



Promotion Santé Suisse

Document de travail 8

Validité et pertinence de l'index de masse corporelle (IMC) comme indice de surpoids et de santé au niveau individuel ou épidémiologique

Promotion Santé Suisse est une fondation soutenue par les cantons et les assureurs maladie. En vertu de son mandat légal (Loi sur l'assurance-maladie, art. 19), elle exécute des mesures destinées à promouvoir la santé. La Fondation est soumise au contrôle de la Confédération. Son organe de décision suprême est le Conseil de Fondation. Deux bureaux, l'un à Berne et l'autre à Lausanne, en forment le secrétariat. Actuellement, chaque personne verse, en Suisse, un montant de CHF 2.40 par année en faveur de Promotion Santé Suisse. Ce montant est encaissé par les assureurs maladie pour le compte de la Fondation.

Dans la série «**Document de travail de Promotion Santé Suisse**», la Fondation publie des travaux réalisés par elle-même ou sur mandat. Ces documents de travail ont pour objectif de soutenir les expertes et experts dans la mise en place de mesures dans le domaine de la promotion de la santé et de la prévention. Le contenu de ces derniers est de la responsabilité de leurs auteurs. Les documents de travail de Promotion Santé Suisse sont généralement disponibles sous forme électronique (PDF).

Impressum

Editeur

Promotion Santé Suisse

Auteur

Davide Malatesta (Ph. D., MER)

Responsabilité Promotion Santé Suisse

Jvo Schneider, Co-responsable Poids corporel sain, Gestion globale

Nicolas Sperisen, Responsable de projets Gestion des impacts

Source et numéro

Promotion Santé Suisse, Document de travail 8

Référence bibliographique

Malatesta D. (2013). *Validité et pertinence de l'index de masse corporelle (IMC) comme indice de surpoids et de santé au niveau individuel ou épidémiologique*. Institut des Sciences du Sport de l'Université de Lausanne, Faculté de biologie et de médecine – Département de physiologie. (Promotion Santé Suisse Document de travail 8). Berne: Promotion Santé Suisse.

Source image de couverture

iStockphoto

Renseignements et informations

Promotion Santé Suisse

Avenue de la Gare 52, CH-1003 Lausanne

Tél. +41 21 345 15 15, fax +41 21 345 15 45

office.lausanne@promotionsante.ch

www.promotionsante.ch > poids corporel sain/bases

Texte original

Français

Commandes

office.lausanne@promotionsante.ch

Numéro de commande

02.0019.FR 08.2013

Cette publication est également disponible en allemand (numéro de commande: 02.0019.DE 08.2013)

Téléchargement du fichier PDF

www.promotionsante.ch > poids corporel sain/bases

ISSN: 2296-5696

© Promotion Santé Suisse, août 2013

Table des matières

Editorial	5
1 Résumé	6
2 Modification de la composition corporelle et son implication dans le développement des pathologies secondaires liées à l'obésité	7
3 Méthodes de mesure de la composition corporelle	8
3.1 Méthodes directes	8
3.1.1 Activation neutronique	8
3.1.2 Dilution isotopique (mesure de l'eau corporelle)	8
3.1.3 Comptage du potassium 40	8
3.1.4 Densitométrie	9
3.1.5 Absorption biphotonique (Dual-Energy X-ray Absorptiometry, DXA ou DEXA)	9
3.1.6 Tomodensitométrie (Computed Tomography)	9
3.1.7 Imagerie par rayonnement magnétique (IRM)	9
3.2 Méthodes indirectes	10
3.2.1 Mesures anthropométriques	10
3.2.1.1 Masse corporelle	10
3.2.1.2 Taille	10
3.2.1.3 Tour de taille	10
3.2.1.4 Tour de taille sur tour des hanches	12
3.2.1.5 Indice de masse corporelle (IMC)	12
3.2.1.6 Indice d'adiposité corporelle (IAC, Body Adipose Index, BAI)	12
3.2.1.7 Plis cutanés	13
3.2.2 Impédancemétrie	13
4 Indice de masse corporelle (IMC)	15
4.1 Historique	15
4.2 L'indice de masse corporelle (IMC) chez l'adulte	16
4.2.1 Relation entre l'indice de masse corporelle et la composition de la masse corporelle	17
4.2.2 Relation entre l'indice de masse corporelle et les risques de comorbidité et de mortalité	18
4.2.3 Limites de la mesure de l'indice de masse corporelle	19
4.3 L'indice de masse corporelle (IMC) chez l'enfant	19
4.4 L'indice de masse corporelle et recommandations en Suisse	21
5 Synthèse des interviews	23
6 Conclusions	25
7 Références	26

Annexes

Annexe I: Indice de masse corporelle (IMC, Body Mass Index, BMI) en fonction de l'âge (garçons 5-19 ans)	32
Annexe II: Indice de masse corporelle (IMC, Body Mass Index, BMI) en fonction de l'âge (filles 5-19 ans)	33
Annexe III: Questions pour les interviews en français	34
Annexe IV: Questions pour les interviews en anglais	35

Editorial

Un poids corporel sain – notre priorité à long terme

En 2007, 30,4% de la population suisse âgée de 18 ans et plus était en surpoids et 8,2% souffrait d'obésité. Les dernières enquêtes montrent que ces problèmes touchent 17,5% des élèves en moyenne. Un engagement systématique face à un phénomène qui a pris depuis des années les proportions d'une épidémie mondiale est impératif car le risque de développer différentes maladies augmente en fonction de l'indice de masse corporelle (IMC). Il est donc essentiel d'empêcher l'apparition même du surpoids ou de l'obésité. Le domaine «Poids corporel sain» est donc un élément central de la stratégie à long terme 2007–2018 de Promotion Santé Suisse. Avec nos partenaires cantonaux, nous investissons une grande partie de nos ressources dans le domaine du poids corporel sain chez les enfants et les adolescents. L'objectif à long terme est d'augmenter la part de la population ayant un poids corporel sain. Grâce à une stratégie qui porte aussi bien sur les conditions que sur les comportements, Promotion Santé Suisse entend contribuer à inverser la tendance qui prédomine actuellement.

Nous surveillons l'impact de notre travail

Conformément à l'article 19 de la Loi sur l'assurance-maladie (LAMal), Promotion Santé Suisse est dans l'obligation non seulement d'initier et de coordonner des mesures destinées à promouvoir la santé et à prévenir les maladies mais également de les évaluer. C'est pourquoi nous avons mis en place un système exhaustif de gestion des impacts incluant des évaluations classiques et des activités de monitoring. Ce système contrôle l'impact des activités de Promotion Santé Suisse et nous permet de piloter notre stratégie.

Depuis 2007, Promotion Santé Suisse met en œuvre des programmes d'action cantonaux pour un poids corporel sain (PAC) en association avec 20 cantons. Afin de constater les changements visés par les interventions voire même d'en démontrer les effets souhaités, il est indispensable d'effectuer régulière-

ment des mesures et des évaluations. C'est pourquoi Promotion Santé Suisse réalise périodiquement un monitoring de l'IMC des élèves en collaboration avec les partenaires cantonaux.

L'indice de masse corporelle – un indice de qualité?

L'IMC, tel qu'il est utilisé systématiquement depuis les années 1980, est-il encore un indicateur approprié? Ou aurait-il dû être remplacé depuis longtemps par des méthodes de mesure plus récentes permettant de produire des résultats scientifiquement fondés? L'IMC et ses niveaux de classification en tant qu'indicateur de surpoids et d'obésité font régulièrement l'objet de critiques. Or, pour déterminer la méthode de mesure appropriée, la faisabilité, les avantages et les coûts sont autant de facteurs importants à prendre en ligne de compte, tout comme l'objectif d'une mesure, la taille de la population ainsi que d'autres aspects.

Comme Promotion Santé Suisse et ses partenaires continuent de travailler avec l'IMC, le présent rapport examine différentes méthodes de mesure et présente les avantages et inconvénients de leur utilisation, faisant systématiquement la distinction entre l'application au niveau de la population et celle au niveau de l'individu. A cet égard, on trouve des indications précieuses non seulement dans la littérature, mais aussi dans les entretiens menés avec des experts qui donnent leur avis personnel dans le rapport.

Nous saisissons cette occasion pour remercier nos partenaires de leur excellente collaboration dans le cadre de ce projet.

Bettina Schulte-Abel

Vice-directrice et Cheffe Programmes

Jvo Schneider

Co-responsable Poids corporel sain

1 Résumé

Les changements de la composition de la masse corporelle, qui accompagnent le début et la progression de l'obésité, ont un impact très important sur les risques accrus de contracter des maladies chroniques telles que l'hypertension artérielle, le diabète de type 2 et certains types de cancer qui peuvent augmenter le risque de mortalité. L'évaluation de la composition corporelle et de la distribution de la masse grasse au niveau corporel dans la prévention et le traitement du surpoids et de l'obésité et des comorbidités associées est donc essentielle chez l'adulte et chez l'enfant.

Pour évaluer la composition corporelle, des méthodes directes et indirectes existent. Les premières sont plus précises par rapport aux deuxièmes et représentent les méthodes de référence. Cependant, elles sont plus coûteuses et plus difficiles à mettre en place que les méthodes indirectes pour des études épidémiologiques à grande échelle. Parmi ces méthodes indirectes, l'indice de masse corporelle (IMC), avec toutes ses limites, est sûrement la plus utilisée car il permet de classer les individus par rapport à leur profil corporel et de comparer les données au niveau international et à long terme, grâce à la classification établie par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS).

Après avoir brièvement présenté les méthodes directes et indirectes d'évaluation de la composition de la masse corporelle, la validité et la pertinence de l'IMC, comme indice de surpoids et de santé au niveau individuel et épidémiologique, seront rapportées en s'appuyant sur les données de la littérature scientifique internationales et sur les interviews effectuées avec des médecins/chercheurs suisses spécialisés dans ce domaine. Les limites et les recommandations suisses dans l'utilisation de l'IMC pour définir le profil corporel chez l'adulte et l'enfant seront aussi présentées.

2 Modification de la composition corporelle et son implication dans le développement des pathologies secondaires liées à l'obésité

L'obésité est définie comme une accumulation excessive ou anormale de graisse dans le tissu adipeux pouvant avoir des conséquences néfastes pour la santé. Depuis les années 1990, la prévalence de l'obésité continue à augmenter et ce n'est que ces dernières années qu'elle tend à se stabiliser dans certains pays. Cette augmentation de la prévalence de l'obésité est reconnue comme étant un problème majeur de santé publique [106]. En effet, l'obésité engendre des risques accrus de contracter des maladies chroniques telles que l'hypertension artérielle, le diabète de type 2 et certains types de cancer qui peuvent augmenter le risque de mortalité. Les changements de la composition de la masse corporelle, qui accompagnent le début et la progression de l'obésité, ont un impact très important sur le métabolisme et la sensibilité à l'insuline. Le tissu adipeux serait en effet un facteur déterminant dans la régulation du débit lipidique de l'organisme et dans la régulation de l'homéostasie du glucose et des lipides [46]. L'évaluation de la composition corporelle et de la distribution de la masse grasse au niveau corporel revêt donc une importance évidente dans la prévention et le traitement du surpoids, de l'obésité et des comorbidités associées à la surcharge pondérale. La composition de la masse corporelle peut être évaluée à différents niveaux, selon le type d'investigation clinique [28, 31]:

1. **Au niveau atomique** grâce aux éléments de base comme le carbone, le calcium et l'hydrogène.
2. **Au niveau moléculaire** par la mesure des quantités d'eau, des protéines et des lipides.
3. **Au niveau cellulaire** par l'intermédiaire de l'évaluation de la masse des liquides extracellulaires et cellulaires.
4. **Au niveau tissulaire** grâce à la mesure de la quantité et de la distribution des tissus adipeux, squelettique et musculaire.

3 Méthodes de mesure de la composition corporelle

3.1 Méthodes directes

Les méthodes qui mesurent la composition de la masse corporelle du niveau atomique jusqu'au niveau cellulaire sont appelées les méthodes de mesure directe de la composition corporelle. Parmi ces méthodes, on peut citer l'activation neutronique, la dilution isotopique, le comptage du potassium et les méthodes de critère (*criterion methods*). Ces dernières mesurent certaines propriétés de l'organisme, comme par exemple la densité corporelle (la densitométrie), ou la quantité et la distribution des tissus squelettique, musculaire et adipeux par rayons X ou grâce aux techniques d'imagerie: la tomodensitométrie (TDM; *computed X-ray tomography*), l'imagerie par rayonnement magnétique (IRM) et l'absorption biphotonique (DEXA: *dual energy X-ray absorptiometry*).

Ces méthodes sont en général les méthodes de référence car elles donnent des résultats plus directs et précis. Cependant, elles sont coûteuses et nécessitent une installation et un équipement assez lourds et inadaptés à des études épidémiologiques. Par contre, elles sont souvent utilisées dans les études cliniques à plus petite échelle.

3.1.1 Activation neutronique

La technique d'activation neutronique permet une quantification *in vivo* des masses des différents atomes (azote, carbone, oxygène et calcium) au niveau corporel et donc une dissection chimique de l'organisme [16]. Elle permet d'estimer la masse grasse à partir de la mesure de la masse protéique grâce à la détermination du calcium et de l'azote corporels. Cette méthode a un coût élevé et expose le sujet à une irradiation importante.

3.1.2 Dilution isotopique (mesure de l'eau corporelle)

Cette méthode permet de mesurer *in vivo* les volumes d'eau extracellulaire et d'eau totale grâce à la mesure de la dilution du deutérium et de l'oxygène 18 (deux isotopes stables) en utilisant deux types de

traceur: l'eau marquée au deutérium ou l'eau enrichie en oxygène 18 [88]. Le principe de la mesure consiste à introduire une quantité connue d'un traceur dans un volume de dilution inconnue. Après équilibre, la concentration du traceur est égale au rapport entre sa quantité et le volume de dilution. Ainsi, connaissant la quantité de traceur administrée et sa concentration à l'équilibre, il est possible de déterminer le volume de dilution. Après la prise d'une dose connue du traceur par le sujet, l'équilibre de la concentration est obtenu dans les 4–8 heures après ingestion. La mesure de concentration du traceur peut être réalisée dans le plasma, dans la salive ou dans l'urine du sujet. Les dosages se font par spectroscopie de masse ou par spectroscopie infrarouge. Pour évaluer la masse maigre et la masse grasse à partir du volume total d'eau corporelle, deux postulats sont nécessaires: 1) le tissu adipeux ne contient pas d'eau; 2) la masse maigre a un coefficient d'hydratation relativement stable de 73,8% [80]. Ces techniques de mesure de l'eau corporelle totale sont fiables et précises (marge d'erreur de 1–2%), mais relativement coûteuses et difficiles à mettre en place car elles demandent une disponibilité de plusieurs heures afin d'obtenir l'équilibre du traceur après administration.

3.1.3 Comptage du potassium 40

Cette méthode [39] permet de déterminer la quantité de potassium corporel total à partir de la mesure de la radioactivité corporelle émise par l'isotope radioactif ^{40}K qui est naturellement présent en faible quantité et dans un rapport fixe par rapport au potassium stable ^{39}K (0,012% du potassium total). En sachant que le potassium est un ion essentiellement intracellulaire (98–99%) et absent dans les triglycérides, on peut calculer la quantité de la masse maigre à partir de la mesure de la quantité du potassium total en admettant une concentration constante de potassium au sein de la masse maigre (68,1 mmol/kg chez l'homme et 64,2 mmol/kg chez la femme). Cette technique est totalement non-invasive mais coûteuse et discutable car les concentrations de potas-

sium dans la masse maigre peuvent varier en situation de déplétion potassique ou de modifications des compartiments hydriques (p. ex. états pathologiques).

3.1.4 Densitométrie

Selon cette méthode, l'organisme est considéré comme deux compartiments distincts, la masse maigre et la masse grasse (modèle à deux compartiments). D'après cette technique, chacun de ces deux compartiments peut être déterminé en mesurant la densité du corps et en postulant une composition chimique et une densité de la masse maigre relativement constantes et d'une densité différente de celle de la masse grasse (0,9 et 1,11 g/ml, respectivement). La densitométrie par pesée sous l'eau (densitométrie hydrostatique) [10], qui consiste à mesurer le volume corporel selon le principe d'Archimède pour en calculer la densité, est considérée comme la méthode de référence (*gold standard*) dans le modèle à deux compartiments en utilisant l'équation de Siri [91, 92]. La limite de cette technique est l'immersion totale de la personne qui restreint son utilisation aux sujets capables d'accepter cette contrainte.

Plus récemment, la densitométrie par déplacement de l'air (pléthysmographie) a été introduite en utilisant la loi de Boyle-Mariote (c.-à-d. le produit entre la pression et le volume est constant) [26]. Ainsi, si un sujet rentre dans une cabine de volume connu (p. ex. Bod-Pod, *Life Measurement Instruments*), la pression à l'intérieur de la cabine change en proportion du volume introduit. Connaissant le volume et le poids corporel, la densité corporelle peut être calculée et rentrée dans l'équation de Siri pour calculer le pourcentage de masse grasse. Cette méthode est rapide et permet la mesure du volume d'un sujet sans une agression physique et avec une coopération limitée. Par contre, le désavantage est son coût élevé.

3.1.5 Absorption biphotonique (Dual-Energy X-ray Absorptiometry, DXA ou DEXA)

Cette méthode est une méthode d'imagerie médicale qui consiste à effectuer un balayage du corps avec des rayons X de deux énergies différentes (40 KeV et 100 KeV) [75]. En traversant le corps du sujet, ce faisceau de rayon X va subir une atténuation qui va dépendre de la quantité et de la nature de la matière traversée. Le rapport d'absorption selon l'énergie

permet de dissocier la nature de la matière de sa quantité. Cette technique permet donc d'estimer, de manière assez précise, les trois compartiments: la masse calcique, la masse maigre et la masse grasse. Cependant, son coût élevé représente un inconvénient majeur dans son utilisation courante pour évaluer la composition de la masse corporelle.

3.1.6 Tomodensitométrie (Computed Tomography)

Cette méthode radiologique permet de réaliser des sections transversales d'organe ou de tissu et d'identifier les différents tissus en fonction de leur densité optique mesurée par l'atténuation des rayons X provenant de la source [93]. Cette technique permet d'avoir une mesure des surfaces du tissu adipeux profond et viscéral et ainsi de décrire un rapport entre l'adiposité viscérale et sous-cutanée. La mesure de la composition corporelle par cette méthode est précise, mais son coût est élevé.

3.1.7 Imagerie par rayonnement magnétique (IRM)

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) est une technique d'imagerie médicale qui permet d'obtenir des images en deux ou trois dimensions de l'intérieur du corps de manière non-invasive. L'IRM est basée sur le principe de la résonance magnétique nucléaire (RMN) qui mesure la résonance des protons soumis, d'une part, à un champ magnétique intense et, d'autre part, à un ou plusieurs trains d'ondes électromagnétiques transversales réglés à une fréquence caractéristique. Cette méthode permet de différencier toute la graisse par détection des radicaux méthyles de celle-ci [98] et représente donc la méthode de référence permettant d'étalonner les autres méthodes. Cependant, cette technique est coûteuse et les mesures et l'exploitation des données sont longues et lourdes.

3.2 Méthodes indirectes

L'anthropométrie et l'analyse d'impédance bioélectrique (ou impédancemétrie) représentent les principales méthodes indirectes pour l'estimation de la composition de la masse corporelle grâce à des indices qui n'ont souvent été validés par rapport aux méthodes directes que chez le sujet sain. Pour cette raison, les méthodes indirectes ont une précision moindre et sont plus affectées par la spécificité de l'échantillon testé et par les conditions pathologiques que les méthodes directes. Par contre, ces méthodes sont souvent utilisées dans des études à grande échelle (c.-à-d. études épidémiologiques) car elles sont rapides et peu coûteuses dans leur application. Afin d'améliorer la précision des méthodes indirectes, des protocoles standardisés doivent être respectés par les cliniciens et les chercheurs lors de leur utilisation sur le terrain.

3.2.1 Mesures anthropométriques

3.2.1.1 Masse corporelle

La masse corporelle (ou poids corporel) devrait être mesurée par une balance avec une précision minimale de 100 g régulièrement calibrée. Afin de limiter les erreurs de mesure, les individus devraient idéalement être pesés avec des vêtements légers (c.-à-d. petite tenue), à pieds nus, à jeun et avec la vessie vide [49].

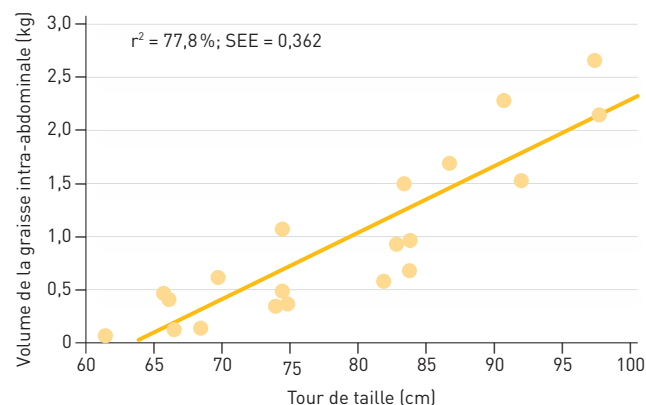
3.2.1.2 Taille

La taille devrait être évaluée à pieds nus et avec la tête alignée à la ligne de Francfort (c.-à-d. ligne imaginaire entre le bord inférieur de l'orbite de l'œil et l'orifice du conduit auditif externe).

3.2.1.3 Tour de taille

La mesure du tour de taille a été initialement développée comme une évaluation plus simple et potentiellement plus liée aux risques pour la santé dus à la surcharge pondérale que l'indice de masse corporelle (IMC). Le tour de taille est surtout le meilleur indicateur anthropométrique du tissu adipeux viscéral caractérisant l'obésité centrale ou abdominale [49] (figure 1).

Figure 1: Corrélation entre le volume de la graisse intra-abdominale (kg) évaluée par imagerie par résonance magnétique (IRM) et le tour de taille (cm) [48]. r^2 : coefficient de détermination; SEE: erreur standard de la moyenne



Ce dernier élément est particulièrement important car il a été montré que l'accumulation de la graisse au niveau abdominal est fortement corrélée au diabète de type 2, aux pathologies cardiovasculaires, au cancer (c.-à-d. les principales comorbidités liées à l'obésité) et, plus généralement, aux risques de mortalité [1, 108] (figure 2).

Par rapport aux risques de comorbidités pour la santé de l'individu, des seuils pour le tour de taille ont été établis chez l'homme et la femme blancs [106] (tableau 1).

Tableau 1: Risque pour la santé de l'individu associé au tour de taille (cm) [49]

Risque pour la santé*	Homme	Femme
Faible	<94	<80
Accru	≥94-101,9	≥80-87,9
Elevé	≥102	≥88

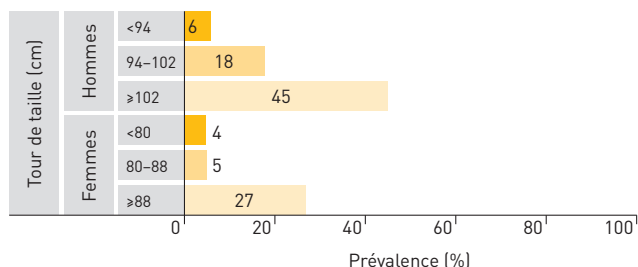
* Risque de développement du diabète de type 2, des pathologies coronariennes ou d'hypertension artérielle

Le tour de taille est très peu lié à la taille (hauteur) de l'individu et il ne doit donc pas être rapporté à cette dernière (c.-à-d. rapport du tour de taille sur la taille) car cette normalisation n'améliore pas la relation entre l'accumulation de graisse intra-abdominale et l'état de santé de l'individu [50]. Cependant, récemment, une étude allemande a montré que, même si le tour de taille, le rapport tour de taille sur la taille et le rapport tour de taille sur le tour des hanches prédisent de manière similaire les facteurs de risque pour la santé de l'individu, le rapport tour de taille sur la taille serait le meilleur prédicteur des facteurs de risque cardiovasculaires [86].

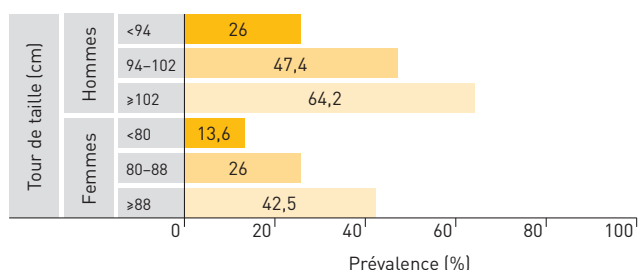
La grosse limite de la mesure du tour de taille est sa précision, surtout avec des individus avec une obésité extrême. En effet, la mesure de la circonférence de la taille devrait être effectuée en position debout avec un mètre ruban «de couturière» à mi-distance entre le bord inférieur de la dernière côte et la crête iliaque pendant une expiration normale [49]. Il ne faut pas effectuer la mesure en prenant comme référence le nombril car la position de ce point anatomique n'est pas assez reproductible chez les obèses

Figure 2: Adaptée de [49] et [65]

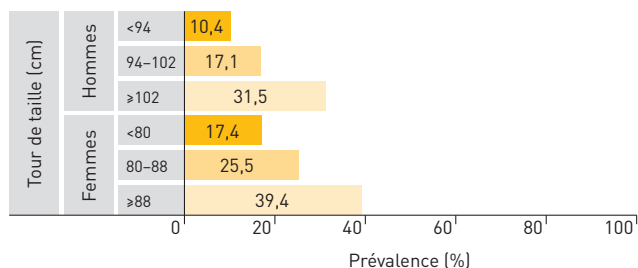
Prévalence du diabète



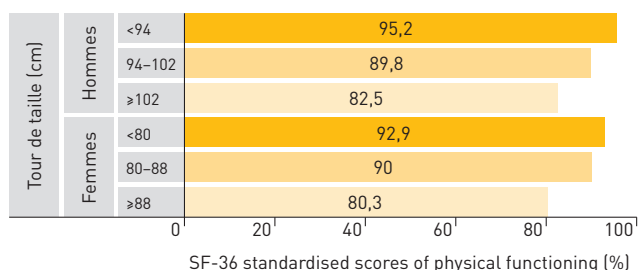
Prévalence des facteurs de risque de pathologies cardiovasculaires (hypercholestérolémie, HDL [high density lipoprotein - lipoprotéines de haute densité] ou hypertension artérielle)



Prévalence de la dyspnée



Prévalence d'une mauvaise qualité de vie chez les personnes avec un tour de taille élevé



SF-36 standardised scores of physical functioning (%)

morbides ou ayant perdu du poids et peut donc introduire des erreurs importantes dans la mesure du tour de taille [49]. Récemment, un nouvel appareil de mesure (ViScan, Tanita) permettant l'évaluation du tour de taille en position couchée par l'intermédiaire d'un laser a été validé [89]. Ces avancées technologiques semblent être très prometteuses pour permettre une meilleure standardisation de la mesure inter-expérimentateur. Il faudra toutefois que le coût d'achat de l'appareil de mesure diminue pour rendre cette mesure plus accessible pour les cliniciens et les chercheurs.

3.2.1.4 Tour de taille sur tour des hanches

Une autre mesure anthropométrique permettant d'évaluer la répartition de la graisse corporelle est le rapport tour de taille sur tour des hanches (T/H). Ce rapport permet de différencier l'obésité centrale de type androïde (T/H >0,8 chez la femme et >0,9 chez l'homme) et celle périphérique de type gynoïde [94]. Chez l'homme avec T/H >1 ou chez la femme avec T/H >0,85, les risques associés aux pathologies cardiovasculaires, au diabète et au cancer sont plus élevés [42, 90]. Cependant, il semblerait que le tour de taille seul soit un meilleur prédicteur du tissu adipeux viscéral et des risques de comorbidité par rapport au rapport T/H [48]. En effet, ce dernier pourrait être négativement influencé par la mesure du tour des hanches qui reflèterait aussi la perte de la masse musculaire due à la sédentarité qui caractérise les obèses et les patients en général [49].

3.2.1.5 Indice de masse corporelle (IMC)

L'indice de masse corporelle (IMC) est le rapport poids sur taille au carré et représente un indicateur de surcharge pondérale très utilisé dans les études cliniques et épidémiologiques pour sa facilité et rapidité de mesure. Il a été utilisé pour classer le surpoids et l'obésité et leur risque de comorbidité associé au poids [74, 106]. Cependant, l'IMC n'est pas une réelle mesure de composition corporelle car il n'évalue pas la masse grasse ou maigre d'un individu. Un paragraphe spécifique à l'IMC est présenté ci-dessous (voir chapitre 4).

3.2.1.6 Indice d'adiposité corporelle (IAC, Body Adipose Index, BAI)

Récemment, Bergman et al. [5] ont validé un nouvel indicateur anthropométrique, l'indice d'adiposité corporelle (IAC), qui est bien corrélé ($r=0,79$) à la masse grasse corporelle estimée par DEXA. L'IAC se base sur la mesure du tour des hanches et de la taille selon la formule 1 ci-dessous.

$$IAC = \frac{\text{Tour des hanches (cm)}}{\text{Taille (m)}^{1,5}} \quad [1]$$

Cet indice a l'avantage, à différence de l'IMC, de ne pas avoir besoin de la mesure du poids. Après cette étude, il y a eu toute une série d'études qui ont testé la validité et la précision de l'IAC en le comparant avec l'IMC et d'autres mesures de la composition de la masse corporelle chez différentes populations [33, 41, 45, 66, 104]. En effet, Bergman et al. [5] avaient étudié la validité de l'IAC seulement chez deux ethnies de la population des Etats-Unis (les afro-américains et les mexico-américains). Chez les blancs ($n=5193$), il a été montré [104] que l'IAC est mieux corrélé au pourcentage de masse grasse corporelle (%MG) évaluée avec DEXA chez la femme que chez l'homme. Cependant, chez les deux sexes, cette corrélation est toujours inférieure à celle entre l'IMC et le %MG. En considérant les femmes et les hommes ensemble, l'IAC est bien corrélé au %MG pour le sujet avec un IMC normal. Par contre, cet indice tend à surestimer le %MG chez les individus avec une faible %MG et à le sous-estimer chez les sujets obèses [104]. Ces résultats confirmaient ceux d'une étude précédente [41] qui montre que le %MG (évalué toujours par DEXA) est corrélé à l'IAC, mais que cet indice sous-estime (2,5%) et surestime (-4%) le %MG chez l'homme et chez la femme respectivement. De plus, cette erreur d'estimation varie en fonction du niveau d'adiposité de la personne [41]. D'autres études chez la femme obèse morbide [45] et chez l'enfant [33] mettent en évidence que l'IAC est généralement moins précis que l'IMC dans l'estimation du %MG. Plusieurs études se sont intéressées à examiner l'association entre l'IAC et les facteurs de risque de pathologies cardiovasculaires montrant que l'IAC a généralement de moins bonnes corrélations avec ces facteurs de risque que l'IMC [4, 40, 70, 73, 96].

En conclusion, en se basant sur tous ces résultats expérimentaux, nous pouvons affirmer que l'IAC ne semble pas permettre de dépasser les limites de l'IMC dans l'estimation de la composition corporelle et dans son association avec les facteurs de risque de la santé liés au surpoids.

3.2.1.7 Plis cutanés

Cette technique permet l'évaluation indirecte du %MG à partir de la mesure de l'épaisseur des plis cutanés par l'intermédiaire d'une pince à plis (c.-à-d. caliper) préalablement calibrée et qui exerce une pression identique sur les tissus indépendamment de leur épaisseur. Selon les équations utilisées, les sites anatomiques de mesure des plis peuvent changer, mais normalement les plus utilisés sont le site bicipital, tricipital, sous-scapulaire, supra-iliaque et mi-cuisse. La mesure n'est pas difficile et assez rapide (au moins chez le sujet normo-poids), mais elle doit être standardisée au maximum afin de minimiser la variabilité inter-expérimentateurs, sinon importante. La somme de l'épaisseur des plis cutanés est ensuite rentrée dans des équations prédictives qui, en fonction de l'âge, du sexe et de la taille, permettent d'estimer le %MG. Les deux équations les plus utilisées par les cliniciens ou par les chercheurs chez l'adulte sont celles de Durnin & Womersley [32] et de Jackson & Pollock [55], qui ont été validées par rapport à la densitométrie hydrostatique (c.-à-d. méthode de référence). Slaughter et al. [95] ont validé chez l'enfant et l'adolescent (8-18 ans) deux équations qui, en fonction du sexe, permettent d'estimer le %MG à partir de la somme de deux plis cutanés mesurés au niveau du *triceps brachialis* et du *triceps surae*.

Les limites principales de cette méthode sont: 1) difficulté de la mesure des plis chez l'obèse morbide (limite liée aussi à l'écartement réduit de la pince à plis); 2) validation des équations souvent faite seulement chez le sujet normo-poids; 3) sous-estimation du tissu adipeux viscéral; 4) sous-estimation du tissu adipeux de la partie inférieure du corps, vu que les équations utilisent le plus souvent uniquement les

plis de la partie supérieure du corps. Toutes ces limites rendent cette méthode, qui est simple à mettre en œuvre et peu coûteuse, assez bien reproductible chez la personne normo-poids mais difficilement utilisable chez les individus obèses. De plus, la relation entre le %MG et les plis cutanés est moins forte que celle entre l'IMC et le %MG [81].

3.2.2 Impédancemétrie

Cette méthode est une technique simple, non invasive qui peut être utilisée par les cliniciens, mais aussi par les chercheurs pour des études à petite ou à grande échelle. Le principe de mesure repose sur la capacité qu'ont les tissus biologiques à conduire un courant électrique alternatif de faible intensité appliqué au corps grâce à des électrodes en contact avec la peau. Le corps est considéré comme un ensemble de cellules contenu dans un cylindre dont le volume (V) est égal à sa longueur (la taille du sujet) qui multiplie la section (S) [14, 53]:

$$V = \text{Taille} \times S \quad [2]$$

Ce volume résiste au passage du courant alternatif selon l'équation de l'impédance¹ (Z):

$$Z = R \times \frac{\text{Taille}}{S} \quad [3]$$

où R est la résistivité qui témoigne de la capacité de conduction du liquide extracellulaire exprimée en ohm × m. R dépend des ions qui constituent le corps et de sa température. R a été mesurée par des méthodes de dilution. En combinant les équations 2 et 3, le volume peut être calculé:

$$V = \frac{R \times \text{Taille}^2}{Z} \quad [4]$$

où la taille est exprimée en m, Z en ohms et R en ohm × m. Ainsi, le volume corporel est calculé à partir de la taille et de l'impédance corporelle (Z).

Les volumes effectivement mesurés sont des volumes hydriques dépendant des courants alternatifs utilisés. A faible fréquence (<5 kHz), le courant ne

¹ En effet, on mesure une impédance en utilisant un courant alternatif pour étudier les tissus biologiques qui sont conducteurs ioniques hétérogènes (avec des éléments résistifs et des éléments capacitifs).

peut pas franchir les membranes cellulaires et le volume mesuré correspond à l'eau extracellulaire. Tandis que pour des fréquences élevées (>50 kHz), le courant traverse aussi les membranes cellulaires et permet la mesure de l'eau corporelle totale. Cette dernière mesure permet ainsi d'estimer la masse maigre en fonction de la teneur en eau de la masse maigre (73,8%) [10]. La masse grasse est ensuite déduite par soustraction de la masse maigre à la masse corporelle totale. Des formules plus complexes, qui prennent en compte la morphologie du corps (qui n'est pas un simple cylindre) et l'inhomogénéité électrique des tissus, ont été ensuite développées [23]. De plus, l'impédance peut être uni- ou multi-fréquentielle, totale pied-à-main [67] ou segmentaire [43]. Afin d'améliorer l'estimation de la composition corporelle par impédancemétrie, différentes équations ont été ensuite développées en corrigeant le volume calculé par d'autres variables anthropométriques (c.-à-d. le poids, l'âge, le sexe, l'ethnie, la largeur des épaules, la taille, H/T et l'IMC) [34].

Les limites de l'impédancemétrie sont essentiellement liées aux différences de niveau d'hydratation des tissus et de structure corporelle par rapport au sujet adulte, pour lequel ont été développées la plupart des équations. Ces différences associées à certains états pathologiques, à l'obésité, à l'âge et à l'ethnie peuvent ainsi interférer avec les estimations de la composition corporelle effectuée avec cette méthode.

4 Indice de masse corporelle (IMC)

L'IMC est le rapport poids sur taille au carré.² Il représente un indicateur de surcharge pondérale indépendant de la taille de l'individu et désigne le profil corporel d'une personne. Ses principaux avantages sont la rapidité et la facilité de mesure et l'existence de valeurs de référence pour chaque pays qui permettent ainsi facilement des comparaisons internationales. Son désavantage principal est que l'IMC ne mesure pas directement la composition corporelle, comme il n'évalue pas la masse grasse et maigre des individus. Cependant, il a été montré que l'IMC est corrélé au pourcentage de masse grasse [44], à la morbidité et à la mortalité et il est capable de prédire les risques futurs pour la santé des individus en surpoids [11, 44, 68, 79, 99]. De plus, l'IMC est une variable utile au suivi des individus obèses car il est assez sensible aux changements de composition corporelle après traitement (c.-à-d. une modification de ~3,5 kg de la masse corporelle est nécessaire pour induire un changement d'une unité d'IMC) [15]. L'IMC, initialement développé seulement pour les adultes, est maintenant aussi utilisé comme indice d'adiposité ou de surpoids chez l'enfant et chez la personne âgée. Toutefois, si, pendant l'enfance, des valeurs élevées d'IMC sont bien corrélées au risque de développer une obésité, la relation entre IMC et morbidité semble être moins évidente à l'âge adulte [47]. Chez le sujet âgé, la mesure de l'IMC peut être perturbée par la perte de la masse musculaire (c.-à-d. sarcopénie), qui caractérise le vieillissement.

4.1 Historique

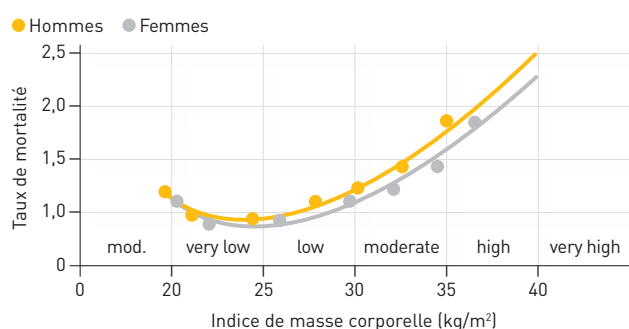
Déjà en 1942, un statisticien de l'assurance *Metropolitan Life Insurance Company* (MLIC, Etats-Unis) avait mis en évidence un lien entre longévité et masse corporelle. L'espérance de vie était plus longue si la masse corporelle était maintenue le plus longtemps

possible au niveau des valeurs enregistrées lorsque l'individu avait 25 ans [62]. En 1959, la MLIC publie un tableau définissant la masse corporelle idéale (c.-à-d. le poids idéal) en fonction de l'âge [72]. Ensuite en 1983, les valeurs de la masse corporelle idéale ont été révisées et un tableau supplémentaire, rapportant la taille (c.-à-d. stature) idéale en fonction de l'âge a été publié [71]. L'obésité était définie comme étant un excès de 20% par rapport à la valeur de masse corporelle idéale rapporté par ces tableaux. Cependant, même si cette approche a rencontré un certain succès chez les chercheurs, les tableaux de la MLIC étaient complexes, avaient des limites techniques et étaient difficilement applicables dans l'évaluation des patients en clinique ou lors des études épidémiologiques effectuées sur le terrain. Comme la masse corporelle augmente en fonction de la taille du sujet, normaliser la masse corporelle par la taille du sujet semblait être complètement justifié. A partir de ce raisonnement, l'indice de masse corporelle (IMC) a été défini comme étant le rapport entre la masse corporelle et la taille au carré (unité de mesure: kg/m²). De plus, l'augmentation de l'IMC est liée à l'augmentation de l'adiposité [60]. En santé publique, c'est à partir des années 1980 que l'IMC a été couramment utilisé comme indicateur de risque de comorbidité associé au poids [27]. Mais, déjà en 1869, Adolphe Quételet proposait une formule semblable d'appréciation du profil corporel [78]. En 1985, le *National Institutes of Health Consensus Panel* définit le surpoids/obésité comme un IMC $\geq 27,8$ chez l'homme et $\geq 27,3$ chez la femme [62]. Ces valeurs d'IMC sont des valeurs qui correspondent à environ +20% de la valeur de masse corporelle idéale définie par les valeurs de référence de la MLIC. En 1997, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), dans une consultation spécifique concernant l'obésité, modifie ces valeurs de référence et établit une nouvelle classification du surpoids et de l'obésité en fonction de

² L'IMC peut être aussi calculé en utilisant la longueur des membres supérieurs ou inférieurs, si la personne ne peut pas rester debout.

l'IMC (tableau 2) [107]. Un an plus tard, le *National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI) Expert Panel* (Etats-Unis) adopte la même classification de l'OMS [74]. Déjà en 1992, Bray [9] rapporte une relation parabolique inversée entre la mortalité et l'IMC. Le taux de mortalité augmente pour un IMC inférieur à 18,5 et pour un IMC supérieur à 30 (figure 3).

Figure 3: Relation entre l'indice de masse corporelle et la mortalité [9]



4.2 L'indice de masse corporelle (IMC) chez l'adulte

La classification du profil corporel en fonction de l'IMC et du tour de taille selon l'OMS [107] avec les risques relatifs de comorbidité est présentée ci-dessous. Ces catégories indiquent des risques relatifs par rapport au profil corporel normal et non pas absolus pour la santé de l'individu.

Cette classification du profil corporel de l'OMS est basée sur des valeurs réellement mesurées de la masse corporelle et de la taille pour le calcul de l'IMC (c.-à-d. IMC mesuré). Classer les individus dans ces catégories, en utilisant des valeurs d'IMC calculées par l'intermédiaire des valeurs de masse corporelle et de taille rapportées par les sujets (c.-à-d. IMC rapporté), peut conduire à des erreurs de classification des sujets. En effet, des études ont montré que les individus, indépendamment du sexe, rapportent de manière imprécise leur masse et leur taille quand ils sont interrogés par questionnaire ou par entretien [85, 100]. Plus récemment, Stommel & Schoenborn [101], en utilisant les données 2001–2006 de la *National Health Interview Survey* et de la *National Health and Nutrition Examination Survey* (Etats-Unis), ont mis en évidence que, même si les valeurs rapportées de l'IMC sont bien corrélées à celles mesurées de l'IMC, l'IMC rapporté tend à surestimer l'IMC mesuré au bas de l'échelle (IMC <22) et à sous-estimer l'IMC en haut de l'échelle (IMC >28). Cette différence dépend aussi de l'âge (les sujets les plus jeunes et les plus âgés sous-estiment plus l'IMC que les adultes de 42 à 55 ans), du sexe (les femmes sous-estiment plus leur IMC que les hommes) et de l'ethnie des individus. Ces erreurs d'appréciation peuvent donc conduire à une classification moins précise de certains individus dans les catégories définies par l'OMS. Cependant, ces mêmes auteurs ont montré qu'en corrigeant l'IMC rapporté par des modèles statistiques, qui prennent en compte certaines variables

Tableau 2: Classification du profil corporel en fonction de l'IMC et du tour de taille et le risque relatif de comorbidité* [74,107]

Catégorie	Indice de masse corporelle (IMC) (kg/m ²)	Risque relatif de comorbidité par rapport au profil corporel normal associé à l'IMC et au tour de taille	
		Homme <102 cm Femme <88 cm	Homme ≥102 cm Femme ≥88 cm
Sous-poids	<18,5	Pas accru	Pas accru
Normal	18,5–24,9	Pas accru	Accru
Surpoids	25,0–29,9	Accru	Elevé
Obésité de classe I	30,0–34,9	Elevé	Très élevé
Obésité de classe II	35,0–39,9	Très élevé	Extrêmement élevé
Obésité de classe III	≥40,0	Extrêmement élevé	Extrêmement élevé

* risque de développement du diabète de type 2, des pathologies coronariennes ou d'hypertension artérielle

comme le sexe, l'âge, l'ethnie, l'état civil et de grossesse pour les femmes, ces valeurs corrigées étaient très proches de l'IMC mesuré. De plus, cet IMC rapporté-corrigé permettait d'avoir une estimation similaire des risques associés à l'IMC par rapport à l'estimation obtenue avec l'IMC mesuré [101]. Hattori & Sturn [51] ont étudié récemment la question de savoir si la relation entre l'IMC rapporté et l'IMC mesuré avait changé entre 1999 et 2008 à cause de la plus large couverture médiatique de l'obésité ces dernières années. Les résultats de cette étude ont montré que les erreurs dans la classification des individus par rapport à leur profil corporel par l'IMC rapporté sont similaires et restent stables dans la dernière décennie: un obèse sur sept est classé en tant que non-obèse à cause d'une sous-estimation de l'IMC rapporté. Ces résultats ont été confirmés par une étude suisse qui a montré que l'IMC rapporté sous-estime la prévalence de l'obésité en Suisse par rapport à l'IMC mesuré [35]. Cependant, l'augmentation de la prévalence de l'obésité en Suisse au cours des trois dernières décennies est la même en utilisant les deux types de mesures (IMC mesuré: 0,24 % et 0,25 % d'augmentation absolue par an chez l'homme et chez la femme respectivement; IMC rapporté: 0,17 % et 0,20 % d'augmentation absolue par an chez l'homme et chez la femme respectivement).

4.2.1 Relation entre l'indice de masse corporelle et la composition de la masse corporelle

L'IMC est l'indicateur du profil corporel le plus utilisé dans les études cliniques ou épidémiologiques pour sa facilité de mesure [97], mais surtout, parce qu'il a été montré que l'IMC est un prédicteur précis de la masse grasse corporelle totale (c.-à-d. indice d'adiposité corporelle) [44, 70, 87] et qu'il est bien corrélé à la masse grasse viscérale [70, 105]. Cependant, cette liaison entre l'IMC et l'adiposité a été remise en cause par certains chercheurs car l'IMC ne peut pas être une mesure précise de la composition corporelle et de la distribution de la masse grasse au niveau corporel (élément strictement lié aux facteurs de risque de comorbidité). En effet, un individu avec une masse musculaire importante (p.ex. un athlète) peut avoir un IMC en dehors de la zone définissant le profil corporel normal sans pour autant avoir un pourcentage de masse grasse corporelle différente

d'un sujet sain sédentaire du même âge avec un IMC normal. Cela peut donc conduire à des imprécisions dans la définition de l'adiposité par l'IMC surtout pour des valeurs entre 20 et 30 d'IMC [69]. En effet, un sportif pourra rarement aller au delà d'un IMC de 30 en raison seulement d'un développement important de sa masse musculaire [49]. Cette tranche d'IMC semble vraiment critique dans la corrélation entre IMC et pourcentage de la masse grasse (% MG). En effet, Jackson et al. [56] ont montré que la relation entre le % MG et l'IMC est une relation curviligne et que des individus ayant le même IMC peuvent avoir des différences importantes de % MG (figure 4).

Figure 4: Relation curviligne entre l'indice de masse corporelle (IMC) et le pourcentage de masse grasse corporelle (% MG) chez les hommes (n=296) et les femmes (n=359) de l'étude HERITAGE [56]



De plus, la relation entre l'IMC et le % MG peut être influencée par différents facteurs comme l'âge, le sexe, l'ethnie et les facteurs sociaux, ce qui rend sa mesure difficilement généralisable [30, 56].

Afin de réduire l'impact de ces différents facteurs d'influence sur l'IMC, Dulloo et al. [30] ont proposé de combiner la mesure de l'IMC avec l'indice de masse maigre (IMM = MM/taille²) et l'indice de masse grasse (IMG = MG/taille²), précédemment définis par Vanitallie et al. [102], selon l'équation suivante:

$$\text{IMC} = \text{IMM} + \text{IMG} \quad [5]$$

Le calcul de l'IMC ne dépend plus de la masse corporelle, mais de la composition corporelle, et donc une augmentation (ou une diminution) de l'IMC peut dé-

pendre d'une augmentation (ou diminution) de la MM et/ou de la MG. Pour un IMC donné, si la MM augmente, la MG doit forcément diminuer car il y a une relation inverse entre les deux composantes pour un IMC stable. Cette façon de calculer l'IMC permettrait :

- d'établir si l'augmentation (ou la diminution) de la masse corporelle est due à un changement de MM et/ou MG (effet de la composition corporelle sur l'IMC);
- de mieux tenir compte de l'effet de l'âge sur la MG en permettant une comparaison plus correcte entre les individus de taille différente grâce à l'IMC;
- de mieux apprécier l'effet de la sarcopénie et de l'hypertrophie musculaire sur l'IMC par l'intermédiaire de la mesure de l'IMC.

Cependant, la grosse limite de cette nouvelle méthode de calcul de l'IMC, qui prend en compte la composition corporelle, est la précision des méthodes utilisées pour mesurer la masse grasse et maigre des individus ainsi que l'accessibilité et les coûts de ces méthodes.

4.2.2 Relation entre l'indice de masse corporelle et les risques de comorbidité et de mortalité

Différentes études [35] ont rapporté que l'augmentation de l'IMC est associée à une augmentation des risques de morbidité et de mortalité qui comprennent l'ischémie cardiaque [68], les accidents cérébraux vasculaires [99] et différents types de cancer [11, 79]. En effet, des études ont montré que le taux de mortalité est le plus bas pour des profils corporels normaux (c.-à-d. IMC entre 20 et 24,9) [6, 20]. Cependant, cette relation entre IMC et mortalité n'a pas été toujours retrouvée dans la littérature [13, 29, 38, 59, 64, 84] car il peut y avoir différents facteurs confondants qui ne sont pas bien contrôlés lors du protocole expérimental et qui peuvent donc interférer avec l'IMC et/ou la masse corporelle et avec leur lien avec la mortalité. Parmi ces facteurs, on peut citer les effets des pathologies préexistantes, de la fumée, de l'âge, du sexe, de l'ethnie et du niveau d'activité physique [30]. Récemment la *Perspective Studies Collaboration*, utilisant les données de 57 études prospectives qui regroupaient ~900 000 participants, a étudié la rela-

tion entre IMC et mortalité pendant un suivi de 8 ans en contrôlant l'âge, le sexe, le statut de fumeur et le niveau d'étude [20]. Les résultats de cette étude ont montré que le risque de mortalité était le plus bas entre 22,5 et 25,0 d'IMC pour les deux sexes et pour tous les âges en contrôlant le statut de fumeur/non-fumeur. Au-dessus de cet intervalle d'IMC, toute augmentation de 5 kg/m² était associée à une augmentation de 30 % de toutes les causes de mortalité (40 % mortalité vasculaire; 60-120 % mortalité diabétique, rénale et hépatique; 10 % mortalité néoplasique; 20 % mortalité respiratoire et liée à d'autres causes). Entre 30,0 et 35,0 d'IMC, la diminution de l'espérance de vie était de 2 à 4 ans et entre 40,0 et 45,5 d'IMC, de 8 à 10 ans (diminution similaire à celle due à la fumée). Pour des valeurs d'IMC inférieures à 22,5, il y avait une relation inverse entre l'IMC et la mortalité, probablement due à la forte relation inverse entre la mortalité et les pathologies respiratoires liées à la fumée.

Toutefois, Jerant & Franks [59] ont récemment mis en évidence chez ~51 000 adultes âgés de 18 à 90 ans (2000-2005 *Medical Expenditures Panel Survey*) que seule l'obésité sévère (c.-à-d. IMC \geq 35,0) était corrélée à la mortalité en association avec le diabète et l'hypertension. Ces résultats ont été ensuite confirmés par Flegal et al. [38] dans leur méta-analyse effectuée sur 97 études comprenant un échantillon global de ~2,88 millions d'individus et ~270 000 décès. Cette étude a montré que, par rapport au profil corporel normal, l'obésité (les trois classes ensemble, IMC \geq 30) était associée à une augmentation de toutes les causes de mortalité. Cependant, si on considère les trois classes d'obésité séparément, seule l'obésité de classe II et III (IMC \geq 35) était corrélée à la mortalité, tandis que l'obésité de classe I (30 \leq IMC < 35) ne l'était pas. Cela suggère que l'excès de mortalité dans le cas de l'obésité est prédominant surtout pour les IMC plus élevés. De plus, les individus en surpoids étaient caractérisés par le niveau le plus bas de mortalité (c.-à-d. *obesity paradox*). Ce paradoxe peut être expliqué par le fait que les sujets qui développent un surpoids plus précocement ont une meilleure prise en charge médicale, bénéficient d'une cardioprotection métabolique due à l'augmentation de la masse grasse corporelle et aussi d'une réserve métabolique plus élevée [38].

Ces résultats ont donné lieu à un vif débat dans la littérature scientifique internationale sur le paradoxe de l'obésité et sur la relation entre l'obésité et les risques associés de mortalité [37, 54], et la pertinence de l'utilisation de l'IMC pour définir les catégories de profil corporel a été remise en cause [103]. Flegal et al. [37] ont affirmé que l'IMC, avec toutes ses limites dans l'évaluation de la composition corporelle, peut aider dans la prise de décision clinique car l'IMC peut se considérer comme une première étape [«*a first step forward [...]»*] [52] «*BMI is a first step for anybody*» [54]) vers une compréhension plus globale et approfondie des risques de comorbidité et de mortalité liés à la surcharge pondérale.

4.2.3 Limites de la mesure de l'indice de masse corporelle

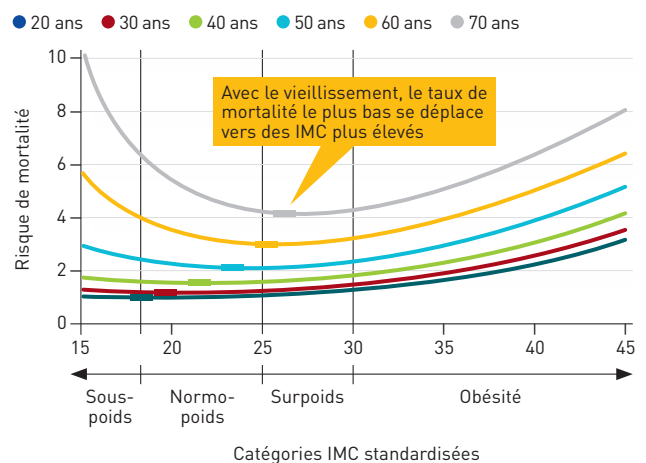
En résumé, les principales limites de l'IMC comme phénotype du risque pour la santé (*health risk phenotype*) sont:

- Seuls 2/3 de la variabilité interindividuelle de l'adiposité totale sont expliqués par l'IMC [60].
- L'IMC ne tient pas compte du sexe, de l'ethnie, de l'âge et de l'aptitude physique (fitness) pour expliquer les variations de la masse grasse, même chez des individus avec la même masse corporelle [30, 56].
- L'ethnie et l'âge (figure 5) peuvent influencer sur la relation entre les risques de comorbidité et de mortalité et l'IMC [12, 21, 57].
- La distribution de la masse grasse corporelle peut varier énormément chez les individus, même chez des personnes ayant le même niveau d'adiposité. Ce point est important car l'obésité centrale est plus problématique pour les risques de comorbidité associés au surpoids [58].

En considérant ces limites, l'OMS [107] et la NIH [74] suggèrent de coupler à la mesure de l'IMC celle du tour de taille afin d'améliorer la prévention des pathologies chroniques et des décès prématurés liés à la surcharge pondérale. De plus, ces limites deviennent encore plus importantes pour l'identification des individus à risque pour la catégorie du surpoids et de l'obésité de classe I (définie par le Dr Y. Schutz comme «la zone grise», voir page 23). Afin d'améliorer l'identification de ces individus, la

NIH [74] recommande d'effectuer une évaluation des facteurs de risque traditionnels comme la mesure de la tension artérielle, de la concentration des triglycérides plasmatiques et du glucose à jeun.

Figure 5: Relation entre le risque de mortalité et l'IMC en fonction de l'âge [54]



4.3 L'indice de masse corporelle (IMC) chez l'enfant

Chez l'enfant, comme pour l'adulte, l'utilisation de l'évaluation de la masse grasse pour définir précisément le surpoids et l'obésité n'est pas praticable, surtout pour les études à grande échelle comme les études épidémiologiques. Pour cette raison, même chez l'enfant, la classification du profil corporel se fait à partir de l'IMC.

Par rapport à l'adulte et en fonction de la croissance, la valeur de l'IMC chez l'enfant change en fonction de l'âge [19, 83]. A la naissance, la médiane de l'IMC est au plus bas à 13 kg/m², ensuite augmente à 17 kg/m² à 1 an et diminue à 15,5 kg/m² à l'âge de 6 ans pour ensuite augmenter de nouveau jusqu'à 21 kg/m² à 20 ans. En utilisant le même critère, des seuils précis sont donc nécessaires pour définir les catégories de surpoids et d'obésité en fonction de l'âge. L'utilisation des percentiles de référence représente un de ces critères de définition [76]. Aux Etats-Unis, à partir des données d'une enquête nationale représentative de la population enfantine, il a été choisi de définir les seuils de surpoids et d'obésité chez l'enfant comme étant respectivement au 85^e et au 95^e percen-

tiles de l'IMC en fonction de l'âge [2] (les courbes de croissance et leurs percentiles ont ensuite été révisés – *CDC Growth Charts: United States* [63]; voir <http://1.usa.gov/bLBESb>). Ces deux seuils, déterminés pour la population américaine, sont totalement arbitraires et ne sont pas validés dans les autres pays, ce qui rend inadaptée l'utilisation de ces deux percentiles au niveau international. Chaque pays devrait alors déterminer ses propres seuils-percentiles, à partir d'un échantillon représentatif et homogène de la population enfantine nationale, et ainsi définir correctement les différentes classes de profil corporel. Cependant, ce type d'enquête n'est pas facile à mener et pour cette raison l'*International Obesity Task Force* (IOTF) a proposé de déterminer des seuils chez les enfants qui sont directement extrapolés aux normes d'IMC établies pour l'adulte (25 kg/m² pour le surpoids et 30 kg/m² pour l'obésité) [3]. En lien avec le groupe de travail de l'IOTF, Cole et al. [17] ont décrit dans leur article l'enquête internationale qui regroupe six grandes études épidémiologiques nationales (Brésil, Grande-Bretagne, Hong Kong, Pays-Bas, Singapour et Etats-Unis), et qui leur a permis d'établir les normes de surpoids et d'obésité chez l'enfant (2–18 ans) extrapolées aux normes d'IMC établies pour l'adulte (25 et 30 d'IMC à 18 ans) et donc valables au niveau international (tableau 3; annexes I et II).

Tableau 3: Seuils internationaux de l'indice de masse corporelle (IMC; body mass index) pour le surpoids et l'obésité entre 2 et 18 ans pour les garçons et pour les filles, définis en extrapolant l'IMC à partir des valeurs de 25 kg/m² et de 30 kg/m² à l'âge de 18 ans. Ces valeurs ont été obtenues en calculant la moyenne des données du Brésil, de la Grande-Bretagne, de Hong Kong, des Pays-Bas, de Singapour et des Etats-Unis (98 000 garçons et 95 000 filles) [17].

Age (années)	IMC 25 kg/m ²		IMC 30 kg/m ²	
	Garçons	Filles	Garçons	Filles
2	18,41	18,02	20,09	19,81
2,5	18,13	17,76	19,80	19,55
3	17,89	17,56	19,57	19,36
3,5	17,69	17,40	19,39	19,23
4	17,55	17,28	19,29	19,15
4,5	17,47	17,19	19,26	19,12
5	17,42	17,15	19,30	19,17
5,5	17,45	17,20	19,47	19,34
6	17,55	17,34	19,78	19,65
6,5	17,71	17,53	20,23	20,08
7	17,92	17,75	20,63	20,51
7,5	18,16	18,03	21,09	21,01
8	18,44	18,35	21,60	21,57
8,5	18,76	18,69	22,17	22,18
9	19,10	19,07	22,77	22,81
9,5	19,46	19,45	23,39	23,46
10	19,84	19,86	24,00	24,11
10,5	20,20	20,29	24,57	24,77
11	20,55	20,74	25,10	25,42
11,5	20,89	21,20	25,58	26,05
12	21,22	21,68	26,02	26,67
12,5	21,56	22,14	26,43	27,24
13	21,91	22,58	26,84	27,76
13,5	22,27	22,98	27,25	28,20
14	22,62	23,34	27,63	28,57
14,5	22,96	23,66	27,98	28,87
15	23,29	23,94	28,30	29,11
15,5	23,60	24,17	28,60	29,29
16	23,90	24,37	28,88	29,43
16,5	24,19	24,54	29,14	29,56
17	24,46	24,70	29,41	29,69
17,5	24,73	24,85	29,70	29,84
18	25,00	25,00	30,00	30,00

En 2007, Cole et al. [18] ont ensuite défini avec une enquête internationale et avec la même méthode les seuils permettant de déterminer les catégories de sous-poids chez l'enfant et l'adolescent. L'OMS a aussi établi des normes pour les enfants de 0 à 5 ans et de 5 à 18 ans, permettant d'identifier les différentes catégories de profil corporel, grâce aux données de ~8500 enfants de 0 à 5 ans originaires de différents pays (Brésil, Ghana, Inde, Norvège, Oman et Etats-Unis) tirées de l'étude de l'OMS *Multicenter Growth Reference Study* et aux données de ~23 000 enfants de 5 à 18 ans tirées du *National Center for Health Statistics* [24, 25]. A partir de ces normes, le surpoids est défini par un IMC >90^e percentile, l'obésité par un IMC >97^e percentile et l'obésité extrême par un IMC >99,5^e percentile. A noter qu'à 19 ans, pour les deux sexes, les valeurs d'IMC+1 écart-type (ET) (25,4 kg/m² pour les garçons et 25,0 kg/m² pour les filles) sont équivalentes au seuil de surpoids défini pour les adultes (25 kg/m²) et que les valeurs d'IMC+2 ET (29,7 kg/m² pour les deux sexes) sont comparables au seuil définissant l'obésité chez l'adulte (>30 kg/m²). Finalement, ces normes 2007 de l'OMS [24, 25] donnent une classification du profil corporel assez similaire à celle établie par le groupe de travail de l'IOTF [18, 19].

Comme déjà dit dans l'introduction de ce paragraphe, à la différence de l'adulte, chez l'enfant les valeurs d'IMC sont bien corrélées au risque de développer une obésité. Par contre, la relation entre IMC et morbidité semble être moins évidente à l'âge adulte [47].

4.4 L'indice de masse corporelle et recommandations en Suisse

La Suisse applique la classification utilisant l'IMC de l'OMS [107] pour définir le profil corporel chez l'adulte. Chez l'enfant, les critères de classification utilisés sont un peu moins clairement établis et changent en fonction des acteurs.

Promotion Santé Suisse adopte les normes internationales établies par Cole et al. [17, 18] (voir <http://bit.ly/16Q7V3i>). Zimmermann et al. [109, 110] ont montré que les seuils de surpoids et d'obésité définis par l'IMC en utilisant les tables internationales [17, 18] ou

les tables américaines [63] sont bien corrélés au pourcentage de masse grasse déterminée par la méthode des plis cutanés chez des enfants suisses de 6 à 12 ans (n=2431). Par contre, les critères internationaux sont moins sensibles que les critères américains dans la classification de l'obésité car 40–50% des enfants ne sont pas classés comme obèses. Ce dernier résultat montre clairement l'importance du choix et de la validité nationale des courbes de croissance. Cependant, personnellement, je pense que cette différence peut être aussi due à une possible imprécision dans la détermination du pourcentage de la masse grasse corporelle par la méthode des plis cutanés chez l'enfant. En effet, l'utilisation des critères internationaux semble être plus appropriée que celle des critères américains en Suisse et je partage donc le choix de Promotion Santé Suisse dans l'utilisation des critères internationaux pour définir les catégories de profil corporel chez l'enfant.

En 2006, la Société Suisse de Pédiatrie (SSP) propose, pour des raisons pratiques, d'utiliser les courbes de profil corporel allemandes [61] en définissant, en fonction de l'âge, le surpoids par un IMC >90^e percentile et l'obésité par un IMC >97^e percentile [36]. En effet, ces courbes sont similaires aux normes internationales de l'IOTF [18, 19] et permettent ainsi une bonne transition avec la classification de l'IMC chez l'adulte. De plus, les courbes allemandes sont associées à un programme informatisé de suivi de contrôle de qualité de la thérapie (APV, www.a-p-v.de) reconnu au niveau international [36]. La SSP suggère donc d'abandonner les anciennes courbes suisses de profil corporel [22, 77, 82] car leurs normes, en s'éloignant de manière importante des normes internationales de l'IOTF [18, 19], ne permettent pas une bonne classification des enfants en fonction de leur IMC [36].

En 2011, le groupe de travail «courbes de croissance» de la clinique pédiatrique universitaire de Zurich [8] a proposé d'adopter les courbes pour l'IMC définies par l'OMS en 2007 [24, 25]. Comme déjà mentionné ci-dessus, le surpoids correspond à des valeurs d'IMC >90^e percentile, l'obésité à des valeurs d'IMC >97^e percentile et l'obésité extrême à des valeurs d'IMC >99,5^e percentile. Le choix d'adopter des normes internationales est essentiel pour définir le

profil corporel d'un pays par rapport à une norme populationnelle générale [7].

Face à cette diversité dans le choix des critères de classification du profil corporel à partir de l'IMC par les différents acteurs en Suisse, il nous semble fondamental d'adopter une seule classification au niveau national afin d'homogénéiser les critères de classification du profil corporel des enfants suisses. L'Office fédéral de la santé publique a actuellement lancé des discussions avec différents spécialistes dans ce domaine afin de définir un standard pour l'Enquête Suisse sur la Santé (ESS). Idéalement ce standard devrait être adopté au niveau national pour l'analyse des données de cette enquête.

5 Synthèse des interviews

Une synthèse des interviews effectuées avec les médecins et chercheurs signalés par Promotion Santé Suisse est présentée ci-après.

1. Pertinence de l'IMC

Pour les personnes interviewées, l'IMC est un indicateur de surcharge pondérale intéressant, très facile à mettre en œuvre et est très utile pour l'activité clinique ou pour des études expérimentales. C'est donc un excellent indicateur au niveau épidémiologique. Au niveau individuel, il serait dangereux de l'utiliser comme «Gold standard» car il ne prend pas en compte les différences interindividuelles. En outre, il comporte des biais importants dans l'estimation de la composition de la masse corporelle et ses liens avec les risques de comorbidité ne sont pas clairement établis. Toutefois, pour des IMC extrêmes (supérieur à 32–35 ou inférieur à 16), cette estimation se révèle assez précise. Effectivement, le problème se situe principalement au niveau de la «zone grise» ($25 < \text{IMC} < 30 \text{ kg/m}^2$) où les erreurs sont importantes en ce qui concerne l'estimation de la masse grasse.

Selon ces personnes, le paradoxe de l'obésité est un faux problème car il ne prend nullement en compte les autres facteurs de risque qui peuvent influencer sur la santé de l'individu. Pour eux, il est important de considérer le niveau de fitness et de sédentarité pour définir les risques de morbidité et de mortalité chez les individus. Ce d'autant plus que le débat scientifique concernant ce problème peut être mal interprété par la population.

Pour des études épidémiologiques, les personnes interrogées recommandent d'utiliser l'IMC en combinaison avec le tour de taille. Si les conditions le permettent, la mesure des plis cutanés serait un excellent complément. Chez les enfants, il est important de rappeler, qu'à la différence de l'adulte, l'IMC n'est pas nécessairement lié au risque de

comorbidité et de mortalité mais indique plutôt un risque de développer une obésité future et donc d'avoir des problèmes de santé par la suite. Si l'utilisation de l'IMC en association avec les courbes de croissance est fortement préconisée, l'utilisation de la méthode qui définit le surpoids comme un $\text{IMC} > 90^{\text{e}}$ percentile et l'obésité comme un $\text{IMC} > 97^{\text{e}}$ percentile par rapport aux courbes de croissance établies pour les deux sexes n'a pas que des partisans. En effet, ces déterminations dépendent essentiellement de la courbe de croissance choisie et de sa représentativité par rapport à l'échantillon à tester et où et quand elle a été construite (avant ou après «l'épidémie» de l'obésité).

2. Méthodes de mesures alternatives à l'IMC pour l'évaluation de la composition corporelle en relation avec le risque de développement des pathologies secondaires et de mortalité

Les méthodes alternatives de mesure les plus fréquemment citées sont la mesure du tour de taille, le rapport tour de taille/hanche, la mesure des plis cutanés, la bio-impédance et le «body adipose index» (BAI). Les avis sur le BAI sont cependant plus partagés, et une personne pense notamment qu'il manque une mesure réellement corrélée avec la masse grasse afin d'être pertinent. Finalement, les méthodes directes de détermination de la composition corporelle sont trop coûteuses et trop difficiles à mettre en place pour un suivi épidémiologique.

³ Paradoxe de l'obésité: les individus en surpoids ($25 < \text{IMC} < 29,9$) présentent une association à la mortalité plus basse que ceux qui ont un poids normal ($18,5 < \text{IMC} < 24,9$).

3. Recommandations pour Promotion Santé Suisse pour évaluer la composition corporelle (au niveau épidémiologique)

Pour ces experts, la mesure de l'IMC reste pour l'instant, au niveau épidémiologique, la meilleure mesure car elle permet aussi une comparaison internationale claire. Ils recommandent donc à Promotion Santé Suisse de l'utiliser et ce, si possible, avec des mesures complémentaires, la principale étant celle du tour de taille. Ils ont également bon espoir que les futurs développements technologiques permettront de réaliser plus facilement et plus précisément les mesures du profil corporel.

6 Conclusions

Cette brève revue de la littérature et les interviews des médecins/chercheurs présentées dans ce document témoignent qu'aujourd'hui, il n'y a pas encore de méthode de référence universellement acceptée pour évaluer la masse grasse corporelle afin de quantifier de manière précise le profil corporel et ses différentes catégories: sous-poids, normopoids, surpoids et obésité. Toutes les méthodes de mesure de la composition de la masse corporelle ont des limites liées à leur principe de mesure, à leur application à une population spécifique (c.-à-d. sujet obèse, âgé, pathologique ou enfant) ou à leur application sur le terrain.

Les méthodes directes de mesure de la masse grasse sont considérées comme les méthodes de référence avec une erreur de la mesure de 2-3% [15]. Cependant, elles sont coûteuses et lourdes dans leur application et l'exploitation des données, ce qui rend difficile l'accès à ces techniques. Ces méthodes sont utilisées principalement dans le cadre de l'activité clinique ou dans des études cliniques à petite échelle. Par contre, leur utilisation dans des études épidémiologiques à grande échelle est pratiquement impossible, voire difficile. Pour ce genre d'étude, les méthodes indirectes de mesure de la composition corporelle sont utilisées car elles sont les plus simples et rapides à mettre en place sur le terrain. Ces méthodes sont toutefois caractérisées par une erreur de mesure de la masse grasse qui peut varier entre 5% et 10% [15].

Parmi ces méthodes indirectes, l'IMC est sûrement la plus utilisée car il permet de classer les individus par rapport à leur profil corporel et de comparer les données au niveau international et à long terme, grâce à la classification établie par l'OMS. Comme nous l'avons vu précédemment dans ce document, l'IMC n'est pas une mesure réelle de la masse grasse et ses liens avec les risques de comorbidité et de mortalité ne sont pas clairement établis et varient, surtout pour des valeurs d'IMC entre 20 et 30 (c.-à-d. la zone grise), sous l'influence de différents facteurs (les effets des pathologies préexistantes, de la fumée, de l'âge, du sexe, de l'ethnie et du niveau

d'activité physique). Cependant, l'IMC reste la mesure la plus facile à utiliser lors des études épidémiologiques à grande échelle. Afin de mieux caractériser le profil corporel des individus, cette mesure peut être complétée par l'évaluation du tour de taille. Au niveau clinique lors de la prise en charge individuelle, l'IMC représente seulement une première étape de mesure du profil corporel afin d'orienter l'évaluation et la prise en charge du patient. Cette mesure doit ensuite être combinée et complétée avec une ou plusieurs mesures de la composition corporelle (directes ou indirectes) afin de limiter les erreurs de classification de l'individu et améliorer ainsi sa prise en charge.

En perspective, le croisement des paramètres et les nouveaux développements technologiques, permettant d'améliorer la mesure de la masse grasse corporelle, seront essentiels pour améliorer l'évaluation du profil corporel des individus surtout au niveau épidémiologique mais aussi en ce qui concerne le diagnostic individuel.

7 Références

- [1] Balkau B, Deanfield JE, Despres JP, Bassand JP, Fox KA, Smith SC, Jr., Barter P, Tan CE, Van Gaal L, Wittchen HU, Massien C, and Haffner SM. International Day for the Evaluation of Abdominal Obesity (IDEA): a study of waist circumference, cardiovascular disease, and diabetes mellitus in 168 000 primary care patients in 63 countries. *Circulation* 116: 1942–1951, 2007.
- [2] Barlow SE, and Dietz WH. Obesity evaluation and treatment: Expert Committee recommendations. The Maternal and Child Health Bureau, Health Resources and Services Administration and the Department of Health and Human Services. *Pediatrics* 102: E29, 1998.
- [3] Bellizzi MC, and Dietz WH. Workshop on childhood obesity: summary of the discussion. *Am J Clin Nutr* 70: 173S–175S, 1999.
- [4] Bannasar-Veny M, Lopez-Gonzalez AA, Tauler P, Cespedes ML, Vicente-Herrero T, Yañez A, Tomas-Salva M, and Aguilo A. Body Adiposity Index and Cardiovascular Health Risk Factors in Caucasians: A Comparison with the Body Mass Index and Others. *PLoS ONE* 8: e63999, 2013.
- [5] Bergman RN, Stefanovski D, Buchanan TA, Sumner AE, Reynolds JC, Sebring NG, Xiang AH, and Watanabe RM. A better index of body adiposity. *Obesity (Silver Spring)* 19: 1083–1089, 2011.
- [6] Berrington de Gonzalez A, Hartge P, Cerhan JR, Flint AJ, Hannan L, MacInnis RJ, Moore SC, Tobias GS, Anton-Culver H, Freeman LB, Beeson WL, Clipp SL, English DR, Folsom AR, Freedman DM, Giles G, Hakansson N, Henderson KD, Hoffman-Bolton J, Hoppin JA, Koenig KL, Lee I-M, Linet MS, Park Y, Pocobelli G, Schatzkin A, Sesso HD, Weiderpass E, Willcox BJ, Wolk A, Zeleniuch-Jacquotte A, Willett WC, and Thun MJ. Body-Mass Index and Mortality among 1,46 Million White Adults. *N Engl J Med* 363: 2211–2219, 2010.
- [7] Bovet P, Chiolerio A, and Paccaud F. Utilité d'inclure des critères de validité externe dans des normes nationales pour la définition de la surcharge pondérale de l'enfant et de l'adolescent. *Paediatrica* 17: 19–24, 2006.
- [8] Braegger C, Jenni O, Konrad D, and Molinari L. Nouvelles courbes de croissance pour la Suisse. *Paediatrica* 22: 9–11, 2011.
- [9] Bray GA. Pathophysiology of obesity. *Am J Clin Nutr* 55: 488S–494S, 1992.
- [10] Brozek J, Grande F, Anderson JT, and Keys A. Densitometric Analysis of Body Composition: Revision of Some Quantitative Assumptions. *Ann N Y Acad Sci* 110: 113–140, 1963.
- [11] Calle EE, Rodriguez C, Walker-Thurmond K, and Thun MJ. Overweight, obesity, and mortality from cancer in a prospectively studied cohort of U.S. adults. *N Engl J Med* 348: 1625–1638, 2003.
- [12] Calle EE, Thun MJ, Petrelli JM, Rodriguez C, and Heath CW. Body-mass index and mortality in a prospective cohort of U.S. adults. *N Engl J Med* 341: 1097–1105, 1999.
- [13] Carnethon MR, De Chavez PJ, Biggs ML, Lewis CE, Pankow JS, Bertoni AG, Golden SH, Liu K, Mukamal KJ, Campbell-Jenkins B, and Dyer AR. Association of weight status with mortality in adults with incident diabetes. *JAMA* 308: 581–590, 2012.
- [14] Cauet C, Jacobi D, and Barbe P. Composition corporelle. In: *Médecine et chirurgie de l'obésité*, edited by Basdevant A. Paris: Lavoisier S.A.S., 2011, p. 401–409.
- [15] Chumlea WM, and Guo SS. Assessment and prevalence of obesity: application of new methods to a major problem. *Endocrine* 13: 135–142, 2000.
- [16] Cohn SH, Vaswani AN, Yasumura S, Yuen K, and Ellis KJ. Improved models for determination of body fat by in vivo neutron activation. *Am J Clin Nutr* 40: 255–259, 1984.

- [17] Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, and Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ* 320: 1240–1243, 2000.
- [18] Cole TJ, Flegal KM, Nicholls D, and Jackson AA. Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *BMJ* 335: 194, 2007.
- [19] Cole TJ, Freeman JV, and Preece MA. Body mass index reference curves for the UK, 1990. *Arch Dis Child* 73: 25–29, 1995.
- [20] Collaboration Prospective Studies. Body-mass index and cause-specific mortality in 900 000 adults: collaborative analyses of 57 prospective studies. *Lancet* 373: 1083–1096, 2009.
- [21] Consultation WHOE. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet* 363: 157–163, 2004.
- [22] Dayer-Métroz M, Mermillod B, Pampallona S, and Schopfer C. Croissance somatique de 2 à 18 ans – courbes genevoises 1995 – étude transversale. *Service Santé de la Jeunesse, Genève* 1995.
- [23] De Lorenzo A, Andreoli A, Matthie J, and Withers P. Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: a technological review. *J Appl Physiol* 82: 1542–1558, 1997.
- [24] de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Garza C, Yang H, and Group WHOMGRS. Comparison of the World Health Organization (WHO) Child Growth Standards and the National Center for Health Statistics/WHO international growth reference: implications for child health programmes. *Public Health Nutr* 9: 942–947, 2006.
- [25] de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, and Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ* 85: 660–667, 2007.
- [26] Dempster P, and Aitkens S. A new air displacement method for the determination of human body composition. *Med Sci Sports Exerc* 27: 1692–1697, 1995.
- [27] Despres JP, Lemieux I, and Prud'homme D. Treatment of obesity: need to focus on high risk abdominally obese patients. *BMJ* 322: 716–720, 2001.
- [28] Dioum A. Validation de méthodes de mesure de la composition corporelle utilisable sur le terrain chez les Africaines: Application dans les études épidémiologiques en milieux rural et urbain. In: *Faculté des Sciences et Techniques*. Dakar: Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 2005, p. 140.
- [29] Doehner W, Clark A, and Anker SD. The obesity paradox: weighing the benefit. *Eur Heart J* 31: 146–148, 2010.
- [30] Dullloo AG, Jacquet J, Solinas G, Montani JP, and Schutz Y. Body composition phenotypes in pathways to obesity and the metabolic syndrome. *Int J Obes (Lond)* 34 Suppl 2: S4–17, 2010.
- [31] Duren DL, Sherwood RJ, Czerwinski SA, Lee M, Choh AC, Siervogel RM, and Cameron Chumlea W. Body composition methods: comparisons and interpretation. *J Diabetes Sci Technol* 2: 1139–1146, 2008.
- [32] Durnin JV, and Womersley J. Total body fat, calculated from body density, and its relationship to skin-fold thickness in 571 people aged 12–72 years. *Proc Nutr Soc* 32: 45A, 1973.
- [33] El Aarbaoui T, Samouda H, Zitouni D, di Pompeo C, de Beaufort C, Trincaretto F, Mormentyn A, Hubert H, Lemdani M, and Guinhouya BC. Does the body adiposity index (BAI) apply to paediatric populations? *Ann Hum Biol* 2013.
- [34] Ellis KJ. Human body composition: in vivo methods. *Physiol Rev* 80: 649–680, 2000.
- [35] Faeh D, Marques-Vidal P, Chiolerio A, and Bopp M. Obesity in Switzerland: do estimates depend on how body mass index has been assessed? *Swiss Med Wkly* 138: 204–210, 2008.
- [36] Farpour-Lambert N, L'allemand D, and Laimbacher J. Définition, diagnostic et indications thérapeutiques de la surcharge pondérale de l'enfant et de l'adolescent. *Paediatrica* 17: 19–24, 2006.
- [37] Flegal KM, Kit BK, and Graubard BI. Overweight, obesity, and all-cause mortality-- reply. *JAMA* 309: 1681–1682, 2013.

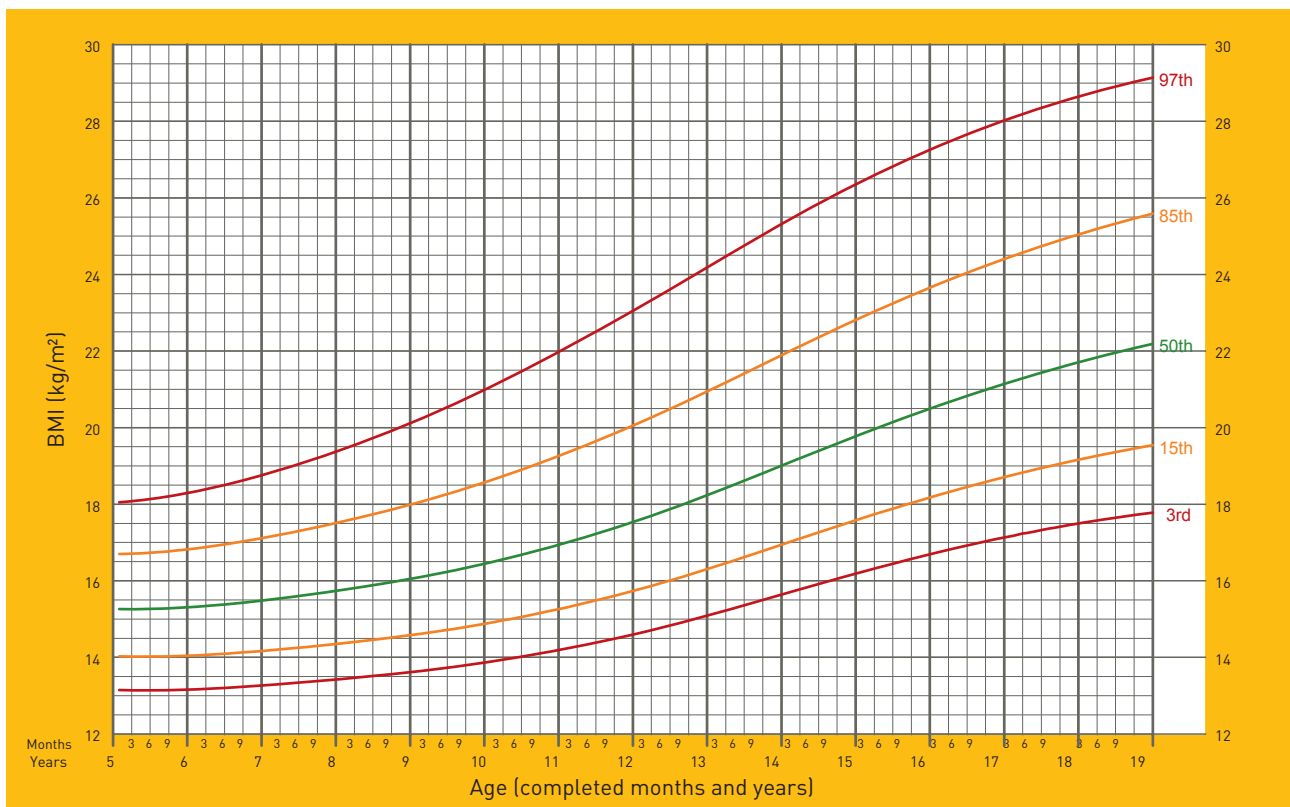
- [38] Flegal KM, Kit BK, Orpana H, and Graubard BI. Association of all-cause mortality with overweight and obesity using standard body mass index categories: a systematic review and meta-analysis. *JAMA* 309: 71–82, 2013.
- [39] Forbes GB, and Hursh JB. Age and Sex Trends in Lean Body Mass Calculated from K40 Measurements: With a Note on the Theoretical Basis for the Procedure. *Ann N Y Acad Sci* 110: 255–263, 1963.
- [40] Freedman DS, Ogden CL, Goodman AB, and Blanck HM. Skinfolts and coronary heart disease risk factors are more strongly associated with BMI than with the body adiposity index. *Obesity (Silver Spring)* 21: E64–E70, 2013.
- [41] Freedman DS, Thornton JC, Pi-Sunyer FX, Heymsfield SB, Wang J, Pierson J, Richard N, Blanck HM, and Gallagher D. The Body Adiposity Index (Hip Circumference ÷ Height 1.5) Is Not a More Accurate Measure of Adiposity Than Is BMI, Waist Circumference, or Hip Circumference. *Obesity (Silver Spring)* 20: 2438–2444, 2012.
- [42] Fujimoto WY, Newell-Morris LL, Grote M, Bergstrom RW, and Shuman WP. Visceral fat obesity and morbidity: NIDDM and atherogenic risk in Japanese American men and women. *Int J Obes* 15 Suppl 2: 41–44, 1991.
- [43] Fuller NJ, and Elia M. Potential use of bioelectrical impedance of the 'whole body' and of body segments for the assessment of body composition: comparison with densitometry and anthropometry. *Eur J Clin Nutr* 43: 779–791, 1989.
- [44] Gallagher D, Visser M, Sepulveda D, Pierson RN, Harris T, and Heymsfield SB. How useful is body mass index for comparison of body fatness across age, sex, and ethnic groups? *Am J Epidemiol* 143: 228–239, 1996.
- [45] Geliebter A, Atalayer D, Flancbaum L, and Gibson CD. Comparison of Body Adiposity Index (BAI) and BMI with Estimations of % Body Fat in Clinically Severe Obese Women. *Obesity (Silver Spring)* 2012.
- [46] Guilherme A, Virbasius JV, Puri V, and Czech MP. Adipocyte dysfunctions linking obesity to insulin resistance and type 2 diabetes. *Nat Rev Mol Cell Biol* 9: 367–377, 2008.
- [47] Guo SS, Roche AF, Chumlea WC, Gardner JD, and Siervogel RM. The predictive value of childhood body mass index values for overweight at age 35 y. *Am J Clin Nutr* 59: 810–819, 1994.
- [48] Han TS, McNeill G, Seidell JC, and Lean ME. Predicting intra-abdominal fatness from anthropometric measures: the influence of stature. *Int J Obes Relat Metab Disord* 21: 587–593, 1997.
- [49] Han TS, Sattar N, and Lean M. ABC of obesity. Assessment of obesity and its clinical implications. *BMJ* 333: 695–698, 2006.
- [50] Han TS, Seidell JC, Currall JE, Morrison CE, Deurenberg P, and Lean ME. The influences of height and age on waist circumference as an index of adiposity in adults. *Int J Obes Relat Metab Disord* 21: 83–89, 1997.
- [51] Hattori A, and Sturm R. The obesity epidemic and changes in self-report biases in BMI. *Obesity (Silver Spring)* n/a-n/a, 2013.
- [52] Heymsfield SB, and Cefalu WT. Does body mass index adequately convey a patient's mortality risk? *JAMA* 309: 87–88, 2013.
- [53] Hoffer EC, Meador CK, and Simpson DC. Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *J Appl Physiol* 27: 531–534, 1969.
- [54] Hughes V. The big fat truth. *Nature* 497: 428–430, 2013.
- [55] Jackson AS, Pollock ML, and Gettman LR. Intertester reliability of selected skinfold and circumference measurements and percent fat estimates. *Res Q* 49: 546–551, 1978.
- [56] Jackson AS, Stanforth PR, Gagnon J, Rankinen T, Leon AS, Rao DC, Skinner JS, Bouchard C, and Wilmore JH. The effect of sex, age and race on estimating percentage body fat from body mass index: The Heritage Family Study. *Int J Obes Relat Metab Disord* 26: 789–796, 2002.

- [57] Jackson CL, Wang N-Y, Yeh H-C, Szklo M, Dray-Spira R, and Brancati FL. Body-mass index and mortality risk in US blacks compared to whites. *Obesity (Silver Spring)* n/a-n/a, 2013.
- [58] Jensen MD. Role of body fat distribution and the metabolic complications of obesity. *J Clin Endocrinol Metab* 93: S57-63, 2008.
- [59] Jerant A, and Franks P. Body Mass Index, Diabetes, Hypertension, and Short-Term Mortality: A Population-Based Observational Study, 2000-2006. *J Am Board Fam Med* 25: 422-431, 2012.
- [60] Keys A, Fidanza F, Karvonen MJ, Kimura N, and Taylor HL. Indices of relative weight and obesity. *J Chronic Dis* 25: 329-343, 1972.
- [61] Kromeyer-Hauschild K, Wabitsch M, Kunze D, Geller F, Geiß HC, Hesse V, von Hippel A, Jaeger U, Johnsen D, Korte W, Menner K, Müller G, Müller JM, Niemann-Pilatus A, Remer T, Schaefer F, Wittchen HU, Zabransky S, Zellner K, Ziegler A, and Hebebrand J. Perzentile für den Body-Mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. *Monatsschrift Kinderheilkunde* 149: 807-818, 2001.
- [62] Kuczmarski RJ, and Flegal KM. Criteria for definition of overweight in transition: background and recommendations for the United States. *Am J Clin Nutr* 72: 1074-1081, 2000.
- [63] Kuczmarski RJ, Ogden CL, Grummer-Strawn LM, Flegal KM, Guo SS, Wei R, Mei Z, Curtin LR, Roche AF, and Johnson CL. CDC growth charts: United States. *Adv Data* 1-27, 2000.
- [64] Lainscak M, von Haehling S, Doehner W, and Anker SD. The obesity paradox in chronic disease: facts and numbers. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 3: 1-4, 2012.
- [65] Lean ME, Han TS, and Seidell JC. Impairment of health and quality of life in people with large waist circumference. *Lancet* 351: 853-856, 1998.
- [66] López AA, Cespedes ML, Vicente T, Tomas M, Bennasar-Veny M, Tauler P, and Aguilo A. Body Adiposity Index Utilization in a Spanish Mediterranean Population: Comparison with the Body Mass Index. *PLoS ONE* 7: e35281, 2012.
- [67] Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, and Lykken GI. Assessment of fat-free mass using bio-electrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr* 41: 810-817, 1985.
- [68] Manson JE, Colditz GA, Stampfer MJ, Willett WC, Rosner B, Monson RR, Speizer FE, and Hennekens CH. A prospective study of obesity and risk of coronary heart disease in women. *N Engl J Med* 322: 882-889, 1990.
- [69] Meeuwssen S, Horgan GW, and Elia M. The relationship between BMI and percent body fat, measured by bioelectrical impedance, in a large adult sample is curvilinear and influenced by age and sex. *Clin Nutr* 29: 560-566, 2010.
- [70] Melmer A, Lamina C, Tschoner A, Röss C, Kaser S, Laimer M, Sandhofer A, Paulweber B, and Ebenbichler CF. Body Adiposity Index and Other Indexes of Body Composition in the SAPHIR Study: Association With Cardiovascular Risk Factors. *Obesity (Silver Spring)* 2012.
- [71] Metropolitan Life Insurance Company. Metropolitan height and weight tables. *Stat Bull Metropol Life Insur Co* 64: 1-19, 1983.
- [72] Metropolitan Life Insurance Company. New weight standards for men and women. *Stat Bull Metropol Life Insur Co* 40: 1-4, 1959.
- [73] Moliner-Urdiales D, Artero EG, LEE D-C, España-Romero V, Sui X, and Blair SN. Body adiposity index and all-cause and cardiovascular disease mortality in men. *Obesity (Silver Spring)* n/a-n/a, 2013.
- [74] National Institutes of Health. Clinical Guidelines on the Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight and Obesity in Adults. The Evidence Report. *Obes Res* 6 Suppl 2: 51S-209S, 1998.
- [75] Peppler WW, and Mazess RB. Total body bone mineral and lean body mass by dual-photon absorptiometry. I. Theory and measurement procedure. *Calcif Tissue Int* 33: 353-359, 1981.
- [76] Power C, Lake JK, and Cole TJ. Measurement and long-term health risks of child and adolescent fatness. *Int J Obes Relat Metab Disord* 21: 507-526, 1997.

- [77] Prader A, Largo RH, Molinari L, and Issler C. Physical growth of Swiss children from birth to 20 years of age. First Zurich longitudinal study of growth and development. *Helvetica paediatrica acta Supplementum* 52: 1–125, 1989.
- [78] Quélet L. *Physique sociale ou essai sur le développement des facultés de l'homme*. Bruxelles: 1869.
- [79] Reeves GK, Pirie K, Beral V, Green J, Spencer E, Bull D. Cancer incidence and mortality in relation to body mass index in the Million Women Study: cohort study. *BMJ* 335: 1134, 2007.
- [80] Ritz P, Johnson PG, and Coward WA. Measurements of 2H and 18O in body water: analytical considerations and physiological implications. *Br J Nutr* 72: 3–12, 1994.
- [81] Roche AF, Sievogel RM, Chumlea WC, and Webb P. Grading body fatness from limited anthropometric data. *Am J Clin Nutr* 34: 2831–2838, 1981.
- [82] Rolland-Cachera MF, Deheeger M, Bellisle F, Sempe M, Guilloud-Bataille M, and Patois E. Adiposity rebound in children: a simple indicator for predicting obesity. *Am J Clin Nutr* 39: 129–135, 1984.
- [83] Rolland-Cachera MF, Sempe M, Guilloud-Bataille M, Patois E, Pequignot-Guggenbuhl F, and Fautrad V. Adiposity indices in children. *Am J Clin Nutr* 36: 178–184, 1982.
- [84] Romero-Corral A, Montori VM, Somers VK, Korinek J, Thomas RJ, Allison TG, Mookadam F, and Lopez-Jimenez F. Association of bodyweight with total mortality and with cardiovascular events in coronary artery disease: a systematic review of cohort studies. *Lancet* 368: 666–678, 2006.
- [85] Rowland ML. Self-reported weight and height. *Am J Clin Nutr* 52: 1125–1133, 1990.
- [86] Schneider HJ, Friedrich N, Klotsche J, Pieper L, Nauck M, John U, Dorr M, Felix S, Lehnert H, Pittrow D, Silber S, Volzke H, Stalla GK, Wallaschofski H, and Wittchen HU. The predictive value of different measures of obesity for incident cardiovascular events and mortality. *J Clin Endocrinol Metab* 95: 1777–1785, 2010.
- [87] Schneider HJ, Glaesmer H, Klotsche J, Bohler S, Lehnert H, Zeiher AM, Marz W, Pittrow D, Stalla GK, Wittchen HU, and Group DS. Accuracy of anthropometric indicators of obesity to predict cardiovascular risk. *J Clin Endocrinol Metab* 92: 589–594, 2007.
- [88] Schoeller DA, van Santen E, Peterson DW, Dietz W, Jaspan J, and Klein PD. Total body water measurement in humans with 18O and 2H labeled water. *Am J Clin Nutr* 33: 2686–2693, 1980.
- [89] Schutz Y, Sarafian D, Miles JL, Montani JP, and Dulloo AG. Non-contact assessment of waist circumference: will tape measurements become progressively obsolete? *Eur J Clin Nutr* 66: 269–272, 2012.
- [90] Seidell JC, Oosterlee A, Thijssen MA, Burema J, Deurenberg P, Hautvast JG, and Ruijs JH. Assessment of intra-abdominal and subcutaneous abdominal fat: relation between anthropometry and computed tomography. *Am J Clin Nutr* 45: 7–13, 1987.
- [91] Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. In: *Techniques for Measuring Body Composition*, edited by Brozek J, and Henschel A. Washington, DC: Natl. Acad. Sci. USA, 1961, p. 223–224.
- [92] Siri WE. The gross composition of the body. In: *Advances in Biological and Medical Physics*, edited by Tobias CA, and Lawrence JH. New York: Academic, 1956, p. 239–280.
- [93] Sjostrom L. A computer-tomography based multicompartiment body composition technique and anthropometric predictions of lean body mass, total and subcutaneous adipose tissue. *Int J Obes* 15 Suppl 2: 19–30, 1991.
- [94] Skelton NK, and Skelton WP, 3rd. Medical implications of obesity. Losing pounds, gaining years. *Postgrad Med* 92: 151–156, 159–162, 1992.
- [95] Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, and Bembien DA. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol* 60: 709–723, 1988.

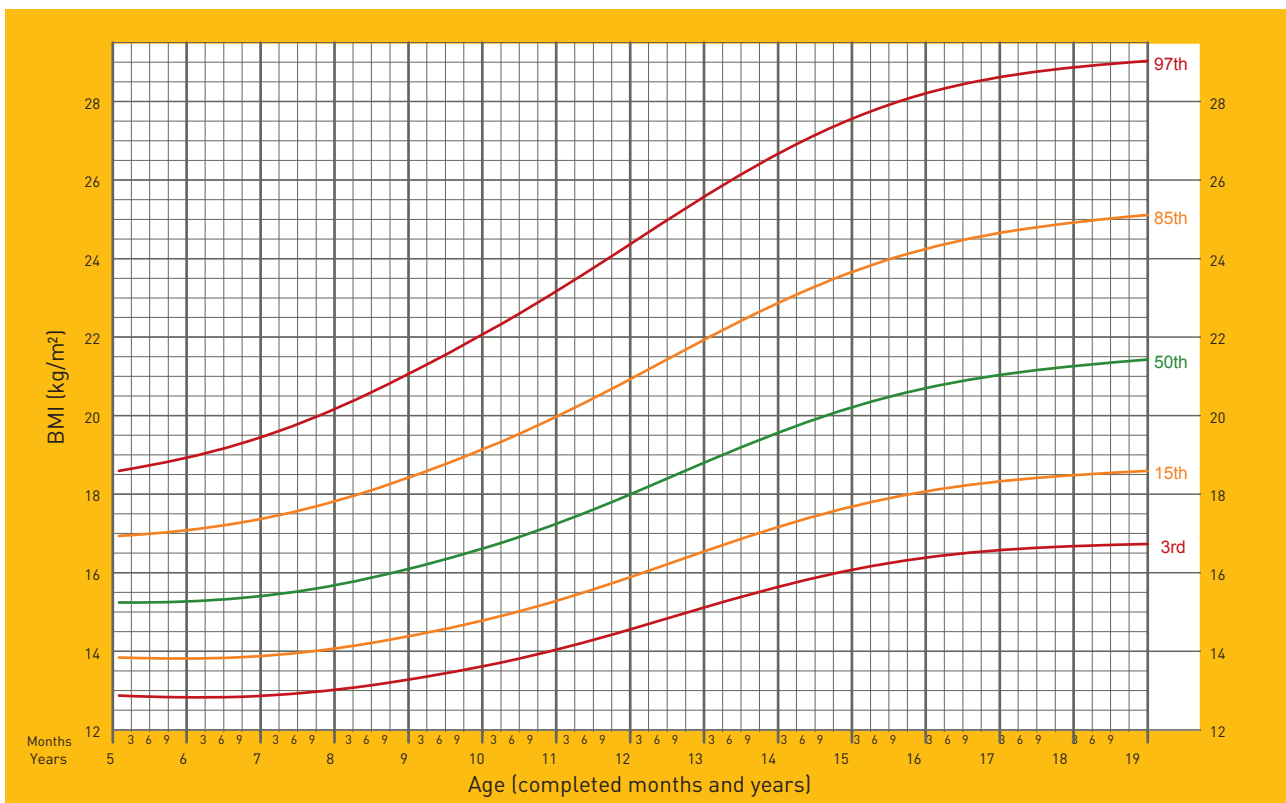
- [96] Snijder MB, Nicolaou M, van Valkengoed IGM, Brewster LM, and Stronks K. Newly Proposed Body Adiposity Index (BAI) by Bergman et al. Is Not Strongly Related to Cardiovascular Health Risk. *Obesity (Silver Spring)* 20: 1138–1139, 2012.
- [97] Snijder MB, van Dam RM, Visser M, and Seidell JC. What aspects of body fat are particularly hazardous and how do we measure them? *Int J Epidemiol* 35: 83–92, 2006.
- [98] Sobol W, Rossner S, Hinson B, Hiltbrandt E, Karstaedt N, Santago P, Wolfman N, Hagaman A, and Crouse JR, 3rd. Evaluation of a new magnetic resonance imaging method for quantitating adipose tissue areas. *Int J Obes* 15: 589–599, 1991.
- [99] Song YM, Sung J, Davey Smith G, and Ebrahim S. Body mass index and ischemic and hemorrhagic stroke: a prospective study in Korean men. *Stroke* 35: 831–836, 2004.
- [100] Stewart AW, Jackson RT, Ford MA, and Beaglehole R. Underestimation of relative weight by use of self-reported height and weight. *Am J Epidemiol* 125: 122–126, 1987.
- [101] Stommel M, and Schoenborn CA. Accuracy and usefulness of BMI measures based on self-reported weight and height: findings from the NHANES & NHIS 2001–2006. *BMC Public Health* 9: 421, 2009.
- [102] Vanitallie TB, Yang MU, Heymsfield SB, Funk RC, and Boileau RA. Height-normalized indices of the body's fat-free mass and fat mass: potentially useful indicators of nutritional status. *Am J Clin Nutr* 52: 953–959, 1990.
- [103] Vina J, Borrás C, and Gomez-Cabrera MC. Overweight, obesity, and all-cause mortality. *JAMA* 309: 1679, 2013.
- [104] Vinknes KJ, Elshorbagy AK, Drevon CA, Gjesdal CG, Tell GS, Nygard O, Vollset SE, and Refsum H. Evaluation of the Body Adiposity Index in a Caucasian Population: The Hordaland Health Study. *Am J Epidemiol* 177: 586–592, 2013.
- [105] Weeraratna TP, Lekamwasam S, and Rodrigo M. Prediction of total and visceral fat contents using anthropometric measures of adiposity in women. *Ceylon Med J* 53: 128–132, 2008.
- [106] World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser* 894: i–xii, 1–253, 2000.
- [107] World Health Organization. Report of a WHO consultation on obesity Geneva: World Health Organization, 1998.
- [108] Zhang C, Rexrode KM, van Dam RM, Li TY, and Hu FB. Abdominal obesity and the risk of all-cause, cardiovascular, and cancer mortality: sixteen years of follow-up in US women. *Circulation* 117: 1658–1667, 2008.
- [109] Zimmermann MB, Gubeli C, Puntener C, and Molinari L. Detection of overweight and obesity in a national sample of 6–12-y-old Swiss children: accuracy and validity of reference values for body mass index from the US Centers for Disease Control and Prevention and the International Obesity Task Force. *Am J Clin Nutr* 79: 838–843, 2004.
- [110] Zimmermann MB, Gubeli C, Puntener C, and Molinari L. Overweight and obesity in 6–12 year old children in Switzerland. *Swiss Med Wkly* 134: 523–528, 2004.

Annexe I: Indice de masse corporelle (IMC, Body Mass Index, BMI) en fonction de l'âge (garçons 5–19 ans)



2007 WHO Reference

Annexe II: Indice de masse corporelle (IMC, Body Mass Index, BMI) en fonction de l'âge (filles 5–19 ans)



2007 WHO Reference

Annexe III: Questions pour les interviews en français

Validité et pertinence de l'IMC comme indice de surpoids et de santé au niveau individuel ou épidémiologique

1. Pertinence de l'IMC

- 1.1 A votre avis, quelles sont la pertinence et les limites de l'IMC pour évaluer la composition corporelle en relation avec le risque de développement de pathologies cardiovasculaires et le risque de mortalité dans les différentes catégories de poids corporel?
- 1.2 Dans votre pratique clinique, utilisez-vous l'IMC?
- 1.3 Utilisez-vous l'IMC en association avec d'autres méthodes de mesure de la composition corporelle?
- 1.4 Qu'est-ce que vous pensez de la classification de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) pour définir les différentes catégories de poids corporel?
- 1.5 Qu'est-ce que vous pensez du débat concernant le risque de mortalité, l'IMC et l'*obesity paradox* (Hughes, Nature 2013: Flegal vs Willett)?
- 1.6 Toujours concernant le débat sur l'*obesity paradox*, la science doit-elle communiquer uniquement ses résultats expérimentaux ou doit-elle s'inquiéter de la répercussion que ces résultats pourraient avoir sur la société [p. ex., récupération du message de Flegal et al. (JAMA, 2013) par l'industrie alimentaire afin de minimiser le problème de l'obésité et ses implications sur la santé de l'individu; Hughes (Nature, 2013): *the science needs «[...] to follow the data just like the yellow brick road, to the truth.»*]?
- 1.7 Dans votre pratique clinique, utilisez-vous l'IMC (percentiles et courbes de croissance) chez l'enfant obèse?
- 1.8 Utilisez-vous l'IMC en association avec d'autres méthodes de mesure de la composition corporelle chez l'enfant?
- 1.9 Les limites de l'IMC chez l'enfant sont-elles les mêmes que chez l'adulte?

2. Méthodes de mesure alternatives à l'IMC pour l'évaluation de la composition corporelle en relation avec le risque de développement des pathologies secondaires et de mortalité

- 2.1 Quelles sont les méthodes alternatives à l'IMC?
- 2.2 Qu'est-ce que vous pensez de la mesure du tour de taille en comparaison avec l'IMC (Han et al., BMJ 2006)? Quelle est sa réelle utilisation chez le sujet obèse et extrêmement obèse?
- 2.3 Qu'est-ce que vous pensez du rapport «tour de taille sur tour des hanches» en comparaison avec l'IMC?
- 2.4 Pourriez-vous nous donner votre avis sur l'intérêt/les avantages de l'utilisation du tour de taille et du *Body Adiposity Index* [BAI = ((tour de taille) / ((taille)^{1.5}) - 18); Bergman et al., Obesity 2011] en comparaison avec l'IMC?

3. Recommandations pour Promotion Santé Suisse pour évaluer la composition corporelle (au niveau épidémiologique)

- 3.1 Quelles sont les recommandations suisses et leurs différences par rapport aux recommandations internationales de l'OMS?
- 3.2 Quelles méthodes de mesure recommanderiez-vous pour évaluer la composition corporelle au niveau individuel et au niveau épidémiologique pour Promotion Santé Suisse?
- 3.3 Selon vous, quelles seront les évolutions futures dans l'évaluation de la composition de la masse corporelle au niveau individuel et au niveau épidémiologique?
- 3.4 Dans le futur, y aura-t-il la possibilité de pouvoir utiliser sur une plus grande échelle, pour des études épidémiologiques, une mesure directe de la composition corporelle (ou l'IMC sera-t-il toujours la mesure la plus pragmatique)? Si oui, laquelle?

Annexe IV: Questions pour les interviews en anglais

Validity and relevance of body mass index (BMI) as an index of overweight and health at individual and epidemiological level

1. *Relevance of BMI*

- 1.1 In your opinion, what are the relevance and limits of BMI to assess the body mass composition with respect to the risks factors, diseases (e. g. type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease, hypertension, and cancer) and mortality risks associated with the classification of body fatness based on BMI (i. e. BMI categories)?
- 1.2 Do you use the assessment of BMI in your clinical activity (if any)?
- 1.3 Do you use BMI associated with other assessments of body mass composition?
- 1.4 What do you think about the classification of body fatness based on BMI established by the World Health Organization (WHO)?
- 1.5 What do you think about the *obesity paradox* (Hughes, Nature 2013: Flegal vs Willett) and the debate concerning the link between BMI and mortality risk?
- 1.6 Always concerning the debate on *obesity paradox*, what do you think about the sentence quoted by Hughes (Nature, 2013): the science needs “[...] to follow the data just like the yellow brick road, to the truth.”?
- 1.7 Do you use the assessment of BMI in obese children in your clinical activity (if any)?
- 1.8 Do you use BMI associated with other assessments of body mass composition in (obese) children?
- 1.9 Do you think that the limits of BMI in children are the same as those in adults?

2. *Alternative assessments to BMI to evaluate body mass composition with respect to the risk factors, diseases and mortality risks associated with the classification of body fatness based on BMI*

- 2.1 What are the alternative assessments to BMI?
- 2.2 What do you think about the measurement of the waist circumference with respect to BMI (Han et al., BMJ 2006)? What is the actual use in obese and massively obese individuals?
- 2.3 What do you think about the “waist-to-hip ratio” in comparison with BMI?
- 2.4 May you give me your opinion on the advantages of using the waist circumference and the Body Adiposity Index [$BAI = ((\text{hip circumference}) / ((\text{height})^{1.5}) - 18)$; Bergman et al., Obesity 2011]?

3. *Recommendations for “Promotion Santé Suisse” to assess the body mass composition in the epidemiological evaluations*

- 3.1 What are the Swiss recommendations and their differences compared with the international recommendations of WHO?
- 3.2 What are the assessments that you would recommend to “Promotion Santé Suisse” to assess the body mass composition at individual and epidemiological level?
- 3.3 In your opinion, what are the future evolutions/innovations concerning the assessment of the body mass composition at individual and epidemiological level?
- 3.4 In the future, will there be a possible assessment of the body mass composition in the epidemiological studies including a large cohort of individuals (or will BMI always be the most pragmatic and realistic solution/assessment)?

Dufourstrasse 30, Postfach 311, CH-3000 Bern 6
Tel. +41 31 350 04 04, Fax +41 31 368 17 00
office.bern@promotionsante.ch

Avenue de la Gare 52, CH-1003 Lausanne
Tél. +41 21 345 15 15, fax +41 21 345 15 45
office.lausanne@promotionsante.ch

www.gesundheitsfoerderung.ch
www.promotionsante.ch
www.promozionesalute.ch