

Détermination du poids théorique chez des français âgés de 20 ans : relation entre le déficit ou l'excédent pondéral et le body mass index (BMI)

Determining theoretical weight in French 20-year-old adults: expressing the underweight or overweight according to the BMI

Jean-Claude Pineau¹, Bronislaw Kapitaniak²

¹Dynamique de l'évolution humaine, UPR 2147, CNRS, Paris. Laboratoire de Physiologie et de Biomécanique de l'Exercice musculaire, UFR APS-Université de Rennes 2, Avenue Charles Tillon – CS 24 414, France. E-Mail : jc.pineau@wanadoo.fr

²Laboratoire de Physiologie du Travail, Université Pierre et Marie Curie, 91 bd de l'Hôpital, 75013, Paris.

Mots clés: Indice de corpulence, poids théorique, déficit ou excédent pondéral.

Key words: Body mass index (BMI), theoretical weight, under or overweight.

Résumé

Cette étude porte sur la détermination du poids théorique (Pth) à partir de la connaissance du poids et de la stature de 14 984 garçons français âgés de 20 ans. La mise en évidence d'une relation linéaire qui joint les points moyens, pour une stature imposée et à corpulence constante, constitue une donnée fondamentale. En effet, elle nous indique le poids théorique d'un individu en fonction de sa taille et nous permet de connaître le déficit pondéral ou l'excédent pondéral (ΔP). Après avoir décomposé le poids corporel en la somme du poids théorique et du déficit ou de l'excédent pondéral, nous avons établi une relation linéaire entre le déficit ou l'excédent pondéral et le BMI. De la même façon, nous avons établi l'existence d'une relation linéaire donnant directement l'excédent pondéral (ΔP) à partir du BMI sans calculer le poids théorique. Nous avons également vérifié que le poids théorique calculé selon la formule de Lorentz sous-estime la corpulence des sujets de grande taille et à l'inverse surestime celle de petite taille. D'un point de vue biologique, la variation relative de l'excédent pondéral rapporté au poids théorique, ($\Delta P/P_{th}$) %, représente une valeur constante d'environ 35 % chez les sujets ayant atteint le seuil d'obésité (BMI = 30 kg/m²).

En définitive la méthode de détermination du poids théorique peut être extrapolée à d'autres populations selon des critères de sexe, d'âges et d'ethnie distincts.

Abstract

This study aims at determining theoretical weight from the knowledge of weight and height of 14 984 French 20-year-old males. Revealing a linear relation uniting the average points to an imposed height and a constant BMI, constitutes a fundamental datum. Indeed, it shows the theoretical weight of an individual according to his height and allows us to know his under/overweight. After decomposing body weight into the sum of theoretical weight and under/overweight, we established a linear relation between under/overweight and the BMI. Likewise, we established the existence of a linear relation directly giving overweight from the BMI without calculating the theoretical weight. We also checked that the theoretical weight calculated according to Lorentz's formula underestimates the corpulence of tall subjects and conversely overestimates the corpulence of short subjects. From a biological point of view, the relative variation of overweight, related to theoretical weight, represents a constant value of approximately 35 % in subjects having reached the obesity threshold (BMI = 30 kg/m²).

Finally, the method of determining theoretical weight may be extrapolated to other populations with distinct criteria of gender, age and ethnic group.

Introduction

L'indice de corpulence (BMI) permet de différencier la corpulence des sujets en fonction de leur poids et de leur taille. Cet indice présente la particularité d'être bien corrélé avec le poids et sans liaison avec la taille. Des travaux récents portent sur la normalisation de cet indice, la standardisation des courbes de centiles (Chinn *et al.*, 1992; Hammer *et al.*, 1991; Rolland-Cachera *et al.* 1991 ; Cronk et Roche, 1982). Cet indice est utilisé par la Communauté européenne pour estimer le déficit ou l'excédent pondéral (Cole, 1991 ; Kuskowska-Wolk *et al.*, 1989). Le BMI a été retenu comme indicateur dans les études sur le stress (Rookus *et al.*, 1988), la morbidité (Matsuzawa *et al.*, 1990), le cancer du sein (Hebert *et al.*, 1988), l'hyperlipidémie (Vatten *et al.*, 1991), le diabète (Akpan, 1989), l'adiposité (Imeson *et al.*, 1989 ; Ross *et al.*, 1988 ; Fegal *et al.*, 1988 ; Rolland-Cachera *et al.*, 1989 et l'obésité (Jette *et al.*, 1990 ; Manson *et al.*, 1990 ; Muramatsu *et al.*, 1990 ; Baecke *et al.*, 1983). L'augmentation du poids et l'obésité constituent un problème de santé public essentiel en Europe et aux Etats Unis. Pour cette raison, de nombreuses études s'intéressent à établir des liaisons entre le poids théorique et le surpoids (Womersley et Durnin, 1977 ; Crawford et Campbell, 1999). Certains auteurs utilisent la formule de Lorentz pour calculer le poids théorique idéal (Alberto *et al.*, 1998).

La présente étude épidémiologique a pour but de déterminer le déficit ou l'excédent pondéral d'un sujet à partir de son poids et de sa taille. Pour cela, il est nécessaire de déterminer tout d'abord le poids théorique d'un sujet en fonction de sa taille à partir d'une étude des variations des poids moyens à taille fixée. Après avoir décomposé le poids corporel en la somme du poids théorique (Pth) et du déficit ($\Delta P < 0$) ou l'excédent pondéral ($\Delta P > 0$), nous avons analysé l'influence de chaque terme sur l'indice de corpulence BMI et nous avons établi une relation donnant le déficit ou l'excédent pondéral à partir du BMI. Cette relation nous donne explicitement l'excédent pondéral (en kilo) d'un sujet à partir de sa taille et de son poids.

Les propriétés que nous avons établies entre les variations relatives de l'excédent pondéral exprimées en pourcentage ($\Delta P/P_{th}$) % à BMI constant, montrent que le poids théorique est essentiel pour envisager toute comparaison de l'indice de corpulence entre des sujets de statures distinctes.

Matériel et méthodes

L'étude de la corpulence des français âgés de 20 ans a été réalisée avec la collaboration du service des armées. La population est constituée de 14 984 garçons appelés du contingent âgés de 20 ans et issus des 10 centres de sélection de la métropole. Nous avons volontairement sélectionné une cohorte de français du même âge car la corpulence augmente avec l'âge et nous ne souhaitons pas introduire cette variable dans notre étude. Tous les sujets examinés étaient pubères selon les

stades de Tanner et présentaient une croissance achevée. La taille et le poids ont été déterminés le matin, sur des sujets sans chaussure et très légèrement vêtus, le poids étant mesuré à 100 g près, la stature à 5 mm près. Le body mass index a été calculé selon l'expression : $BMI = \text{poids (kg)}/\text{stature}^2(\text{m})$.

La détermination du poids théorique nous a conduit à réaliser une étude portant sur la relation entre les variations du poids moyen, à stature fixée, en effectuant un découpage de la stature tous les 2 cm entre 158 cm et 208 cm. Le calcul du déficit ou de l'excédent pondéral (en kg) est obtenu par différence entre le poids corporel réel et le poids théorique. Des propriétés ont été établies entre l'accroissement relatif du poids théorique ($\Delta P_{th}/P_{th}$), exprimé en pourcentage, à corpulence constante. D'une façon complémentaire, nous avons calculé et étudié la pertinence de l'indice de corpulence BMI obtenu à partir du poids théorique calculé selon la formule de Lorentz : $\text{Poids théorique} = \text{Taille} - 100 - (\text{taille} - 150)/4$. Les paramètres statistiques moyennes, écart-types, amplitudes maximales ont été calculés à l'aide du logiciel Statistica version 6, sous windows. Une régression linéaire a été établie entre le poids moyen, correspondant à une stature fixée, tous les 2 cm, sur 18 classes de taille comprises entre les amplitudes extrêmes de taille des 14 984 sujets. Les valeurs des coefficients de corrélation entre les mesures somatiques du poids, de la stature, du BMI, du poids théorique, du déficit ou de l'excédent pondéral ont été calculées sur l'effectif total. Les sujets de notre population ont été regroupés, selon différentes catégories de BMI, à partir de la classification établie par les autorités de santé australienne (National Health and Medical Research Council, 1985), utilisée plus récemment par l'Organisation Mondiale pour la Santé (World Health Organisation, 1998). Selon cette classification, le déficit pondéral correspond à un $BMI < 20 \text{ kg/m}^2$; un poids acceptable correspond à un BMI compris entre 20 - 25 kg/m^2 , un surpoids correspond à un BMI compris entre 25 et 30 kg/m^2 . Le seuil d'obésité est atteint si le $BMI > 30 \text{ kg/m}^2$.

Une régression linéaire nous a permis d'établir une relation entre le BMI et le déficit ou l'excédent pondéral. De plus, nous avons mis en évidence une propriété de l'accroissement relatif du poids théorique, exprimée en pourcentage, lorsque l'indice de corpulence est constant.

Résultats

La population de 14 984 sujets, qui est représentative des adultes français âgés de 20 ans, présente une grande variabilité de poids, de stature et de BMI (cf. table 1). Nous avons vérifié, sur l'effectif total, que le BMI est corrélé au poids ($r = 0,863$ $p < 0,0001$) et sans liaison avec la taille ($r = 0,0075$ $p = 0,356$).

Variables	Moyenne \pm écart-type	Etendue
Poids (kg)	68,73 \pm 10,4	40 – 139
Stature (cm)	175,46 \pm 6,7	158 – 208
BMI	22,29 \pm 2,9	13,9 – 44,6

Table 1. Descriptifs des données de la population totale (14 984 sujets).

Table 1. Subjects' characteristics.

Détermination du poids théorique

Etant donné que le BMI est sans liaison avec la stature, nous avons étudié les variations du poids moyens à stature fixée, tous les 2 cm, à l'exception de la première classe [158-162] et la dernière classe [194-208], sur l'amplitude totale de la stature. Nous avons donc considéré 18 classes de taille et nous avons calculé, pour chaque taille moyenne compris dans l'intervalle de classe de 2 cm, le poids moyens et l'indice de corpulence BMI (cf. table 2).

Il existe une relation linéaire qui joint les poids moyens correspondant à une stature imposée selon l'expression:

$$\text{Poids moyen} = 0,792 \text{ stature} - 70,21 \quad (r = 0,998 \quad p < 0,01) \quad (1)$$

Sur cette droite des poids moyens, l'indice de corpulence BMI est assez constant mais présente cependant quelques fluctuations. Pour cette raison, nous avons arbitrairement choisi un poids théorique correspondant au poids moyen pour une stature fixée lorsque l'indice de corpulence BMI est constant et égal à 22.26 kg/m^2 , valeur qui correspond à la valeur moyenne du

BMI des poids moyens de la table 2. Nous constatons peu d'écart entre le poids théorique et le poids moyen à stature fixée (cf. table 2). De la même façon que pour la relation (1), il existe à nouveau une relation linéaire donnant le poids théorique en fonction de la stature, à BMI constant égal à 22,26 kg/m², selon l'expression:

$$P_{th} = 0,791 \text{ Stature} - 70,02 \quad (r = 0,9996 \text{ p} < 0,0001) \quad (2)$$

Effectif	Stature (cm)	Poids moyen (kg)	BMI (kg/m ²)	Poids théorique (kg) à BMI = 22,26 kg/m ²
214	159,98	56,38	22,03	56,97
282	162,58	59,00	22,32	58,84
490	164,55	60,13	22,21	60,27
735	166,56	61,87	22,30	61,75
1071	168,53	63,43	22,34	63,22
1448	170,47	65,15	22,42	64,69
1705	172,52	66,07	22,20	66,25
1771	174,55	68,19	22,38	67,82
1683	176,53	69,50	22,30	69,37
1488	178,45	71,23	22,37	70,89
1395	180,44	72,70	22,33	72,48
953	182,48	74,05	22,23	74,12
721	184,49	75,63	22,22	75,77
428	186,42	76,03	21,88	77,36
269	188,41	78,43	22,10	79,02
167	190,44	81,60	22,50	80,73
86	192,52	83,00	22,39	82,50
78	195,72	85,23	22,25	85,27

Table 2. Poids moyens et BMI à stature fixée tous les 2 cm. Poids théorique (Pth en kg) à BMI constant égal à 22,26 kg/m².

Table 2. Average weight and BMI at fixed height every 2 cm. Mean theoretical weight at fixed BMI (22,26 kg/m²).

A partir de la relation (2), nous avons calculé le poids théorique (Pth) puis le déficit ou l'excédent pondéral, de chaque sujet (ΔP) de la population totale (n = 14 984), en considérant que le poids corporel est la somme du poids théorique et du déficit ou de l'excédent pondéral suivant l'expression :

$$Poids (kg) = P_{th} (kg) + \Delta P (kg) \quad (3)$$

où ΔP représente le déficit ($\Delta P < 0$) ou l'excédent ($\Delta P > 0$) pondéral exprimé en kg. Les paramètres statistiques du poids théorique, du déficit ou de l'excédent pondéral (ΔP) et du BMI calculés sur l'effectif total (cf. table 3) indiquent l'existence d'une grande dispersion du déficit et de l'excédent pondéral.

Variabes	Moyennes \pm écart-type	Etendue
Pth (kg)	68,77 \pm 5,3	54,9 – 94,5
ΔP (kg)	- 0,043 \pm 9,1	30,3 – 66,6
BMI (kg/m ²)	22,29 \pm 2,9	13,9 – 44,6

Table 3. Paramètres statistiques du poids théorique, du déficit ou de l'excédent pondéral et du BMI calculé sur la population totale (14 984 sujets)

Table 3. Statistical parameters of theoretical weight, under or overweight and BMI calculated on the total population (14 984 subjects).

La recherche d'une relation entre le déficit ou l'excédent pondéral (ΔP) et le BMI a pour but de quantifier le déficit ou l'excédent pondéral des individus exprimé en kilogramme. Dans l'expression (3) Pth et ΔP représentent deux variables indépendantes puisque leur liaison est très faible, $r = - 0,013$ $p = 0,105$. De même, il n'existe pas de liaison entre le BMI et le Pth puisque $r = 0,008$ $p = 0,356$. A l'inverse, il existe une très forte liaison ($r = 0,997$ $p < 0,0001$) entre le BMI et ΔP . Cette liaison traduit le fait que l'indice de corpulence est uniquement le reflet du déficit ou

de l'excédent pondéral quelle que soit la stature des sujets. En conséquence, le déficit ou l'excédent pondéral (ΔP en kg) d'un individu, dont on connaît son poids et sa stature, peut être obtenu à partir:

- de la différence entre le poids et le poids théorique selon la relation (2)
- ou de la relation linéaire entre ΔP et le BMI :

$$\Delta P = 3,08 \text{ BMI} - 68,74 \quad (r = 0,997) \quad (4)$$

Discussion

La détermination du poids théorique repose sur deux observations : la droite des poids moyens à stature fixée est parfaitement linéaire et d'autre part, sur cette droite des poids moyens, l'indice de corpulence est constant puisque nous l'avons choisi ainsi. Le poids théorique (Pth) représente alors une variable non subjective dont nous allons établir la propriété suivante : les variations relatives du quotient ($\Delta P/P_{th}$) exprimé en pourcentage, pour différentes valeurs fixées du BMI, sont constantes quelle que soit la stature des sujets (*cf.* table 4). Lorsque le seuil d'obésité est atteint ($\text{BMI} > 30 \text{ kg/m}^2$), le rapport ($\Delta P/P_{th}$) % est égal à 34,8 %, ce qui correspond à un excédent relatif de poids d'environ 35 %, quelle que soit la stature. Cependant, cette propriété induit nécessairement que, plus le sujet est grand, plus son excédent pondéral sera élevé ; l'excédent pondéral (ΔP) croît de 19,81 kg pour une stature de 159,98 cm à 29,63 kg pour une stature de 195,72 cm.

Certains auteurs utilisent la formule de Lorentz pour calculer le poids théorique des sujets. Pour vérifier la pertinence de cette expression, nous avons calculé le BMI en introduisant, comme valeur de poids corporel, le poids théorique estimé selon la formule de Lorentz :

$$\text{Poids} = \text{Taille} - 100 - (\text{taille} - 150) / 4 \quad (5)$$

Nous avons alors constaté que, l'indice de corpulence (BMI), décroît significativement lorsque la taille augmente. La liaison est statistiquement significative tant sur les 18 classes de taille ($r = -0,926$ $p < 0,001$) que sur l'effectif total ($r = -0,910$ $p < 0,001$ avec $n = 14\,984$). Par conséquent, la formule de Lorentz introduit un biais qui consiste à surestimer la corpulence des sujets de petite taille et à l'inverse de sous-estimer la corpulence des sujets de grande taille.

Effectif	Stature (cm)	Pth (kg)	Poids moyen à BMI = 30	ΔP^* (kg)	($\Delta P/P_{th}$)%	BMI _{Lorentz}
214	159,98	56,97	76,78	19,81	34,8	22,46
282	162,58	58,84	79,30	20,46	34,8	22,49
490	164,55	60,27	81,23	20,96	34,8	22,50
735	166,56	61,75	83,23	21,48	34,8	22,50
1071	168,53	63,22	85,21	21,99	34,8	22,50
1448	170,47	64,69	87,18	22,49	34,8	22,49
1705	172,52	66,25	89,29	23,04	34,8	22,47
1771	174,55	67,82	91,40	23,58	34,8	22,45
1683	176,53	69,37	93,49	24,12	34,8	22,43
1488	178,45	70,89	95,53	24,64	34,8	22,40
1395	180,44	72,48	97,68	25,20	34,8	22,37
953	182,48	74,12	99,90	25,78	34,8	22,33
721	184,49	75,77	102,10	26,33	34,8	22,29
428	186,42	77,36	104,30	26,94	34,8	22,25
269	188,41	79,02	106,50	27,48	34,8	22,20
167	190,44	80,73	108,80	28,07	34,8	22,15
86	192,52	82,50	111,20	28,70	34,8	22,09
78	195,72	85,27	114,90	29,63	34,8	22,00

Table 4. Excédent pondéral relatif ($\Delta P/P_{th}$) % en fonction du BMI fixé arbitrairement. * $\Delta P = \text{Poids}_{\text{BMI}=30} - P_{th}$

Table 4. Relative overweight ($\Delta P/P_{th}$) % according to arbitrarily fixed BMI.

Les valeurs moyennes et amplitudes du déficit et de l'excédent pondéral (ΔP) de notre population (*cf.* table 5) ont été calculées à partir de la classification établie, par les autorités de santé australienne, sur l'indice de corpulence BMI. L'intérêt de ΔP réside dans le fait qu'il présente une variabilité beaucoup plus grande que le BMI sur la population totale. Dans ces conditions, il est probable que les variables biologiques que l'on peut intégrer dans toute enquête épidémiologique seront mieux corrélées avec le ΔP qu'avec le BMI. De plus, il nous paraît beaucoup plus simple de comparer les corpulences de sujets de stature distincte en comparant directement leur déficit ou leur excédent pondéral, exprimé en kg, plutôt qu'en comparant leur corpulence à partir du BMI qui reste lié à leur stature.

Critères	effectif (%)	BMI $\pm \sigma$	$\Delta P \pm \sigma$	ΔP^* estimé
Déficit pondéral				
BMI < 20	2971 (19,8%)	18,85 \pm 0,9	- 10,67 \pm 2,9	-10,68
Poids acceptable				
20 \leq BMI \leq 25	9866 (65.8%)	22,17 \pm 1,3	- 0,43 \pm 4,1	- 0,45
Surpoids				
25 < BMI \leq 30	1855 (12.4%)	26 ,69 \pm 1,3	13,5 \pm 4,1	13,46
Obésité				
BMI > 30	292 (1.95%)	32,75 \pm 2,7	32,2 \pm 8,6	32,13

Table 5. Paramètres statistiques du BMI (kg/m^2) et de ΔP (kg) selon la classification australienne.

* ΔP estimé selon l'expression : $\Delta P = 3,08 \text{ BMI} - 68,74$.

Table 5. Statistical parameters of the BMI and ΔP according to Australian classification.

* ΔP estimated from the expression : $\Delta P = 3,08 \text{ BMI} - 68,74$.

Conclusion

Le poids théorique représente une information utile et non subjective pour les anthropologues. Sa détermination a été effectuée à partir d'une étude portant sur les variations des poids moyens en fonction de la stature sur de grands effectifs, dans laquelle, nous avons mis en évidence certaines propriétés fondamentales. Le poids théorique est égal au poids moyen correspondant à une stature fixée de telle sorte que l'indice de corpulence BMI reste constant. Dans le cas de notre population de jeunes adultes français âgés de 20ans cette valeur est égale à 22,26 kg/m^2 .

La détermination du poids théorique nous permet d'établir une relation entre le BMI et le déficit ou l'excédent pondéral (ΔP) exprimé en kilogramme de tout individu français de sexe masculin âgé de 20 ans. Pour cela, nous avons décomposé le poids corporel en la somme de deux quantités indépendantes : le poids théorique (Pth), d'une part, sans aucune liaison avec le BMI et le déficit ou l'excédent pondéral (ΔP), d'autre part, qui reste très corrélé au BMI. Dans ces conditions, nous pouvons calculer directement tout déficit ou excédent pondéral (en kg) par différence entre le poids corporel et le poids théorique. La variation relative de l'excédent pondéral rapporté au poids théorique, exprimé en pourcentage ($\Delta P/\text{Pth}$) %, est une constante qui représente environ 35% chez les sujets ayant atteint le seuil d'obésité ($\text{BMI}=30 \text{ kg}/\text{m}^2$) communément admis. Nous avons de plus établi, une relation linéaire précise donnant, directement, l'excédent pondéral (ΔP) à partir de l'indice de Quetelet (BMI) sans calculer le poids théorique.

La détermination du poids théorique, du déficit ou de l'excédent pondéral peut être obtenue de la même façon sur la population française composée de sujets des deux sexes et d'âge variable ainsi que sur d'autres populations ethniques. La connaissance du poids théorique doit nous permettre d'envisager de nouvelles applications dans le domaine de la médecine et de l'anthropologie.

Bibliographic

- Akpan, J.O., 1989, A comparison of a maternal and cord blood glucose levels in diabetic and nondiabetic Nigerians in relation to birth weight and maternal body mass index. *Acta. Diab. Lat.*, 26, 95-102.
- Alberto, G., Novi, R.F., Maurino, M., Trombetta, A., Molinatti, G.M., 1998, Increased body mass index increase and insulin resistance parameters in dyslipidemia. Risk and positive correlation in essential obesity. *Min. Endocrinol.*, 23, 65-69.
- Baecke, J.A., Burema, J., Frijters, E.J., Hautvast, G.A.J., Weil-Wetzels, A.M., 1983, Obesity in young Dutch adults. II, daily life-style and body mass index. *Int. J. Obes.*, 7, 1-24.
- Chinn, S., Rona, R.J., Gulliford, M.C., Hammond, J., 1992, Weight-for-height in children aged 4-12 ans. A new index compared to the normalized body mass index. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 46, 489-500.
- Cole, T.J., 1991, Weight-stature indices to measure underweight, overweight, and obesity. *Anthrop. Asses. Nutr. Stat.*, 83-111.
- Crawford, D., Campbell, K., 1999, Lay definitions of ideal weight and overweight. *Int. J. Obes.*, 26, 738-745.
- Cronk, E., Roche, A.F., 1982, Race and sex-specific reference data for triceps and subscapular skinfolds and weight/stature. *Am. J. Clin. Nutr.*, 35, 347-354.
- Fegal, K.M., Harlan, W.R., Landis, J.R., 1988, Secular trends in body mass index and skinfold thickness with socioeconomic factors in young adult men. *Am. J. Clin. Nutr.*, 48, 548-551.
- Hammer, L.D., Helena, C., Kraemer, P.H.D., Wilson, M., Ritter, P.L., Sanford, M., Dornbusch, P.H.D., 1991, Standardized percentile curves of body-mass index for children and adolescents. *Am. J. Dis.Child.*, 145, 259-263.
- Hebert, J.R., Augustine, A., Barone, J., Kabat C., Kinne, D.W., 1998, Weight, height and body mass index in the prognosis of breast cancer : early results of a prospective study. *Int.J. Can.* 42, 315-318.
- Imeson, J.D., Haines, A.P., Meade, T.W., 1989, Skinfold thickness, body mass index and ischaemic heart disease. *J. Epidemiol. Com. Health*, 43, 223-227.
- Jette, M., Sidney, K., Lewis, W., 1990, Fitness, performance and anthropometric characteristics of 19,185 Canadian forces personnel classified according to body mass index. *Milit. Med.*, 155, 120-126.
- Kuskowska-Wolk, W., Karlson, P., Stolt, M., Rössner, S., 1989, The predictive validity of body mass index based on self-reported weight and height. *Int. J. Obes.*, 13, 441-453.
- Manson, J.E., Stampfer, M.J., Colditz, G.A., Willett, W.C., Rosner, B., Monson, R.R., Speizer, F.E., Hennekens, C.H., 1990, A prospective study of obesity and risk of coronary heart disease in women. *N. Engl. J. Med.*, 322, 882-889.
- Matsuzawa, Y., Tokunaga, K., Kotani, K., Keno, Y., Kobayashi, T., Tarui, S., 1990, Simple estimation of ideal body weight from body mass index with the lowest morbidity. *Diab. Res. Clin. Pract.*, 10, 159-164.
- Muramatsu, S., Sato, Y., Miyao, M., Muramatsu, T., Ito, A., 1990, A longitudinal study of obesity in Japan : relationship of body habitus between at birth and at age 17. *Int. J. Obes.*, 14, 39-45.
- National Health and Medical Research Council, 1985, Report of the one hundredth session. Australian Government Publishing Service, Canberra.
- Rolland-Cachera, M.F., Bellisle, F., Sempe, M., 1989, The prediction in boys and girls of the weight/height index and various skinfold measurements in adults: a two-decade follow-up study. *Int. J. Obes.*, 13, 305-311.
- Rolland-Cachera, M.F., Cole, T.J., Sempe, M., Tichet, J., Rossignol, C., Charraud, A., 1991, Body mass index variations: centiles from birth to 87 years. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 45, 13-21.
- Rookus, M.A., Burema, J., Frijters, E.R., 1988, Changes in body mass index in young adults in relation to number of life events experienced. *Int. J. Obes.* 12, 29-39.
- Ross, W.D., Crawford, S.M., Kerr, D.A., Ward, R., Bailey, D.A., Mirwald, R.M., 1988, Relationship of the body mass index with skinfolds, girths and bone breadths in Canadian men and women aged 20-70 years. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 77, 169-70.
- Vatten, L.J., Foss, O.P., Kvinnsland, S., 1991, Overall survival of breast cancer patients in relation to preclinically determined total serum cholesterol, body mass index, height and cigarette smoking: a population-based study. *Eur. J. can.*, 27, 641-646.
- Womersley, J., Durnin, J.V.G.A., 1977, A comparison of the skinfold method with extent of "overweight " and various weight-height relationships in the assesment of obesity. *Br. J. Nutr.*, 38, 271-284.

World Health Organisation, 1998, Prevention and management of the global epidemic of obesity: Report of the WHO consultation on obesity. World Health Organisation, Geneva.