p < 0,01</td> <td>63,1 ± 157,8 (p < 0,462)</td> </tr> <tr> <td>Lausanne (Suisse)</td> <td>49</td> <td>32,3 ± 3,1</td> <td>Vs. Quark MR®; p < 0,05</td> <td>224,4 ± 514,9 (p < 0,038)</td> </tr> <tr> <td>Bruxelles (Belgique)</td> <td>49</td> <td>33,7 ± 1,4</td> <td>Vs. V-Max Encore®; p < 0,05</td> <td>449,6 ± 667,4 (p < 0,001)</td> </tr> </tbody> </table>	Centre	Nbre de patients	Temps (min)	Technologie	DE (différences moyennes ± sd (kcal/jour))	Genève (Suisse)	49	32,3 ± 2,5	Vs. Deltatrac®; p < 0,01	63,1 ± 157,8 (p < 0,462)	Lausanne (Suisse)	49	32,3 ± 3,1	Vs. Quark MR®; p < 0,05	224,4 ± 514,9 (p < 0,038)	Bruxelles (Belgique)	49	33,7 ± 1,4	Vs. V-Max Encore®; p < 0,05	449,6 ± 667,4 (p < 0,001)	Le Q-NRG® a nécessité un temps beaucoup plus court que la plupart des autres CI pour déterminer les DE chez les patients en soins intensifs ventilés mécaniquement. Le Q-NRG® est le seul circuit intégré disponible dans le commerce testé par spectrométrie de masse pour garantir la précision du gaz, tout en étant très facile à utiliser. Conflit d'intérêts potentiel Certains auteurs et parties prenantes de l'étude ont reçu divers types de financement de la part de Baxter Inc. et/ou de COSMED srl.
Centre	Nbre de patients	Temps (min)	Technologie	DE (différences moyennes ± sd (kcal/jour))																				
Genève (Suisse)	49	32,3 ± 2,5	Vs. Deltatrac®; p < 0,01	63,1 ± 157,8 (p < 0,462)																				
Lausanne (Suisse)	49	32,3 ± 3,1	Vs. Quark MR®; p < 0,05	224,4 ± 514,9 (p < 0,038)																				
Bruxelles (Belgique)	49	33,7 ± 1,4	Vs. V-Max Encore®; p < 0,05	449,6 ± 667,4 (p < 0,001)																				

⁵⁵ (Q-NRG®, COSMED, Roma, Italie) a été développé par un groupe de chercheurs soutenant l'initiative internationale d'étude de la calorimétrie (ICALIC).

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES :	RÉSULTATS	CONCLUSION																				
			<table border="1" data-bbox="856 250 1545 646"> <thead> <tr> <th data-bbox="856 250 993 347">Centre</th> <th data-bbox="993 250 1108 347">Nbre de patients</th> <th data-bbox="1108 250 1209 347">Temps (min)</th> <th data-bbox="1209 250 1358 347">Technologie</th> <th data-bbox="1358 250 1545 347">DE (différences moyennes ± sd (kcal/jour))</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="856 347 993 444">Tel-Aviv (Israël)</td> <td data-bbox="993 347 1108 444">48</td> <td data-bbox="1108 347 1209 444">26,4 ± 7,8</td> <td data-bbox="1209 347 1358 444">Vs. Deltatrac®; p < 0,05</td> <td data-bbox="1358 347 1545 444">307,4 ± 324,5 (p < 0,001)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="856 444 993 542">Vienne (Autriche)</td> <td data-bbox="993 444 1108 542">48</td> <td data-bbox="1108 444 1209 542">28,5 ± 3,5</td> <td data-bbox="1209 444 1358 542">Vs. Deltatrac®; p < 0,05</td> <td data-bbox="1358 444 1545 542">22,9 ± 328,2 (0,650)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="856 542 993 646">Chiba (Japon)</td> <td data-bbox="993 542 1108 646">34</td> <td data-bbox="1108 542 1209 646">0,3 ± 1,2</td> <td data-bbox="1209 542 1358 646">Vs. E-COVX®; p < 0,17</td> <td data-bbox="1358 542 1545 646">55,0 ± 204,1 (p < 0,165)</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="856 672 1545 831"> Les mesures de DE (kcal/jour) par le Q-NRG® étaient : <ul style="list-style-type: none"> • Similaires à celles du Deltatrac® à Genève et à Vienne • Significativement différentes à Tel-Aviv (Deltatrac®), à Lausanne et à Bruxelles (Vmax®) • Aucune n'a été trouvée à Chiba (E-COVX®) </p>	Centre	Nbre de patients	Temps (min)	Technologie	DE (différences moyennes ± sd (kcal/jour))	Tel-Aviv (Israël)	48	26,4 ± 7,8	Vs. Deltatrac®; p < 0,05	307,4 ± 324,5 (p < 0,001)	Vienne (Autriche)	48	28,5 ± 3,5	Vs. Deltatrac®; p < 0,05	22,9 ± 328,2 (0,650)	Chiba (Japon)	34	0,3 ± 1,2	Vs. E-COVX®; p < 0,17	55,0 ± 204,1 (p < 0,165)	
Centre	Nbre de patients	Temps (min)	Technologie	DE (différences moyennes ± sd (kcal/jour))																				
Tel-Aviv (Israël)	48	26,4 ± 7,8	Vs. Deltatrac®; p < 0,05	307,4 ± 324,5 (p < 0,001)																				
Vienne (Autriche)	48	28,5 ± 3,5	Vs. Deltatrac®; p < 0,05	22,9 ± 328,2 (0,650)																				
Chiba (Japon)	34	0,3 ± 1,2	Vs. E-COVX®; p < 0,17	55,0 ± 204,1 (p < 0,165)																				
Delsoglio 2020 [18]	Évaluation du niveau d'exactitude et de la précision intra- et interunité du Q-NRG® (COSMED, Rome, Italie), en mode dilution de canopée in vitro et chez des adultes respirant spontanément.	15 adultes sains respirant spontanément en interchangeant trois unités Q-NRG® dans un ordre aléatoire. Les mesures de la consommation d'oxygène (VO ₂) et de la production de dioxyde de carbone (VCO ₂) ont été évaluées in vitro.	Le Q-NRG® a montré des erreurs de mesure < 1 % pour VO ₂ , VCO ₂ et dépenses d'énergie (DE) et < 1,5 % pour QR. L'évaluation de la précision intra et interunité a montré CV ≤ 1 % pour VO ₂ et DE et CV ≤ 1,5 % pour les mesures VCO ₂ et QR, sauf pour une unité Q-NRG® où CV % était de 2,3 % pour VO ₂ et 3 % pour QR.	Les mesures in vitro et in vivo de VO ₂ , VCO ₂ , QR et DE sur trois unités Q-NRG® ont montré une bonne précision et une précision intra et interunité. Conflit d'intérêts Le CP a reçu un soutien financier sous forme de subventions de recherche et des honoraires de consultation sans restriction de Baxter Inc. et de COSMED srl. MNP a rapporté des frais personnels de COSMED srl. pendant la conduite de l'étude.																				

Tableau 13 : Autres études incluant le Q-NRG®

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES :	RÉSULTATS	CONCLUSION
Niedere 2021	Évaluation longitudinale des mDER par CI (Q-NRG®) chez les patients malades atteints d'une infection par le SRAS-CoV-2 (COVID-19) tout au long des séjours souvent prolongés en unité de soins intensifs (USI) en comparaison des pDER obtenues avec les équations couramment utilisées.	Étude de cohorte prospective monocentrique. 38 patients atteints de COVID-19 ventilés mécaniquement du 1 ^{er} avril 2020 au 1 ^{er} février 2021. Le moniteur métabolique Q-NRG® a été utilisé pour obtenir les données de CI. Comparateurs : équations prédictives Harris-Benedict (HB), Mifflin St-Jeor (MSJ) et Penn State University (PSU), et les équations basées sur le poids de l'American Society of Parenteral and Enteral Nutrition et Society of Critical Care Medicine (ASPEN-SCCM). Directives cliniques pour évaluer les pDER courantes et leur capacité à prédire l'hypo/ hypermétabolisme chez les patients COVID-19 en USI.	Les mesures de CI recueillies ont révélé un mDER relativement normométabolique ou minimalement hypermétabolique à 21,3 kcal/kg/j ou 110 % de la valeur prédite par l'équation HB au cours de la première semaine de ventilation mécanique (VM). Cela a évolué vers un hypermétabolisme significatif et prolongé de manière unique au cours de semaines successives à 28,1 kcal/kg/j ou 143 % de HB prédit par MV à la semaine 3, l'hypermétabolisme persistant jusqu'à MV à la semaine 7. Patients obèses en MV semaine 1 (19,5 ± 1,0 kcal/kg/j vs 25,1 ± 1,8 kcal/kg/j, respectivement; p < 0,01), avec peu de changement dans les semaines 2 et 3 (19,5 ± 1,5 kcal/kg/j vs 28,0 ± 2,0 kcal/kg/j; p < 0,01). Les équations de plage supérieure ASPEN-SCCM et de PSU pDER ont fourni des approximations proches de mDER, mais, comme toutes les équations de pDER, ont parfois sur- et sous-estimé les besoins énergétiques et n'ont généralement pas prédit l'hypermétabolisme tardif.	Les résultats de l'étude montrent une réponse métabolique vraiment unique chez les patients atteints de COVID-19 en USI, caractérisée par un hypermétabolisme progressif significatif et prolongé culminant à 3 semaines après l'intubation, persistant jusqu'à 7 semaines en USI. Ce modèle a été plus clairement démontré chez les patients non obèses par rapport aux patients obèses. Cette réponse est unique et distincte de tout modèle décrit précédemment de réponse au stress en soins intensifs dans sa nature hypermétabolique prolongée. Ces données réaffirment la nécessité de mesures CI longitudinales de routine pour fournir des cibles énergétiques précises chez les patients atteints de COVID-19 en USI. Les équations PSU et ASPEN-SCCM semblent donner l'estimation la plus raisonnable de la mDER dérivée de la CI chez les patients atteints de COVID-19 en USI, et encore souvent sur- ou sous-estimer les besoins énergétiques. Ces résultats fournissent un guide pratique pour la prescription calorique chez les patients atteints de COVID-19 en USI en l'absence d'IC.
Dupertuis 2022 [19]	Comparaison de la facilité d'utilisation et de la précision du Q-NRG® avec celles de Quark RMR® (dispositif couramment utilisé chez les patients adultes respirant spontanément en mode canopée ou avec un masque facial).	85 patients hospitalisés et ambulatoires respirant spontanément à qui une mesure de DER a été prescrite à des fins cliniques entre mai 2019 et juin 2021 ont été inclus dans cette étude. 45 hommes (52,9 %), et un âge moyen de 53 ± 18 ans. La DER a été mesurée chez	La mesure des DER avec Q-NRG® était plus rapide qu'avec Quark RMR® (19,7 ± 2,9 min contre 24,5 ± 4,3 min, p < 0,001). En mode couvert, Q-NRG® a donné des valeurs similaires à Quark RMR®, avec 73 % des patients atteignant un état d'équilibre (CV % < 10 %) dans l'intervalle de 5 à 15 min.	Le Q-NRG® en mode canopée a permis de gagner au moins 5 min par rapport à Quark RMR®, tout en conservant la même précision de mesure. Cependant, son utilisation en mode masque facial pourrait entraîner une surestimation des DER chez les hommes et, par consé-

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES :	RÉSULTATS	CONCLUSION
		<p>45 patients utilisant à la fois Quark RMR® et Q-NRG® en mode canopée, et chez 40 patients utilisant Quark RMR® en mode canopée et Q-NRG® en mode masque facial.</p> <p>Dans l'ensemble, les patients mesurés avec Q-NRG® en mode canopée avaient un poids corporel (P ¼ 0,01), un IMC (P ¼ 0,02) et une DER (P ¼ 0,01) inférieurs à ceux mesurés en mode masque facial.</p> <p>Les patients hospitalisés et ambulatoires respirant spontanément à qui une mesure d'ETR a été prescrite à des fins cliniques entre mai 2019 et juin 2021 ont été considérés comme admissibles à cette étude.</p> <p>Le temps nécessaire pour mesurer la dépense énergétique au repos (DER) avec Q-NRG® en mode canopée et en mode masque facial a été comparé avec Quark RMR® en mode canopée par des mesures séquentielles chez 45 et 40 patients adultes respirant spontanément, respectivement. Leur précision a été évaluée à différents intervalles de temps, à l'aide de coefficients de variation (CV %) et de mesures répétées d'ANOVA unidirectionnelle.</p> <p>La concordance entre les deux dispositifs a été évaluée par des coefficients de corrélation, des tracés de Bland-Altman et un test t apparié.</p> <p>Les caractéristiques des patients affectant potentiellement la mesure ont été évaluées à l'aide d'une analyse de régression linéaire.</p> <p>ClinicalTrials.gov no. NCT03947294.</p>	<p>En mode masque facial, Q-NRG® était moins stable que Quark RMR® en mode canopée, et l'état d'équilibre n'a été atteint que chez 40 % des patients dans l'intervalle de 5 à 15 minutes. La corrélation entre les deux dispositifs était plus forte lorsque Q-NRG® était utilisé en mode couvert qu'en mode masque facial, avec des coefficients de Pearson de 0,96 et 0,86, respectivement.</p> <p>Par rapport à Quark RMR® en mode canopée, le biais systématique $\pm 1,96 \times SD$ avec Q-NRG® était de -14 ± 236 kcal/jour en mode canopée et de 73 ± 484 kcal/jour en mode masque facial.</p> <p>Q-NRG® en mode masque facial surestimait la DER de 150 ± 51 kcal/jour chez les hommes par rapport à Quark RMR® en mode canopée.</p>	<p>quent, ne devrait pas être recommandée en milieu clinique.</p>
Occhiali 2022 [42]	Description de l'évolution de la calorimétrie indirecte.	Étude pilote observationnelle prospective incluant des patients adultes ventilés en choc septique admis dans une unité de soins intensifs chirurgicaux (USI).	<p>34 patients ont été inclus (âge : $57,6 \pm 12,8$ ans; score simplifié de physiologie aiguë II : 52 ± 11).</p> <p>15 patients étaient admissibles à l'analyse finale.</p>	Le déficit énergétique s'est amélioré, tandis que la DER et le QR sont restés relativement stables au cours de la première semaine de séjour en USI.

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES :	RÉSULTATS	CONCLUSION
		<p>Les données métaboliques ont été recueillies à l'aide du calorimètre COSMED Q-NRG[®] : production de dioxyde de carbone (VCO₂), consommation d'oxygène (VO₂), dépense énergétique au repos (DER), quotient respiratoire (QR) et taux d'utilisation des substrats (protéines, lipides, et glucides). Le critère principal était l'évolution du déficit énergétique (dE) de J1 à J6.</p>	<p>Le délai d'initiation du soutien nutritionnel était de 2,5 ± 1,5 jours. La DE s'est améliorée au cours de la période d'étude (pente = 2,9 [1,8; 4,2]; p < 0,001).</p> <p>La DER est restée stable pendant la 1^{re} semaine, sans variation significative (pente = -0,16 [-1,49; 0,79]; p = 0,78).</p> <p>Le QR est resté globalement stable (pente = 0,01 [0,00; 0,03]; p = 0,10).</p> <p>L'utilisation des substrats a changé significativement au J3 en faveur de la consommation de protéines (pente = 6,50 [4,44; 8,85]; p < 0,001) avec une diminution globale significative de la consommation de substrats non protéiques.</p>	<p>L'importance des variations de la consommation de substrats n'était pas claire.</p> <p>Ces résultats préliminaires devraient être approfondis par des études plus larges.</p>
Rousseau 2022 [57]	Comparaison des dépenses énergétiques (mDE) des survivants en USI pendant leur période d'hospitalisation post-USI par rapport aux estimations des équations prédictives (eDE).	<p>Étude observationnelle.</p> <p>Les survivants d'un séjour aux soins intensifs de 7 jours ont été inscrits dans le service général au cours des 7 premiers jours après la sortie des soins intensifs.</p> <p>La DE a été mesurée à l'aide du calorimètre Q-NRG en mode canopée.</p> <p>Cette mesure a été comparée à la DE estimée en utilisant l'équation de Harris-Benedict (HB) multipliée par un facteur de stress de 1,3, l'équation de Penn-State (PS) ou l'équation basée sur le poids (WB) de 30 kcal.</p>	<p>55 adultes ont été inclus (67,3 % d'hommes, 60 ans (52-67) ans, indice de masse corporelle de 26,1 (22,2-29,7) kg/m²).</p> <p>Une CI a été réalisée 4 (3-6) jours après un séjour en USI de 12 (7-16) jours. La mDE était de 1682 (1328-1975) kcal/j, correspondant à 22,9 (19,1-24,2) kcal/kg/jour.</p> <p>Les valeurs eDE dérivées à l'aide des équations HB et WB étaient significativement plus élevées que mDE : 3 048 (1 805-3 332) et 2 220 (1 890-2 640) kcal/j, respectivement (les deux p < 0,001). Il n'y avait pas de différence significative entre mDE et eDE en utilisant l'équation PS : 1589 (1443-1809) kcal/j (p = 0,145).</p> <p>L'équation PS avait tendance à sous-estimer la mDE avec un biais de 61,88 kcal et une large limite d'accord de 95 % (717,8 à 594 kcal). En utilisant l'équation PS, une concordance à moins de 15 % de la mDE a été trouvée chez 32 des 55 patients (58,2 %).</p>	<p>Dans ce contexte d'hospitalisation post-USI, aucune des équations testées n'était précise pour prédire la DE mesurée par calorimétrie indirecte.</p>

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES :	RÉSULTATS	CONCLUSION
			<p>Dans la cohorte actuelle de patients qui ont survécu à un séjour prolongé en USI, la mDE était d'environ 22 à 23 kcal/kg/jour.</p> <p>Dans ce contexte d'hospitalisation post-USI, aucune des équations testées n'était précise pour prédire la DE mesurée par calorimétrie indirecte.</p>	
Rehal 2021 [56]	Étude des changements de la dépense énergétique et les caractéristiques cliniques associées avec un séjour prolongé en USI.	<p>Étude de cohorte longitudinale prospective multicentrique.</p> <p>Critères d'intégration</p> <ul style="list-style-type: none"> • ≥18 ans. • Admis à l'unité de soins intensifs d'un site d'étude participant. • Au moins une mesure de la dépense énergétique réalisée pendant le séjour en USI. <p>Critères d'exclusion</p> <ul style="list-style-type: none"> • Patients réadmis à l'USI d'un site d'étude participant; > 72 heures après la sortie de l'USI et déjà inclus dans l'étude (≥ 1 mesure de la dépense énergétique effectuée lors de l'admission précédente). Si un patient est réadmis dans les ≤ 72 heures suivant la sortie de l'USI, cela est considéré comme une continuation de la dernière admission à l'USI aux fins de cette étude. • Brûlures > 20 % de la surface corporelle. <p>Résultats</p> <p>Primaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modification de la DER (kcal/kg de poids corporel ajusté*/24 heures) au fil du temps chez les patients qui restent en soins intensifs pendant plus de 10 jours. <p>* Le poids corporel ajusté est calculé comme le poids corporel idéal (longueur en cm – 100) + 1/3* (poids corporel à</p>	<p>L'objectif de cette étude est d'inclure ≥ 200 patients avec une durée de séjour en USI > 10 jours.</p> <p>D'après les données du registre suédois des soins intensifs entre 2015 et 2019, ces patients représentaient 5 % de toutes les admissions en USI.</p> <p>Cette proportion est comparable aux résultats d'une étude de registre menée en Australie et en Nouvelle-Zélande sur plus d'un million d'admissions en soins intensifs [31].</p> <p>Sur la base de ces chiffres, nous avons l'intention de sélectionner 6 000 patients uniques pour participer à l'étude, en tenant compte de la possibilité que plusieurs mesures de calorimétrie indirecte ne soient pas effectuées de manière cohérente.</p> <p>D'après les données du registre suédois, environ 1 250 patients uniques avec au moins une mesure de calorimétrie indirecte seront inclus dans l'analyse.</p>	La fin des inscriptions est prévue pour fin 2023 et l'analyse des données et la communication des résultats auront lieu en 2024.

AUTEURS	OBJECTIFS	MÉTHODES :	RÉSULTATS	CONCLUSION
		<p>l'admission — poids corporel idéal). Si le poids corporel à l'admission est inférieur au poids corporel idéal, cette valeur est utilisée à la place du poids corporel ajusté.</p> <p>Secondaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modification du QR au fil du temps chez les patients qui restent en soins intensifs pendant plus de 10 jours. • Changement de la DER et du QR au fil du temps chez les patients qui restent en USI pendant ≤ 10 jours. <p>Exploratoires</p> <p>Les corrélations entre le taux métabolique et la CRP, l'albumine, le rapport urée/créatinine, le degré de défaillance d'organes (SOFA), la mortalité en USI, l'âge et le sexe seront analysées à des fins de génération d'hypothèses.</p> <p>Calorimètres utilisés</p> <ul style="list-style-type: none"> • E-sCOVX® (General Electric, Helsinki, Finlande) • Quark RMR® (COSMED, Rome, Italie) • Q-NRG® (COSMED, Rome, Italie) • BEACON® Caresystem (Mermaid Care, Nørresundby, Danemark) 		