

Méthode de mesure des plis cutanés chez le sportif

Par le Docteur Frédéric Maton, médecin du sport.

▪ La méthode des plis cutanés est validée pour apprécier l'adiposité (%MG) chez les sportifs, en particulier dans les sports à catégories de poids, et pour le suivi longitudinal des athlètes.

Cet article vise à définir les conditions de réalisation de cette technique, et préciser la méthode de calcul, pour en renforcer la fiabilité.



1. Principes généraux à respecter

- **Idéalement** les mesures doivent être effectuées par le même opérateur
- **Mesure** des plis toujours sur l'hémicorps droit, par convention (pour gauchers et droitiers).
- **La relaxation** complète du sujet est indispensable, sans contraction du muscle sous-jacent, le membre concerné complètement détendu.
- **Le pli** doit s'imprimer entre le pouce et l'index.

▪ **Le pli** intéresse la peau et les tissus sous cutanés, mais doit exclure la masse musculaire sous-jacente et les aponévroses.

▪ **La pression** des doigts doit être relâchée pendant la mesure à la pince.

▪ **La mesure** avec la pince doit s'effectuer perpendiculairement à la surface cutanée, par une pression isolée de l'ordre de 2 secondes sur le site sélectionné.

▪ **La mesure** doit être répétée sur chaque site au minimum 3 fois, idéalement 5 fois, sur une zone centrée sur le point initial (2 mm). La valeur retenue correspond à la moyenne des 5 mesures.

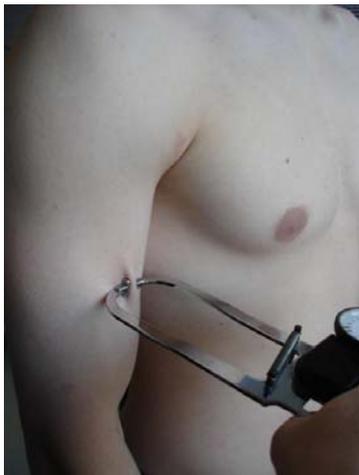
▪ **Matériel** : seule la pince de Harpenden® a fait l'objet d'étude de validation. Ce matériel, bien qu'onéreux, reste le matériel de référence à adopter. Il ne nécessite par ailleurs aucune calibration secondaire ni entretien particulier.

Ce matériel, bien qu'onéreux, reste le matériel de référence à adopter. Il ne nécessite par ailleurs aucune calibration secondaire ni entretien particulier.

2. Localisation et méthode de mesure des plis cutanés

▪ Pli Bicipital

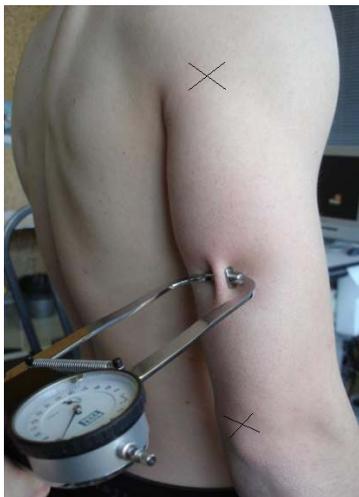
Pli vertical, situé à mi-distance entre l'insertion haute (tête humérale de l'épaule) et basse (pli du coude).



▪ Pli Tricipital

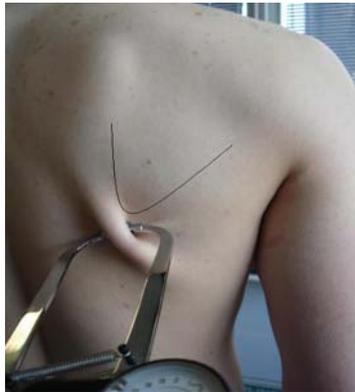
Pli vertical sur la face postérieure du Triceps, bras entièrement détendu (éviter les rotations du membre).

A mi-distance entre l'insertion haute (Acromion de l'épaule) et basse (Olécrane du coude).



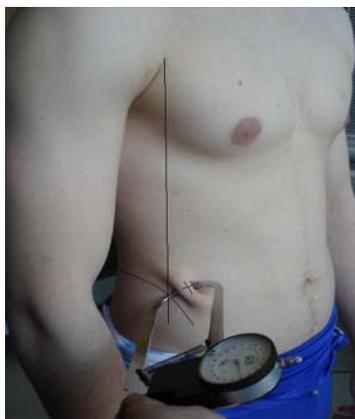
▪ Pli Sous Scapulaire

Pli oblique vers le bas et le dehors, sur la face postérieure, le bras bien détendu. Le pli se situe juste sous la pointe de l'omoplate (1 cm).



▪ Pli Supra iliaque

Pli oblique en bas et en dedans. Juste au-dessus de la crête iliaque (2 cm), à son intersection avec la ligne axillaire antérieure.



▪ Pli Omibilical

Pli vertical, situé 2 cm à droite de l'ombilic (2 travers de doigts).



▪ Pli Quadricipital

Le sportif doit être assis, le genou fléchi à 90°. Le pli est vertical sur la face antérieure de la cuisse, à mi-distance entre la ligne inguinale et le sommet de la rotule.



▪ Pli Sural

Sportif assis, genou fléchi à 90°. Le pli est vertical, en regard de la circonférence maximale du mollet, sur la ligne médiale de la face interne du mollet.



▪ **Autres plis**

D'autres plis ont été décrits mais n'ont fait l'objet d'aucune validation. Leur utilisation est donc déconseillée :

Exemples :

- Pli axillaire médial : vertical, sur la ligne axillaire moyenne, à hauteur de l'apophyse xiphoïde
- Pli ombilical horizontal
- Pli iliaque en regard de l'épi-ne iliaque antéro supérieur.
- Pli pectoral : oblique en bas et en dehors, sur la face antérieure, sur le pourtour du relief musculaire du Grand Pectoral.

Homme : à mi-distance entre la ligne axillaire antérieure (pli cutané entre Deltoïde et Pectoral) et le mamelon.

Femme : au 1/3 de la distance entre la ligne axillaire antérieure (pli cutané entre Deltoïde et Pectoral) et le mamelon.

▼ annonce

IRBMS
Institut Régional
de Biologie et de
Médecine du Sport

Le site médical
d'informations
des sportifs
et des professionnels
du sport et de la Santé

WWW.IRBMS.COM

3. Equations validées pour la détermination du % d'adiposité

Pour une même technique (plis cutanés), on observe une grande variation des résultats en fonction de l'équation choisie (22-42-50).

Une trentaine d'équations peut être utilisée pour la détermination de l'adiposité à partir des mesures des plis cutanés. Certaines ont toutefois fait l'objet d'une validation particulière, par rapport aux méthodes de références :

▪ **Equations à 4 plis de Durnin et Womersley**

L'équation de Durnin et Womersley est validée dans les deux sexes (43), et en particulier sur la population de jeunes sportifs (25).

Elle a fait l'objet de nombreuses études, et trouve une validation par rapport aux méthodes de référence (33-60). Une légère surestimation

semble toutefois s'observer par rapport à la méthode hydrostatique (18). Cette surestimation paraît toutefois négligeable dans le cadre d'un suivi longitudinal d'athlètes.

Si l'équation manque de spécificité pour la population noire africaine (11), elle est par contre validée dans la population asiatique (39).

Cette équation semble donc particulièrement indiquée pour l'appréciation de la composition

corporelle des sportifs, en raison de sa facilité de réalisation pratique, de sa reproductibilité, et de sa spécificité reconnue vis-à-vis des populations sportives.

En pratique, l'une des causes fréquentes de surestimation de l'adiposité avec la formule de 4 plis, repose sur une erreur de détermination du pli Supra-iliaque (mesuré trop latéralement et/ou trop bas), et ne répondant pas à la localisation précédemment décrite.

Equation de Durnin et Womersley :

$$BD = C - [M (\text{Log}_{10} \sum 4\text{plis})]$$

\sum 4 plis : Biceps + Triceps + Sous-scapulaire + Supra-iliaque

	17-19 A	20-29 A	30-39 A	40-49 A	> 50 A
Hommes					
C	1,1620	1,1631	1,1422	1,1620	1,1715
M	0,0678	0,0632	0,0544	0,0700	0,0779
Femmes					
C	1,1549	1,1599	1,1423	1,1333	1,1339
M	0,0678	0,0717	0,0632	0,0612	0,0645

Les équations à 3 plis manquent de validation, et ne peuvent être utilisées chez des sportifs de haut niveau.

▪ Equations à 3 plis

Les équations à 3 plis manquent de validation, et ne peuvent être utilisées chez des sportifs de haut niveau (7-12-22).

L'équation d'Heyward et celle de Jackson (pourtant bien référencée) surestiment le %MG. (24).

▪ Equations à 6 plis

On peut penser que dans les sports où la composante motrice des membres inférieurs est déterminante, les variations d'épaisseur des plis de cuisse et de mollet, en regard des groupes musculaires mis en jeu dans l'activité, permettraient de mieux apprécier la composition corporelle (36).

Cette hypothèse manque de validation.

D'autre part, les équations à 6 plis semblent sous estimer le %MG.

Il semble toutefois, que la somme des plis de cuisse et de mollet reflèterait mieux les variations du %MG, que ce soit associée aux 4 plis dans une formule commune (Durnin & Womersley), ou comparée séparément (14).

Equations de Jackson et Pollock :

Hommes :

$$BD = 1,10938 - 0,0008267 (\Sigma 3\text{plis}) + 0,0000016 (\Sigma 3\text{plis})^2 - 0,0002574 (\text{âge})$$

$\Sigma 3 \text{ plis} : \text{Pectoral} + \text{Abdominal} + \text{Cuisse}$

$$BD = 1,1125025 - 0,0013125 (\Sigma 3\text{plis}) + 0,0000055 (\Sigma 3\text{plis})^2 - 0,000244 (\text{âge})$$

$\Sigma 3 \text{ plis} : \text{Pectoral} + \text{Triceps} + \text{Sous-capulaire}$

Femmes :

$$BD = 1,099421 - 0,0009929 (\Sigma 3\text{plis}) + 0,0000023 (\Sigma 3\text{plis})^2 - 0,0001392 (\text{âge})$$

$\Sigma 3 \text{ plis} : \text{Triceps} + \text{Supra-iliaque} + \text{Cuisse}$

$$BD = 1,089733 - 0,0009245 (\Sigma 3\text{plis}) + 0,0000025 (\Sigma 3\text{plis})^2 - 0,0000979 (\text{âge})$$

$\Sigma 3 \text{ plis} : \text{Triceps} + \text{Supra-iliaque} + \text{Abdominal}$

Equation de Yuhasz (59) :

Hommes :

$$BD = (0,1051 \Sigma 6\text{plis}) + 2,585$$

$\Sigma 6 \text{ plis} : \text{Triceps} + \text{Sous-scapulaire} + \text{Supra-iliaque} + \text{Abdominal} + \text{Cuisse} + \text{Jumeau interne}$

Femmes :

$$BD = (0,1548 \Sigma 6\text{plis}) + 3,580$$

$\Sigma 6 \text{ plis} : \text{Triceps} + \text{Sous-scapulaire} + \text{Supra-iliaque} + \text{Abdominal} + \text{Cuisse} + \text{Jumeau interne}$

▼ annonce

WWW.IRBMS.COM

CENTRE DE RESSOURCES EN MÉDECINE DU SPORT

Plus de 1000 documents, articles, diaporamas, en accès libre.

Deux lettres d'informations par mois sur l'actualité en médecine et nutrition du sport.

▪ Equations à 7 plis

+ *Equation de Jackson et Pollock (28).*

Equation validée dans les deux sexes (43), mais qui ne semble présenter aucun avantage par rapport à l'équation à 4 plis de Durnin et Womersley.



+ *Equation à 7 plis (selon Evans) (15).*

L'équation manque de validation (24-48) : les résultats sont identiques par rapport aux équations à 3 et 4 plis qui incluent le pli abdominal et les membres inférieurs. L'équation à 7 plis sous estime le %MG.

▪ Equation de détermination du %MG intégrant le rapport Poids/Taille

L'équation de Nagamine et Suzuki a fait l'objet d'une validation sur une population féminine asiatique (57). Aucune étude ne semble avoir été publiée sur les populations occidentales. Cette équation n'est donc pas applicable.

annonce ▼

IRBMS

Vous êtes médecin du sport et vous souhaitez publier un article sur notre site, écrivez-nous : contact@irbms.com

WWW.IRBMS.COM

Equations de Jackson et Pollock :

Hommes :

$BD = 1,112 - 0,00043499 (\sum 7 \text{plis}) + 0,00000055 (\sum 7 \text{plis})^2 - 0,00028826 (\text{âge})$
 $\sum 7 \text{ plis : Pectoral + Axillaire (médial) + Triceps + Sous-scapulaire + Abdomen + Supra-iliaque + Cuisse}$

Femmes :

$BD = 1,097 - 0,00046971 (\sum 7 \text{plis}) + 0,00000056 (\sum 7 \text{plis})^2 - 0,00012828 (\text{âge})$
 $\sum 7 \text{ plis : Pectoral + Axillaire (médial) + Triceps + Sous-scapulaire + Abdomen + Supra-iliaque + Cuisse}$

Equations selon Evans :

$\%BF = 10.566 + 0.12077 * (\sum 7 \text{plis}) - 8.057 * (\text{gender}) - 2.545 * (\text{race})$
 $\sum 7 \text{ plis : Sous-scapulaire, Triceps, Pectoral, Axillaire médial, Supra-iliaque, Abdominal, Cuisse.}$

Equation utilisée comparativement :

$\%BF = 8.997 + 0.24658 * (\sum 3 \text{plis}) - 6.343 * (\text{gender}) - 1.998 * (\text{race})$
 $\sum 3 \text{ plis : Abdomen, Cuisse, Triceps.}$

Equation de Nagamine et Suzuki :

$BD = 1,074 - 0,0005322 (\sum 2 \text{plis}) - 0,0009603 \text{ BMI}$
 $\sum 2 \text{ plis : Triceps + Sous-scapulaire}$

▪ Equations autres

Les équations suivantes ne peuvent être conseillées pour le suivi d'athlètes, pour les raisons précisées :

+ *Equation de Slaughter* : Cette équation est l'une des rares à avoir été validée sur des populations d'adolescents, et ceci dans les deux sexes (4-44-45), mais la spécificité vis à vis des sportifs n'est pas démontrée.

+ *Equation de Segal* : Équation de Segal est validée dans la population générale, sans spécificité vis-à-vis des sportifs (49-54).

+ *Equation de Nagamine* : L'équation surestime le %MG. $BD = 1,0913 - 0,00116 (\sum 2 \text{plis})$
 $\sum 2 \text{ plis : Triceps + Sous-scapulaire}$

4. Conversion Densité Corporelle (BD) en %MG

Deux équations sont validées pour convertir la densité corporelle en %MG (33), sans qu'aucune étude comparative ne semble avoir été publiée. L'équation de Siri reste la plus utilisée, bien qu'elle surestime légèrement le %MG chez des athlètes poids légers (versus méthode hydro-statique) (41-46).

▪ **Equation de Siri (46) :**
%MG = 495/BD – 450

▪ **Equation de Brozek (22) :**
%MG = 457/BD – 414,2

Les nombreuses validations de l'équation de Siri permettent de la considérer comme étant la méthode de référence du calcul du %MG à partir de la densité corporelle, à fortiori chez les sportifs (22-33-41-46). Elle est par ailleurs utilisée pour cette conversion avec la méthode hydro-densitométrie.

5. Facteurs de variation

▪ Age

Il semble que la méthode des plis cutanés soit difficilement applicable avant l'adolescence, étant donné les résultats contradictoires des études menées chez l'enfant pré pubère (4-10-17-20-26-44-52-56).

De bonnes corrélations avec les méthodes de référence sont obtenues à partir de 12 ans (9-26-32).

La détermination du %MG par la méthode des plis cutanés n'a donc aucun intérêt avant cet âge.

La détermination du BMI et son suivi évolutif au cours de la croissance apparaissent beaucoup plus fiables qu'une détermination de l'adiposité (4) dans cette catégorie d'âge.

▪ Sexe

La méthode des plis cutanés peut être utilisée dans les deux sexes. L'épaisseur des plis est plus importante chez les filles et augmente avec l'âge, contrairement aux garçons (6).

Quatre plis présentent des variations d'épaisseur significatives entre les deux sexes (1) : pli Pectoral, Bicipital, Tricipital et Abdominal.

▪ Origine ethnique

Selon l'origine ethnique, une équation spécifique est nécessaire (5-11-23-24). L'équation suivante est proposée pour la population noire africaine (24) :

$$BD = 1,06198316 - 0,00038496 (\text{Triceps} + \text{Axillaire} + \text{Supra-scapulaire}) - 0,00020362 (\text{âge})$$

6. Adiposité et performance

Le travail en endurance / résistance augmente la sensibilité à l'insuline au niveau des adipocytes, entraînant une réduction de la masse grasse (19).

Les variations du %MG (en particulier les pourcentages très bas observés chez certains athlètes de haut niveau), semblent autant dépendre du volume d'entraînement que de ses aspects qualitatifs.

La recherche d'un %MG excessivement bas n'est en rien un indicateur de performance. L'attitude de certains athlètes, consistant à « s'assécher » au maximum ne présente donc aucun intérêt dans un objectif de performance (1).

L'essentiel étant de travailler la VO₂max et sa capacité aérobie, et de stabiliser son poids corporel, notamment par stimulation de la bêta-oxydation qui en résulte (8-30-31-58).

L'absence de progression du niveau sportif peut témoigner d'une inadéquation entre l'entraînement pratiqué et la capacité physiologique du sportif à s'adapter aux contraintes de régulation énergétique.

La perte pondérale pour atteindre le poids de catégorie recommandé, et son maintien au cours de la saison, ne doivent être des facteurs de baisse de performances.

L'absence de progression du niveau sportif peut témoigner d'une inadéquation entre l'entraînement pratiqué et la capacité physiologique du sportif à s'adapter aux contraintes de régulation énergétique.

Certains auteurs insistent sur l'importance des mesures des plis aux membres inférieurs. Il semblerait exister une corrélation entre les mesures des plis de cuisse et mollet, avec la prédiction de performance chez des athlètes, quelque soient le sexe et la distance parcourue (fond ou ½ fond) (2). Cette théorie n'a aucun intérêt pratique. ■

BIBLIOGRAPHIE

A

1. **ARRESE AL., BADILLO JJG., OSTARIZ ES.**, Differences in skinfold thicknesses and fat distribution among top-class runners; *J Sports Med Phys Fitness*, 2005, Vol 45, Iss 4, pp 512-517

2. **ARRESE AL., OSTARIZ ES.**; Skinfold thicknesses associated with distance running performance in highly trained runners; *J Sport Sci*, 2006, Vol 24, Iss 1, pp 69-76

B

3. **BONORA E.; MICCIOLO R.; GHATAS AA.; LANCASTER JL.; ABDAMLAJED A.; MUGGEO M.; DEFRONZO RA.**; Is it possible to derive a reliable estimate of human visceral and subcutaneous abdominal adipose tissue from simple anthropometric measurements?; *Metabolism-clinical-and-experimental*. 1995; 44 (12) : 1617-1625

4. **BOYE KR.; DIMITRIOU T.; MANZ F.; SCHOENAU E.; NEU C.; WUDY S.; REMER T.**; Anthropometric assessment of muscularity during growth: estimating fat-free mass with 2 skinfold-thickness measurements is superior to measuring midupper arm muscle area in healthy prepubertal children; *The-American-journal-of-clinical-nutrition*. 2002; 76 (3) : 628-632

5. **BRANDON LJ.**; Comparison of existing skinfold equation for estimating body fat in African American and white women; *The-American-journal-of-clinical-nutrition*. 1998; 67 (6) : 1155-1161

C

6. **CHAN YL.; LEUNG SSF., LAM WWM.; PENG XH.; METREWELI C.**; Body fat estimation in children by magnetic resonance imaging, bioelectrical impedance, skinfold and body mass index : A pilot study; *Journal-of-paediatrics-and-child-health*. 1998; 34 (1) : 22-28

7. **CLARK RR.; SULLIVAN JC.; BARTOK C.; SCHOELLER DA.**; Multicomponent cross-validation of minimum weight predictions for College wrestlers; *Medicine-and-science-in-sports-and-exercise*. 2003; 35 (2): 342-347

8. **COSGROVE MJ.; WILSON J.; WATT D.; GRANT SF.**; The relationship between selected physiological variables of rowers and rowing performance as determined by a 2000 m ergometer test; *Journal-of-sports-sciences*. 1999; 17 (11): 845-852

D

9. **DEMURA S., SATO S., NOGUCHI T.**; Prediction of segmental percent fat using anthropometric variables; *J Sports Med Phys Fitness*, 2005, Vol 45, Iss 4, pp 518-523

10. **DEZENBERG CV.; NAGY TR.; GOWER BA.; JOHNSON R.; GORAN MI.**; Predicting body composition from anthropometry in pre-adolescent children; *International-journal-of-obesity*. 1999; 23 (3)

11. **DIOUM A.; GARTNER A.; MAIRE B.; DELPEUCH F.; WADE S.**; Body composition predicted from skinfolds in African women: a cross-validation study using air-displacement plethysmography and a black-specific equation; *British-Journal-of-Nutrition*. 2005; 93 (6) : 973-979

12. **DIXON CB., DEITRICK RW., PIERCE JR., CUTRUFELLO PT., DRAPEAU LL.**; Evaluation of the BOD POD and leg-to-leg bioelectrical impedance analysis for estimating percent body fat in national collegiate athletic association revision III Collegiate wrestlers; *J Strength Cond Res*, 2005, Vol 19, Iss 1, pp 85-91

E

13. **ECKERSON JM.; STOUT JR.; HOUSH TJ.; JOHNSON GO.**; Validity o bioelectrical impedance equations for estimating percent fat in males; *Medicine-and-science-in-sports-and-exercise*. 1996; 28 (4) : 523-530

14. **ESTON RG., ROWLANDS AV., CHARLESWORTH S., DAVIES A., HOPPITT T.**; Prediction of DXA-determined whole body fat from skinfolds: importance of including skinfolds from the thigh and calf in young, healthy men and women; *Eur J Clin Nutr*, 2005, Vol 59, Iss 5, pp 695-702

15. **EVANS EM.; ROWE DA.; MISIC MM.; PRIOR BM.; ARNGRIMSSON SA.**; Skinfold prediction equation for athletes developed using a four-component model; *Medicine-and-science-in-sports-and-exercise*. 2005; 37 (11) : 2006-2011

F

16. **FRIEDL KE.; WESTPHAL KA.; MARCHITELLI LJ.; PATTON JF.; CHUMLEA W.; GUO SS.**; Evaluation of anthropometric equations to assess body-composition changes in young women; *The-American-journal-of-clinical-nutrition*. 2001; 73 (2): 268-275

17. **FULLER NJ.; DEWIT O.; WELLS JCK.**; The potential of near infra-red interactance for predicting body composition in children; *European-journal-of-clinical-nutrition*. 2001; 55 (11) : 967-972

G

18. **GARCIA AL.; WAGNER K.; EINIG C.; TRIPPO U.; KOEBNICK C.; ZUNFT HJF.**; Evaluation of body fat changes during weight loss by using improved anthropometric predictive equations; *Annals-of-nutrition-and-metabolism*. 2006; 50 (3) : 297-304

19. **GIPPINI A.; MATO A.; PAZOS R.; SUAREZ B.; VILA B.; GAYOSO P.; LAGE M.; CASANUEVA FF.**; Effect of long-term strength training on glucose metabolism. Implications for individual impact of high lean mass and high fat mass on relationship between BMI and insulin sensitivity; *Journal-of-endocrinological-investigation*. 2002; 25 (6) : 520-525

20. **GORAN MI.; DRISCOLL P.; JOHNSON R.; NAGY TR.; HUNTER G.**; Cross-calibration of body-composition techniques against dual-energy X-ray absorptiometry in young children; *The-American-journal-of-clinical-nutrition*. 1996; 63 (3) : 299-305

H

21. **HETZLER RK., KIMURA IF., HAINES K, LABOTZ M., SMITH J.**, A comparison of bioelectrical impedance and skinfold measurements in determining minimum wrestling

weights in high school wrestlers; *J Athl Training*, 2006, Vol 41, Iss 1, pp 46-51

22. HEYTERS Ch., Validité de l'évaluation de la graisse corporelle totale d'un individu par l'utilisation d'équations anthropométriques existantes, *Sciences et Sports*, 2 (1987) 109-117

23. HEYWARD VH., STOLARCZYK LM., *Applied Body Composition Assessment*. Champaign, IL, Human Kinetics, 1996.

24. HICKS VL.; STOLARCZYK LM.; HEYWARD VH.; BAUMGARTNER RN.; Validation of near-infrared interactance and skinfold methods for estimating body composition of American Indian women; *Medicine-and-science-in-sports-and-exercise*. 2000; 32 (2) : 531-539

25. HODGDON JA.; FRIEDL KE.; BECKETT MB.; WESTPHAL KA.; SHIPPEE RL.; YANOVSKI SZ., ed; HUBBARD VS., ed; HEYMSFIELD SB., ed; LUKASKI HC.; Use of bioelectrical impedance analysis measurements as predictors of physical performance. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement; *The-American-journal-of-clinical-nutrition*. 1996; 64 (3; SUP) : 463S-468S

26. HOUSH TJ.; JOHNSON GO.; HOUSH DJ.; ECKERSON JM.; STOUT JR.; Validity of skinfold estimates of percent fat in high school female gymnasts; *Medicine-and-science-in-sports-and-exercise*. 1996; 28 (10) :

27. HUYGENS W.; CLAESSENS AL.; THOMIS M.; LOOS R.; VAN LANGENDONCK L.; PEETERS M.; PHILIPPAERTS R.; MEYNAERTS E.; VLIETINCK ; BEUNEN G.; Body composition estimations by BIA versus anthropometric equations in body builders and other power athletes; *Journal-of-sports-medicine-and-physical-fitness*. 2002; 42 (1) : 45-55

J

28. JACKSON AS., POLLOCK ML., Practical assessment of body composition, *Phys Sport Med* 1985; 13:76-90

29. JEBB SA.; COLE TJ.; DOMAN D.; MURGATROYD PR.; PRENTICE AM.; Evaluation of the novel Tanita body-fat analyser to measure body composition by comparison with a four-compartment model; *British-Journal-of-Nutrition*. 2000; 83 (2) : 115-122

30. JURIMAE J., HOFMANN P.; JURIMAE T.; MAESTU J.; PURGE P.; WONISCH M.; POKAN R.; VON DUVILLARD SP., Plasma adiponectin response to sculling exercise at individual anaerobic threshold in college level male rowers, *International-journal-of-sports-medicine*. 2006; 27 (4) : 272-277

31. JURIMAE J.; JURIMAE T., Plasma leptin responses to prolonged sculling in female rowers, *Journal-of-sports-medicine-and-physical-fitness*. 2004; 44 (1): 104-109

K

32. KAVAK V.; The determination of subcutaneous body fat percentage by measuring skinfold thickness in teenagers in Turkey; *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 2006, Vol 16, Iss 3, pp 296-304

33. KHALID W., BIBI PhD., Health-Related Physical Fitness Testing and Interpretation, *Américan Collège of Sport Medicine's Certification Review*, 2^{ème} édition, 2006, 55-64, 107-110

L

34. LAZZER S; BOIRIE Y.; MEYER M.; VERMOREL M.; Quelle méthode alternative à l'absorptiometrie biphotonique (DEXA) utiliser pour évaluer la composition corporelle des adolescents en surpoids ou obèses ?; *Archives de pédiatrie*. Paris. 2005; 12 (7) : 1094-1101

35. LEAN MEJ.; HAN TS.; DEURENBERG P.; Predicting body composition by densitometry from simple anthropometric measurements; *The-American-journal-of-clinical-nutrition*. 1996; 63 (1) : 4-14

36. LEGAZ A., ESTON R.; Changes in performance, skinfold thicknesses, and fat patterning after three years of intense athletic conditioning in high level runners; *Brit J Sport Med*, 2005, Vol 39, Iss 11, pp 851-856

37. LINTSI M.; KAARMA H.; KULL I.; Comparison of hand-to-hand bioimpedance and anthropometry equations versus dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of body fat percentage in 17-18-year-old conscripts; *Clinical-physiology-and-functional-imaging-Print*. 2004; 24 (2) : 85-90

38. LOHMAN TG., HOUTKOOPER LB., GOING SB., Body composition assessment: Body fat standards and methods in the field of exercise and sports medicine. *ACSM, Health fitness J*:30-35, 1997.

M

39. MANJIANG YAO; ROBERTS SB.; GUANSHENG MA.; HUI PAN.; MCCRORY MA.; Field methods for body composition assessment are valid in healthy Chinese adults; *The-Journal-of-nutrition*. 2002; 132 (2) : 310-317

40. MCNEILL G.; FOWLER PA.; MAUGHAN RJ.; MCGAW BA.; FULLER MF.; GVOZDANOVIC D; GVOZDANOVIC S.; Body fat in lean and overweight women estimated by six methods; *British-journal-of-nutrition*. 1991; 65 (2) : 95-103

41. MODLESKY CM.; CURETON KJ.; LEWIS RD.; PRIOR BM.; SLONIGER MA.; ROWE DA.; Density of the fat-free mass and estimates of body composition in male weight trainers; *Journal-of-applied-physiology-1985*. 1996; 80 (6): 2085-2096

P

42. PACY PJ.; QUEVEDO M.; GIBSON NR.; COX M.; KOUTEDAKIS Y.; MILLWARD J.; Body composition measurement in elite heavyweight oarswomen: a comparison of five methods; *Journal-of-sports-medicine-and-physical-fitness*. 1995; 35 (1) : 67-74

43. PETERSON MJ.; CZERWINSKI SA.; SIERVOGEL RM.; Development and validation of skinfold-thickness prediction equations with a 4-compartment model; *The-American-journal-of-clinical-nutrition*. 2003; 77 (5) : 1186-1191

R

44. REILLY JJ.; WILSON J.; DURNIN JVGA.; Determination of body composition from skinfold thickness: a validation study; *Archives-of-disease-in-childhood*. 1995; 73 (4) : 305-310

45. RODRIGUEZ G.; MORENO LA.; BLAY MG.; BLAY VA.; FLETA J.; SARRIA A.; BUENO MAU.; Body fat measurement in adolescents: comparison of skinfold thickness equations with dual-energy X-ray absorptiometry; *European-journal-of-clinical-nutrition*. 2005; 59 (10) : 1158-1166

S

46. SIRI WE.; Body composition from fluid spaces and density; *Univ Calif Donner Lab Med Phys Rep*, 1956

47. SLATER GJ., DUTHIE GM., PYNE DB., HOPKINS WG., Validation of a skinfold based index for tracking proportional changes in lean mass; *Brit J Sport Med*, 2006, Vol 40, Iss 3, pp 208-213

48. STEWART AD.; HANNAN WJ.; Prediction of fat and fat-free mass in male athletes using dual X-ray absorptiometry as the reference method; *Journal-of-sports-sciences*. 2000; 18 (4) : 263-274

49. STOLARCZYK LM.; HEYWARD VH.; VAN LOAN MD.; HICKS VL.; WILSON WL.; REANO LM.; The fatness-specific bioelectrical impedance analysis equations of Segal et al: are they generalizable and practical?; *The-American-journal-of-clinical-nutrition*. 1997; 66 (1) : 8-17

50. STOUT JR.; HOUSH TJ.; JOHNSON GO.; HOUSH DJ.; EVANS SA.; ECKERSON JM.; Validity of skinfold equation for estimating body density in youth wrestlers; *Medicine-and-science-in-sports-and-exercise*. 1995; 27 (9) : 1321-1325

51. SWINBURN BA.; LEY SJ.; CARMICHAEL HE.; PLANK LD.; Body size and composition in Polynesians; *International-journal-of-obesity*. 1999; 23 (11) : 1178-1183

T

52. TREUTH MS.; BUTTE NF.; WONGWW.; ELLIS KJ.; Body composition in prepubertal girls : comparison of six methods; *International-journal-of-obesity*. 2001; 25 (9) : 1352-1359

U

53. UTTER AC.; GOSS FL.; SWAN PD., HARRIS GS.; ROBERTSON RJ.; TRONE GA.; Evaluation of air displacement for assessing body composition of collegiate wrestlers; *Medicine-and-science-in-sports-and-exercise*. 2003; 35 (3) : 500-505

W

54. WATTANAPENPAIBOON N.; LUKITO W.; STRAUSS BJG.; HSU HAGE BH.; WAHLQVIST ML.; STROUD DB.; Agreement of skinfold measurement and bioelectrical impedance analysis (BIA) methods with dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) in estimating total body fat in Anglo-Celtic Australians; *International-journal-of-obesity*. 1998; 22 (9) : 854-860

55. WILMORE KM.; MCBRIDE PJ.; WILMORE JH.; Comparison of bioelectric impedance and near-infrared interactance for body composition assessment in a population of self-perceived overweight adults; *International-journal-of-obesity*. 1994; 18 (6) : 375-381

56. WONG WW.; STUFF JE.; BUTTE NF.; SMITH EO.; ELLIS KJ.; Estimating body fat in African American and white adolescent girls : a comparison of skinfold-thickness equations with a 4-compartment criterion model; *The-American-journal-of-clinical-nutrition*. 2000; 72 (2) : 348-354

Y

57. YAMAGISHI H.; KUCHIKI T.; OKAZAKI H.; ITABASHI A.; KITANO T.; Estimation of the body composition of young Japanese women measured by simple anthropometric measurements; *Nutrition-research-New-York-NY*. 1997; 17 (7) : 1083-1089

58. YOSHIGA CC.; HIGUCHI M.; Rowing performance of female and male rowers; *Scandinavian-journal-of-medicine-and-science-in-sports*. 2003; 13 (5) : 317 -321

59. YUHASZ MS., *Physical Fitness Manuel*, London Ontario, University of Western Ontario, 1974

Z

60. ZAHARIEV A., BERGOUIGNAN A., CALOIN M., NORMAND S., GAUQUELINKOCH G., GHARIB C., BLANC SP.; Skinfold thickness versus isotope dilution for body fat assessment during simulated microgravity: results from three bed-rest campaigns in men and women with and without countermeasures; *Eur J Appl Physiol*, 2005, Vol 95, Iss 4, pp 344-350

