

6

Marqueurs de la dénutrition

La dénutrition protéino-énergétique, qui sera la seule considérée dans ce chapitre, est secondaire à une inadéquation entre les apports et les besoins en protéines et/ou en énergie. Elle se caractérise par une mobilisation des réserves énergétiques dont l'importance varie en fonction de la durée et de l'amplitude du déséquilibre. Les pertes tissulaires qui en résultent s'accompagnent d'une baisse des performances physiques, intellectuelles, immunologiques et d'une diminution des capacités d'adaptation et de résistance aux agressions, qu'elles soient physiques, toxiques, infectieuses ou psychologiques. Les conséquences fonctionnelles de ces pertes tissulaires, surtout protéiques, sont telles que la mort survient lorsque les réserves énergétiques mobilisables sont déplétées, en l'absence d'intervention thérapeutique. Cette évolution est présentée dans la figure 6.1 (Heymsfield et Williams, 1988). Schématiquement, le décès intervient lorsque la perte protéique atteint environ 50 % de la masse protéique normale (Leiter et Marliss, 1982). Mais la survenue d'une complication favorisée par la dénutrition peut conduire au décès avant l'épuisement des réserves.

Compte tenu du rôle délétère que joue la dénutrition sur la morbidité et le pronostic vital des affections médico-chirurgicales (Torun et Viteri, 1988 ; Potter et coll., 1995 ; Naber et coll., 1997), de nombreux marqueurs cliniques et/ou biologiques ont été proposés pour aider à la reconnaissance de la dénutrition, à l'évaluation de sa gravité ainsi qu'au suivi de son traitement. Le but d'un marqueur de la dénutrition est de savoir où se trouve le patient sur le diagramme présenté dans la figure 6.1, dans quel sens il évolue et à quelle vitesse. Ce chapitre présente les différents marqueurs et associations de marqueurs de la dénutrition protéino-énergétique dont l'intérêt et la pertinence clinique sont grandement améliorés par la formation spécifique de tous les soignants qui y font appel (Cheskin et coll., 1996).

Marqueurs des apports protéino-énergétiques

Qu'il soit la cause exclusive d'une dénutrition protéino-énergétique chronique ou qu'il contribue à une dénutrition aiguë, un déficit d'apport peut être recherché par l'étude de la prise alimentaire.

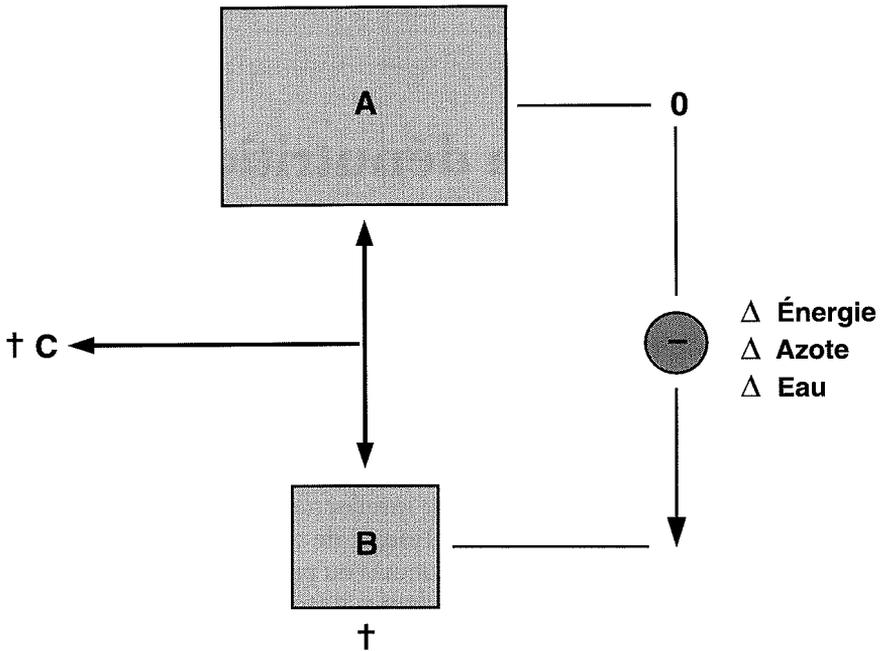


Figure 6.1 : Représentation schématique du changement des réserves corporelles induit par la dénutrition. A : État normal ; B : Réserves minimum en deçà desquelles le pronostic vital est en jeu ; C : Complications (d'après Heymsfield et Williams, 1988).

Évaluation de la prise alimentaire

Les méthodes d'évaluation sont largement utilisées en clinique médicale, en recherche et en épidémiologie. Toutes les méthodes présentent des limites liées à leur reproductibilité, leur validité, leur représentativité. Les méthodes utilisables ont fait l'objet de plusieurs rapports de synthèse (*First International Conference on Dietary Assessment Methods*, 1992 ; Lamisse, 1996). La fiabilité des informations recueillies croît avec l'expérience et le professionnalisme de l'enquêteur.

Le recours aux tables de composition des aliments est nécessaire pour transformer les données de consommation alimentaire en apport d'énergie et de nutriments. L'erreur intrinsèquement liée aux limites et imprécisions des tables de composition des aliments est d'autant plus importante que la diversité alimentaire s'appauvrit, comme c'est le cas en situation d'anorexie, de dégoût voire d'aversion. Toutefois cette erreur reste bien en deçà de celles induites par les oublis et autres difficultés d'appréciation des quantités réellement consommées (Visser et coll., 1995 ; Olinto et coll., 1995 ; Klipstein-Grobusch et coll., 1995 ; Livingstone et coll., 1990).

Les marqueurs biologiques de la prise alimentaire n'ont aucune pertinence en phase dynamique de dénutrition (Couet, 1996). Les perturbations hydro-électrolytiques souvent associées à la dénutrition aiguë ôtent tout intérêt à la recherche d'une adéquation entre l'osmolalité des urines de 24 heures et celle prédite à partir des apports alimentaires d'azote, de sodium et de potassium. L'azote urinaire des 24 heures n'est plus représentatif des apports protéiques en présence d'un catabolisme protéique accru et/ou de modifications récentes de l'alimentation et de l'activité physique. De même, la mesure des dépenses énergétiques chez un patient instable, hypermétabolique et dont la composition corporelle varie n'est pas un bon marqueur de la prise énergétique totale.

En l'absence d'évaluation précise des apports alimentaires, l'interrogatoire peut renseigner sur l'existence de modification récente ou ancienne de l'alimentation portant sur le nombre de repas, les volumes ingérés, la présence d'une anorexie, de troubles de la denture, d'anomalie de la déglutition, de douleurs abdominales et/ou troubles du transit. Ces éléments sont pris en compte dans plusieurs grilles d'évaluation clinico-biologique de l'état nutritionnel.

L'évaluation de la prise alimentaire n'est utile au diagnostic positif voire étiologique de la dénutrition protéino-énergétique que si elle permet d'affirmer l'insuffisance d'apports en regard des besoins. La connaissance des besoins est donc souhaitable.

Évaluation des besoins énergétiques

Les besoins énergétiques peuvent être estimés ou mesurés. De nombreuses équations de prédiction de la dépense énergétique de repos ont été proposées (Elia, 1992). Elles tiennent compte du poids, de la taille, de l'âge et, chez l'adulte, du sexe. Les équations de Harris et Benedict (Elia, 1992) revues par Roza et Shizgal en 1984 sont les plus utilisées chez l'adulte (tableau 6.1).

Tableau 6.1 : Estimation des dépenses énergétiques (kcal/j) de l'adulte sain au repos et à jeun.

Équations de Harris et Benedict (d'après Elia, 1992)	
Hommes	$DE = 13,7516 \times P + 500,33 \times T - 6,7550 \times a + 66,473$
Femmes	$DE = 9,5634 \times P + 184,96 \times T - 4,6756 \times a + 655,0955$
Équations de Harris et Benedict recalculées par Roza et Shizgal (1994)	
Hommes	$DE = 13,707 \times P + 492,3 \times T - 6,673 \times a + 77,607$
Femmes	$DE = 9,740 \times P + 172,9 \times T - 4,737 \times a + 667,051$

P : poids en kg ; T : taille en mètres ; A ; âge en années

La précision de la prédiction est de l'ordre de 10-15 % en l'absence de dénutrition. En revanche, ces équations sous-estiment les dépenses énergétiques d'environ 20 % chez le sujet dénutri stable (Roza et Shizgal, 1984). Chez le patient agressé, en phase dynamique de dénutrition, les dépenses énergétiques de repos sont majorées d'environ 10 % lors de la chirurgie réglée, de 10 % à 30 % en cas de polytraumatisme, de 30 % à 60 % lors d'une affection sévère et de 50 % à 110 % chez les patients victimes de brûlures du troisième degré touchant plus de 20 % de la surface corporelle (Delarue et coll., 1990 ; Lauvin et coll., 1996). Pour un même type d'agression, l'augmentation des dépenses énergétiques sera plus faible chez les patients préalablement dénutris que chez les non-dénutris (Delarue et coll., 1990). Les équations de prédiction ont également été développées chez l'enfant. Celles de Schofield (1985) sont les plus connues. Comme pour l'adulte, la précision de la prédiction décroît dès que le rapport poids/taille de l'enfant est inférieur à 80 % de la valeur normale pour l'âge (Elia, 1992). Le besoin énergétique peut être déterminé par la mesure des dépenses énergétiques. La technique utilisée est celle de la calorimétrie indirecte qui permet également de mesurer les quantités de substrats oxydés. L'interprétation des mesures est souvent difficile en raison du nombre important de facteurs d'ordre pratique, technique et métabolique qui influent sur les résultats. La comparaison entre les apports énergétiques et les dépenses énergétiques prédites ou mesurées permet d'apprécier l'ampleur du déséquilibre énergétique qui conduit à la dénutrition. Toutefois, des mécanismes adaptatifs interviennent pour réduire les dépenses énergétiques et limiter les pertes tissulaires en situation de dénutrition protéino-énergétique chronique (Shetty et coll., 1994).

Marqueurs de l'état des réserves énergétiques

Différents types de marqueurs et leurs associations sont disponibles pour évaluer la dénutrition protéino-énergétique dans divers contextes cliniques.

Méthodes anthropométriques

Les méthodes anthropométriques rassemblent des mesures relativement faciles à conduire, telles que celles du poids, de la taille, de l'index de masse corporelle, des plis cutanés et de la circonférence brachiale.

Poids et taille

Le poids corporel est le témoin le plus simple de l'état de réplétion des réserves énergétiques en l'absence de troubles de l'hydratation. Un poids anormalement faible peut être considéré comme un marqueur de dénutrition. Son interprétation doit cependant tenir compte de la taille du sujet et de son âge, surtout chez l'enfant. La précision des mesures dépend des conditions dans

lesquelles elles sont réalisées. Dans le meilleur des cas, la précision de la pesée est celle de la balance utilisée et l'effet observateur est faible. À l'inverse, les mesures du poids et de la taille sont particulièrement difficiles et peu précises chez un patient alité, grabataire ou réanimé. La pesée est parfois impossible à domicile, par exemple lorsque le patient visité ne dispose pas de sa propre balance. Tous les troubles de la statique, surtout rachidienne (scoliose, cyphose, déformation post-traumatique), influent sur la mesure de la taille. Il en va de même du vieillissement.

La taille du patient peut être prédite dans tous les cas où la mesure est impossible ou non valide. Plusieurs modalités de prédiction ont été proposées. La première nécessite la mesure de la hauteur de la jambe (Chumlea et coll., 1985). Le genou est plié à 90° et la hauteur de la jambe est mesurée en centimètres entre la partie fixe d'une toise pédiatrique placée sous le pied et la partie mobile appuyée au-dessus du genou au niveau des condyles. La hauteur est ensuite introduite dans une formule dont les termes varient en fonction du sexe. Les formules sont les suivantes :

Femme : taille (cm) = $64,19 - 0,40 \times \text{âge (ans)} + 2,02 \times \text{hauteur de la jambe (cm)}$

Homme : taille (cm) = $84,88 - 0,24 \times \text{âge (ans)} + 1,83 \times \text{hauteur de la jambe (cm)}$

Ces équations de prédiction sont tirées de mesures effectuées chez des hommes et des femmes âgés de 60 à 90 ans. Un nomogramme peut être utilisé pour une lecture rapide de la taille en fonction de la hauteur de la jambe.

Une seconde équation de prédiction a été développée à partir de la mesure de la longueur du membre supérieur. Cette mesure effectuée du côté non dominant se déroule en deux étapes. Le coude est placé dans un angle à 45° et la hauteur du bras est mesurée entre l'acromion et l'olécrane. Celle de l'avant-bras est mesurée entre l'olécrane et la styloïde radiale. La somme des deux mesures est ensuite effectuée puis introduite dans l'équation qui ne dépend pas du sexe. Cette équation, obtenue par régression entre la taille et la hauteur du bras mesurées chez 100 volontaires sains (50 hommes et 50 femmes) âgés de $26,4 \pm 4,2$ ans (Van Hoeyweghen et coll., 1992), est la suivante :

Taille (cm) = $0,4 \times \text{hauteur du membre supérieur (cm)} + 7,27$

Le poids étant dépendant de la taille, il est habituel de rapporter le poids corporel à la taille du sujet. Le rapport poids (kg)/taille (m) est le plus simple. Il varie de façon proportionnelle avec la masse cellulaire corporelle, mais il n'est pas utilisé en clinique car il n'est pas indépendant de la taille (Shetty et James, 1994). Dans un travail rétrospectif portant sur 1 194 enfants sévèrement dénutris du continent africain, le rapport poids (kg)/taille (m)^{1,74} apparaît comme un bon marqueur prédictif du risque de décès (Prudhon et coll., 1996). L'index de masse corporelle (IMC) est le rapport poids (kg) sur la taille (m²). Ce rapport varie de façon proportionnelle avec la masse grasse évaluée par densitométrie hydrostatique. Les coefficients de corrélation rapportés dans la littérature varient entre 0,7 et 0,95 (Shetty et James, 1994). De même, l'index de masse corporelle et la masse non grasse

sont liés par une corrélation positive ($r = 0,68$) (Shetty et James, 1994). Ces relations donnent à l'index de corpulence une valeur indicative de la composition corporelle et, en conséquence, de l'état des réserves énergétiques.

Sur la base de données anthropométriques colligées dans un grand nombre de populations et sur les relations entre la corpulence et la performance physique, une classification des dénutritions en fonction de l'index de masse corporelle a été proposée (Durnin, 1994 ; James et François, 1994 ; Shetty et James, 1994 ; Bailey et Ferro-Luzzi, 1995). Cette classification est présentée dans le tableau 6.II.

Tableau 6.II : Classification de la dénutrition en fonction de l'index de masse corporelle.

Index de masse corporelle (IMC)	Grade de dénutrition
18,4 à 17,0	I
16,9 à 16,0	II
15,9 à 13,0	III
12,9 à 10,0	IV
< 10,0	V

IMC : poids (kg)/taille² (m²)

La transposition de cette classification aux valeurs de masse corporelle obtenues chez un grand nombre (524 400) de sujets français des deux sexes, âgés de 20 à 90 ans, conduirait à penser que 0,1 % de cette population est à risque de dénutrition ($18,4 \geq \text{IMC} = 17 \text{ kg/m}^2$) et 0,5 % sont dénutris ($\text{IMC} \leq 16,9 \text{ kg/m}^2$). L'intérêt pratique de cette classification ne doit pas masquer ses limites. La présence d'œdèmes, d'ascite ou d'une hyperhydratation intracellulaire diminue la pertinence de l'index de masse corporelle pour le diagnostic de dénutrition. Un même index de corpulence recouvre des compositions corporelles variables. Enfin, des index de corpulence compris entre 16 et $18,5 \text{ kg/m}^2$ s'observent dans les maigreurs constitutionnelles, en dehors de toute dénutrition. Chez l'enfant, il est conseillé de se reporter aux courbes de croissance qui figurent dans le carnet de santé (Rolland-Cachera et coll., 1991). Une chute de l'index de corpulence en deçà d'une déviation standard doit être considérée comme un signe d'alerte chez l'enfant.

L'évaluation ponctuelle de l'index de masse corporelle et sa comparaison aux valeurs de référence peuvent être utilement complétées par des mesures répétées du poids à la recherche d'un amaigrissement. Dès 1936, Studley a montré qu'une perte de poids de 20 % ou plus était associée à une mortalité postopératoire de 33 % après gastrectomie. Cette mortalité n'était que de 4 % si la

perte pondérale était inférieure à 20 %. D'autres études ont confirmé l'association entre l'amaigrissement et l'augmentation de la mortalité et de la morbidité chez les patients dénutris. Plusieurs auteurs (Blackburn et coll., 1977 ; Detsky et coll., 1994 ; Hill, 1995) s'accordent pour fixer à 10 % le seuil de la perte de poids au-delà de laquelle morbidité/mortalité sont nettement aggravées, surtout lorsque s'y associe une atteinte fonctionnelle musculaire (Windsor, 1993). La rapidité d'installation de la perte de poids est également importante à considérer dans l'évaluation du risque. Selon Detsky et coll. (1987), une perte de poids qui s'accroît dans les deux semaines qui précèdent l'hospitalisation est un facteur de gravité. Pour leur part, Blackburn et coll. (1977) estiment qu'une perte de poids de 2 % en une semaine a la même valeur pronostique péjorative qu'une perte de 5 % en un mois ou de 10 % en 6 mois.

La recherche d'une dénutrition à partir de la taille et du poids ne dispense pas de la palpation des quadriceps et des deltoïdes à la recherche d'une fonte musculaire, d'une saillie inhabituelle des tendons et du squelette, en particulier au niveau de l'épaule. Les patients dont les tendons et les os sont proéminents à la palpation ont une déplétion des protéines corporelles totales supérieure à 30 % (Hill, 1995). De même, le pincement des plis cutanés renseigne sur l'état des réserves adipeuses sous-cutanées en l'absence d'infiltration œdémateuse superficielle.

Plis cutanés et circonférences

La mesure des plis cutanés et des circonférences est techniquement aisée (avec un minimum d'entraînement), peu coûteuse et réalisable au lit du malade. Elle complète, voire remplace (Nightingale et coll., 1996) les mesures du poids et de la taille lorsque celles-ci ne sont pas possibles ou peu pertinentes (présence d'œdèmes et/ou d'ascite, par exemple). Seuls un compas de plis et un mètre ruban non élastique sont nécessaires. La précision des mesures (± 1 mm) et leur reproductibilité (± 5 %) sont bonnes pour un examinateur entraîné. Les caractéristiques du compas idéal pour la mesure de l'épaisseur des plis cutanés ont été définies par Edwards et coll. (1955). La pression exercée par le compas doit être comprise entre 9 et 20 g/mm², quelle que soit l'épaisseur de la peau pincée. Cette pression ne doit pas varier de plus de 4 g par mm² entre les limites de mesure comprises entre 2 et 40 mm. Le compas de type Harpenden répond à ces spécifications. La surface d'application de chaque branche du compas correspond à un rectangle de 90 mm² avec une pression exercée de 10 g/mm². Les mesures sont généralement effectuées du côté droit et à trois reprises pour chaque pli mesuré. L'épaisseur retenue correspond à la moyenne des trois mesures effectuées. Une large surface de peau est pincée entre le pouce et l'index 1 cm au-dessus du site à mesurer avec le compas. Une traction franche est exercée sur le pli afin de ne pas pincer de tissu musculaire sous-jacent. La mesure est effectuée en relâchant complètement les ressorts du compas. Chaque tour de compas représente 20 mm et la précision de lecture est de l'ordre de 0,1 mm. La précision de la mesure décroît

lorsque l'épaisseur des plis dépasse 20 mm. L'expérience de l'examineur est un déterminant important de la fiabilité et de la reproductibilité des mesures. Le mètre ruban est utilisé pour mesurer la mi-distance acromion-olécrane, la circonférence brachiale et/ou celle du mollet.

Les quatre plis cutanés les plus souvent utilisés sont le pli cutané tricipital (PCT), le pli cutané bicipital (PCB), le pli cutané sous-scapulaire (PSS) et le pli cutané supra-iliaque (PSI). PCT et PCB sont mesurés à mi-distance entre l'acromion et l'olécrane en regard des masses musculaires respectives. Le PSI est mesuré 1 cm au-dessus de la crête iliaque sur la ligne axillaire moyenne selon un axe de 45°. Le PSS est mesuré à 1 cm sous l'angle inférieur de l'omoplate, la peau étant pincée selon un axe de 45° pour respecter le plissement physiologique. La circonférence brachiale est mesurée à mi-distance entre l'acromion et l'olécrane avec le mètre ruban posé et non tendu. Proposée comme marqueur chez la personne âgée (Conceicao et coll., 1994), la circonférence du mollet est mesurée sur une jambe pliée à 90°, du côté gauche et au niveau du périmètre maximum. Les plis cutanés sont exprimés en mm pour le calcul de la masse grasse et en cm pour le calcul de la circonférence musculaire brachiale (CMB). La circonférence brachiale est exprimée en cm pour la détermination de la masse maigre.

Des équations de prédiction de la masse grasse ont été développées à partir de ces mesures anthropométriques. Les plus utilisées sont celles de Durnin et Womersley (1974). Elles ont été établies par comparaison avec la densité corporelle mesurée par pesée hydrostatique chez 209 hommes et 272 femmes âgés de 16 à 72 ans. La méthode de calcul de la masse grasse à partir de l'épaisseur des quatre plis cutanés selon des équations de Durnin et Womersley est présentée dans le tableau 6.III. Des équations ont également été développées pour l'enfant (Brook, 1971 ; Deurenberg et coll., 1990a) et le vieillard (Deurenberg et coll., 1990b). La masse maigre est calculée par différence entre le poids corporel et la masse grasse. La précision obtenue par ces équations de prédiction de la masse grasse diminue à mesure que l'on s'éloigne de la normalité (Heymsfield et Williams, 1988), comme c'est le cas en présence d'une dénutrition sévère, d'un syndrome œdémateux et également d'une obésité importante. Pour leur part, Spurr et coll. (1981) ont comparé les résultats de masse grasse obtenus selon deux méthodes anthropométriques (Durnin et Womersley, 1974 ; Pascale et coll., 1956) à ceux issus de la mesure des compartiments hydriques corporels chez 49 hommes présentant une dénutrition chronique. Selon Constans et coll. (1987), les éléments que l'on peut retenir de cette analyse comparative sont les suivants :

- les masses grasses obtenues par anthropométrie ou par mesure de l'eau totale sont bien corrélées chez le sujet modérément dénutri. La puissance de la corrélation diminue avec l'aggravation de la dénutrition ;
- l'évaluation anthropométrique de la masse grasse donne des résultats inférieurs à ceux obtenus par mesure de l'eau totale ;

- les deux méthodes d'évaluation anthropométrique de la masse grasse utilisées dans ce travail ne diffèrent pas chez le patient modérément dénutri ;
- chez le sujet sévèrement dénutri, une renutrition de 2,5 mois ne suffit pas pour retrouver une bonne corrélation entre les évaluations anthropométriques et les mesures de l'eau totale.

Tableau 6.III : Calcul des masses grasse et maigre selon la méthode de Durnin et Womersley (1974).

1. Déterminer le poids (kg) et l'âge (années) du patient
2. Mesurer l'épaisseur (mm) des 4 plis bicipital, tricipital, sous-scapulaire et supra-iliaque
3. Faire la somme (Σ) des 4 plis (mm)
4. Calculer le logarithme décimal de la somme ($\log \Sigma$)
5. Appliquer les équations suivantes suivant l'âge et le sexe pour calculer la densité corporelle (D)

Âge (années)	Homme	Femme
17-19	$D = 1,1620 - 0,0630 \times (\log \Sigma)$	$D = 1,1549 - 0,0678 \times (\log \Sigma)$
20-29	$D = 1,1631 - 0,0632 \times (\log \Sigma)$	$D = 1,1599 - 0,0717 \times (\log \Sigma)$
30-39	$D = 1,1422 - 0,0544 \times (\log \Sigma)$	$D = 1,1423 - 0,0632 \times (\log \Sigma)$
40-49	$D = 1,1620 - 0,0700 \times (\log \Sigma)$	$D = 1,1333 - 0,0612 \times (\log \Sigma)$
≥ 50	$D = 1,1715 - 0,0779 \times (\log \Sigma)$	$D = 1,1339 - 0,0645 \times (\log \Sigma)$

6. Calculer la masse grasse = poids corporel (kg) $\times [4,95/D - 4,5]$
7. Calculer la masse maigre = poids corporel (kg) - masse grasse (kg)

La surface musculaire brachiale (SMB) peut également être calculée à partir de la circonférence brachiale et de l'épaisseur du pli cutané tricipital en admettant que le tour de bras est circulaire. Des facteurs de correction qui prennent en compte les surfaces de l'humérus et du paquet vasculo-nerveux du bras ont été proposés par Heymsfield et coll. (1982a). Les modalités de calcul sont résumées dans le tableau 6.IV. Les surfaces calculées par anthropométrie et celles mesurées par tomодensitométrie sont superposables (Heymsfield et coll., 1982a ; Constans et coll., 1985). La SMB est un reflet de la masse musculaire totale. En effet, il existe une bonne corrélation entre la surface musculaire brachiale et l'excrétion urinaire de créatinine (indicateur de la masse musculaire totale) chez l'enfant âgé de 2 à 5 ans ($n = 14$; $r = 0,83$; $p < 0,001$) (Trowbridge et coll., 1982). De même, la surface musculaire brachiale corrigée et le rapport créatininurie/taille sont bien corrélés chez l'adulte ($n = 33$; $r = 0,95$; $P < 0,001$) (Heymsfield et coll., 1982a). Toutefois, la mesure de la créatininurie des 24 heures n'est pas sans difficulté ni limite (Heymsfield et coll., 1983).

Tableau 6.IV : Calculs des marqueurs anthropométriques de la masse maigre.

1. Mesurer la circonférence brachiale (CB, cm) et le pli cutané tricipital (PCT, cm)	
2. Calculer la circonférence musculaire brachiale (cm) $CMB = CB - [\pi \times PCT]$	
3. Calculer la surface musculaire brachiale (cm ²) $SMB = CMB^2/4\pi$	
4. Calculer la surface musculaire brachiale corrigée (cm ²) $SMBc$	
<i>Homme</i> $SMBc = SMB - 10$	<i>Femme</i> $SMBc = SMB - 6,5$
5. Calculer la masse musculaire totale (kg) = taille (cm) $\times [0,0264 + 0,0029 \times SMBc]$	

Une relation étroite et positive entre la masse maigre calculée à partir des données anthropométriques et l'azote corporel total a été démontrée chez les sujets sains ou malnutris des deux sexes (Hill et coll., 1978). L'équation de régression obtenue est la suivante :

$$\text{Azote corporel total} = 28,8 \times \text{masse maigre (kg)} + 228$$

La précision de cette régression est de l'ordre de 8,5 %. D'après ces calculs, la valeur moyenne du rapport azote corporel total/masse maigre est de 33,8 g par kg. Ceci est proche du résultat obtenu par analyse chimique directe (34 g/kg). Il faut toutefois rappeler que la masse maigre calculée par anthropométrie est bien corrélée aux modifications du pool potassique mais moins à celle du pool azoté. En effet, la dénutrition réduit proportionnellement plus l'azote total que le potassium total et, à l'inverse, la renutrition augmente proportionnellement plus le potassium total que l'azote total (Jeejeebhoy et coll., 1982).

L'objectif de ces mesures anthropométriques est d'informer le clinicien de l'importance des pertes tissulaires totales mais aussi du sens et de la vitesse de variation des réserves tissulaires. La sévérité de la dénutrition est généralement appréciée par comparaison à des valeurs de référence et/ou à des valeurs minimales en deçà desquelles le pronostic vital est en jeu. Les valeurs de référence sont issues de mesures effectuées sur un échantillon représentatif de la population générale en bonne santé. Des valeurs inférieures au 5^{ème} (Lanssey et coll., 1993) voire au 10^{ème} percentile (Daley et coll., 1994) sont considérées comme anormales. Des tables sont disponibles pour l'épaisseur du pli cutané tricipital et la circonférence brachiale. Elles ont été établies par Tanner et Whitehouse (1962) et Jelliffe et Jelliffe (1969) pour la Grande-Bretagne et par Frisancho (1984) pour la population nord-américaine. Il n'existe pas de véritables tables de référence utilisables pour l'ensemble de la population française, même si des valeurs ont été proposées pour les sujets âgés (Vellas et coll., 1992 ; Delarue et coll., 1994). Ceci est d'autant plus regrettable que les références ne sont pas directement transposables d'une population à l'autre, comme l'illustre le tableau 6.V (Constans et coll., 1990 ; Thuluvath et Triger, 1995). De plus, les différences interrégionales (Delarue et coll., 1994) observées au sein de deux populations de même âge ajoutent une difficulté supplémentaire au choix des valeurs de référence.

Tableau 6.V : Sensibilité et spécificité des critères anthropométriques de dénutrition selon les valeurs de référence établies par Jelliffe et Jelliffe (1969) par comparaison à celles de Frisancho (1984) prises pour référence « étalon ».

	Pli cutané tricipital	Circonférence musculaire brachiale
Sensibilité (%)	85	73
Spécificité (%)	71	72
VPP (%)	22	53
VPN (%)	98	86

Sensibilité : (vrais positifs)/(vrais positifs + faux négatifs) ; spécificité : (vrais négatifs)/(vrais négatifs + faux positifs) ; VPP : valeur prédictive positive : (vrais positifs)/(vrais positifs + faux positifs) ; VPN : valeur prédictive négative : (vrais négatifs)/(vrais négatifs + faux négatifs)

Les valeurs seuil en deçà desquelles le pronostic vital est en jeu ne sont pas connues pour l'épaisseur des différents plis cutanés. Il en va de même pour la masse grasse. Chez l'homme, le poids minimum de survie est compris entre 48 % et 55 % du poids idéal et, à ce stade, la masse grasse correspond à moins de 5 % du poids corporel (Leiter et Marliss, 1982). Les valeurs seuil pour la circonférence brachiale ont été établies sur la base de données épidémiologiques à moins de 170 mm chez l'homme et moins de 160 mm chez la femme. De telles valeurs sont associées à un index de masse corporelle de 10 kg/m² environ, ce qui correspond au grade V de dénutrition (Ferro-Luzzi et James, 1996 ; Collins, 1996). La valeur minimale pour la surface musculaire brachiale corrigée est de l'ordre de 9 à 11 cm² (Heymsfield et coll., 1982b), ce qui témoignerait d'une masse musculaire minimale de 6 à 8 kg environ chez l'adulte. Chez l'enfant, la survie est compromise pour des pertes tissulaires proportionnellement plus faibles (Cunningham, 1995).

Impédancemétrie bioélectrique

L'impédancemétrie est une technique non invasive permettant d'évaluer la composition corporelle de façon simple et répétée, tant au lit du malade que dans un cabinet médical. Les principes physiques sur lesquels repose cette technique et les problèmes posés par l'interprétation biologique des paramètres physiques mesurés (résistance, réactance) ont fait l'objet de revues générales (Boulier et coll., 1994 ; Foster et Lukaski, 1996 ; Lukaski, 1996). Des appareils à fréquences multiples et au minimum double doivent être préférés. Les balances impédancemètres sont inadaptées. Le volume d'eau extracellulaire, le volume d'eau totale, le volume d'eau intracellulaire, la masse maigre et la masse grasse sont calculées à partir des mesures réalisées chez le patient et les résultats sont immédiatement disponibles pour peu que les calculs soient informatisés.

Les mesures s'effectuent chez un patient en décubitus après 10 à 15 minutes de repos. Deux électrodes de surface sont collées l'une sur le dessus d'un pied,

l'autre sur le dos de la main homo-latérale. Le courant imposé est de faible intensité (100 à 800 mA), sous quelques volts, ce qui rend l'examen indolore et sans danger. Les causes d'erreur sont peu nombreuses et la reproductibilité de la mesure est très bonne (coefficient de variation de l'ordre de 4 %) (Chertow et coll., 1995). Les appareils mono-fréquence ont tendance à surestimer le volume d'eau corporel total (Simons et coll., 1995 ; Beshyah et coll., 1995), sauf si des équations spécifiques à partir des mesures de résistance et de réactance sont utilisées (Kotler et coll., 1996) ou chez le patient hémodialysé (Chertow et coll., 1995).

La répétition des mesures à intervalles relativement courts permet une approche cinétique de la dénutrition (Pencharz et Azcue, 1996 ; Kotler et coll., 1996). Placée dans des mains expertes, l'impédancemétrie permet de détecter des variations de la masse cellulaire active ou de la masse maigre dès que les variations atteignent ou dépassent 5 % (Kotler et coll., 1996).

Cette technique d'évaluation de la composition corporelle et son utilisation en situation de dénutrition sont encore en plein développement. Les appareils à fréquences multiples ont sensiblement amélioré la précision des mesures. Ils permettent également d'effectuer des mesures segmentaires, ce qui rend ces appareils utilisables chez les amputés. La précision de l'ordre de 10 % est suffisante pour permettre à cette technique d'entrer prochainement dans la routine clinique. Toutefois, la validation des équations utilisées dans les calculs en fonction de l'état pathologique considéré fait toujours l'objet de débats passionnés.

Les valeurs de référence pour la population française sont à déterminer. Des références locales sont utilisées par les équipes médicales qui ont recours à cette technique (Boulier et coll., 1990). D'une façon générale, l'augmentation du rapport entre le volume d'eau extracellulaire et le volume d'eau intracellulaire au-delà de 1 témoigne d'une réduction de la masse cellulaire : ainsi, un rapport égal ou supérieur à 1 peut être considéré comme un marqueur de dénutrition.

Autres méthodes

D'autres méthodes d'évaluation de la composition corporelle sont, pour des raisons pratiques, techniques et/ou analytiques, difficilement utilisables en ambulatoire et réservées à des structures hospitalières et/ou de recherche. Plusieurs revues générales sont disponibles sur ce sujet (Lukaski, 1987 ; Shenkin et coll., 1996).

Densitométrie hydrostatique

La densitométrie hydrostatique est la méthode la plus citée dans la littérature. Elle est généralement considérée comme le « *gold standard* ». Toutefois, sa fiabilité diminue dans toutes les situations susceptibles de modifier la densité de la masse maigre, comme c'est le cas en situation de dénutrition importante.

Ses conditions de réalisation sont si contraignantes pour le patient (immersion plus ou moins complète voire répétée, expiration forcée et mesure du volume résiduel pulmonaire) que cette méthode est difficile, sinon impossible, à utiliser dans la majorité des situations cliniques associées à une dénutrition aiguë et sévère.

Mesure de l'eau corporelle

La mesure de l'eau corporelle totale effectuée par dilution d'un traceur est une méthode relativement simple permettant d'évaluer la masse maigre et, par différence avec le poids corporel, la masse grasse. Les traceurs utilisés sont le plus souvent des isotopes stables tels le deutérium ou l'oxygène 18. Il faut remarquer que ces traceurs ne disposent pas d'autorisation de mise sur le marché, ce qui en limite l'utilisation clinique. Les difficultés résident dans l'analyse des échantillons biologiques réalisée par spectrométrie de masse ou infrarouge. Les corrections sont appliquées pour tenir compte des échanges isotopiques. La masse maigre est calculée en postulant que son facteur d'hydratation est égal à 0,732. Ce facteur d'hydratation peut varier avec l'âge et au cours de la dénutrition (Heymsfield et coll., 1982c), ce qui affecte les calculs. La mesure de l'eau extracellulaire par dilution d'un sel de brome, par exemple, peut compléter la mesure de l'eau corporelle totale. Le plus souvent, la mesure des différents compartiments hydriques est réalisée pour comparaison avec les données de l'impédancemétrie bioélectrique. Le recours aux isotopes stables permet de répéter les mesures et d'utiliser cette technique chez l'enfant et la femme enceinte.

Absorptiométrie biphotonique

L'absorptiométrie biphotonique est une méthode non invasive. L'appareillage est disponible dans un grand nombre de centres et la faible irradiation que l'examen entraîne permet de le répéter. Cette technique suppose néanmoins le déplacement du patient jusqu'à l'appareil de mesure. L'examen nécessite une immobilité totale pendant des périodes comprises entre 15 et 30 min. Ces deux conditions sont souvent difficiles à réunir. En plus des mesures des masses maigre et grasse, l'absorptiométrie biphotonique quantifie la masse minérale osseuse et autorise une analyse topographique de la masse grasse. Son utilisation pour le diagnostic de dénutrition n'est cependant pas très répandue. La reproductibilité des mesures est bonne. Le coefficient de variation de la mesure de la densité osseuse est de l'ordre de 1 %. Celle de la masse grasse est de l'ordre de 2 % à 3 % (Tothill, 1995 ; Rochat et coll., 1994 ; Couet et coll., 1997). Par comparaison avec d'autres méthodes (activation neutronique, potassium 40), l'évaluation de la composition corporelle par absorptiométrie biphotonique est à la fois précise et fiable (Wang et coll., 1992 ; Slosman et coll., 1992). Cette méthode a été utilisée avec succès pour mettre en évidence une réduction de la masse maigre et/ou de la masse grasse chez les patients atteints de mucoviscidose (Rochat et coll., 1994 ; Slosman et coll.,

1992), d'insuffisance respiratoire par broncho-pneumopathie obstructive et restrictive (Pichard et coll., 1997) et du sida (Wang et coll., 1992 ; Slosman et coll., 1992).

Tomodensitométrie

L'étude de la composition corporelle totale par tomodensitométrie nécessite une irradiation importante et n'est donc pas recommandée. Utilisée de façon ciblée, elle permet d'évaluer la taille d'un organe et de faire la part entre graisse abdominale et graisse superficielle.

Potassium corporel total

La masse cellulaire active qui correspond aux compartiments corporels métaboliquement actifs de l'organisme peut être évaluée par détermination du potassium corporel total. Le potassium total est déterminé à partir de la mesure de la radioactivité corporelle émise par l'isotope radioactif ^{40}K . Cet isotope naturel du potassium est présent en très faible quantité et dans un rapport fixe par rapport à son équivalent stable, le ^{39}K (0,012 %). En admettant que la quasi-totalité du potassium est contenue dans le secteur intracellulaire (98 à 99 %), que la concentration intracellulaire de potassium ne varie pas, et que les cellules contiennent environ 25 % de protéines avec un rapport potassium/azote de 3, on peut calculer la masse cellulaire active selon la formule suivante :

Masse cellulaire active (kg) = $8,33 \times$ potassium corporel total (mol)

Il est également possible de calculer la masse maigre en postulant que la teneur en potassium total de la masse maigre est de 68,1 mmol/kg chez l'homme et de 64,2 mmol/kg chez la femme avec une très bonne précision chez le sujet sain (Burkinshaw et coll., 1981). Les valeurs de référence qui tiennent compte du poids, de la taille, de l'âge et du sexe de l'adulte ont été publiées (Bruce et coll., 1980). La technique de mesure est non-invasive. Elle nécessite l'isolement du patient pour une durée de 45 minutes environ dans une chambre blindée disposant de compteur à scintillation. Le très faible nombre d'installations disponibles rend son utilisation confidentielle. De plus, et au-delà des variations liées à l'âge, il n'est pas certain que le taux de potassium par kilo de masse maigre demeure constant dans des situations pathologiques qui s'accompagnent de mouvements hydriques, comme c'est le cas dans la grande dénutrition.

Activation neutronique ou photonique

Les techniques d'activation neutronique ou photonique permettent une véritable dissection chimique de l'organisme en quantifiant les contenus corporels de l'azote, du carbone, de l'oxygène et du calcium. La mesure de la composition corporelle par activation neutronique a été validée par comparaison avec l'analyse chimique de deux cadavres humains (Knight et coll., 1986). Cette technique, qui permet une mesure directe de la masse protéique avec une

précision de l'ordre de 4 % (Morgan et Burkinshaw, 1983), n'est pas utilisée en France en raison de l'irradiation qu'elle procure au sujet.

La résonance magnétique nucléaire

Cette technique repose sur les propriétés magnétiques naturelles de certains atomes (^1H , ^{13}C , ^{31}P) et leur alignement spontané lorsqu'ils sont soumis à un champ magnétique (Shenkin et coll., 1996). L'absence d'irradiation est un avantage propice à la répétition des mesures chez le même patient mais son coût, la durée des mesures et la complexité des calculs en confinent l'utilisation à la recherche.

Marqueurs biochimiques de la dénutrition

Un grand nombre de marqueurs biochimiques ont été proposés pour évaluer l'état nutritionnel. Leur intérêt clinique est d'aider au dépistage de la dénutrition à un stade infraclinique et d'évaluer l'efficacité de la renutrition.

Créatininurie des 24 heures et index créatininurie/taille

La créatinine représente le produit final de la créatine et de la phosphocréatine musculaire dont elle est issue par déshydrogénation non enzymatique et irréversible. Elle est éliminée par filtration glomérulaire et par une faible excrétion tubulaire proximale. La créatininurie est considérée comme un reflet fidèle de la masse musculaire et la plupart des auteurs admettent que l'excrétion urinaire de 1 g de créatinine correspond à la présence de 16 à 20 kg de muscles (Shenkin et coll., 1996 ; Heymsfield et Williams, 1988). Plusieurs travaux ont rapporté une corrélation positive entre la créatininurie et la masse maigre. Ces corrélations ont permis à Forbes et Bruining (1976) de développer une équation de prédiction de la masse maigre en fonction de la créatininurie des 24 heures. Cette équation est la suivante :

$$\text{Masse maigre (kg)} = 29,08 \times \text{créatininurie des 24 h (g/j)} + 7,38$$

Plus récemment, Wang et coll. (1996) ont observé chez 12 hommes jeunes (32 ± 8 ans) en bonne santé, et recevant une alimentation dépourvue de créatine, une relation entre la masse musculaire et la créatininurie des 24 heures répondant aux deux équations suivantes :

$$\text{Masse musculaire (kg)} = 21,8 \times \text{créatininurie des 24 h (g/j)}$$

$$\text{Masse musculaire (kg)} = 18,9 \times \text{créatininurie des 24 h (g/l)} + 4,1$$

Ces équations suggèrent que l'excrétion de 1 g de créatinine correspond à 21,8 kg de muscle chez l'homme adulte sain. Ces équations restent à valider en fonction de l'âge, du sexe et de l'état nutritionnel.

Dans la mesure où la taille corporelle est un déterminant majeur de la masse musculaire, il est proposé de rapporter la créatininurie des 24 heures à la taille

du sujet. Ce rapport est appelé index créatininurie/taille. Des valeurs normales ont été proposées pour l'adulte âgé de 54 ans ou moins (Heymsfield et Williams, 1988) et sont présentées dans le tableau 6.VI.

Tableau 6.VI : Excrétion urinaire normale de créatinine en fonction de la taille et du sexe chez l'adulte âgé de moins de 54 ans¹ (d'après Heymsfield et Williams, 1988).

Hommes		Femmes	
Taille (cm)	Créatininurie (g/l)	Taille (cm)	Créatininurie (g/l)
157,5	1,29	147,3	0,782
160,0	1,32	149,9	0,802
162,5	1,36	152,4	0,826
165,1	1,39	154,9	0,848
167,6	1,43	157,5	0,872
170,2	1,47	160,0	0,894
172,7	1,51	162,6	0,923
175,3	1,55	165,1	0,950
177,8	1,60	167,6	0,983
180,3	1,64	170,2	1,010
182,9	1,69	172,7	1,040
185,4	1,74	175,3	1,080
188,0	1,78	177,8	1,110
190,5	1,83	180,3	1,140
193,0	1,89	182,9	1,170

¹: Diminuer de 10 % par décade la valeur de la créatininurie des 24 heures à partir de l'âge de 55 ans

Ces valeurs doivent être diminuées de 10 % par décade au-delà de 54 ans. Un autre index relativement insensible aux effets de l'âge peut être utilisé. Il consiste à rapporter la créatininurie des 24 heures à la longueur du bras. Des valeurs considérées comme normales ont été rapportées en fonction de l'âge (Van Hoeyweghen et coll., 1992). On peut considérer que des valeurs comprises entre 50 % et 90 % des valeurs de référence témoignent d'une fonte musculaire modérée et que les valeurs inférieures à 50 % sont le reflet d'une fonte musculaire critique.

L'apparente simplicité de cet index ne doit pas masquer les difficultés pratiques auxquelles il se heurte. Ces difficultés commencent avec le recueil des urines de 24 heures et il est conseillé d'obtenir trois recueils de 24 heures et d'utiliser le résultat moyen. L'alimentation doit être dépourvue de créatinine ou au minimum assurer un apport protidique constant car l'excrétion urinaire

de créatinine varie selon l'apport carné. La créatininurie des 24 heures perd sa signification en présence d'une insuffisance rénale. Le stress émotionnel, le changement d'activité physique, la chimiothérapie et toute situation hypermétabolique augmentent la créatininurie indépendamment de la masse musculaire (Aussel et Cynober, 1998). Il existe une augmentation physiologique de la créatininurie de 10 % à 15 % en seconde partie de cycle chez la femme. Enfin le stockage prolongé à température ambiante des urines favorise l'interconversion créatine-créatinine.

3-méthylhistidine urinaire

La 3-méthylhistidine est un produit du catabolisme des protéines myofibrillaires, l'actine et la myosine. Cet acide aminé n'est ni réutilisé ni métabolisé par l'organisme (minime acétylation par le foie) et il est excrété exclusivement dans les urines avec une faible réabsorption tubulaire (Young et Munro, 1978). La contribution des protéines viscérales et en particulier intestinales à l'excrétion urinaire de 3-méthylhistidine est négligeable lors des états d'agression (Sjolin et coll., 1989).

L'excrétion urinaire de 3-méthylhistidine est rapportée à la créatininurie des 24 heures, reflet de la masse musculaire. Ce rapport est un index du catabolisme musculaire quotidien évalué chez l'adulte sain à environ 1 % par jour (Young et Munro, 1978). L'augmentation de ce rapport témoigne d'une mobilisation des protéines musculaires observées lors des processus hypercataboliques (Wright, 1980). La 3-méthylhistidine urinaire augmente à la phase initiale d'une dénutrition chronique par carence d'apport puis décroît secondairement, ce qui témoigne d'une adaptation visant à épargner le capital musculaire (Munro et Crim, 1988). Dans ce cas, la réascension de la 3-méthylhistidinurie sous renutrition témoigne d'une bonne efficacité thérapeutique (Munro et Young, 1978 ; Munro et Crim, 1988). Inversement, la 3-méthylhistidinurie augmente considérablement dans les situations hypercataboliques et sa chute sous renutrition est un signe favorable.

L'intérêt clinique du dosage de la 3-méthylhistidinurie passe par le respect d'un certain nombre de conditions méthodologiques qui ne sont pas toutes faciles à remplir. Le recueil des urines de 24 heures doit être complet pendant plusieurs jours en raison des fluctuations quotidiennes de l'excrétion urinaire de 3-méthylhistidine. Les viandes doivent être exclues de l'alimentation au moins 2 voire 3 jours avant le dosage, car elles sont sources de 3-méthylhistidine exogène. Le respect de cette condition peut être déterminé par le dosage concomitant de la 1-méthylhistidine issue des protéines animales. Enfin, le dosage de la 3-méthylhistidinurie passe par une séparation chromatographique (liquide ou en phase gazeuse). Le matériel nécessaire à cette séparation n'est pas disponible dans tous les laboratoires.

Balance azotée

La balance azotée reflète l'équilibre entre les apports et les pertes d'azote. Schématiquement, la balance est positive en situation de rétention azotée ; elle est négative en situation de perte nette d'azote, par carence d'apport, par pertes accrues ou par les deux. La détermination des apports et des pertes est nécessaire au calcul de la balance azotée. Les conditions de réalisation et d'interprétation sont de complexité variable selon la précision souhaitée mais, en tout état de cause, cette technique n'est pas utilisable en ambulatoire. Des informations méthodologiques détaillées sont disponibles dans plusieurs articles (Shenkin et coll., 1996 ; Scrimshaw, 1996 ; Aussel et Cynober, 1998). Par comparaison avec la mesure *in vivo* de l'azote total par activation neutronique, la technique de la balance azotée apparaît très précise, mais également plus sujette à des erreurs systématiques qui conduisent à des interprétations erronées (King et coll., 1988). Expression d'un équilibre relatif entre les apports et les pertes d'azote, la balance azotée ne permet pas d'évaluer ponctuellement un état nutritionnel. Son évaluation répétée à intervalles réguliers permet d'apprécier le sens et la vitesse d'évolution du déséquilibre. À ce titre, elle peut contribuer à l'évaluation de l'efficacité de la renutrition.

Protéines circulantes

La baisse des concentrations plasmatiques des protéines circulantes est considérée comme un indicateur de dénutrition si elle témoigne d'une diminution de synthèse par carence d'apports en acides aminés. La chute des concentrations plasmatiques de ces protéines sera détectable d'autant plus rapidement que leur demi-vie est brève. L'albumine (demi-vie : 20 jours), la transferrine (demi-vie : 8 jours), la transthyrétine ou préalbumine (demi-vie : 2 jours) et la protéine vectrice du rétinol ou RBP (demi-vie : 12 heures) sont les quatre protéines les plus utilisées. Aucune n'est réellement spécifique de l'état nutritionnel et de nombreuses conditions pathologiques sont susceptibles de faire chuter les taux plasmatiques de ces protéines en dehors de toute dénutrition. C'est le cas des insuffisances hépatocellulaires, où le défaut de synthèse n'est pas lié à un manque de substrats, et des syndromes inflammatoires au cours desquels la synthèse de ces protéines décroît au profit des protéines de l'inflammation (Carpentier et coll., 1982 ; Muscaritoli et coll., 1995). Lors des syndromes néphrotiques, des entéropathies exsudatives et des brûlures étendues, la réduction des concentrations plasmatiques des protéines circulantes est liée à des pertes importantes qui ne sont pas compensées par une augmentation suffisante de leur synthèse (Shenkin et coll., 1996 ; Spiekerman, 1993). Enfin, les changements de perméabilité capillaire modifient la répartition de ces protéines entre les secteurs intra- et extravasculaires de l'eau extracellulaire. En dehors de ces situations générales et de quelques circonstances particulières à chacune d'elles, ces quatre protéines plasmatiques peuvent apporter des informations utiles à l'évaluation de la dénutrition et de la renutrition.

Albumine

Le dosage de l'albumine plasmatique est le plus utilisé. Les transfusions de sang ou d'albumine ôtent tout intérêt à son dosage. Les concentrations plasmatiques sont de l'ordre de 42 ± 3 g et restent supérieures à 38 g/l même si le sujet est très âgé (90 ans et plus) (Keller, 1993). Compte tenu de sa demi-vie prolongée, la baisse des concentrations plasmatiques d'albumine (< 35 g/l) est le témoin d'une malnutrition sévère et prolongée à l'exception de la dénutrition de type marasmique pure au cours de laquelle l'albuminémie est normale. Plusieurs études montrent que l'hypoalbuminémie s'accompagne d'une augmentation de la morbidité et de la mortalité chez les patients hospitalisés. Pour Seltzer et coll. (1979), une hypoalbuminémie inférieure à 35 g/l associée à une réduction du nombre des lymphocytes circulants augmente d'un facteur 4 le risque relatif de complications et d'un facteur 6 celui de la mortalité chez 500 patients hospitalisés pour une affection médico-chirurgicale. Des résultats similaires ont été obtenus par la même équipe chez des patients hospitalisés dans un service de soins intensifs (Seltzer et coll., 1981). Sur une série de 2 060 militaires hospitalisés, il a été montré que la mortalité atteignait 24,6 % chez les 509 patients dont l'albuminémie était < 34 g/l. La mortalité atteignait 62 % dans le sous-groupe de cinquante patients dont l'albuminémie était < 20 g/l (Reinhardt et coll., 1980). Des constatations similaires ont été établies chez les patients de soins intensifs, brûlés et traumatisés crâniens (Boosalis et coll., 1989). Une augmentation du risque de décès chez les patients incapables d'augmenter leur concentration d'albumine sous renutrition a été rapportée (Shenkin et coll., 1996).

Une classification de la dénutrition sur la base du seul dosage de l'albumine a été proposée. Une albuminémie inférieure à 25 g/l témoignerait d'une dénutrition sévère. La dénutrition est considérée comme modérée pour des taux d'albumine compris entre 25 et 32 g/l. Une albuminémie supérieure à 32 g/l n'a aucune signification eu égard à la présence ou à l'absence d'une dénutrition. Une telle classification semble applicable en pédiatrie (Goldsmith, 1996). La valeur discriminante de ce marqueur n'est pas améliorée lorsqu'on l'exprime en fonction des concentrations plasmatiques de phospholipides, au moins chez l'enfant (Ogunkeye et coll., 1996). Dans une étude prospective incluant des patients âgés (en moyenne 83 ans) hospitalisés pour des raisons médicales ou chirurgicales, la prévalence de l'hypoalbuminémie (inférieure à 35 g/l) était de 99 % à l'entrée et/ou en cours d'hospitalisation. Le taux le plus bas n'était observé à l'entrée des patients dans le service de soins que dans 12 % des cas. Ceci signifie que l'albuminémie a continué à décroître en cours d'hospitalisation chez pratiquement 9 patients sur 10. Une hypoalbuminémie sévère (moins de 20 g/l) observée dans les 3 à 4 premiers jours qui suivent l'entrée dans le service était associée à une augmentation du risque relatif de mortalité de 4,1 et d'une augmentation de la durée de l'hospitalisation (risque relatif : 5,2) (Ferguson et coll., 1993). D'autres travaux confirment cette tendance (Constans et coll., 1991)

Transferrine

En raison de la demi-vie plus courte de la transferrine, son dosage dans le plasma est considéré comme un marqueur plus sensible de la dénutrition que l'albuminémie. Les valeurs normales rapportées dans la littérature sont de l'ordre de 2 à 4 g/l chez l'adulte, de 2,2 à 3,5 g/l de 1 à 3 ans et de 2,3 à 3,6 g/l entre 7 et 9 ans. Il n'y a pas de différence entre les sexes (Shenkin et coll., 1996). Sa synthèse est inversement liée au statut martial, ce qui ajoute encore à son manque de spécificité. Les concentrations plasmatiques de transferrine sont sensibles à l'administration de certains antibiotiques et fongicides tels que les aminoglycosides, les tétracyclines et certaines céphalosporines qui font chuter la transferrinémie (Spiekerman, 1993). La transferrinémie est plus élevée lors du dernier trimestre de la grossesse et jusqu'à l'accouchement. Une concentration plasmatique inférieure à 1,7 g/l augmente le risque relatif de décès d'un facteur de 2,5 chez les patients hospitalisés ainsi que le risque de complications septiques (Lamisse, 1995). Pour certains, l'augmentation de 10 % des concentrations plasmatiques de transferrine sous renutrition est associée à une diminution d'un facteur 5 de la mortalité postopératoire (*in* Melchior, 1995). Toutefois, l'intérêt de la transferrinémie dans l'évaluation de l'efficacité de la renutrition diffère d'une étude à l'autre (Roza et coll., 1984 ; Flechter et coll., 1987).

Transthyréline et protéine vectrice du rétinol

La transthyréline et la protéine vectrice du rétinol (RBP) sont liées entre elles et circulent dans un rapport équimolaire sous la forme d'un complexe macromoléculaire (Spiekerman, 1993). Les concentrations plasmatiques normales de transthyréline sont de l'ordre de 300 ± 50 mg/l. Celles de la RBP sont de l'ordre 60 ± 10 mg/l (Shenkin et coll., 1996). Ces deux protéines, de demi-vie courte, voient leurs concentrations plasmatiques diminuer lors de la carence en zinc et augmenter en présence d'une hyperthyroïdie.

La RBP ne se complexe pas avec la transthyréline lorsqu'elle est dépourvue de vitamine A. Elle est filtrée par le glomérule et réabsorbée par les cellules tubulaires dans lesquelles elle subit un catabolisme. Ceci explique l'augmentation des concentrations plasmatiques de RBP lors des insuffisances rénales chroniques avancées (Spiekerman, 1993). La carence en vitamine A diminue les concentrations plasmatiques de RBP.

La transthyréline et la RBP sont considérées comme très sensibles aux carences protéiques (Ingenbleek et coll., 1972, 1975) et protéino-énergétiques (Shetty et coll., 1979). Toutefois la carence énergétique isolée (800 kcal/j ; 1,57 g de protéine/kg de poids idéal/jour) et prolongée (35 jours) ne s'accompagne pas d'une baisse significative des concentrations plasmatiques de ces deux protéines chez l'obèse (Lamisse et coll., 1984). Chez le sujet âgé, une diminution sévère des concentrations de transthyréline (< 170 mg/l) est associée à un allongement de la durée d'hospitalisation (risque relatif : 3,2) mais

indépendant de la mortalité (Ferguson et coll., 1993). Dans une étude rétrospective portant sur 545 patients médico-chirurgicaux, Bernstein et Pleban (1996) concluent que la transthyrétine est un meilleur marqueur de la dénutrition protéino-énergétique que l'albumine. D'une façon générale, des concentrations de transthyrétine inférieures à 100 mg/l témoigneraient d'une dénutrition protéino-énergétique sévère (Mears, 1996) en dehors des situations d'intense catabolisme. Inversement, la chute observée lors des agressions aiguës (traumatisme crânien, brûlures, infection) témoignerait plus de la sévérité et du pronostic de l'affection causale que de l'état nutritionnel du patient (Boosalis et coll., 1989 ; Clark et coll., 1996).

Acides aminés plasmatiques

La mesure des concentrations plasmatiques d'acides aminés occupe une place modeste dans la batterie des marqueurs de la dénutrition. Les fluctuations rapides de ces concentrations en réponse à la prise alimentaire et au gré de nombreuses variables de confusion (infection, traumatisme, diarrhée...) en sont les principales raisons. L'augmentation du rapport acides aminés non essentiels/acides aminés essentiels est une caractéristique de la dénutrition chronique. Ce rapport augmente au-dessus de 3 dans la dénutrition protéique (type Kwashiorkor) chez l'enfant et reste en dessous de 2 chez l'enfant normal ou victime d'une dénutrition protéino-énergétique, de type marasmique (Shenkin et coll., 1996). L'intérêt diagnostique et pronostique du dosage spécifique de la phénylalanine, dont les concentrations plasmatiques augmentent en situation hypercatabolique et diminuent en phase de résolution, n'a pas été évalué à grande échelle (Aussel et Cynober, 1998).

Insulin growth factor-1 ou somatomédine-C

La somatomédine-C (SMC) est un peptide monocaténaire dont la synthèse tissulaire, essentiellement hépatique, est stimulée par l'hormone de croissance. La quasi-totalité de la SMC (> 99 %) circule sous forme liée à plusieurs protéines spécifiques. La forme liée a une demi-vie plasmatique de 2 à 4 heures et les concentrations plasmatiques de SMC ne sont pas sujettes à des variations nyctémérales ni influencées de façon aiguë par le stress, le sommeil, l'exercice physique ou les concentrations plasmatiques de substrats (Spiekerman, 1993). À ce titre, la SMC peut être considérée comme un index plus sensible des changements de l'équilibre azoté que l'albumine, la transferrine et la transthyrétine (Clemmons et coll., 1985b ; Hawker et coll., 1987 ; Mattox et coll., 1988). La présence d'une insuffisance hépatocellulaire et/ou rénale, d'une maladie auto-immune, voire d'une grossesse, fausse l'interprétation des dosages de SMC en raison des interférences avec les protéines de transport. Dans ces situations pathologiques et physiologiques, l'extraction des protéines de transport par chromatographie acide est un préalable au dosage radio-immunologique de la SMC. Des valeurs de référence dépendant

de l'âge et du sexe sont disponibles (Landin-Wilhelmsen et coll., 1994). Elles sont issues de dosages réalisés chez 392 Suédois (197 hommes et 195 femmes) âgés de 25 à 64 ans participant au projet WHO MONICA. Les concentrations plasmatiques de SMC diminuent chez l'adulte soumis à un jeûne (Clemmons et coll., 1985a), chez les patients atteints d'une maladie de Crohn (Clemmons et coll., 1985b) ainsi qu'en situation de dénutrition aiguë (Hawker et coll., 1987 ; Mattox et coll., 1988) ou chronique (Minuto et coll., 1989). La diminution de la SMC en deçà d'un taux inférieur à 100 µg/ml est également un marqueur de la dénutrition chez les patients insuffisants rénaux dialysés, pour peu que l'extraction des protéines de transport ait été réalisée par chromatographie acide avant le dosage de la SMC (Sanaka et coll., 1994). Dans une étude prospective réalisée chez 110 patients d'une clinique gériatrique âgés de 58 à 100 ans, un taux faible de SMC plasmatique apparaît comme un élément prédictif fort de la survenue de complications aiguës susceptibles de compromettre la survie. Dans cette cohorte, la sensibilité de ce marqueur est de 75 % avec une spécificité de 76 % et une valeur prédictive positive de l'ordre de 76 % (Sullivan et Carter, 1994). L'augmentation secondaire de la SMC apparaît comme un témoin de l'efficacité de la renutrition (Unterman et coll., 1985 ; Minuto et coll., 1989 ; Spiekerman, 1993). Chez l'enfant dénutri et dont la croissance est bloquée, les concentrations plasmatiques de SMC augmentent dès le premier jour de renutrition (Spiekerman, 1993). Une dissociation entre l'évolution des concentrations plasmatiques de SMC et les modifications de la masse protéique a été rapportée chez le patient agressé (Clark et coll., 1996).

Fibronectine

La fibronectine est une opsonine de nature glycoprotéique considérée comme la protéine majeure de régulation de la phagocytose. Le foie, mais également les cellules du système réticulo-endothélial, synthétisent la fibronectine (Spiekerman, 1993). Elle est capable d'adhérer à des agrégats de fibrine, de collagène, de débris tissulaires, de fragments du complément et au staphylocoque doré, ce qui contribue à la diminution de la fibronectinémie en situation de choc, d'infection, de brûlures ou de traumatisme.

L'alimentation restrictive et *a fortiori* le jeûne s'accompagnent d'une chute de la fibronectinémie chez l'obèse ou chez le sujet sain volontaire. Les valeurs se normalisent après 5 jours de renutrition (Spiekerman, 1993). Toutefois, la remontée est transitoire chez les malades aigus (Aussel et Cynober, 1998). La dénutrition chronique s'accompagne également chez l'enfant d'une chute de la fibronectinémie. Son administration intraveineuse à la dose de 7,5 mg/kg/j pendant 4 jours améliore le taux de survie en situation de dénutrition sévère chez l'enfant (Sandberg et coll., 1990). Des effets positifs de l'infusion de fibronectine sont également documentés chez l'adulte en état d'agression aiguë (chirurgie, traumatisme et brûlure) (Saba et coll., 1986).

Il n'est pas clairement démontré que la fibronectine, lorsqu'elle est considérée isolément, soit plus pertinente et plus spécifique que les autres protéines à demi-vie courte dans l'évaluation du diagnostic, du pronostic et du traitement de la dénutrition. Cependant, elle pourrait être intéressante à considérer comme un marqueur de risque septique et de cicatrisation (Saba, 1986 ; Aussel et Cynober, 1998).

Évaluation de la fonction musculaire

La force de la contraction musculaire diminue avec la fonte musculaire (Lopes et coll., 1982 ; Jeejeebhoy, 1993). La force musculaire peut être évaluée en clinique par la dynamométrie. Les appareils disponibles permettent de mesurer la force musculaire développée lors d'une contraction maximale effectuée à l'aide de la main (le plus souvent dominante). La mesure est effectuée à trois reprises et la moyenne est utilisée. Chaque mesure est séparée par un intervalle de temps d'une minute et la contraction de la main est demandée avec un avant-bras formant avec le bras un angle de 90°. Le coefficient de variation de la mesure dépend beaucoup de l'expérience dont dispose l'examineur. Il est compris entre 5 % et 10 %. Les valeurs normales varient selon le sexe et l'âge (Lennmarken et coll., 1985). Elles sont de 100 à 200 kg pascal pour l'homme et 50 à 100 kg pascal pour la femme. Une relation positive entre la force musculaire et le pool protéique mesurée par activation neutronique a été observée chez 80 patients porteurs d'une pathologie gastro-intestinale et 87 volontaires sains (Windsor et Hill, 1988a).

L'étude de la contraction musculaire maximale semble être particulièrement intéressante pour distinguer la dénutrition de la maigreur constitutionnelle chez les adultes dont l'index de masse corporelle est inférieur à 18,5 kg/m² (Vaz et coll., 1996). La force musculaire est normale lors des maigreurs constitutionnelles. Elle est diminuée chez le dénutri. L'âge, le génome et le niveau d'entraînement physique sont autant de facteurs qui ajoutent à la difficulté d'interprétation des valeurs de contraction musculaire volontaire. Les valeurs de référence et les valeurs seuil restent à déterminer. Webb et coll. (1989) ont établi leur propres références à partir de mesures réalisées chez 247 volontaires sains des deux sexes âgés de 16 à 95 ans. Ces auteurs ont montré que la réduction de la force musculaire en dessous de 85 % de la valeur normale pour l'âge et pour le sexe était un bon facteur prédictif de complications postopératoires (74 % des complications prédites). La prise en compte de l'âge dans la valeur de référence améliore nettement la spécificité de ce test. De même, la force musculaire s'améliore sous l'effet d'une renutrition avant toute augmentation de la masse protéique totale (Christie et Hill, 1990).

Association de marqueurs

Pour tenter de remédier au manque de spécificité et/ou à l'insuffisance de sensibilité de chaque marqueur de la dénutrition pris isolément (Bernstein, 1995 ; Ham, 1994 ; Lupo et coll., 1993), des index associant plusieurs marqueurs ont été proposés. Ces index multifactoriels s'adressent à des patients ambulatoires ou à des patients hospitalisés dans des services de soins, voire à domicile (Barrocas et coll., 1995b ; Nagel, 1993 ; Labbe et Veldee, 1993). Parmi ces nombreux index multifactoriels, certains sont dévolus plus particulièrement à l'évaluation de la dénutrition chez les personnes âgées et d'autres chez les patients hospitalisés.

Évaluation de la dénutrition chez la personne âgée

Cinq tests principaux peuvent être utilisés chez la personne âgée.

« *Nutrition Screening Initiative* » test ou autoévaluation nutritionnelle

Cet autoquestionnaire a été mis au point dans le but d'identifier et de traiter les problèmes nutritionnels avant la dégradation de l'état de santé et de la qualité de vie des personnes âgées (Dwyer et coll., 1993 ; Lipschitz, 1994 ; Barrocas et coll., 1995a). Il comprend des questions portant sur l'existence d'une maladie évolutive, le nombre de repas et le type d'aliments ingérés, les conditions de la prise alimentaire, le degré d'autonomie, les possibilités financières, la perte de poids et la prise de médicaments. La grille d'évaluation est présentée dans le tableau 6.VII. Le risque nutritionnel est évalué en proportion du score établi au terme du questionnaire. Ce test a été utilisé dans une cohorte de plus de 20 000 personnes âgées et a permis de mettre en évidence que 27 % d'entre elles étaient à haut risque de malnutrition. Le risque était modéré pour 32 % des participants et faible pour 40 % (Vailas et Nitzke, 1995). Cet test est également utilisé avec succès pour surveiller l'état nutritionnel des personnes bénéficiant d'une distribution de repas à domicile (Herndon, 1995). En considérant le score de 6 comme la valeur seuil, la sensibilité, la spécificité et la valeur prédictive positive de ce test ont été respectivement évaluées à 36 %, 85 % et 38 % (Reuben et coll., 1995)

Index de risque nutritionnel (NRI)

Cet index développé par Wolinski et coll. (1990) à partir de l'étude NHANES de 1977 comprend 16 items. Cependant, sa reproductibilité est trop faible pour rendre son utilisation acceptable même pour les études de population (Reuben et coll., 1995).

Mininutritional assessment (MNA)

Ce test a été conçu pour évaluer l'état nutritionnel dans la population âgée (Guigoz et coll., 1996 ; Lauque et coll., 1996) avec une bonne reproductibilité

Tableau 6.VII : Autoévaluation de l'état nutritionnel chez le sujet âgé - Nutrition Screening Initiative (d'après Lipschitz, 1994).

Entourer le chiffre dans la colonne « oui » si l'affirmation vous concerne	Oui
J'ai une maladie ou un état qui m'oblige à modifier la quantité ou le type de mon alimentation	2
Je mange moins de 2 fois par jour	3
Je consomme peu de fruits ou de légumes ou de produits lactés	2
Je consomme plus de 3 verres de bière, de vin ou de digestifs par jour	2
J'ai des problèmes de dents ou de bouche qui me gênent pour manger	2
Je n'ai pas toujours les moyens de m'acheter à manger	4
Je mange seul la plupart du temps	1
Je dois prendre au moins 3 médicaments par jour	1
De façon involontaire, j'ai perdu ou pris au moins 5 kg depuis les derniers 6 mois	2
Je n'ai pas toujours la force physique de faire mes courses, la cuisine ou de manger	2
Faites le total des chiffre entourés	...
<i>Total Interprétation</i>	
0-2	Bien. Refaites votre test dans six mois.
3-5	Vous avez un petit risque nutritionnel. Envisagez ce que vous pouvez faire pour améliorer vos habitudes alimentaires ou votre style de vie. Votre centre de santé et les programmes de nutrition peuvent vous aider. Refaites votre test dans 3 mois.
6	Vous avez un risque nutritionnel élevé. Apportez ce questionnaire à votre médecin, votre diététicienne ou le service social lors de votre prochaine visite. Discuter avec eux des problèmes que vous avez. Demandez une aide pour améliorer votre état nutritionnel.

et une bonne acceptabilité par les patients. Il comporte une évaluation anthropométrique sur la base de paramètres simples (IMC, circonférence brachiale, circonférence du mollet et perte de poids récente), une évaluation rapide des apports alimentaires, des questions globales à la recherche d'un facteur de risque de malnutrition tel que le mode de vie, le degré de dépendance, l'existence de pathologie ou la prise médicamenteuse, ainsi qu'une autoévaluation subjective de l'état de santé (tableau 6.VIII). Ce test d'évaluation nutritionnelle a été validé par plusieurs études réalisées chez les sujets âgés présentant une grande hétérogénéité (Guigoz et coll., 1996).

Échelle d'évaluation du risque nutritionnel (Risk assessment scale)

Les items recueillis par cette échelle concernent les troubles gastro-intestinaux, l'existence d'une pathologie chronique douloureuse, la mobilité, les changements de poids corporel, l'appétit, les troubles de la prise alimentaire, les désordres cognitifs ou émotionnels, les thérapeutiques, la consommation de tabac et d'alcool et la situation sociale. Les douze questions posées

Tableau 6.VIII : Grille d'évaluation de l'état nutritionnel selon le test du *Mini nutritional assessment* (d'après Guigoz et coll., 1996).

Nom :	Prénom :	Sexe :	Date :
Âge :	Poids (kg) :	Taille (cm) :	Hauteur du genou (cm) :

<p>I. Évaluation anthropométrique</p> <p>1. Index de masse corporelle, IMC = poids/taille (kg/m²) 0 = IMC < 19 1 = 1 ≤ IMC < 21 2 = 21 ≤ IMC < 23 3 = IMC ≥ 23 <input type="checkbox"/></p> <p>2. Circonférences branchiales, CB (cm) 0,0 = CB < 21 9,5 = 21 ≤ CB ≤ 22 1,0 = CB > 22 <input type="checkbox"/></p> <p>3. Circonférence du mollet, Cm (cm) 0 = CM < 31 1 = CM ≥ 31 <input type="checkbox"/></p> <p>4. Perte récente de poids (< 3 mois) 0 = perte > 3 kg 1 = ne sait pas 2 = perte entre 1 et 3 kg 3 = pas de perte de poids <input type="checkbox"/></p> <p>II. Évaluation globale</p> <p>5. Le patient vit-il de façon indépendante à domicile ? 0 = non 1 = oui <input type="checkbox"/></p> <p>6. Prend-il plus de 3 médicaments ? 0 = oui 1 = non <input type="checkbox"/></p> <p>7. Maladie aiguë ou stress psychologique lors des 3 derniers mois ? 0 = oui 1 = non <input type="checkbox"/></p> <p>8. Motricité 0 = du lit au fauteuil 1 = autonome à l'intérieur 2 = sort du domicile <input type="checkbox"/></p> <p>9. Problèmes neuropsychologiques 0 = démence ou dépression sévère 1 = démence ou dépression modérée 2 = pas de problème psychologique <input type="checkbox"/></p> <p>10. Escarres ou plaies cutanées ? 0 = oui 1 = non <input type="checkbox"/></p> <p>III. Évaluation diététique</p> <p>11. Combien de véritables repas le patient prend-il par jour (petit déjeuner, déjeuner, dîner > 2 plats) ? 0 = 1 repas 1 = 2 repas 2 = 3 repas <input type="checkbox"/></p>	<p>12. Consomme-t-il... Une fois par jour au moins des produits laitiers ? oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Une ou deux fois par semaine des œufs ou des légumineuses ? oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Chaque jour de la viande, du poisson ou de la volaille ? oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> 0,0 = si 0 ou 1 oui 0,5 = si 2 oui 1,0 = si 3 oui <input type="checkbox"/></p> <p>13. Consomme-t-il deux fois par jour au moins des fruits ou des légumes ? 0 = oui 1 = non <input type="checkbox"/></p> <p>14. Présente-t-il une perte d'appétit ? A-t-il moins mangé ces trois derniers mois par manque d'appétit, problèmes digestifs, difficultés de mastication ou de déglutination ? 0 = anorexie sévère 1 = anorexie modérée 2 = pas d'anorexie <input type="checkbox"/></p> <p>15. Combien de verres de boissons consomme-t-il par jour ? (eau, jus, café, thé, lait, vin, bière...) 0,0 = au moins 3 0,5 = de 3 à 5 1,0 = plus de 5 verres <input type="checkbox"/></p> <p>16. Manière de se nourrir 0 = nécessite une assistance 1 = se nourrit seul avec difficulté 2 = se nourrit seul sans difficulté <input type="checkbox"/></p> <p>IV. Autoévaluation subjective</p> <p>17. Le patient se considère-t-il bien nourri ? (problèmes nutritionnels) 0 = malnutrition sévère 1 = ne sait pas ou malnutrition modérée 2 = pas de problèmes de nutrition <input type="checkbox"/></p> <p>18. Le patient se sent-il en meilleure ou en moins bonne santé que la plupart des personnes de son âge ? 0,0 = moins bonne 0,5 = ne sait pas 1,0 = aussi bonne 2,0 = meilleure <input type="checkbox"/></p> <p>Total (maximum 30 points)</p> <p>≥ 24 points Etat nutritionnel satisfaisant 17 à 23,5 points Risque de malnutrition < 17 points Mauvais état nutritionnel</p>
--	--

sont cotées de façon binaire et le score maximum de 12 indique un risque élevé de dénutrition. Cette grille d'évaluation a été développée et validée chez 126 patients âgés de 82 ans en moyenne, admis dans un hôpital gériatrique (Nikolaus et coll., 1995). Cette étude montre que la valeur seuil au-delà de laquelle une personne âgée doit être considérée comme dénutrie est de 4.

Index « Nutrix »

Cet index a été développé par une équipe italienne (Frisoni et coll., 1994) dans le but d'évaluer le risque de mortalité chez les patients âgés hospitalisés à domicile. À partir d'une analyse multivariée, l'index obtenu est le suivant :

$$\text{Nutrix} = 3,17 \times [190 - \text{cholestérol (mg/dl)}] - 77,7 \times [\text{lymphocytes (1000/ml)}] - 7,04 \times [\text{circonférence brachiale (cm)}] - 15,44 \times [\text{hémoglobine (g/dl)}] + 6,17 \times [\text{âge (ans)}] - 67,78 \times [\text{sexe (F = 0, H = 1)}] - 97$$

Dans cette étude prospective, aucun patient dont le score était inférieur à -200 n'est décédé dans les 18 mois de suivi alors qu'un score d'environ 160 était associé à un taux de 0,06 décès par personne et par mois d'observation. La sensibilité de ce test est de l'ordre de 80 %, sa spécificité de 78,4 %. La valeur prédictive positive a été évaluée à 60 % et la valeur prédictive négative à 91 % dans cette étude.

Index de risque mortel (mortality risk index)

Proposé par Rudman et coll. (1989), cet index a été développé pour prédire la mortalité à un an chez les personnes âgées institutionnalisées (Rudman et coll., 1989) ou hospitalisées à domicile (Rudman et Feller, 1989). Il repose sur deux paramètres biologiques, le cholestérol sanguin et l'hématocrite. Il se calcule selon l'équation suivante :

$$\text{MRI} = 0,1 \times \text{cholestérol (mg/dl)} + \text{hématocrite (\%)}$$

Chez les personnes âgées sans pathologie psychiatrique, le taux de mortalité à un an croît progressivement de 11 % à 86 % lorsque cet index varie de plus de 65 à moins de 50. La spécificité est de 85 % et la sensibilité de l'ordre de 90 % (Rudman et coll., 1989).

Évaluation de la dénutrition chez le malade hospitalisé

Sept tests décrits ci-dessous peuvent être utilisés.

Évaluation globale subjective

Cet index a été proposé par Detsky et coll. en 1987. Il repose sur des informations cliniques appréciées objectivement ou de façon subjective. Les éléments pris en compte sont l'anamnèse (sur 6 mois) et l'évolution récente (15 jours) du poids, le niveau des apports alimentaires (normaux ou réduits, depuis combien de temps et sous quelle forme), l'existence de troubles digestifs (nausées, vomissements, diarrhée, anorexie), le degré de mobilité (de normal

Tableau 6.IX : Détermination clinique subjective du statut nutritionnel (d'après Detsky et coll., 1987).

Historique

Modification du poids

• Perte totale : dans les 6 derniers mois (kg)

En pourcentage du poids avant la maladie (%)

• Modification du poids pendant les 2 dernières semaines
 gain de poids pas de changement perte de poids

Modification des apports diététiques

non oui

• Si oui durée : semaines

type diète solide sous-optimale diète liquide exclusive

liquides hypocaloriques aucun apport oral

Symptômes gastro-intestinaux

non oui

(d'une durée supérieure à 2 mois) :

nausée vomissement diarrhée anorexie

Capacité fonctionnelle : dysfonction

non oui

• Si oui : durée semaines

type capacité sous-optimale de travail suivi à l'hôpital de jour hospitalisé

Maladie

Diagnostic primaire :

• Stress métabolique Aucun Léger Modéré Sévère

• Stress physique Perte de graisse sous-cutanée Non Oui

Perte musculaire Non Oui

Œdème des chevilles Non Oui

Œdème du sacrum Non Oui

Ascite Non Oui

132 **État nutritionnel** Normal Modérément dénutri Sévèrement dénutri

à l'alitement), l'appréciation clinique d'un stress métabolique (de aucun à sévère), l'appréciation subjective de l'état des réserves adipeuses et des masses musculaires, enfin, la présence d'œdèmes des chevilles et/ou du sacrum, voire d'une ascite (tableau 6.IX).

Au terme de cette évaluation, le clinicien classe le patient en trois catégories (A : bien nourri ; B : modérément dénutri ; C : sévèrement dénutri).

Cette évaluation subjective a fait l'objet d'une analyse comparative avec des mesures objectives de la composition corporelle (anthropométrie, mesure de l'azote total corporel par activation neutronique et de la masse cellulaire active par le ^{40}K) et des paramètres biologiques (index créatininurie/taille, albuminémie, transferrinémie, comptage lymphocytaire et sensibilité cutanée retardée) (Baker et coll., 1982). Le classement des patients en trois groupes ne diffère pas selon que l'on considère l'évaluation subjective ou objective. La reproductibilité inter-observateur était de l'ordre de 81 %. Le score nutritionnel était significativement associé à la morbidité clinique évaluée sur l'incidence des infections, l'utilisation des antibiotiques et la durée d'hospitalisation. Ce score nutritionnel est également prédictif de la survenue de complications postopératoires (Detsky et coll., 1994). C'est également le cas dans un travail portant sur 395 patients chirurgicaux et dénutris (*the Veterans affairs total parenteral nutrition cooperative study group*, 1991). Ce travail indique également que l'évaluation globale subjective pourrait permettre d'identifier les patients susceptibles de bénéficier d'une assistance nutritionnelle préopératoire.

Indice nutritionnel pronostique (Prognostic nutritional index- INP)

Cet indice est dérivé d'une analyse discriminante conduite chez 161 patients, chez lesquels l'état nutritionnel a été évalué de façon prospective avant un acte chirurgical réalisé à froid (Mullen et coll., 1979). Conçu comme un indice d'évaluation du risque de morbidité et de mortalité, il est calculé à partir du dosage de l'albumine plasmatique et de la transferrine, de la mesure de l'épaisseur du pli cutané tricipital (PCT) et de l'étude de la sensibilité cutanée retardée à l'un des trois antigènes suivants : antigène ourlien, streptokinase-streptodornase ou *Candida*. La sensibilité cutanée est cotée 0 en l'absence de réaction, 1 si l'induration est < 5 mm et 2 si l'induration est = 5 mm. Cet indice se calcule de la façon suivante :

$$\text{INP (\% du risque)} = 158 - 16,6 \times \text{albumine (g/dl)} - 0,78 \times \text{PCT (mm)} - 0,20 \times \text{transferrine (mg/dl)} - 5,8 \times \text{sensibilité cutanée retardée}$$

Cet indice permet de classer les patients en trois groupes. Lorsque l'INP est inférieur à 40, l'état nutritionnel est normal. L'état nutritionnel est moyennement détérioré pour un indice compris entre 40 et 49. L'état nutritionnel est mauvais lorsqu'il est supérieur à 50. L'INP a été validé de façon prospective chez 100 patients hospitalisés dans un service de chirurgie gastro-intestinale (Buzby et coll., 1980). Trente trois pour cent des patients dont l'INP était supérieur à 50 sont décédés en cours d'hospitalisation, contre 3 % lorsque

l'INP était inférieur à 40. D'une façon générale, toutes les complications étaient significativement augmentées dans le groupe à haut risque. En utilisant une valeur seuil supérieure ou égale à 50, la sensibilité de l'INP a été évaluée à 86 % et sa spécificité à 69 % dans l'évaluation du risque mortel au cours de l'hospitalisation. Lorsque la valeur seuil est supérieure à 40, la sensibilité et la spécificité de cet indice sont respectivement de 93 % et 44 % (Dempsey et Mullen, 1987).

Indice de risque nutritionnel (IRN)

Cet indice fait appel aux dosages de l'albumine plasmatique et au rapport poids actuel/poids théorique (P/PTh). Cet indice est égal à :

$$\text{IRN} = 1,519 \times \text{albuminémie (g/dl)} + 0,417 \times \text{P/PTh}$$

L'équipe de Buzby et coll. (1980) propose de classer les patients selon cet indice de risque nutritionnel en trois classes. Les patients sont considérés comme peu dénutris et à faible risque lorsque l'IRN est supérieur à 97,5 %. Ils sont modérément dénutris lorsque l'IRN est compris entre 97,5 % et 83,5 %. Enfin ils sont très dénutris et à très haut risque lorsque cet indice est inférieur à 83,5 %. Cet indice apparaît pertinent pour reconnaître les patients pouvant relever d'une dénutrition périopératoire (*The Veterans affairs total parenteral nutrition cooperative study group*, 1991).

Index pronostique nutritionnel et inflammatoire (PINI)

Cet index a été proposé en 1985 par Ingenbleek et Carpentier. Il associe la mesure de deux protéines de l'inflammation (la C-réactive protéine et l'orosomucoïde ou α 1-glycoprotéine acide) et de deux protéines de la nutrition (albuminémie et transthyréline), selon le rapport suivant :

$$\text{PINI} = [\text{orosomucoïde (mg/l)} \times \text{C-réactive protéine (mg/l)}] / [\text{albumine (g/l)} \times \text{transthyréline (mg/l)}].$$

Cet indice permet de classer les patients en cinq groupes : PINI < 1 : patient non infecté, non dénutri ; PINI = 1 à 10 : patient à faible risque ; PINI = 11 à 20 : risque modéré ; PINI = 21 à 30 : haut risque de complication ; PINI > 30 : risque vital. Il semble également utile en pédiatrie (Pressac et coll., 1990) et facilement réalisable dans la mesure où les dosages effectués par microméthode ne requièrent que 46 ml de sérum.

Indice pronostique d'hospitalisation (hospital prognostic index)

Cet indice est dérivé d'un travail conduit chez 282 patients hospitalisés en milieu médical et chirurgical ayant justifié un avis nutritionnel pour des raisons métaboliques ou thérapeutiques (Harvey et coll., 1981). Cet indice qui prend en compte les concentrations plasmatiques d'albumine, le délai de réponse aux tests de sensibilité cutanée, la présence ou l'absence d'une infection et d'un cancer a une valeur prédictive de mortalité en cours d'hospitalisation de 72 %, une sensibilité de 74 % et une spécificité de 66 %.

Indice de Maastricht

Décrit en 1985 (De Jong et coll., 1985), cet indice prend en considération l'albuminémie, la transthyrétinémie, le nombre de lymphocytes circulants et le poids idéal, selon les tables établies par la *Metropolitan life insurance company*. Il se calcule de la façon suivante :

Index de Maastricht = $20,68 - [0,24 \times \text{albuminémie (g/l)}] - [19,21 \times \text{transthyrétinémie (g/l)}] - [1,86 \times \text{lymphocytes (106/l)}] - [0,04 \times \text{poids idéal}]$

Cet indice permet de classer les patients en deux catégories : dénutris lorsque l'index est supérieur à zéro, et non dénutris lorsqu'il est inférieur ou égal à zéro. Selon ses concepteurs, l'indice de Maastricht permet de classer correctement 93 % des patients avec une sensibilité de 93 % et une spécificité de 94 %. Dans une analyse multivariée portant sur 155 patients hospitalisés en médecine interne et prenant en compte la nature et la sévérité de la maladie, le risque relatif de complications s'élevait à 2,4 lorsque l'indice de Maastricht était supérieur à zéro à l'entrée du patient (Naber et coll., 1997).

Perte de poids et fonction musculaire

Cet indice développé par Windsor et Hill (1988b) repose sur la perte pondérale et la diminution de la force musculaire. Sa valeur prédictive de la survenue de complications postopératoires a été établie chez 102 patients hospitalisés pour chirurgie majeure. La force musculaire a été évaluée par dynamométrie manuelle et par mesure de la pression développée par les muscles respiratoires au cours d'explorations fonctionnelles. Les patients qui présentaient à la fois une perte pondérale supérieure à 10 % de leur poids habituel et une diminution de la force musculaire avaient plus de complications postopératoires (en particulier septiques) et avaient une durée d'hospitalisation plus longue. Aucune différence de mortalité n'était observée entre les groupes. Les patients très dénutris et relevant d'une renutrition préopératoire étaient exclus de cette évaluation. D'autres études manquent pour affirmer l'intérêt de ces deux mesures dans l'évaluation de la dénutrition et de ses risques morbides et mortels.

Indice de McClave

Cet indice (McClave et coll., 1992) permet de classer les patients dans trois groupes de dénutrition protéino-énergétique : une forme hypoalbuminémique correspondant à la phase aiguë de l'agression et aux états de stress ; une forme marasmique par carence d'apport protéino-énergétique et une forme mixte. Le diagnostic de dénutrition hypoalbuminémique repose sur l'association d'au moins trois critères parmi les quatre suivants : albuminémie < 30 g/l, transferrinémie < 2,2 g/l, transthyrétine < 170 mg/l et nombre de lymphocytes totaux < 1 250 par mm³. Une albuminémie < 20 g/l et une transferrinémie < 1 g/l sont considérées comme des critères majeurs qui à eux seuls suffisent pour classer le patient dans la forme hypoalbuminémique de dénutrition. La forme marasmique est définie par un poids < 80 % du poids idéal sans

perturbation biologique. La forme mixte associe perte de poids et anomalie biologique. Sur 180 patients inclus dans cette étude, 45 % présentaient une forme hypoalbuminémique de dénutrition et 25 % une forme marasmique. La forme hypoalbuminémique était plus fréquente dans le sexe féminin que dans le sexe masculin. La forme hypoalbuminémique augmentait la durée d'hospitalisation de 29 % et le coût de la renutrition de 42 %. Le risque relatif de décès était multiplié par 4 dans la forme hypoalbuminémique et le risque de complications septiques par 2,5. La forme marasmique n'a aucune conséquence sur la mortalité, la survenue des complications septiques et la durée d'hospitalisation. Toutefois, elle exerce un effet additif sur l'allongement de l'hospitalisation et le coût de l'assistance nutritionnelle lorsqu'elle est associée à la forme hypoalbuminémique.

En conclusion, les marqueurs de la dénutrition choisis selon le contexte clinique permettent de la reconnaître et d'apprécier sa gravité. Ils permettent également d'en suivre l'évolution. En dehors des situations caricaturales dont nos sociétés occidentales ne sont pas totalement dépourvues et compte tenu de l'extrême diversité et complexité des facteurs étiologiques en cause, aucun marqueur pris isolément ne dispose d'une sensibilité et d'une spécificité suffisantes pour répondre à l'ensemble des questions que soulève la dénutrition en clinique ambulatoire et hospitalière. De plus, l'intérêt clinique d'un marqueur de la dénutrition passe par sa comparaison avec des valeurs de référence et par la définition de seuils pathologiques. De telles valeurs et de tels seuils restent à établir sur la base de données scientifiques (Anonymous, 1996) pour de nombreux marqueurs aujourd'hui disponibles. L'association de marqueurs cliniques (troubles digestifs, anorexie, isolement...), anthropométriques (poids, index de corpulence, circonférence brachiale...), biologiques (créatininurie des 24 heures, albumine plasmatique...) et/ou immunologiques (comptage lymphocytaire, sensibilité cutanée retardée...) est proposée dans un grand nombre de situations. Le choix des associations dépend de l'objectif (dépistage, évaluation du risque de morbidité/mortalité, décision d'une thérapeutique nutritionnelle adaptée), du contexte clinique et technique dans lequel se déroule l'évaluation de l'état nutritionnel (domicile, cabinet médical, hôpital...), du degré d'urgence thérapeutique et de l'expérience de l'évaluateur, qu'il soit praticien ou diététicien. Des grilles d'évaluation multifactorielle ont été élaborées et parfois validées. L'association de marqueurs est également nécessaire à l'étude de nouveaux marqueurs et/ou techniques de mesure de la composition corporelle. C'est dans ce registre que l'impédancemétrie pourrait occuper demain une place de choix dans le diagnostic et le suivi thérapeutique des dénutritions. Le dépistage de la dénutrition, l'appréciation de sa gravité et l'évaluation de l'efficacité de son traitement justifient la répétition des mesures. Le rythme est déterminé par la sensibilité des marqueurs choisis et la situation clinique.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYMOUS. Summary of WIC nutrition risk criteria : a scientific assessment. Committee on Scientific Evaluation of WIC Nutrition Risk Criteria Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academy of Sciences. *J Am Diet Assoc* 1996, **96** : 925-930
- AUSSEL C, CYNOBER L. Marqueurs biochimiques d'une dénutrition et de l'efficacité de la renutrition. In : Exploration de l'état nutritionnel. CYNOBER L, AUSSEL C Eds. Editions Médicales Internationales, Cachan, 1998, 75-98
- BAILEY KV, FERRO-LUZZI A. Use of body mass index of adults in assessing individual and community nutritional status. *Bull World Health Organ* 1995, **73** : 673-680
- BAKER JP, DETSKY AS, WESSON DE, WOLMAN SL, STEWART S et coll. Nutritional assessment : a comparison of clinical judgement and objective measurements. *N Engl J Med* 1982, **306** : 969-972
- BARROCAS A, BISTRAN BR, BLACKBURN GL, CHERNOFF R, LIPSCHITZ DA et coll. Appropriate and effective use of the NSI checklist and screens. An update on caring for the elderly by preventing malnutrition. *J Am Diet Assoc* 1995a, **95** : 647-648
- BARROCAS A, BELCHER D, CHAMPAGNE C, JASTRAM C. Nutrition assessment practical approaches. *Clin Geriatr Med* 1995b, **11** : 675-713
- BERNSTEIN LH. Relationship of nutritional markers to length of hospital stay. *Nutrition* 1995, **11** : 205-209
- BERNSTEIN L, PLEBAN W. Prealbumin in nutrition evaluation. *Nutrition* 1996, **12** : 255-259
- BESHYAH SA, FREEMANTLE C, THOMAS E, PAGE B, MURPHY M, JOHNSTON DG. Comparison of measurements of body composition by total body potassium, bioimpedance analysis, and dual-energy X-ray absorptiometry in hypopituitary adults before and during growth hormone treatment. *Am J Clin Nutr* 1995, **61** : 1186-1194
- BLACKBURN GL, BISTRAN BR, MAINI BS, SCHLAMN HT, SMITH MF. Nutritional and metabolic assessment of the hospitalized patient. *J Parenter Enteral Nutr* 1977, **1** : 11-22
- BOOSALIS MG, OTT L, LEVINE AS, SLAG MF, MORLEY JE et coll. Relationship of visceral proteins to nutritional status in chronic and acute stress. *Crit Care Med* 1989, **17** : 741-747
- BOULIER A, AUBERT R, APFELBAUM M. Bioelectrical impedance : from Thomasset method to multifrequencies. *Age Nutrition* 1994, **5** : 83-89
- BOULIER A, FRICKER J, THOMASSET AL, APFELBAUM M. Fat-free mass estimation by the two-electrode impedance method. *Am J Clin Nutr* 1990, **52** : 581-585
- BROOK CG. Determination of body composition of children from skinfold measurements. *Arch Dis Child* 1971, **46** : 182-184
- BRUCE A, ANDERSON M, ARVIDSSON B, ISAKSSON B. Body composition. Prediction of normal body potassium, body water and body fat in adults on the basis of body height, body weight and age. *Scand J Clin Lab Invest* 1980, **40** : 461-473

BUURKINSHAW L, MORGAN DB, SILVERTON NP, THOMAS RD. Total body nitrogen and its relation to body potassium and fat-free mass in healthy subjects. *Clin Sci* 1981, **61** : 457-462

BUYUKGEBIZ B, EROGLU Y, BUYUKGEBIZ A. Anthropometric and nutritional evaluation of short statured children from low socio-economic class. *J Pediatr Endocrinol Metab* 1996, **9** : 189-192

BUZBY GP, MULLEN JL, MATTHEWS DC, HOBBS CL, ROSATO EF. Prognostic nutritional index in gastrointestinal surgery. *Am J Surg* 1980, **139** : 160-167

BUZBY GP, KNOX LS, CROSBY LO, EISENBERG JM, HAAKENSEN CM et coll. Study protocol : a randomized clinical trial of total parenteral nutrition in malnourished surgical patients. *Am J Clin Nutr* 1988, **47** : 366-381

CARPENTIER YA, BARTHEL J, BRUYNS J. Plasma protein concentration in nutritional assessment. *Proc Nutr Soc* 1982, **41** : 405-417

CHERTOW GM, LOWRIE EG, WILMORE DW, GONZALEZ J, LEW NL et coll. Nutritional assessment with bioelectrical impedance analysis in maintenance hemodialysis patients. *J Am Soc Nephrol* 1995, **6** : 75-81

CHESKIN LJ, FONTAINE KR, LASNER LA, STRIDIRON C, KATZ PO. Improved detection of malnutrition by medical housestaff following focused-teaching intervention. *J Gen Intern Med* 1996, **11** : 548-550

CHRISTIE PM, HILL GL. Effect of intravenous nutrition on nutrition and function in acute attacks of inflammatory bowel disease. *Gastroenterology* 1990, **99** : 730-736

CHUMLEA WC, ROCHE AF, STEINBAUGH ML. Estimating stature from knee height for persons 60 to 90 years of age. *J Am Geriatr Soc* 1985, **33** : 116-120

CLARK MA, HENTZEN BHT, PLANK LD, HILL GL. Sequential changes in insulin-like growth factor 1, plasma proteins, and total body protein in severe sepsis and multiple injury. *J Parenter Enteral Nutr* 1996, **20** : 363-370

CLEMMONS DR, SEEK MM, UNDERWOOD LE. Supplemental essential amino acids augment the somatomedin-C/insulin-like growth factor 1 response to refeeding after fasting. *Metabolism* 1985a, **34** : 391-395

CLEMMONS DR, UNDERWOOD LE, DICKERSON RN, BROWN RO, HAK LJ et coll. Use of plasma somatomedin-C/insulin-like growth factor 1 measurements to monitor the response to nutritional repletion in malnourished patients. *Am J Clin Nutr* 1985b, **41** : 191-198

COLLINS S. Using middle upper arm circumference to assess severe adult malnutrition during famine. *JAMA* 1996, **276** : 391-395

COMERCI GD. Setting standards of care for diagnosis and treatment of adolescents with eating disorders. *J Adolesc Health* 1995, **16** : 416-417

CONCEICAO J, VELLAS B, GHISOLFI-MARQUE A, SUC I, LAUQUE S et coll. Étude des marqueurs anthropométriques au sein d'une population de 224 sujets âgés vivant en maison de retraite. *L'Année Gériatologique* 1994, **8** : 157-164

CONSTANS T, GUILMOT JL, CHOUTET P, LOUBRIEU G, GARRIGUE MA, COUET C, LAMISSE F. Évaluation anthropométrique et biologique de 44 patients présentant une malnutrition protéino-énergétique. *Rev Med Interne* 1985, **6** : 19-26

CONSTANS T, BACQ Y, COUET C, LASFARGUES G, LAMISSE F L'évaluation de la malnutrition protéino-énergétique. *Sem Hôp Paris* 1987, **63** : 515-524

CONSTANS T, BACQ Y, BERTRAND P, BEAUGERIE A, BABAULT C et coll. The anthropometric norms are not suitable to assess the nutritional status of a French population. *Clin Nutr* 1990, **9** : 168-171

CONSTANS T, BRUYERE A, RAPIN CH, MENSI N. Serum proteins as mortality index in elderly patients. *Am J Clin Pathol* 1991, **96** : 554-555

COUET C. Utilisation des marqueurs biologiques dans la validation des enquêtes alimentaires : l'apport énergétique. *Dossier Scientifique de l'IFN* 1996, **8** : 63-65

COUET C, DELARUE J, RITZ P, ANTOINE JM, LAMISSE F Effect of dietary fish oil on body fat mass and basal fat oxidation in healthy adults. *Int J Obesity* 1997, **21** : 637-643

CUNNINGHAM JJ. Body composition and nutrition support in pediatrics : what to defend and how soon to begin. *Nutr Clin Pract* 1995, **10** : 177-182

DALEY BJ, MALIAKKAL RJ, DREESEN EB, DRISCOLL DE, BISTRIAN BR. Rapid clinical assessment of kidney function based on arm muscle circumference and serum creatinine. *Nutrition* 1994, **10** : 128-131

DE JONG PC, WESDROP RI, VOLOVICS A, ROUFFART M, GREEP JM, SOETERS PB. The value of objective measurements to select patients who are malnourished. *Clin Nutr* 1985, **4** : 61-66

DELARUE J, COUET C, CONSTANS T, LAMISSE F Modifications des métabolismes énergétique, glucidique, protéique et lipidique au cours de l'agression aiguë. *Gastroenterol Clin Biol* 1990, **14** : 41-50

DELARUE J, CONSTANS T, MALVY D, PRADIGNAC A, COUET C, LAMISSE F Anthropometric values in an elderly French population. *Br J Nutr* 1994, **71** : 295-302

DEMPSEY DT, MULLEN JL. Prognostic value of nutritional indices. *J Parenter Enteral Nutr* 1987, **11** : 109S-114S

DETSKY AS, MCLAUGHLIN JR, BAKER JP, JOHNSTON N, WHITTAKER S et coll. What is subjective global assessment of nutritional status ? *J Parenter Enteral Nutr* 1987, **11** : 8-13

DETSKY AS, SMALLLEY PS, CHANG J. Is this patient malnourished ? *JAMA* 1994, **271** : 54-58

DEURENBERG P, PIETERS JJ, HAUTVAST JG. The assessment of the body fat percentage by skinfold thickness measurements in childhood and young adolescence. *Br J Nutr* 1990a, **63** : 293-303

DEURENBERG P, VAN DER KOOY K, HAUTVAST JG. The assessment of the body composition in the elderly by densitometry, anthropometry and bioelectrical impedance. *Basic Life Sci* 1990b, **55** : 391-393

DURNIN JV, WOMERSLEY J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness : measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr* 1974, **32** : 77-97

DURNIN JV. Low body mass index, physical work capacity and physical activity levels. *Eur J Clin Nutr* 1994, **48** : S39-S43

DWYER JT, GALLO JJ, REICHEL W. Assessing nutritional status in elderly patients. *Am Fam Physician* 1993, **47** : 613-620

EDWARDS DA, HAMMOND WH, HEALY MJR, TANNER JM, WITHEHOUSE RH. Design and accuracy of calipers for measuring subcutaneous tissue thickness. *Br J Nutr* 1955, **9** : 133-143

ELIA M. Energy expenditure in the whole body. In : Energy metabolism : tissue determinants and cellular corollaries. KINNEY JM, TUCKER HN, Eds. Raven Press, New York, 1992, 19-59

FANELLI FR. Biochemical indices may not accurately reflect changes in nutritional status after allogeneic bone marrow transplantation. *Nutrition* 1995, **11** : 433-436

FERGUSON RP, O'CONNOR P, CRABTREE B, BATCHELOR A, MITCHELL J, COPPOLA D. Serum albumin and prealbumin as predictors of clinical outcomes of hospitalized elderly nursing home residents. *J Am Geriatr Soc* 1993, **41** : 545-549

FERRO-LUZZI A, JAMES WP. Adult malnutrition : simple assessment techniques for use in emergencies. *Br J Nutr* 1996, **75** : 3-10

FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIETARY ASSESSMENT METHODS. Assessing Diets to improve World Health. *Am J Clin Nutr* 1992, **59** : 143S-280S

FLETCHER JP, LITTLE JM, GUEST PK. A comparison of serum transferrin and serum prealbumin as nutritional parameters. *J Parenter Enteral Nutr* 1987, **11** : 144-147

FORBES GB, BRUINING GJ. Urinary creatinine excretion and lean body mass. *Am J Clin Nutr* 1976, **29** : 1359-1366

FOSTER KR, LUKASKI HC. Whole-body impedance : what does it measure ? *Am J Clin Nutr* 1996, **64** : S388-S396

FRANCOIS PJ, JAMES WP. An assessment of nutritional factors affecting the BMI of a population. *Eur J Clin Nutr* 1994, **48** : S110-S114

FRISANCHO AR. New standards of weight and body composition by frame size and height for assessment of nutritional status of adults and the elderly. *Am J Clin Nutr* 1984, **40** : 808-819

FRISONI GB, FRANZONI S, ROZZINI R, FERRUCCI L, BOFFELLI S, TRABUCCHI M. A nutritional index predicting mortality in the nursing home. *J Am Geriatr Soc* 1994, **42** : 1167-1172

GOLDSMITH B. Nutritional assessment in pediatric patients : how can the laboratory help ? *Pediatr Pathol Lab Med* 1996, **16** : 1-7

GUIGOZ Y, VELLAS B, GARRY PJ. Assessing the nutritional status of the elderly : The Mini Nutritional Assessment as part of the geriatric evaluation. *Nutr Rev* 1996, **54** : S59-S65

HAM RJ. The signs and symptoms of poor nutritional status. *Prim Care* 1994, **21** : 33-54

HARVEY KB, MOLDAWER LL, BISTRIAN BR, BLACKBURN GL. Biological measures for the formulation of a hospital prognostic index. *Am J Clin Nutr* 1981, **34** : 2013-2022

HAWKER FH, STEWART PM, BAXTER RC, BORKMANN M, TAN K et coll. Relationship of somatomedin-C/insulin-like growth factor I levels to conventional nutritional indices in critically ill patients. *Crit Care Med* 1987, **15** : 732-736

HERNDON AS. Using the Nutrition Screening Initiative to survey the nutritional status of clients participating in a home delivered meals program. *J Nut Elderly* 1995, **14** : 15-29

HEYMSFIELD SB, MCMANUS C, SMITH J, STEVENS V, NIXON DW. Anthropometric measurement of muscle mass : revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *Am J Clin Nutr* 1982a, **36** : 680-690

HEYMSFIELD SB, MCMANUS C, STEVENS V, SMITH J. Muscle mass : reliable indicator of protein-energy malnutrition severity and outcome. *Am J Clin Nutr* 1982b, **35** : 1192-1199

HEYMSFIELD SB, TEVENS V, NOEL R, MCMANUS C, SMITH J, S NIXON DW. Biochemical composition of muscle in normal and semistarved subjects : relevance to anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr* 1982c, **36** : 131-142

HEYMSFIELD SB, ARTEAGA C, MCMANUS C, SMITH J, MOFFITT S. Measurement of muscle mass in humans : validity of the 24-hour urinary creatinine method. *Am J Clin Nutr* 1983, **37** : 478-494

HEYMSFIELD SB, WILLIAMS PJ. Nutritional Assessment by Clinical and Biochemical Methods. In : Modern Nutrition in Health and Disease. 7th Edition. SHILS ME, YOUNG VR Eds, Lea and Febiger, Philadelphia, 1988, 817-860

HILL GL, BRADLEY JA, COLLINS JP, MCCARTHY I, OXBY CB, BURKINSHAW L. Fat-free body mass from skinfold thickness : a close relationship with total body nitrogen. *Br J Nutr* 1978, **39** : 403-405

HILL GL. The clinical assessment of adult patients with protein energy malnutrition *Nutr Clin Pract* 1995, **10** : 129-130

INGENBLEEK Y, DE VISSCHER M, DE NAYER P. Measurement of prealbumin as index of protein-calorie malnutrition. *Lancet* 1972, **2** : 106-109

INGENBLEEK Y, VAN DEN SCHRIECK HG, DE NAYER P, DE VISSCHER M. The role of retinol-binding protein in protein-calorie malnutrition. *Metabolism* 1975, **24** : 633-641

INGENBLEEK Y, CARPENTIER YA. A pronostic inflammatory and nutritional index scoring critically ill patients. *Int J Vit Nutr Res* 1985, **55** : 91-101

JAMES WP, FRANCOIS PJ. The choice of cut-off point for distinguishing normal body weights from underweight or 'chronic energy deficiency' in adults. *Eur J Clin Nutr* 1994, **48** : S179-S184

JEEJEEBHOY KN, BAKER JP, WOLMAN SL, WESSON DE, LANGER B et coll. Critical evaluation of the role of clinical assessment and body composition studies in patients with malnutrition and after total parenteral nutrition. *Am J Clin Nutr* 1982, **35** : 1117-1127

JEEJEEBHOY KN. Muscle function and energetics. In : Metabolic support of the critically ill patients. WILMORE DW, CARPENTIER YA Eds. Berlin, Springer-Verlag. 1993, **17** : 46-62

JELLIFFE EF, JELLIFFE DB. The arm circumference as a public health index of protein-calorie of early childhood. Current conclusions. *J Trop Pediatr* 1969, **15** : 179-188

KELLER HH. Use of serum albumin for diagnosing nutritional status in the elderly – is it worth it ? *Clin Biochem* 1993, **26** : 435-437

KING RFGJ, MCMAHON MJ, BURKINSHAW L, LAUGHLAND A, ALMOND DJ, YEUNG CK, SMITH RC. A comparison of changes in body nitrogen measured by in vivo neutron activation analysis and urinary nitrogen balance. *Clin Nutr* 1988, **7** : 231-236

KLIPSTEIN-GROBUSCH K, REILLY JJ, POTTER J, EDWARDS CA, ROBERTS MA. Energy intake and expenditure in elderly patients admitted to hospital with acute illness. *Br J Nutr* 1995, **73** : 323-334

KNIGHT GS, BEDDOE AH, STREAT SJ, HILL GL. Body composition of two human cadavers by neutron activation and chemical analysis. *Am J Physiol* 1986, **250** : E179-E185

KOTLER DP, BURASTERO S, WANG J, PIERSON RN JR. Prediction of body cell mass, fat-free mass, and total body water with bioelectrical impedance analysis : effects of race, sex, and disease. *Am J Clin Nutr* 1996, **64** : S489-S497

LABBE RF, VELDEE MS. Nutrition in the clinical laboratory. *Clin Lab Med* 1993, **13** : 313-327

LAMISSE F, CONSTANS T, RIVOL M, BRECHOT JF, GARRIGUE MA, LE MARCHAND P, COUET C, VALAT C. Régime hypocalorique et hyperprotidique chez l'obèse : variations de la masse maigre. *Rev Méd Interne* 1984, **5** : 191-199

LAMISSE F. Evaluation de l'état nutritionnel péri-opératoire. *Cah Nutr Diet* 1995, **30** : 278-282

LAMISSE F. Evaluation de la prise alimentaire. In : *Traité de Médecine*. 3^{ème} Édition. GODEAU P, HERSON S, PETTE JC Eds. Flammarion Médecine-Sciences, Paris, 1996, 1414-1417

LANDIN-WILHELMSSEN K, WILHELMSSEN L, LAPPAS G, ROSEN T, LINDSTEDT G et coll. Serum insulin-like growth factor I in a random population sample of men and women : relation to age, sex, smoking habits, coffee consumption and physical activity, blood pressure and concentrations of plasma lipids, fibrinogen, parathyroid hormone and osteocalcin. *Clin Endocrinol* 1994, **41** : 351-357

LANSEY S, WASLIEN C, MULVIHILL M, FILLIT H. The role of anthropometry in the assessment of malnutrition in the hospitalized frail elderly. *Gerontology* 1993, **39** : 346-353

LAUQUE S, FAISANT C, BOURDILLE S, VELLAS B, ALBAREDE JL. Nutritional evaluation of the elderly patient. A much used test : the mini-nutritional assessment (MNA). *Soins Gériatrie* 1996, **25**-27

LAUVIN R, PICOT D, BOUCQ C, HELLEGOUARC'H R. Measurement of energy expenditure at rest in nutritional disorders. Study in 229 patients. *Rev Méd Interne* 1996, **17** : 535-540

LEITER LA, MARLISS EB. Survival during fasting may depend on fat as well as protein stores. *JAMA* 1982, **248** : 2306-2307

LENNMARKEN C, BERGMAN T, LARSSON J, LARSSON LE. Skeletal muscle function in man : force, relaxation rate, endurance and contraction time-dependence on sex and age. *Clin Physiol* 1985, **5** : 243-255

LIPSCHITZ DA. Screening for nutritional status in the elderly. *Prim Care* 1994, 21 : 55-67

LIVINGSTONE MB, PRENTICE AM, STRAIN JJ, COWARD WA, BLACK AE et coll. Accuracy of weighed dietary records in studies of diet and health. *Br Med J* 1990, 300 : 708-712

LOPES J, RUSSELL D, WHITWELL J. Skeletal muscle function in malnutrition. *Am J Clin Nutr* 1982, 36 : 602-610

LUKASKI HC. Method for the assesement of human body composition : traditional and new. *Am J Clin Nutr* 1987, 46 : 537-556

LUKASKI HC. Biological indexes considered in the derivation of the bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr* 1996, 64 : 397S-404S

LUPO L, PANNARALE O, ALTOMARE D, MEMEO V, RUBINO M. Reliability of clinical judgement in evaluation of the nutritional status of surgical patients. *Br J Surg* 1993, 80 : 1553-1556

MATTOX TW, BROWN RO, BOUCHER BA, BUONPANE EA, FABIAN TC, LUTHER RW. Use of fibronectin and somatomedin-C as markers of enteral nutrition support in traumatized patients using a modified amino acid formula. *J Parenter Enteral Nutr* 1988, 12 : 592-596

MCCLAVE SA, MITORAJ TE, THIELMEIER KA, GREENBURG RA. Differentiating subtypes (hypoalbuminemic vs marasmic) of protein-calorie malnutrition : incidence and clinical significance in a university hospital setting. *J Parenter Enteral Nutr* 1992, 16 : 337-342

MCWILLIAM DB. Relationship of somatomedin-C/insulin-like growth factor 1 levels to conventional nutritional indices in critically ill patients. *Crit Care Med* 1987, 15 : 732-736

MEARS E. Outcomes of continuous process improvement of a nutritional care program incorporating serum prealbumin measurements. *Nutrition* 1996, 12 : 479-484

MELCHIOR JC. Comment évaluer l'état nutritionnel préopératoire ? *Ann Fr Anesth Réanim* 1995, 14 : 19-26

MINUTO F, BARRECA A, ADAMI F, FIORTINI P, DELMONTE P et coll. Insulin-like growth factor 1 in human malnutrition : relationship with some body composition and nutritional parameters. *J Parenter Enteral Nutr* 1989, 13 : 392-396

MORABIA A, DONATH A. Assesement of whole-body composition with dual-energy x-ray absorptiometry. *Radiology* 1992, 185 : 593-598

MORGAN DB, BURKINSHAW L. Estimation of non-fat body tissues from measurements of skinfold thickness, total body potassium and total body nitrogen. *Clin Sci* 1983, 65 : 407-414

MULLEN JL, BUZBY GP, WALDMAN MT, GERTNER MH, HOBBS CL, ROSATO EF. Prediction of operative morbidity and mortality by preoperative nutritional assessment. *Surg Forum* 1979, 30 : 80-82

MUNRO HN, YOUNG VR. The urinary excretion of NT-methylhistidine : a tool to study metabolic responses in relation to nutrient and hormonal status in health and disease in man. *Am J Clin Nutr* 1978, 31 : 1608-1616

MUNRO HN, CRIM MC. The proteins and amino acids. In : Modern Nutrition in Health and Disease. SHILLS ME, YOUNG VR Eds. 7th edition, Lea and Febiger, Philadelphia, 1998, 1-37

MUSCARITOLI M, CONVERSANO L, CANGIANO C, CAPRIA S, LAVIANO A, ARCESE W, FANELLI FR. Biochemical indices may not accurately reflect changes in nutritional status after allogeneic bone marrow transplantation. *Nutrition* 1995, **11** : 433-436

NABER THJ, SCHERMER T, DE BREE A, NUSTELING K, EGGINK L et coll. Prevalence of malnutrition in nonsurgical hospitalized patients and its association with disease complications. *Am J Clin Nutr* 1997, **66** : 1232-1239

NAGEL MR. Nutrition screening : identifying patients at risk for malnutrition. *Nutr Clin Pract* 1993, **8** : 171-175

NIGHTINGALE JM, WALSH N, BULLOCK ME, WICKS AC. Three simple methods of detecting malnutrition on medical wards. *J R Soc Med* 1996, **89** : 144-148

NIKOLAUS T, BACH M, SIEZEN S, VOLKERT D, OSTER P, SCHLIERF G. Assessment of nutritional risk in the elderly. *Ann Nutr Metab* 1995, **39** : 340-345

OGUNKEYE OO, IGHOGBOJA SI, ADENIYI KO. Does serum albumin/phospholipid index better reflect overall protein status in man ? *Int J Food Sci Nutr* 1996, **47** : 209-211

OLINTO MTA, GOMES VICTORA C, BARROS FC, PETRUCCI GIGANTE D. Twenty-four-hour recall overestimates the dietary intake of malnourished children. *J Nut* 1995, **125** : 880-884

PASCAL LR, GROSSMAN MI, SLOANE HN, FRANKEL T. Correlations between thickness of skinfolds and body density in 88 soldiers. *Human Biol* 1956, **28** : 165-176

PENCHARZ PB, AZCUE M. Use of bioelectrical impedance analysis measurements in the clinical management of malnutrition. *Am J Clin Nutr* 1996, **64** : 485S-488S

PICHARD C, KYLE UG, JANSSENS JP, BURDET L, ROCHAT T et coll. Body composition by x-ray absorptiometry and bioelectrical impedance in chronic respiratory insufficiency patients. *Nutrition* 1997, **13** : 952-958

POTTER J, KLIPSTEIN K, REILLY JJ, ROBERTS M. The nutritional status and clinical course of acute admissions to a geriatric unit. *Age Ageing* 1995, **24** : 131-136

PRESSAC M, VIGNOLI L, AYMARD P, INGENBLEEK Y. Usefulness of a prognostic inflammatory and nutritional index in pediatric clinical practice. *Clin Chim Acta* 1990, **188** : 129-136

PRUDHON C, BRIEND A, LAURIER D, GOLDEN MHN, MARY JY. Comparison of weight- and height-based indices for assessing the risk of death in severely malnourished children. *Am J Epidemiol* 1996, **144** : 116-123

REINHARDT GE, MYSCOFSKI JW, WILKENS DB, DOBRIN PB, MANGAN JE JR, STANNARD RT. Incidence and mortality of hypoalbuminemic patients in hospitalized veterans. *J Parenter Enteral Nutr* 1980, **4** : 357-359

REUBEN DB, GREENDALE GA, HARRISON GG. Nutrition screening in older persons. *J Am Geriatr Soc* 1995, **43** : 415-425

ROCHAT T, SLOSMAN DO, PICHARD C, BELLI DC. Body composition analysis by dual-energy x-ray absorptiometry in adults with cystic fibrosis. *Chest* 1994, **106** : 800-805

- RODRIGUES ME, MELO MC, REIS FJ, PENNA FJ. Concentration of electrolytes in the sweat of malnourished children. *Arch Dis Child* 1994, **71** : 141-143
- ROLLAND-CACHERA MF, COLE TJ, SEMPE M, TICHET J, ROSSIGNOL C, CHARRAUD A. Body mass index variations : centiles from birth to 87 years. *Eur J Clin Nutr* 1991, **45** : 13-21
- ROZA A, SHIZGAL H. The Harris-Benedict equation reevaluated : resting energy requirements and the body cell mass. *Am J Clin Nutr* 1984, **40** : 168-182
- ROZA AM, TUITT D, SHIZGAL HM. Transferrin-a poor measure of nutritional status. *J Parenter Enteral Nutr* 1984, **8** : 523-528
- RUDMAN D, MATTSON DE, FELLER AG, NAGRAJ HS. A mortality risk index for men in a Veterans Administration extended care facility. *J Parenter Enteral Nutr* 1989, **13** : 189-195
- RUDMAN D, FELLER AG. Protein-calorie undernutrition in the nursing home. *J Am Geriatr Soc* 1989, **37** : 173-183
- SABA TM, BLUMENSTOCK FA, SHAH DM, LANDABURU RH, HRINDA ME, DENO DC et coll. Reversal of opsonic deficiency in surgical, trauma, and burn patients by infusion of purified human plasma fibronectin. Correlation with experimental observations. *Am J Med* 1986, **80** : 229-240
- SABA TM. Plasma fibronectin. *Br J Hosp Med* 1986, **36** : 364
- SANAKA T, SHINOBE M, ANDO M, HIZUKA N, KAWAGUCHI H, NIHEI H. IGF-I as an early indicator of malnutrition in patients with end-stage renal disease. *Nephron* 1994, **67** : 73-81
- SANDBERG LB, OWENS AJ, VANREKEN DE, HOROWITZ B, FREDELL JE et coll. Improvement in plasma protein concentrations with fibronectin treatment in sever malnutrition. *Am J Clin Nutr* 1990, **52** : 651-656
- SCHOFIELD WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr* 1985, **39** : 5-41
- SCRIMSHAW NS. Criteria for valid nitrogen balance measurement of protein requirements. *Eur J Clin Nutr* 1996, **50** : Suppl 1 : S196-S197
- SELTZER MH, BASTIDAS JA, COOPER DM, ENGLER P, SLOCUM B, FLETCHER HS. Instant nutritional assessment. *J Parenter Enteral Nutr* 1979, **3** : 157-159
- SELTZER MH, FLETCHER HS, SLOCUM BA, ENGLER PE. Instant nutritional assessment in the intensive care unit. *J Parenter Enteral Nutr* 1981, **5** : 70-72
- SHENKIN A, CEDERBLAD G, ELIA M, ISAKSSON B. International federation of clinical chemistry. Laboratory assessment of protein-energy status. *Clin Chim Acta* 1996, **253** : S5-59
- SHETTY PS, WATRASIEWICZ KE, JUNG RT, JAMES WP. Rapid-turnover transport proteins : an index of subclinical protein-energy malnutrition. *Lancet* 1979, **2** : 230-232
- SHETTY PS, JAMES WP. Body mass index. A measure of chronic energy deficiency in adults. *FAO Food Nutr Pap* 1994, **56** : 1-57
- SHETTY PS, SOARES MJ, JAMES WP. Body mass index : its relationship to basal metabolic rates and energy requirements. *Eur J Clin Nutr* 1994, **48** : S28-S37

SIMONS JP, SCHOLS A, WESTERTERP KR, TEN VELD GPM, WOUTERS E. The use of bioelectrical impedance analysis to predict total body water in patients with cancer cachexia. *Am J Clin Nutr* 1995, **61** : 741-745

SJOLIN J, STERNSTROM H, HENNEBERG S, ANDERSON EG, FRIMAN G, LARSON J. Exchange of 3-methylhistidine in the splanchnic region in human infection. *Am J Clin Nutr* 1989, **50** : 1407-1414

SLOSMAN DO, CASEZ JP, PICHARD C, ROCHAT T, FERY F et coll. Assessment of whole-body composition with dual-energy x-ray absorptiometry. *Radiology* 1992, **185** : 593-598

SPIEKERMAN AM. Proteins used in nutritional assessment. *Clin Lab Med* 1993, **13** : 353-369

SPURR GB, BARAC-NIETO M, LOTERO H, DAHNERS HW. Comparisons of body fat estimated from total body water and skinfold thicknesses of undernourished men. *Am J Clin Nutr* 1981, **34** : 1944-1953

STUDLEY HO. Percentage of weight loss : a basic indicator of surgical risk in patients with chronic peptic ulcer. *JAMA* 1936, **106** : 458-460

SULLIVAN DH, CARTER WJ. Insulin-like growth factor I as an indicator of protein-energy undernutrition among metabolically stable hospitalized elderly. *J Am Coll Nutr* 1994, **13** : 184-191

TANNER JM, WHITEHOUSE RH. Standards for subcutaneous fat in British children. Percentiles for thickness of skinfolds over triceps and below scapula. *Br J Nutr* 1962, **1** : 446-450

THE VETERANS AFFAIRS TOTAL PARENTERAL NUTRITION COOPERATIVE STUDY GROUP. Perioperative total parenteral nutrition in surgical patients. *N Eng J Med* 1991, **325** : 525-532

THULUVATH PJ, TRIGER DR. How valid are our reference standards of nutrition ? *Nutrition* 1995, **11** : 731-733

TORUN B, VITERI FE. Protein-energy malnutrition. In : *Modern Nutrition in Health and Disease*. 7th Edition. SHILS ME, YOUNG VR Eds. Lea and Febiger, Philadelphia, 1988, 746-773

TOTHILL P. Review : Dual-energy X-ray absorptiometry for the measurement of bone and soft tissue composition. *Clin Nutr* 1995, **14** : 263-268

TROWBRIDGE FL, HINER CD, ROBERTSON AD. Arm muscle indicators and creatinine excretion in children. *Am J Clin Nutr* 1982, **36** : 691-696

UNTERMAN TG, VAZQUEZ RM, SLAS AJ, MARTYN PA, PHILLIPS LS. Nutrition and somatomedin. XIII. Usefulness of somatomedin-C in nutritional assessment. *Am J Med* 1985, **78** : 228-234

VAILAS LI, NITZKE SA. Screening for risk of malnutrition in Wisconsin's elderly. *Wis Med J* 1995, **94** : 495-499

VAN HOEYWEGHEN RJ, DE LEEUW IH, VANDEWOUDE MFJ. Creatinine arm index as alternative for creatinine height index. *Am J Clin Nutr* 1992, **56** : 611-615

VAZ M, THANGAM S, PRABHU A, SHETTY PS. Maximal voluntary contraction as a functional indicator of adult chronic undernutrition. *Br J Nutr* 1996, **76** : 9-15

VELLAS B, CHUMLEA WC, BEZIAT F, GHISOLFI-MARQUE A, GUO S et coll. Étude des normes anthropométriques dans une population française de 492 personnes âgées en bonne santé et vivant à domicile. *L'Année Gériatrique* 1992, 203-217

VISSER M, DE GROOT LC, DEURENBERG P, VAN STAVEREN WA. Validation of dietary history method in a group of elderly women using measurements of total energy expenditure. *Br J Nutr* 1995, 74 : 775-785

WANG J, KOTLER DP, RUSSEL M, BURASTERO S, MAZARIEGOS M et coll. Body-fat measurement in patients with acquired immunodeficiency syndrome : which method should be used ? *Am J Clin Nutr* 1992, 56 : 963-967

WANG ZM, GALLAGHER D, NELSON ME, MATTHEWS DE, HEYMSFIELD SB. Total-body skeletal muscle mass : evaluation of 24-h urinary creatinine excretion by computerized axial tomography. *Am J Clin Nutr* 1996, 63 : 863-869

WEBB AR, NEWMAN LA, TAYLOR M, KEOGH JB. Hand grip dynamometer as a predictor of postoperative complications : reappraisal using age standardized grip strengths. *J Parenter Enteral Nutr* 1989, 13 : 30-33

WINDSOR JA, HILL GL. Grip strength : a measure of the proportion of protein loss in surgical patients. *Br J Surg* 1988a, 75 : 880-82

WINDSOR JA, HILL GL. Weight loss with physiologic impairment. A basic indicator of surgical risk. *Ann Surg* 1988b, 207 : 290-296

WINDSOR JA. Underweight patients and the risks of major surgery. *World J Surg* 1993, 17 : 165-172

WOLINSKY FD, COE RM, MCINTOSH WA, KUBENA KS, PRENDERGAST JM et coll. Progress in the development of a nutritional risk index. *J Nutr* 1990, 120 : 1549-1553

WRIGHT RA. Nutritional assessment. *JAMA* 1980, 244 : 559-560

YOUNG VR, MUNRO HN. N^T-methylhistidine (3-methylhistidine) and muscle protein turnover : an overview. *Fed Proc* 1978, 37 : 2291-2300