

Besoins nutritionnels en réanimation pédiatrique

Nutritional needs in critically ill children

J. Cotting · C. Jotterand Chaparro · M.-H. Perez · J. Depeyre

Reçu le 6 décembre 2011 ; accepté le 22 février 2012
© SRLF et Springer-Verlag France 2012

Résumé Chez l'enfant en réanimation, le support nutritionnel doit satisfaire ses besoins afin d'éviter la sous- et la surnutrition. Toutefois, les recommandations nutritionnelles restent vagues, concluant souvent au manque de données probantes. Au vu des perturbations métaboliques présentes lors de l'agression et des besoins physiologiques spécifiques à l'enfant, le clinicien ne peut pas simplement se baser sur les études de l'adulte en réanimation, ni sur les besoins nutritionnels de l'enfant sain qui sont relativement bien connus.

Durant ces vingt dernières années, les études, qui ont mesuré la dépense énergétique, s'accordent pour dire que l'enfant sous ventilation artificielle ne présente pas d'hypermétabolisme et que sa dépense est inférieure ou proche du métabolisme basal. La détermination de la cible énergétique reste problématique car les équations de prédiction utilisées chez l'enfant sont imprécises. Idéalement, une mesure de calorimétrie indirecte devrait être réalisée, mais celle-ci est rarement disponible.

En outre, la prescription de la nutrition est limitée durant les premiers jours par la restriction hydrique et les médicaments qui utilisent une large partie de l'apport liquidien disponible, ayant pour conséquence une dette énergétique obligatoire. Si l'utilisation de la voie entérale est à privilégier en présence d'un tube digestif fonctionnel, elle est sujette à des interruptions souvent peu justifiées qui peuvent aggraver le déficit calorique.

De nombreux autres domaines restent mal connus, comme les besoins en protéines ou en acides aminés. Dans un contexte d'agression métabolique, la quantité optimale en micronutriments antioxydants, voire la nécessité d'une supplémentation, sont également non résolues.

Mots clés Dépense énergétique · Protéines · Acides aminés · Micronutriments antioxydants · Réanimation pédiatrique

Abstract In critically ill children, nutritional support must satisfy nutritional needs in order to avoid both under- and overfeeding. However, most recommendations remain unclear, often concluding that data is missing. Due to their metabolic perturbations during critically illness and specific physiologic requirements, prescription in children cannot be simply based on studies conducted in critically ill adults or on the well-known nutritional needs of healthy children.

For the last twenty years, studies measuring energy expenditure have shown that critically ill children on mechanical ventilation were not hypermetabolic and that their energy expenditure was lower or close to the basal metabolism. The determination of caloric goal remains problematic because predictive equations used in children are imprecise. Ideally, indirect calorimetry measurements should be performed, but they are rarely available. Moreover, the prescription of nutrition is limited on the first days by fluid restriction and medications that use a large part of available fluid intake, resulting in a mandatory caloric debt. If enteral nutrition should be the preferred mode of nutrient provision in the presence of a functional gastrointestinal tract, its use is frequently associated with often not justified interruptions which may further impede caloric delivery.

Numerous other fields of nutrition, like needs in proteins or amino-acids remain poorly investigated. During acute critically illness, the optimal amount of antioxidant micronutrients to provide or to supplement, is still unsolved.

Keywords Energy expenditure · Proteins · Amino acids · Antioxidant micronutrients · Critically ill children

Introduction

En réanimation pédiatrique, le support nutritionnel s'inscrit dans le dispositif thérapeutique journalier et ce

J. Cotting (✉) · M.-H. Perez
Centre hospitalier universitaire Vaudois, unité des soins intensifs
médico-chirurgicaux de pédiatrie Bugnon 46, BH05,
CH-1011 Lausanne
e-mail : jacques.cotting@chuv.ch

C. Jotterand Chaparro · J. Depeyre
Haute école de santé, filière nutrition et diététique,
25, rue des Caroubiers, CH-1227 Carouge

sont les médecins qui sont en première ligne dans l'estimation des besoins nutritionnels [1]. Il fait partie des soins administrés à l'enfant et « doit être considéré comme une thérapie de substitution d'une fonction vitale au même titre que la ventilation mécanique ». Le support nutritionnel a ainsi « un rôle de prévention ou de traitement des dysfonctions métaboliques sans objectif immédiat de retour à l'homéostasie » [2].

Chez l'enfant, les perturbations métaboliques liées à l'inflammation et aux différents traitements du soutien d'organes défaillants représentent une difficulté majeure pour la détermination des besoins nutritionnels. On ne peut pas simplement les extrapoler à partir des nombreuses données cumulées chez l'adulte en réanimation ou à partir des recommandations qui ont été bien établies en fonction des groupes d'âge de l'enfant sain [3-5] (Tableau 1).

Le clinicien doit disposer de recommandations fondées sur des données probantes afin de prescrire une nutrition adéquate. Or, de telles données manquent, comme l'ont relevé récemment la Société américaine pour la nutrition parentérale et entérale (*the American Society for Enteral and Parenteral Nutrition*, ASPEN [6]) et la Cochrane Collaboration dans l'unique revue systématique sur le support nutritionnel de l'enfant sévèrement malade [7].

Cet article a pour objectif de répondre à la question rituelle journalière : « Que fait-on pour l'alimentation ? Quand et comment débiter ? Comment augmenter les apports ? » à la lumière des connaissances actuelles et de notre expérience. Nous n'aborderons pas ici la nutrition de l'enfant prématuré ni celle du grand brûlé.

Rappel physiologique

Avant de développer le support nutritionnel de l'enfant en réanimation, il est nécessaire de rappeler que l'enfant n'est pas un adulte miniature. Physiologiquement, l'enfant a des besoins nutritionnels qui varient considérablement en fonction de son âge, de sa croissance et de sa composition corporelle, notamment la proportion des tissus nobles, grands consommateurs d'énergie. Les grandes différences en termes

de besoins nutritionnels de l'enfant et de l'adulte sont les suivantes :

- Les besoins hydriques journaliers de l'enfant sont de 100 ml/kg jusqu'à 10 kg, + 50 ml/kg de 10 à 20 kg et + 25 ml/kg dès 20 kg. Comparativement, les besoins hydriques de l'adulte sont de 30 à 35 ml/kg ;
- L'alimentation normale d'un adulte fournit un apport calorique d'environ 1 kcal/ml alors que le lait maternel contient 0,7 kcal/ml ;
- Les besoins caloriques journaliers de l'adulte sédentaire sont de 30-35 kcal/kg alors qu'ils sont de 100 à 120 kcal/kg chez le nouveau-né [3], ce qui correspond à environ 1/6 de son poids corporel, soit 160 ml/kg/j de lait maternel. En comparaison directe, cela représenterait 12 à 15 litres par jour de lait pour un adulte ;
- Les besoins protéiques de l'adulte sont de 0,8 g/kg/jour et ceux du nouveau-né durant la phase de croissance rapide sont de 2,2 g/kg/jour ;
- Les besoins en vitamines et oligo-éléments du nouveau-né sont également plus élevés pour satisfaire les besoins liés à sa croissance.

Ces grandes différences de besoins nutritionnels entre le nouveau-né et l'adulte se retrouvent également pour les autres paramètres physiologiques, comme la fréquence cardiaque et respiratoire avec des constantes trois fois plus élevées pour le nourrisson. Ces différences sont directement liées à la vitesse de croissance qui va diminuer exponentiellement durant les premiers 24 à 36 mois. Après quoi, le coût énergétique de la croissance est constant et relativement faible (1-2 %) jusqu'à la puberté. La première figure illustre les besoins énergétiques calculés par la méthode factorielle qui intègre le métabolisme de base, la croissance et l'activité physique, sur la base des données des Apports Nutritionnels Conseillés (ANC) pour la population française d'A. Martin et al. [3] (Fig. 1).

Rappelons ici que les recommandations nutritionnelles, tant pour l'adulte que pour l'enfant, sont équivalentes à la couverture des besoins de 97,5 % de la population pour tous les macro- et micronutriments pour éviter toute carence, à l'exception des recommandations pour l'apport énergétique qui correspondent à l'apport moyen de la population pour éviter l'obésité [3-5].

Tableau 1 Recommandations d'apport énergétique de l'enfant en santé : évolution durant les 20 dernières années aux États-Unis (RDA, Recommended Dietary Allowances) et en France (ANC, Apports Nutritionnels Conseillés)

Énergie, kcal.kg ⁻¹ .J ⁻¹	0-6 mois	6-12 mois	1-3 ans	4-6 ans	7-10 ans
RDA, États-Unis, 1980 [9]	120	115	105	85	86
RDA, États-Unis, 1989 [10]	108	98	102	90	70
ANC, France, 1992 [11]	118	110	100	90	80
ANC, France, 2001 [12]	103	101	94-83	80	70

Dépense énergétique de l'enfant

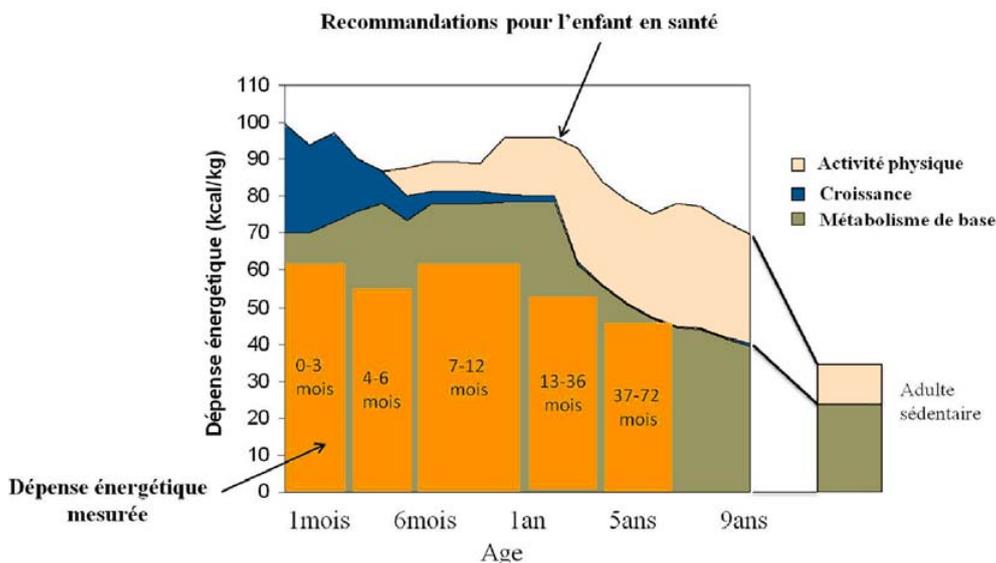


Fig. 1 Besoins énergétiques pour l'enfant en santé selon la méthode factorielle qui inclut le métabolisme basal, la croissance et l'activité physique (redessiné selon Martin 2001) et dépense énergétique mesurée par groupe d'âge

État nutritionnel de l'enfant en réanimation

La prévalence de la dénutrition à l'admission en réanimation pédiatrique est élevée, se situant entre 24 et 50 % selon deux études récentes [8,9]. Les auteurs soulignent que cette prévalence a peu changé depuis les années 1980 dans les pays industrialisés, du fait que plus des trois quarts des enfants mal nourris à l'admission le sont suite à des affections chroniques [8,9]. Il a également été observé que la malnutrition à l'admission était associée à une augmentation de la durée de la ventilation mécanique et de la durée de séjour en réanimation [9,10]. À l'autre extrême, la surcharge pondérale et l'obésité concernent moins de 5 % des patients admis [9].

Actuellement, on définit la malnutrition par une déviation de plus de -2 z-scores pour le poids ou la taille pour l'âge ou les deux. Les mesures anthropométriques (poids pour âge, taille pour âge, poids pour taille, circonférence brachiale et pli cutané tricipital) sont certainement les meilleurs outils à disposition du clinicien pour évaluer l'état nutritionnel de l'enfant à l'admission en réanimation [8,11]. Le poids est toutefois peu fiable lors d'œdèmes et difficile à mesurer chez les patients sous ventilation mécanique ou ayant de nombreux cathéters [11]. L'indice de masse corporelle variant avec l'âge, il est moins utilisé que dans la population adulte.

L'évaluation nutritionnelle à l'admission devrait donc être pratiquée de routine afin de diagnostiquer la dénutrition et d'adapter au mieux les apports en macro- et micronutriments.

Besoins énergétiques

Dans les conditions de réanimation, des phénomènes adaptatifs de l'organisme à l'agression, notamment une augmentation de production hépatique de glucose et une résistance à l'insuline, peuvent mener à une dénutrition. Les réserves de glycogène sont mobilisées dans un premier temps, puis la néoglucogenèse entraîne une dégradation des protéines de la masse musculaire et viscérale. Si le patient est déjà malnutri à l'admission, ce qui est fréquemment le cas, ce mécanisme va aggraver la dénutrition préexistante [10,12-14]. Il a d'ailleurs été observé que l'enfant, et surtout le nourrisson, est à haut risque de développer durant son séjour des déficits nutritionnels péjorant ses paramètres anthropométriques [8].

Pour éviter la dénutrition fréquemment observée, l'ASPEN recommandait en 1993 l'utilisation d'un facteur de multiplication des apports énergétiques lié au degré de stress métabolique [15], en se fondant sur les travaux de Long [16] qui montraient la présence d'un hypermétabolisme chez l'adulte en réanimation. Pour l'enfant en réanimation, elle recommandait un apport énergétique équivalent à celui de l'enfant sain.

Toutefois, en 1988, Chwals et al. ont comparé la dépense énergétique mesurée par calorimétrie indirecte à la dépense énergétique totale estimée pour l'âge selon les tables de Wretling (1972) et au métabolisme basal estimé pour le poids selon l'équation de Talbot (1938) chez 20 patients de 5 à 46 mois avec différents diagnostics [17]. Ces résultats démontraient pour la première fois l'absence d'hypermétabolisme chez l'enfant en réanimation, avec une dépense

énergétique mesurée à 56 ± 17 % de la dépense totale prédite et pratiquement égale au métabolisme basal. Chwals et al. concluaient sur le risque de surnutrition chez l'enfant en réanimation lors d'utilisation d'équation de prédiction pour l'enfant sain, mais ces résultats n'ont pas été considérés pendant une dizaine d'années. Depuis, de nombreux travaux ont confirmé ces observations [18-24]. La dépense énergétique relativement faible de l'enfant en réanimation s'explique, d'une part, par l'immobilité et probablement par une croissance ralentie durant la phase aiguë de l'agression métabolique [20,25,26] et d'autre part par la modulation engendrée par l'état inflammatoire, la température corporelle, la ventilation mécanique ou encore les traitements médicamenteux, notamment sédatifs et analgésiques.

En 1995, Letton et al. ont démontré, chez l'enfant ventilé, qu'un apport calorique correspondant à l'enfant sain entraînait une lipogenèse et une augmentation de la production de CO_2 [20]. Les auteurs concluaient au danger de la surnutrition qui peut prolonger la durée de ventilation mécanique, en particulier chez le nouveau-né avec des poumons immatures [20].

L'apport excédentaire d'énergie est devenu le risque majeur du support nutritionnel mal conduit [27,28]. En effet, la surnutrition peut entraîner une augmentation du travail respiratoire, des perturbations de la fonction hépatique, une hyperglycémie associée à l'augmentation du risque infectieux, le tout conduisant à une prolongation de la durée de la ventilation mécanique et du séjour en réanimation [29]. Chez l'enfant en phase aiguë, il n'existe pas de marqueur biologique spécifique de surnutrition. En effet, l'hyperglycémie fréquemment rencontrée, peut être le reflet d'une résistance ou d'une perte de la sensibilité à l'insuline [29]. Notons que pour certains auteurs, la mesure d'un quotient respiratoire >1 serait le reflet d'une surnutrition, avec une lipogenèse augmentée [20,30].

Dans ce contexte, l'ASPEN recommandait en 2009 de déterminer la dépense énergétique de l'enfant tout au long de son hospitalisation en réanimation, de préférence en la mesurant par calorimétrie indirecte ou en l'estimant à l'aide d'une équation de prédiction [6]. Toutefois, cette recommandation engendre des difficultés pratiques et nous mène à notre première question. Au quotidien, comment le clinicien peut-il déterminer les besoins énergétiques de l'enfant en réanimation ?

Mesure de la dépense énergétique par calorimétrie indirecte

La calorimétrie indirecte est la méthode de référence pour la détermination des besoins énergétiques, mais elle nécessite des compétences et un équipement spécifiques. Dès lors, son utilisation est rare en réanimation pédiatrique, comme l'a démontré une enquête européenne réalisée en 2004 [1].

Notons qu'à ce jour, sur les 20 dernières années, moins de neuf cents enfants ont été mesurés par calorimétrie indirecte, témoignant du coût élevé de l'équipement, de la longue durée (> 2 heures) de collection des données et des difficultés à obtenir une calibration correcte pour le nourrisson et le petit enfant. La grande majorité des études ont été réalisées en ventilation artificielle, sous sédation et analgésie et parfois sous curarisation.

En résumé et à l'exception de l'enfant brûlé à plus de 40 % [31,32], les données disponibles confirment que l'enfant normotherme sous ventilation artificielle a une dépense énergétique mesurée égale, voire inférieure à l'estimation du métabolisme basal. Chez l'enfant, ni le sepsis [33] ni la lourdeur de l'intervention chirurgicale [34-36] ou l'utilisation de catécholamines [33] ne sont associés à une augmentation de la dépense énergétique mesurée, seule la curarisation la diminue de 5-10 % [17].

En 2009, l'ASPEN a établi des critères de haut risque d'altération métabolique pour l'enfant en réanimation [6] pour lesquels une mesure de la balance entre dépense énergétique et apport serait souhaitable afin de prévenir la sous- et la surnutrition. Selon ces critères, une équipe américaine montre que 72 % des patients devraient avoir une mesure de calorimétrie indirecte durant la première semaine. Trente et un pourcents des patients satisfont à deux critères ou plus et la priorité d'indication s'adresse aux enfants de moins de deux ans sous- ou surnourris à l'admission et ceux avec un séjour de plus de cinq jours [37]. Pour satisfaire cet objectif, une amélioration et une simplification technologique des appareils de mesure sont urgemment attendues.

Estimation de la dépense énergétique

Rappelons que les équations de prédiction ont été développées au siècle dernier et qu'environ 40 équations sont recensées pour l'enfant permettant de calculer la dépense énergétique de repos, le métabolisme de base ou la dépense énergétique totale. Les équations de prédiction développées pour l'enfant sain intègrent le plus souvent le genre, l'âge et les paramètres anthropométriques; celles développées pour le patient agressé intègrent en plus, par exemple, la température corporelle, la fréquence cardiaque, la présence ou non d'un état septique.

L'utilisation des équations de prédiction en réanimation pédiatrique fait l'objet de controverses, certains auteurs les considérant comme suffisamment précises [21,38] et d'autres pas [17,18,39,40]. L'ASPEN relève bien que les équations de prédiction ne sont pas toujours fiables, mais elle ne précise pas quelles équations le clinicien devrait choisir pour l'enfant en réanimation.

En l'absence de recommandations, nous avons réalisé une revue pour déterminer quelles seraient les équations de

prédiction les plus précises chez l'enfant en réanimation en comparant la dépense énergétique prédite avec la mesure par calorimétrie indirecte, en excluant celles des grands brûlés. Treize études réalisées entre 1988 et 2007 ont été revues regroupant 595 enfants dont la majorité était sous ventilation mécanique et chez lesquels 823 mesures de calorimétrie indirecte ont été effectuées. Quatorze équations de prédiction ont été évaluées : Schofield avec le poids (1985), Schofield avec le poids et la taille (1985), Harris-Benedict (1919), WHO/FAO/UNU (1985), Fleisch (1951), White and White simplifiée (2000), Talbot (1938), Caldwell-Kennedy (1981), Maffeis (1993), Kleiber (1975), Dreyer (Sherman 1952), Hunter (1988) et Mayo Clinic (Boothby 1939). À l'exception de l'équation de Schofield, toutes les équations, même celle de White développée spécifiquement pour l'enfant sévèrement malade, se sont révélées, selon les auteurs, être imprécises. À noter toutefois que la définition de la précision n'a pas fait l'objet d'un consensus parmi les auteurs. Les résultats pour l'équation de Schofield discordaient entre les différents travaux.

Récemment, nous avons testé l'équation de prédiction de Schofield (équation incluant le poids et la taille [41]) sur la base de 400 mesures de calorimétrie indirecte réalisées auprès de 74 enfants sous ventilation mécanique, sédation et analgésie, âgés en moyenne de 21 mois [intervalle : une semaine à huit ans]. L'équation s'est révélée

être suffisamment précise pour déterminer la dépense énergétique de l'ensemble du groupe avec un biais moyen par la méthode de Bland et Altman [42] de $0,40 \pm 14,1$ kcal/kg/j par rapport à la dépense énergétique mesurée. En revanche, elle sous-estime la dépense énergétique chez les nourrissons et la surestime chez les enfants plus grands.

Quelle cible d'apports caloriques choisir ?

On entend ici, par cible, la valeur théorique des apports caloriques qui seraient nécessaires au patient pour équilibrer totalement ses dépenses, rendant ainsi sa balance énergétique nulle. Cette cible permet d'estimer en fonction des apports reçus la dette ou le surplus calorique journalier et d'en dériver une balance cumulée durant le séjour (Fig. 2).

Durant la phase aiguë sous ventilation artificielle, le clinicien a, au quotidien, le choix entre trois possibilités :

- Les deux premières : 1) mesurer la dépense énergétique durant une période de stabilité ; 2) utiliser la formule de Schofield qui inclut le poids et la taille [41] en connaissant ses imprécisions en fonction de l'âge. À la valeur de la mesure ou à celle de l'estimation de la dépense, on

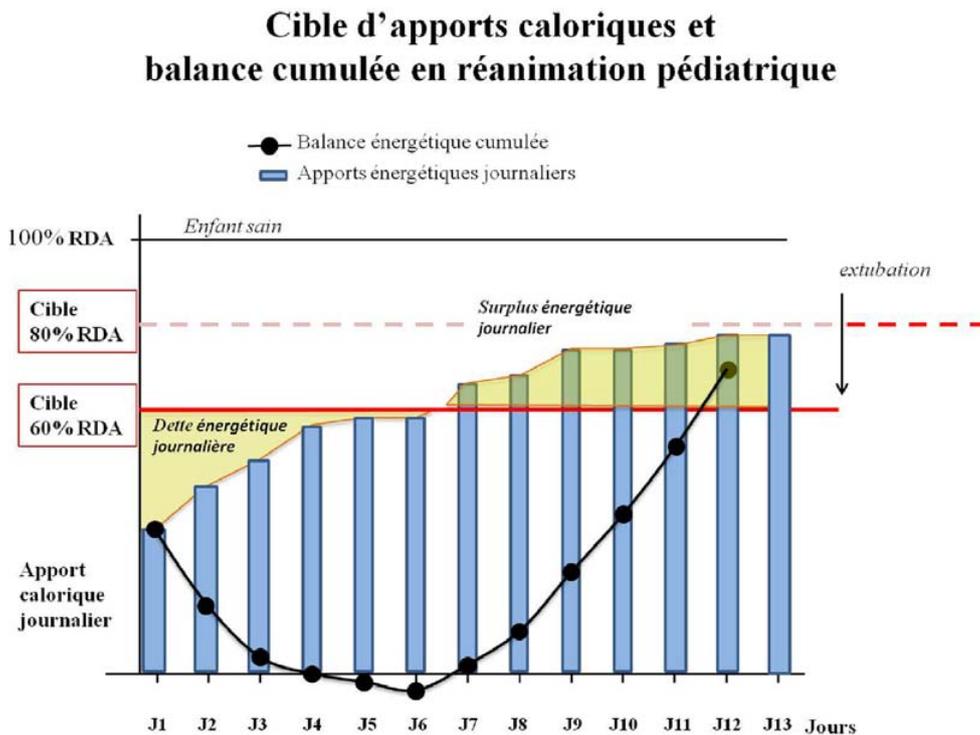


Fig. 2 Représentation schématique de la balance énergétique journalière d'un patient fictif en réanimation pédiatrique avec constitution d'une dette énergétique quotidienne en début de séjour. Représentation de la dette cumulée durant le séjour en utilisant le 60 % des RDA (*Recommended Dietary Allowances*) comme cible et 80 % après extubation

- s'accorde pour y ajouter 5 à 10 % pour compenser les pertes non mesurées comme les phases d'agitation et celles liées à la cicatrisation ou à l'absorption imparfaite.
- Au vu de ce qui a été dit précédemment pour l'enfant, pour déterminer cette valeur d'apport calorique cible, il ne faudrait donc pas ajouter de facteur de stress ou de facteurs de correction pour l'activité physique, les pertes insensibles ou la croissance à la dépense énergétique mesurée ou estimée car ils augmentent tous le risque de surnutrition, comme le relève l'ASPEN [6] ;
 - En tenant compte du fait que les besoins énergétiques de l'enfant sain sont bien connus des cliniciens (Tableau 1), et dans l'optique de développer un outil clinique simple, nous avons comparé également la dépense énergétique mesurée aux recommandations d'apport énergétique de l'enfant en santé, les *Recommended Dietary Allowances* (RDA) [5]. La dépense énergétique mesurée représentait en moyenne 54 ± 9 % des RDA. La stratification par groupe d'âge (0-6 mois, 7-12 mois, 1-3 ans et 4-8 ans) montrait également une valeur proche du 55 % des RDA, comme l'illustre la figure (Fig. 1). Dans nos pratiques, nous proposons et utilisons comme valeur cible le 60 % des RDA de 1989 [5]. Si l'on souhaite utiliser les ANC qui sont plus faibles que les RDA, une cible calorique de 65 % des ANC [3] semble raisonnable.

Pour répondre à notre première question sur la détermination des besoins énergétiques de l'enfant en réanimation et dans l'impossibilité d'effectuer une mesure de calorimétrie indirecte, il nous semble raisonnable d'utiliser le 60 % des RDA [5] ou éventuellement l'équation de Schofield [41] durant la phase aiguë sous ventilation artificielle, période durant laquelle la dépense énergétique est stable [18,23,38]. Les données actuelles semblent montrer que l'enfant ne présente pas de phase d'hypermétabolisme initiale suivie d'une phase d'hibernation et de récupération comme décrites récemment chez l'adulte par Mongardon et al. [43]. Par contre, dès l'extubation où l'enfant doit assurer le travail respiratoire et à un moment où la médication sédatrice et analgésique est fortement diminuée, nous augmentons la cible énergétique à 80 % des RDA. Notons que dans ces conditions cliniques, les données de dépense énergétique chez l'enfant manquent totalement.

Quand et comment atteindre la cible calorique ?

Aucune recommandation nutritionnelle ne nous dit quand et comment atteindre la cible calorique. Nous observons, comme l'ont également démontré Taylor et al. [44], que l'apport énergétique est progressif durant les premiers jours et cela même en tenant compte de l'apport calorique amené

par les perfusions glucosées. Durant les deux à quatre premiers jours d'hospitalisation, une dette énergétique se constitue obligatoirement, dette liée aux restrictions hydriques et aux médicaments qui utilisent une large partie de l'apport liquidien disponible. Dans notre réalité clinique, ce n'est qu'après quatre à six jours que l'on peut atteindre la cible calorique pour la plupart des patients.

Le plus important est que le clinicien soit bien conscient que chaque journée où les apports sont inférieurs aux besoins, la dette cumulée s'aggrave comme le montre la figure (Fig. 2). Chez l'adulte, une dette énergétique cumulée de 10 000 kcal a été bien définie comme la limite à ne pas dépasser [45], ce qui représente cinq à six jours de jeûne complet. Si une telle valeur n'est pas disponible chez l'enfant, il semble toutefois logique de ne pas cumuler un déficit trop élevé. Dans notre cohorte de patients sous ventilation, nous avons observé que la dette énergétique cumulée se comble après dix à douze jours chez la plupart des enfants.

Quant aux modalités d'alimentation, l'utilisation de la nutrition entérale précoce introduite dans les 24-48 premières heures après l'admission chez l'adulte en réanimation a été associée à une baisse de la mortalité et de la morbidité [46]. Bien que très utilisée dans de nombreuses unités de réanimation pédiatrique, la Cochrane Collaboration [7] et l'ASPEN [6] ne plaident ni en faveur, ni en défaveur de cette pratique. En 2003, Taylor et al., dans sa revue de 95 dossiers d'enfants hospitalisés en réanimation, rapportaient que 59 % d'entre eux recevaient un support nutritionnel dans les 24 premières heures [44]. Durant le séjour, 65 % des patients étaient nourris exclusivement par voie entérale, 11 % par voie parentérale, 15 % en alimentation mixte et 9 % ne recevaient aucun support. En termes de journées avec support nutritionnel, la voie entérale représentait 69 % des journées, la voie parentérale 19 % et l'apport mixte 12 %. Meyer et al. ont observé une diminution de l'utilisation de la nutrition parentérale chez les enfants ventilés, de 11 % en 1995 à 4 % en 2005 [47].

En l'absence de données précises sur la voie d'administration, l'ASPEN recommande d'utiliser la voie entérale lorsque le tube digestif est fonctionnel et face au manque de données sur le positionnement de la sonde, elle précise néanmoins que le site post-pylorique pourrait améliorer la tolérance digestive et diminuer le risque de broncho-aspiration [6]. Dans nos pratiques, en position post-pylorique, les produits commerciaux pour la nutrition entérale sont utilisés.

Il faut noter que le support nutritionnel entéral est beaucoup plus souvent sujet à des périodes d'interruption [44] pour des raisons diverses et mal documentées quant à leur indication. Dans notre environnement, les plus fréquentes sont les situations d'extubation, de physiothérapie respiratoire, d'examen radiologiques ou d'intervention chirurgicale durant le séjour. Enfin, nous observons régulièrement, notamment chez les nourrissons, que l'utilisation nécessaire

de sondes de petit calibre et donc à haute résistance a pour conséquence que le débit réel des pompes à nutrition est bien inférieur à celui affiché.

En pratique : les connaissances actuelles plaident donc en faveur d'un support nutritionnel initié dans les 24-48 heures après l'admission et privilégient la nutrition entérale en présence d'un tube digestif fonctionnel. Par contre, celle-ci nécessite de la part du clinicien une surveillance rapprochée tant du matériel utilisé que des périodes d'interruption afin que le support nutritionnel prescrit soit effectivement reçu, notamment par les nourrissons.

Pour l'enfant en réanimation, l'ASPEN relève le manque d'essai clinique randomisé permettant d'évaluer l'effet d'un protocole de nutrition, notamment sur les outcomes cliniques, mais elle précise toutefois que son utilisation, en collaboration avec une équipe spécialisée en nutrition, peut aider à atteindre plus rapidement la cible calorique [6]. Par ailleurs, des études prospectives comparant la situation avant et après la mise en place de protocoles de nutrition ont montré une augmentation du nombre de patients qui atteignent la cible calorique ainsi qu'une diminution de l'utilisation de la nutrition parentérale [47,48] et pour l'une, une diminution de la mortalité chez les enfants non chirurgicaux [48].

Besoins protéiques

Chez l'enfant en réanimation, l'apport protéique doit être suffisant pour permettre la synthèse protéique, la cicatrisation et la réponse inflammatoire ainsi que pour maintenir la masse musculaire [6]. Cependant, le niveau d'apport protéique doit être adapté à la capacité fonctionnelle rénale et hépatique. En pratique clinique, quel apport protéique doit-on fournir à l'enfant ?

Pour guider le clinicien, l'ASPEN proposait en 2009 les valeurs d'apports protéiques suivantes : 2-3 g/kg/jour pour les 0-2 ans, 1,5-2 g/kg/jour pour les 2-13 ans, et 1,5 g/kg/jour pour les 13-18 ans, tout en relevant le manque de données probantes et le besoin d'entreprendre de nouvelles études [6].

L'adéquation de l'apport protéique peut être mesurée par le bilan azoté, qui résulte de la différence entre les apports et les pertes en azote. Cette mesure est difficile à mettre en œuvre dans le suivi clinique quotidien car elle requiert un relevé précis des apports en azote fournis par le support nutritionnel et des pertes urinaires d'azote. Le gold standard est la mesure de l'azote total par pyrochemiluminescence [49] qui nécessite un appareillage coûteux que peu de centres en Europe possèdent. D'autres ont utilisé la quantité journalière d'excrétion d'urée exprimée en quantité d'azote. Un facteur multiplicatif de 1,2 a été proposé par Lee et al. pour tenir compte de l'ammonium urinaire [50], mais cette estimation est imprécise et non validée [51].

Si le catabolisme protéique, notamment musculaire, a été bien démontré chez l'adulte [13,16], seules neuf études ont mesuré le bilan azoté et/ou les pertes urinaires d'azote chez l'enfant en réanimation dont quatre seulement l'ont fait avec une mesure par pyrochemiluminescence. Ces neuf études, publiées entre 1989 et 2011, ont inclus seulement 266 enfants et deux études proviennent du même groupe. Les pertes urinaires d'azote variaient de 117 à 324 mg/kg/jour, équivalent à une perte protéique de 0,7 à 2 g/kg/jour.

En se basant sur les pertes urinaires d'azote mesurées, Coss-Bu et al. proposaient en 1998 et 2001 des recommandations d'apport protéique à 2,8 g/kg/jour permettant d'obtenir un bilan azoté équilibré dans deux groupes d'enfants avec un âge moyen de huit et cinq ans [52,53]. Trois autres groupes proposaient des valeurs allant de 1,4 à 1,9 g/kg/jour [23,30,54]. Ces résultats obtenus dans des populations très hétérogènes en termes d'âge et utilisant des méthodologies différentes semblent démontrer que les apports nécessaires pour avoir un bilan azoté équilibré sont contrairement aux besoins caloriques, proches de celle de l'enfant sain. Ceci suggère que la balance protéocalorique des solutions nutritives actuellement développées selon les besoins de l'enfant sain pourrait être trop faible pour l'enfant en réanimation. Suivant ce concept, deux récentes études randomisées, l'une utilisant un apport hyperprotéique et hypercalorique [55], l'autre hyperprotéique mais normocalorique [56] ont montré que comparativement à un apport standard, la balance azotée était plus positive chez les nourrissons sous diète enrichie en protéines. Une même observation a été constatée chez des adolescents septiques sous insulinothérapie en comparant un apport d'acides aminés normal ou élevé [57].

En conclusion, nous devons attendre de nouvelles études sur de plus grands collectifs d'enfants en réanimation pour définir l'apport protéique idéal dans les différentes situations cliniques, mais l'apport minimal devrait correspondre aux recommandations pour l'enfant sain.

Besoins en glucides et lipides

Les besoins en glucides et en lipides de l'enfant en réanimation sont encore moins documentés que les besoins protéiques. En l'absence d'études sur le sujet, l'ASPEN recommande de calculer l'apport calorique total, puis l'apport calorique apporté par les protéines, pour enfin en déduire les quantités de sucres et de graisses à fournir à l'enfant [6]. Dans le lait maternel, 53 % de l'apport énergétique est fourni par les lipides contre 41 % pour les glucides. Pour les laits infantiles et les solutions nutritives de l'enfant plus grand, le rapport de l'énergie amenée par les lipides sur celle des glucides tombe à 0,86 et 0,7 respectivement alors qu'il est de 1,3 pour le lait maternel.

Durant la phase aiguë, il a été démontré que l'enfant oxyde de préférence les lipides alors que les glucides sont mal utilisés et qu'en conséquence, les acides gras sont une source énergétique importante [6,53]. Sous alimentation parentérale sans adjonction de lipides, les enfants sont à risque de déficit en acides gras essentiels [6]. Pour éviter une carence, elle recommande que la nutrition fournisse 4,5 % de l'apport énergétique total sous forme d'acide linoléique et 0,5 % sous forme d'acide α -linoléique.

Besoins en acides aminés spécifiques

L'efficacité de l'apport protéique dépend étroitement du profil des acides aminés essentiels et non essentiels et de son adéquation avec les besoins qualitatifs et quantitatifs de l'organisme. Or, il n'existe pas de recommandation d'apport en acides aminés pour l'enfant en réanimation.

En 2010, un groupe a comparé les apports en acides aminés chez 116 enfants sous nutrition parentérale aux recommandations pour les acides aminés essentiels chez l'enfant sain selon son âge (*Dietary Reference Intake* [4]). En l'absence de recommandations pour les acides aminés non essentiels, les auteurs ont utilisé comme valeurs de référence la composition du lait maternel pour les nourrissons et la composition du muscle pour les enfants et les adolescents [58]. Les apports en acides aminés essentiels étaient tous supérieurs aux recommandations. Les apports en acides aminés non essentiels étaient soit inférieurs, soit supérieurs à leurs références.

Notre équipe s'est penchée sur la même question, mais pour les enfants sous nutrition entérale. Comme attendu, les patients nourris au lait maternel avaient des apports très proches des recommandations. Les solutions de nutrition entérale ou laits infantiles apportaient également des quantités d'acides aminés essentiels supérieurs aux recommandations. En revanche, leurs apports en acides aminés non essentiels étaient inférieurs aux valeurs de référence, notamment pour la glutamine. Cet acide aminé conditionnellement essentiel est présent en quantité importante dans le lait maternel.

À ce stade des connaissances, des études s'avèrent nécessaires pour déterminer le profil optimal en acides aminés des solutions de nutrition entérale et parentérale. Il semble raisonnable de ne pas supplémenter le patient en acides aminés spécifiques de part le manque de données sur le sujet.

Besoins en micronutriments antioxydants

Chez les patients en réanimation, les réserves en micronutriments antioxydants peuvent être altérées par une série de mécanismes [59] comme une baisse de l'absorption intestinale ou une augmentation des pertes digestives démontrées chez l'adulte [60]. De plus, la production de radicaux libres

peut augmenter, suite par exemple à tout état septique ou à un traumatisme sévère, et ainsi déséquilibrer la balance entre radicaux libres et antioxydants [61]. Chez l'adulte, une supplémentation en micronutriments, en particulier en sélénium, semble être associée à une réduction de la mortalité surtout chez les patients carencés au départ [60]. La question est : faut-il supplémenter en micronutriments antioxydants l'enfant en réanimation ?

La prudence est de mise car les micronutriments antioxydants ont des courbes doses-réponses bien définies [62] et deviennent pro-oxydants s'ils sont administrés en excès [63]. Chez l'adulte, les suppléments nutritionnels se font généralement à dose physiologique, proche des apports journaliers recommandés et sous forme d'apport simultané d'un ensemble d'éléments traces comme le sélénium, le zinc ou le manganèse, seuls ou en combinaison avec des vitamines. Il s'agit plus d'une « complémentation » permettant d'atteindre les recommandations d'apports pour la personne saine [60].

En l'absence de recommandations en antioxydants pour des enfants subissant un stress oxydatif aigu, notre groupe a comparé les apports reçus aux recommandations pour l'enfant sain selon les *Dietary Reference Intakes* (DRI) de 2000 [63]. Nous avons étudié 46 enfants âgés en moyenne de 25 mois (intervalle : une semaine-huit ans) sous nutrition entérale. Les apports en vitamines C et E atteignaient les recommandations dans les deux premiers jours d'hospitalisation, essentiellement grâce à la supplémentation polyvitaminique (Oranol[®] Gouttes, Bayer) qui fournissait environ la moitié des apports. Pour les oligo-éléments, les apports en cuivre et en zinc atteignaient les recommandations dans les trois premiers jours d'hospitalisation, en revanche les recommandations en sélénium étaient atteintes après seulement une semaine.

Au vu de ces résultats, une supplémentation semble nécessaire chez l'enfant en réanimation afin d'atteindre au moins les recommandations pour l'enfant sain. Toutefois, l'analyse est complexe car d'énormes différences apparaissent entre les différentes recommandations pour l'enfant sain. À titre d'exemple, les DRI pour la vitamine C chez l'enfant âgé de un à trois ans sont de 15 mg/j [63], les Apports Nutritionnels Conseillés (ANC) pour la population française sont de 30 mg/j [3] et les valeurs de l'Organisation Mondiale de la Santé sont de 60 mg/j [64]. En l'absence de consensus sur les besoins en micronutriments antioxydants de l'enfant sain, il est d'autant plus difficile de déterminer ceux de l'enfant en réanimation en stress oxydatif.

Conclusions

La détermination des besoins nutritionnels de l'enfant en réanimation reste un défi non résolu en l'absence de données probantes. Si les différences de besoins entre l'enfant sain en croissance et ceux de l'adulte sont relativement bien

connues, les besoins de l'enfant en réanimation restent très peu étudiés. Durant ces 20 dernières années, un premier pas a été fait en démontrant l'absence d'hypermétabolisme et une dépense énergétique bien plus basse qu'on le pensait auparavant, notamment chez l'enfant ventilé, sédaté et analgésié. Dans cette population, par contre, les apports optimaux en protéines et leur profil en acides aminés ainsi que les besoins en micronutriments antioxydants sont encore très peu documentés.

Remerciements : ce travail résulte d'une longue collaboration entre les soins intensifs médico-chirurgicaux de pédiatrie du Centre hospitalier universitaire Vaudois et la filière nutrition et diététique de la Haute école de santé de Genève. Ainsi, les quatre auteurs ont contribué de manière égale à la recherche de littérature et à l'analyse des données pour cette revue ainsi qu'à la réalisation des différentes études dans notre cohorte. Nous tenons à remercier Clémence Moullet pour son aide dans la présentation des données et Rachel Benoit pour la relecture du manuscrit.

Conflit d'intérêt : les auteurs déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêt.

Références

- van der Kuip M, Oosterveld MJ, van Bokhorst-de van der Schueren MA, et al (2004) Nutritional support in 111 pediatric intensive care units: a European survey. *Intensive Care Med* 30:1807–13
- Conférence de Consensus (1994) Nutrition de l'agressé. *Nutr Clin Métabol* 12(suppl 1):1–237
- Martin A, Azais-Braesco V, Agence française de sécurité sanitaire des aliments (2001) Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Editions Tec & Doc, Paris, 608 p
- Institute of Medicine. Panel on Macronutrients Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes (2005) Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. National Academies Press, Washington, D.C., 1357 p
- National Research Council. Subcommittee on the Tenth Edition of the RDAs. National Institutes of Health. Committee on Dietary Allowances (1989) Recommended dietary allowances. National Academy Press, Washington DC, 302 p
- Mehta NM, Compher C (2009) A.S.P.E.N. Clinical Guidelines: nutrition support of the critically ill child. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 33:260–76
- Joffe A, Anton N, Lequier L, et al (2009) Nutritional support for critically ill children. *Cochrane Database Syst Rev*:CD005144
- Hulst J, Joosten K, Zimmermann L, et al (2004) Malnutrition in critically ill children: from admission to 6 months after discharge. *Clin Nutr* 23:223–32
- Menezes FD, Leite HP, Nogueira PC (2012) Malnutrition as an independent predictor of clinical outcome in critically ill children. *Nutrition* 28:267–70
- Pollack MM, Ruttimann UE, Wiley JS (1985) Nutritional depletions in critically ill children: associations with physiologic instability and increased quantity of care. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 9:309–13
- Prieto MB, Cid JL (2011) Malnutrition in the critically ill child: the importance of enteral nutrition. *Int J Environ Res Public Health* 8:4353–66
- Leite HP, Isatugo MK, Sawaki L, Fisberg M (1993) Anthropometric nutritional assessment of critically ill hospitalized children. *Rev Paul Med* 111:309–13
- Plank LD, Connolly AB, Hill GL (1998) Sequential changes in the metabolic response in severely septic patients during the first 23 days after the onset of peritonitis. *Ann Surg* 228:146–58
- Preiser J, Chioloro R (2008) Controverses nutritionnelles en réanimation. *Réanimation* 17:430–6
- Chicago Dietetic A, South Suburban Dietetic A (1996) Manual of clinical dietetics. American Dietetic Association, Chicago, 868 p
- Long CL, Schaffel N, Geiger JW, et al (1979) Metabolic response to injury and illness: estimation of energy and protein needs from indirect calorimetry and nitrogen balance. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 3:452–6
- Chwals WJ, Lally KP, Woolley MM, Mahour GH (1988) Measured energy expenditure in critically ill infants and young children. *J Surg Res* 44:467–72
- Briassoulis G, Venkataraman S, Thompson AE (2000) Energy expenditure in critically ill children. *Crit Care Med* 28:1166–72
- Framson CM, LeLeiko NS, Dallal GE, et al (2007) Energy expenditure in critically ill children. *Pediatr Crit Care Med* 8:264–7
- Letton RW, Chwals WJ, Jamie A, Charles B (1995) Early post-operative alterations in infant energy use increase the risk of overfeeding. *J Pediatr Surg* 30:988–92; discussion 92–3
- Oosterveld MJ, Van Der Kuip M, De Meer K, et al (2006) Energy expenditure and balance following pediatric intensive care unit admission: a longitudinal study of critically ill children. *Pediatr Crit Care Med* 7:147–53
- White MS, Shepherd RW, McEnery JA (2000) Energy expenditure in 100 ventilated, critically ill children: improving the accuracy of predictive equations. *Crit Care Med* 28:2307–12
- de Klerk G, Hop WC, de Hoog M, Joosten KF (2002) Serial measurements of energy expenditure in critically ill children: useful in optimizing nutritional therapy? *Intensive Care Med* 28:1781–5
- Jaksic T, Shew SB, Keshen TH, et al (2001) Do critically ill surgical neonates have increased energy expenditure? *J Pediatr Surg* 36:63–7
- Chwals WJ (1994) Overfeeding the critically ill child: fact or fantasy? *New Horiz* 2:147–55
- Shew SB, Jaksic T (1999) The metabolic needs of critically ill children and neonates. *Semin Pediatr Surg* 8:131–9
- Askanazi J, Rosenbaum SH, Hyman AI, et al (1980) Respiratory changes induced by the large glucose loads of total parenteral nutrition. *JAMA* 243:1444–7
- Grohskopf LA, Sinkowitz-Cochran RL, Garrett DO, et al (2002) A national point-prevalence survey of pediatric intensive care unit-acquired infections in the United States. *J Pediatr* 140:432–8
- Alaadeen DI, Walsh MC, Chwals WJ (2006) Total parenteral nutrition-associated hyperglycemia correlates with prolonged mechanical ventilation and hospital stay in septic infants. *J Pediatr Surg* 41:239–44
- Joosten KF, Verhoeven JJ, Hazelzet JA (1999) Energy expenditure and substrate utilization in mechanically ventilated children. *Nutrition* 15:444–8
- Goran MI, Peters EJ, Herndon DN, Wolfe RR (1990) Total energy expenditure in burned children using the doubly labeled water technique. *Am J Physiol* 259:E576–85
- Fung EB (2000) Estimating energy expenditure in critically ill adults and children. *AACN Clin Issues* 11:480–97

33. Turi RA, Petros AJ, Eaton S, et al (2001) Energy metabolism of infants and children with systemic inflammatory response syndrome and sepsis. *Ann Surg* 233:581–7
34. Jones MO, Pierro A, Hammond P, Lloyd DA (1993) The metabolic response to operative stress in infants. *J Pediatr Surg* 28:1258–62; discussion 62-3
35. Groner JJ, Brown MF, Stallings VA, et al (1989) Resting energy expenditure in children following major operative procedures. *J Pediatr Surg* 24:825–7; discussion 7-8
36. Powis MR, Smith K, Rennie M, et al (1998) Effect of major abdominal operations on energy and protein metabolism in infants and children. *J Pediatr Surg* 33:49–53
37. Kyle UG, Arriaza A, Esposito M, Coss-Bu JA (2012) Is Indirect Calorimetry a Necessity or a Luxury in the Pediatric Intensive Care Unit? *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 36:177–82
38. Gebara BM, Gelmini M, Sarnaik A (1992) Oxygen consumption, energy expenditure, and substrate utilization after cardiac surgery in children. *Crit Care Med* 20:1550–4
39. Coss-Bu JA, Jefferson LS, Walding D, et al (1998) Resting energy expenditure in children in a pediatric intensive care unit: comparison of Harris-Benedict and Talbot predictions with indirect calorimetry values. *Am J Clin Nutr* 67:74–80
40. Vazquez Martinez JL, Martinez-Romillo PD, Diez Sebastian J, Ruza Tarrío F (2004) Predicted versus measured energy expenditure by continuous, online indirect calorimetry in ventilated, critically ill children during the early postinjury period. *Pediatr Crit Care Med* 5:19–27
41. Schofield WN (1985) Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr* 39 Suppl 1:5–41
42. Bland JM, Altman DG (1986) Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1:307–10
43. Mongardon N, Singer M (2010) The evolutionary role of nutrition and metabolic support in critical illness. *Crit Care Clin* 26:443–50, vii–viii
44. Taylor RM, Preedy VR, Baker AJ, Grimble G (2003) Nutritional support in critically ill children. *Clin Nutr* 22:365–9
45. Bartlett RH, Dechert RE, Mault JR, et al (1982) Measurement of metabolism in multiple organ failure. *Surgery* 92:771–9
46. Artinian V, Krayem H, DiGiovine B (2006) Effects of early enteral feeding on the outcome of critically ill mechanically ventilated medical patients. *Chest* 129:960–7
47. Meyer R, Harrison S, Sargent S, et al (2009) The impact of enteral feeding protocols on nutritional support in critically ill children. *J Hum Nutr Diet* 22:428–36
48. Gurgueira GL, Leite HP, Taddei JA, de Carvalho WB (2005) Outcomes in a pediatric intensive care unit before and after the implementation of a nutrition support team. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 29:176–85
49. Ward MW, Owens CW, Rennie MJ (1980) Nitrogen estimation in biological samples by use of chemiluminescence. *Clin Chem* 26:1336–9
50. Lee HA, Hartley TF (1975) A method of determining daily nitrogen requirements. *Postgrad Med J* 51:441–5
51. Konstantinides FN, Konstantinides NN, Li JC, et al (1991) Urinary urea nitrogen: too insensitive for calculating nitrogen balance studies in surgical clinical nutrition. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 15:189–93
52. Coss-Bu JA, Jefferson LS, Walding D, et al (1998) Resting energy expenditure and nitrogen balance in critically ill pediatric patients on mechanical ventilation. *Nutrition* 14:649–52
53. Coss-Bu JA, Klish WJ, Walding D, et al (2001) Energy metabolism, nitrogen balance, and substrate utilization in critically ill children. *Am J Clin Nutr* 74:664–9
54. Tilden SJ, Watkins S, Tong TK, Jeevanandam M (1989) Measured energy expenditure in pediatric intensive care patients. *Am J Dis Child* 143:490–2
55. van Waardenburg DA, de Betue CT, Goudoever JB, et al (2009) Critically ill infants benefit from early administration of protein and energy-enriched formula: a randomized controlled trial. *Clin Nutr* 28:249–55
56. Botran M, Lopez-Herce J, Mencia S, et al (2011) Enteral nutrition in the critically ill child: comparison of standard and protein-enriched diets. *J Pediatr* 159:27–32 e1
57. Verbruggen SC, Coss-Bu J, Wu M, et al (2011) Current recommended parenteral protein intakes do not support protein synthesis in critically ill septic, insulin-resistant adolescents with tight glucose control. *Crit Care Med* 39:2518–25
58. Verbruggen S, Sy J, Arrivillaga A, et al (2010) Parenteral amino acid intakes in critically ill children: a matter of convenience. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 34:329–40
59. Nathens AB, Neff MJ, Jurkovich GJ, et al (2002) Randomized, prospective trial of antioxidant supplementation in critically ill surgical patients. *Ann Surg* 236:814–22
60. Berger MM, Shenkin A (2006) Update on clinical micronutrient supplementation studies in the critically ill. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 9:711–6
61. Eaton S (2006) The biochemical basis of antioxidant therapy in critical illness. *Proc Nutr Soc* 65:242–9
62. Mertz W (1995) Risk assessment of essential trace elements: new approaches to setting recommended dietary allowances and safety limits. *Nutr Rev* 53:179–85
63. Institute of Medicine (2000) Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids : a report of the Panel on Dietary Antioxidants and Related Compounds, Subcommittees on Upper Reference Levels of Nutrients and of Interpretation and Use of Dietary Reference Intakes, and the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. National Academy Press, Washington DC, 506 p
64. Joint FAO/W.H.O. expert consultation on human vitamin mineral requirements report (2004) Vitamin and mineral requirements in human nutrition. WHO, Geneva, 341 p