

CONSENSUS ANTROPOMETRIE

Bestemd voor de sportmedische keuring en begeleiding van topatleten, topsportbeloften en leerlingen van een topsportschool

INLEIDING

Het belang van antropometrische metingen is afhankelijk van de leeftijd van de atleet en de beoefende sportdiscipline.

Voor opgroeiende atleten (tot een leeftijd van 18 jaar) dienen deze metingen in de eerste plaats om de evolutie van de atleet op te volgen, zowel wat betreft gestalte, gewicht als lichaamssamenstelling. Zowel het nastreven van een gezonde, atletische lichaamsbouw als een gezond omgaan met de eisen die de specifieke sportdiscipline op dat vlak stelt (lichaamsgestalte, lichaamssamenstelling, gewicht, ...) zijn belangrijke aandachtspunten bij het beoordelen van de antropometrische metingen, alsook bij de communicatie naar en het overleg met de atleet.

Voor volwassen atleten is de evolutie van het lichaamsgewicht en de lichaamssamenstelling de belangrijkste factor. In een groot aantal sporten is de lichaamssamenstelling een prestatiebepalende factor, en in gewichtsklassenporten bepaalt het lichaamsgewicht in welke categorie een atleet zal uitkomen in competitie.

METINGEN

1. Overzicht

Parameter	Meetinstrument	Frequentie
Gestalte	stadiometer	Drie maal per jaar bij atleten tot 18 jaar of langer indien de atleet nog groeit, met name tot tijdens drie opeenvolgende 6-maandelijke metingen een toename van de gestalte van niet meer dan 5 mm werd vastgesteld. Jaarlijks bij de overige atleten.
Gestalte zit	stadiometer	
Gewicht	weegschaal, nauwkeurig tot op 0,1 kg. Een jaarlijkse ijking is voorgeschreven.	Standaard drie maal per jaar bij alle atleten. De mogelijkheid dient te worden voorzien om voor bepaalde atleten het gewicht meer frequent op te volgen, en in te voeren in het sportmedisch dossierbeheersprogramma. Waar het een topsportschool betreft, kan worden overeengekomen dat een medewerker van het keuringscentrum ter plaatste de metingen uitvoert.
Huidplooien • supra-iliacale (SI) huidplooi • subscapulaire (SS) huidplooi • huidplooi triceps (Tri) • huidplooi biceps (Bic) man: • huidplooi side (Sd) • huidplooi abdomen (Abd) • huidplooi posterior dij (PDij) • huidplooi mediaal kuit (Mkt) vrouw: • huidplooi kin (Kn) • huidplooi lateraal kuit (LKt)	Harpenden Skinfold Caliper (British Indicators)* De caliper wordt afgelezen tot 0,1 mm nauwkeurig (interpolatie tss. 2 eenheden van 0,2 mm). De caliper wordt afgelezen vijf seconden nadat hij op de huidplooi werd aangebracht, zodat een plateau wordt bereikt in de compressie van de huidplooi.	
Hydrostatische weging	Kuip ingericht voor hydrostatische weging	Deze meting wordt – behalve in individuele gevallen - voorbehouden voor volgende atleten/disciplines: <ul style="list-style-type: none"> • wielrenners, afstandslopers, triatleten • atletiek (sprongnummers, spurters)

		<ul style="list-style-type: none"> • gymnastiek • judo, taekwondo • lichtgewicht roeiers <p>Uiteraard kunnen, wanneer in individuele gevallen een duidelijke behoefte hiervoor bestaat, ook voor andere atleten één of meerdere hydrostatische wegingen worden uitgevoerd. Dit in overleg met de federatie of de (begeleiders van) de topatleet.</p>
Bevraging atleet	Voorafgaande aan de metingen wordt aan de atleet of aan zijn begeleider gevraagd of hij in verband met zijn lichaamssamenstelling specifieke vragen of problemen heeft, en op welke manier hij deze materie tot nog toe heeft aangepakt. De medewerker van het keuringscentrum maakt hiervan een kort verslag op. Bij het formuleren van het advies aan de atleet of zijn begeleiders wordt met de bekomen informatie rekening gehouden.	
Optioneel		
Bijkomende antropometrie	(variabel)	Indien een federatie om sportspecifieke redenen andere antropometrische metingen wenst te laten uitvoeren, worden deze uitgevoerd en verwerkt in overeenstemming met de richtlijnen van het Hazewinkel Kinanthropometric Project.
<ul style="list-style-type: none"> - bepaling somatotype - breedtemetingen - omtrekmetingen - ... 		
<p>Voor atleten in een sport waarbij de volwassen eindgestalte van doorslaggevend belang is (volleybal, basketbal, gymnastiek) kan bij de instap in de topsportschool of rond de leeftijd van 14 jaar een bepaling van de skeletleeftijd gebeuren ter beoordeling van de verdere groeiverwachting.</p>		

* De verder beschreven formules gaan uit van waarden bepaald aan de hand van de Harpenden caliper.

2. Overige metingen

Aangezien niet duidelijk is welke verwerking van de ruwe gegevens door bioelektrische impedantie toestellen wordt toegepast, en de verschillende erkende keuringscentra verschillende toestellen gebruiken, wordt het gebruik van bioelektrische impedantie momenteel niet als een meerwaarde gezien in de begeleiding van de atleet. Wel kan ook gebruik gemaakt worden van de DEXA-methode (Dual Energy X-ray Absorptiometrie).

OMSCHRIJVING HUIDPLOOIMETINGEN

De huidplooiën worden aan de linkerkant van het lichaam genomen. Bij het afnemen van de huidplooiemetingen worden de vlakken van de caliper steeds loodrecht op de huidplooi geplaatst, op het merkteken of de aangegeven plaats. De vingers worden 1 cm meer proximaal geplaatst. De volgende merktekens worden aangeduid op het lichaam van de atleet vooraleer de huidplooiën worden gemeten: midden van acromiale-radiale lijn posterieur, midden van acromiale radiale lijn anterieur, side, posterieur dij, maximale omtrek kuit (mediaal en lateraal)

supra-iliacale huidplooi (SI)	De huidplooi wordt opgenomen vlak boven het ilium, 1 cm achter de spina iliaca superior anterior, en verloopt lichtjes naar beneden naar mediaal toe. De caliper wordt mediaal en distaal van de greep geplaatst.
subscapulaire huidplooi (SS)	De huidplooi wordt opgenomen vlak onder de inferieure hoek van de scapula, en loopt volgens de natuurlijke diagonale lijn van de huid (aflopend naar lateraal toe in een hoek van ongeveer 45°). De caliper wordt lateraal en distaal van de greep geplaatst.
huidplooi triceps (Tri)	De huidplooi wordt opgenomen in het midden van de acromiale – radiale lijn, parallel aan de bovenarm. De caliper wordt 1 cm meer distaal geplaatst.
huidplooi biceps (Bic)	De huidplooi wordt opgenomen in het midden van de acromiale – radiale lijn, parallel aan de bovenarm. De caliper wordt 1 cm meer distaal geplaatst.
huidplooi side (Sd)	De huidplooi wordt verticaal opgenomen op de mid-axillaire lijn, halfweg tussen oksel en de crista iliaca. De caliper wordt 1 cm meer distaal geplaatst.
huidplooi abdomen (Abd)	De huidplooi wordt verticaal opgenomen 5 cm lateraal van de navel. De caliper wordt 1 cm meer distaal geplaatst.
huidplooi posterior dij (Pdij)	De huidplooi wordt opgenomen op de achterste middellijn van de dij, ter hoogte van het bovenste derde van de dijlengthe. De exacte positie wordt bepaald als volgt: in stand wordt een afstand afgetekend proximaal van de knieplooi gelijk aan één derde van het verschil tussen de gestalte en de gestalte in zit. Op die hoogte wordt de huidplooi opgenomen in het midden van de dij.
huidplooi mediaal kuit (MKt)	De atleet zit neer met de knie 90° geplooid en de voeten plat op de grond. De huidplooi wordt opgenomen ter hoogte van het punt waar de grootste kuitomtrek gemeten is en verloopt verticaal. De caliper wordt 1 cm meer distaal geplaatst.
huidplooi lateraal kuit (LKt)	De atleet zit neer met de knie 90° geplooid en de voeten plat op de grond. De huidplooi wordt opgenomen ter hoogte van het punt waar de grootste kuitomtrek gemeten is, zodanig dat de huidplooi valt op de denkbeeldige lijn tussen de kop van de fibula en de laterale malleolus van de tibia en verticaal verloopt.
huidplooi kin (Kn)	De huidplooi wordt opgenomen mediaan onder de mandibula, zodanig dat de plooi verloopt van de voorkant van de kin naar de hals toe, in het saggitale vlak.

OMSCHRIJVING HYDROSTATISCHE WEGING

Instructies aan de atleet voor de onderwaterweging:

- geen voedsel innemen vanaf 2 uur voor de weging
- geen zware inspanningen leveren 4 uren voorafgaande aan de weging
- dehydratie vermijden: geen verblijf in de sauna of vochtafdrijvende medicatie of producten (vb. cafeïne) gebruiken voor de test
- niet roken in de 3 uur voorafgaande aan de test
- vrouwen kunnen best niet gemeten worden tijdens de periode rond (3 dagen vóór en drie dagen na) de menstruatie
- subjecten mogen de dag vóór en de dag van de test zelf geen voedingsmiddelen eten die veel intestinale gasproductie veroorzaken.
- het meebrengen van een zwembroek of bikini (eventueel badpak)

Minstens 6 opeenvolgende metingen zijn noodzakelijk waarbij het hoogste geregistreerde gewicht wordt weerhouden voor verwerking.

Er wordt gewerkt met een geschat residueel volume. Het residueel volume wordt geschat volgens een formule van Goris, opgesteld via regressie van gegevens van studenten lichamelijke opvoeding.

	Geschat residueel volume (formule Goris)
Mannen	Residueel volume (ml) = GES (cm) * 11,1 + GEW (kg) * 8,9 - 1448
Vrouwen	Residueel volume (ml) = GES (cm) * 7,2 – 382

Het gasvolume dat in de darmen aanwezig is wordt geschat op 150 ml.

De temperatuur van het water dient constant te worden gehouden, en geregistreerd samen met de resultaten van de meting.

Op te merken valt dat deze formules enkel gelden voor volwassenen.

VERWERKING VAN DE RESULTATEN

1. Omzetting huidplooien naar densiteit

Formule	mannen/vrouwen	leeftijd (jaar)	formule (densiteit: kg/L)
Durnin en Womersley	mannen	17-19	densiteit = $1,1620 - 0,0630 \log_{10} (SI + SS + Tri + Bic)$
		20-29	densiteit = $1,1631 - 0,0632 \log_{10} (SI + SS + Tri + Bic)$
	vrouwen	16-19	densiteit = $1,1549 - 0,0678 \log_{10}$ huidplooien
		20-29	densiteit = $1,1599 - 0,0717 \log_{10}$ huidplooien
Formule	mannen/vrouwen	huidplooien	formule (densiteit: kg/L)
Goris	mannen	SS Sd Abd PDij MKt	densiteit = $1,11747 - 0,00846 \ln SS + 0,00885 \ln Sd - 0,00732 \ln Abd - 0,00543 \ln Pdij - 0,00601 \ln MKt$
	vrouwen	Kn SS SI LKt	densiteit = $1,11925 - 0,00659 \ln Kn - 0,00881 \ln SS - 0,00665 \ln SI - 0,00837 \ln LKt$

2. Omzetting densiteit naar lichaamssamenstelling:

Relatieve vetmassa:

Het lijkt ons aangewezen één formule te gebruiken voor de omzetting van densiteit naar percentage lichaamsvet. Aan het gebruik van specifieke formules voor jonge atleten of specifieke groepen (vb. anorexiapatiënten,...) zijn een aantal nadelen verbonden:

- wanneer een atleet ouder wordt of niet meer tot de specifieke groep behoort, wordt plots weer een 'algemene' formule gebruikt, wat de historiek van de resultaten tegengaat.
- de leeftijd is niet altijd een goede maat voor de lichamelijke ontwikkeling van een atleet.
- bepaalde formules werden niet gevalideerd maar opgesteld aan de hand van wiskundige berekeningen i.v.m. lichaamssamenstelling.

De Siri-formule lijkt het meest aangewezen en wordt gebruikt in de verschillende keuringscentra.

$$\% V = (4,95/\text{densiteit (kg/L)} - 4,50) \times 100$$

3. Nauwkeurigheid van het resultaat

Gore et al. stellen volgende waarden als aanvaardbare TEM¹ (technical error of measurement) voorop. Deze waarden zijn eerder strikt, en dienen te worden gezien als na te streven ideaal waarden.

meting	aanvaardbare TEM	aanvaardbaar %TEM (%)
gewicht (kg)	0,1 kg	
gestalte	3 mm	
huidplooiën		5 %
beenderbreedte	1 mm	
omtrekken	2 mm (ledematen) 3 mm (romp)	

Indien optimaal toegepast, zou onderwaterweging een standard error of measurement van minder dan 0,002 g/cc hebben (wat resulteert in een variatie van 0,9% in het percentage lichaamsvet wanneer de Siri-formule wordt toegepast).

Wanneer gewerkt wordt met huidplooiemetingen voor de bepaling van de lichaamssamenstelling blijkt uit de literatuur een standard error of estimate van 3,5 tot 3,9 %.

4. Nauwkeurigheid van metingen

Jaarlijks worden de calipers nagekeken aan de hand van volgende procedure:

- (1) verschillende gekende, niet vervormbare blokjes worden gemeten, om na te gaan of het afleesmechanisme correct functioneert.
- (2) de druk op de eindplaten van de calipers wordt nagegaan door gewichtjes met een gekende massa te bevestigen aan de vrijbewegende arm van een gefixeerde caliper.

Indien blijkt dat calipers sterk afwijken (meer dan 2,5% voor (1)) of buiten de door Gore opgestelde normen voor (2), dienen ze door de producent te worden onderhouden.

¹ De technical error of measurement kan worden beschouwd als een maat voor de meetfout geassocieerd aan een enkele meting. Het resultaat van de meting zal in tweederde van de gevallen tussen het resultaat plus en min de TEM liggen.

RAPPORTEREN VAN DE RESULTATEN

Een uniform verslag wordt opgemaakt, en geïntegreerd in de sportmedische module van het medisch dossierbeheersprogramma.

De evolutie van de gemeten parameters en resultaten wordt weergegeven, evenals een vergelijking met

- een referentiepopulatie van atleten van dezelfde leeftijd (+ en – 1 jaar voor een atleet die nog groeit; alle atleten die niet meer groeien indien de atleet tot deze groep behoort),
- atleten uit dezelfde sportdiscipline van dezelfde leeftijd (+ en – 1 jaar voor een atleet die nog groeit; alle atleten die niet meer groeien indien de atleet tot deze groep behoort),

Atleten worden verondersteld niet meer te groeien zodra de gestalte bij drie opeenvolgende 6 maandelijkse metingen niet meer dan 5 millimeter toeneemt.

De evolutie van de lichaamssamenstelling van een atleet wordt ingeschat aan de hand van de evolutie van de huidplooien en eventueel van een hydrostatische meting. Een gelijke evolutie van de resultaten van beide methoden laat toe met grotere zekerheid conclusies te trekken over de lichaamssamenstelling.

Weergegeven parameters:

parameter	resultaten	extra informatie
gestalte	gestalte (m)	weergegeven
gewicht	gewicht (kg)	
lichaamssamenstelling	<ul style="list-style-type: none"> - resultaat individuele huidplooien - som huidplooien Durnin & Womersley : SI + SS + Tri + Bic Goris : man: SS + SD + Abd + PDij + MKt vrouw: SS + SI + LKt + SS - densiteit berekend via de formule van Durnin en Womersley (1974) - densiteit berekend via de formule van Goris (1984) - lichaamssamenstelling (percentage vet, vetmassa, percentage vetvrije massa, vetvrije massa) 	<ul style="list-style-type: none"> • evolutie resultaten sinds eerste meting • percentiel t.o.v. leeftijdsgenoten van hetzelfde geslacht • percentiel t.o.v. leeftijdsgenoten in dezelfde sport van hetzelfde geslacht
bijkomende antropometrie	de resultaten worden vermeld in een HTML-file die wordt ingelezen in het dossierbeheersprogramma.	

Een bespreking van de resultaten in functie van de sportdiscipline en evolutie wordt opgemaakt door de verantwoordelijke medewerker van het keuringscentrum. Dit advies

houdt rekening met de specifieke vraag of de specifieke noden van de atleet. Hiertoe dient bij het afnemen van de metingen de atleet te worden bevraagd in verband met evolutie van zijn gewicht en lichaamssamenstelling en de doelen die hij zichzelf daarrond vooropstelt.

TOEPASSING VAN DEZE METHODES, FREQUENTIE

Bij alle atleten worden de volgende metingen afgenomen bij elk contact met de atleet indien het vorige contact meer dan één maand geleden plaatsvond:

- lichaamsgestalte
- lichaamsgewicht
- huidplooien ter bepaling van het percentage lichaamsvet

Minstens drie maal per jaar worden deze metingen uitgevoerd, verwerkt, en advies op basis van de resultaten geformuleerd.

De hydrostatische weging wordt – indien de federatie, de individuele atleet of de topsportschool dit wenst, uitgevoerd als volgt:

Bij volgende atleten - wielrenners, afstandslopers, triatleten, atletiek (sprongnummers, sprinters), gymnastiek, judo, taekwondo, lichtgewicht roeiers - wordt voor de leeftijd van 18 jaar ten hoogste één maal per jaar een hydrostatische weging voorgesteld.

Op hetzelfde moment worden ook huidplooiemetingen genomen, en de atleet wordt nadien aan de hand van de evolutie van deze huidplooiemetingen opgevolgd.

Vanaf een leeftijd van 18 jaar wordt de lichaamssamenstelling van deze atleten tot drie maal toe door middel van hydrostatische weging opgevolgd. De timing ervan hangt samen met de periodisering van de atleten. Uiteraard worden naast de hydrostatische weging ook lichaamsgestalte, lichaamsgewicht en huidplooiemetingen afgenomen, en verwerkt in de output naar de atleet.

REFERENTIES

- Claessens AL, Philippaerts R, Van Renterghem B, Thomis M, Loos R, Janssens M, Moreau M, Bourgois J, Vrijens J. Material and methods used in the Hazewinkel Anthropometric Project, in Bourgois J; Claessens AL; Vrijens J (eds), *Hazewinkel Anthropometric Project 1997. A study of World Class Male and Female Junior Rowers*. Brussels: Bloso, 1998, pp. 19-29.
- Durnin JVGA & J Womersley, Body Fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutrition* 32: 77-97, 1974.
- Gore CJ, RG Carlyon, SW Franks and SM Woolford. Skinfold thickness varies directly with spring coefficient and inversely with jaw pressure. *Med Sci Sports Exerc* 32(2): 540-546, 2000.
- Gore CJ, SM Woolford and RG Carlyon. Calibrating skinfold calipers. *J Sports Sci* 13(4): 355-360, 1995.
- Goris M. Toepassing van de fysiologische antropometrie in de studie van de lichaamssamenstelling en van trainingseffecten bij jonge volwassenen. Doctoraatsproefschrift Faculteit Lichamelijke Opvoeding, KULeuven, 1984.
- Hewitt GC, RT Withers, AG Brooks, GF Woods and LA Day. Improved rig for dynamically calibrating Skinfold Calipers: comparison between Harpenden and Slim Guide Instruments. *Am J Hum Biology* 14: 721-727, 2002.
- Lohman TG, ML Pollock, MH Slaughter, LJ Brandon and RA Boileau. Methodological factors and the prediction of body fat in female athletes. *Med Sci Sports Exerc* 16(1): 92-96, 1984.
- Lukaski HC, PE Johnson, WW Bolunchuk, Ly Kkeng. Assessment of fat free mass using bioelectrical impedance measurement of human body. *J Appl Physiol* 60:1327-1332, 1985.
- MacDougall JD, Wenger HA and Green HJ (Eds). *Physiological testing of the high-performance athlete*. Human Kinetics, Champaign, IL, USA, 1991.
- Malina R and C Bouchard. *Growth, maturation, and physical activity*. Human Kinetics, Champaign III, 1991.
- Malina RM. Anthropometry in: Garzarella Maud P. and C. Foster (Eds). *Physiological assessment of human fitness*. Human Kinetics Champaign II, 1995.
- Pollock ML and Graves JE, The measurement of body composition. in: Garzarella Maud P. and C. Foster (Eds). *Physiological assessment of human fitness*. Human Kinetics Champaign II, 1995.
- Roche AF, SB Heymsfield, TG Lohman (eds) *Human Body Composition*. Human Kinetics, Champaign IL, 1996.