

**SPIERVOLUMEVERSKILLE TUSSEN BOESMAN-, ZOELOE- EN
BLANKE VOLWASSE MANS**

ADRIANA BEZUIDENHOUT,
(B.A., B.A. Honns)

Verhandeling voorgelê vir die gedeeltelike nakoming van die vereistes vir die graad

MAGISTER ARTIUM
(Menslike Bewegingskunde)

in die Fakulteit Lettere en Wysbegeerte aan die Potchefstroomse Universiteit vir
Christelike Hoër Onderwys.

Leier: Prof. T.S.P. van der Walt

Hulpleier: Mnr. J.H. de Ridder

POTCHEFSTROOM

Mei 1992.

VOORWOORD

Die voltooiing van hierdie ondersoek sou nie moontlik gewees het sonder die bystand en advies van sekere persone en instansies nie. Graag wil ek my opregte dank en waardering teenoor die volgende persone uitspreek:

My hoogste waardering aan Prof. T.S.P. van der Walt, my leier. Te midde van 'n druk program het hy altyd tyd gevind om sy insig en kundigheid met my te deel. Sy entoesiasme en wetenskaplike benadering in die vak was 'n groot bron van inspirasie. Baie dankie ook aan hom vir die beskikbaarstelling van die data vir die ondersoek en die hulp wat verskaf is tydens die verwerking en hantering van die statistiese ontleding.

Aan my hulpleier, Mnr. J.H. de Ridder, wat altyd 'n woordjie van aanmoediging gehad het. Dankie ook vir die kennis en ervaring wat met my gedeel is.

My dank aan die Raad vir Geesteswetenskaplike Navorsing vir die geldelike steun aan my verleen en die vertroue wat daar in my werksaamhede gestel is.

Die volgende persone wat behulpsaam was met die tegniese versorging van die verhandeling, word ook bedank:

Mnr. N. Claassen vir die taalversorging;

Mev. C. Dreyer vir die taalversorging van die Engelse opsomming;

Mnr. K. Kriel vir die teken van my sketse en

Mev. I. van Rensburg vir die natrekwerk van die grafieke.

Aan die grootste Leermeester van alle tye wil ek dankie sê vir die talente waarmee
Hy my geseën het en dat ek dit kon aanwend tot Sy eer.

Die Skrywer.

INHOUDSOPGAWE

Voorwoord	i
Engelse opsomming (abstract)	v

HOOFSTUK 1

INLEIDING, PROBEELMSTELLING, DOELSTELLING EN

HIPOTESESTELLING.	1
-------------------	---

1.1	Inleiding	1
1.2	Probleemstelling	3
1.3	Doelstelling	6
1.4	Hipotesestelling	6

HOOFSTUK 2

DIE INTERAKSIE TUSSEN DIE OMGEWING EN GENETIKA TEN

OPSIGTE VAN VARIASIE IN LIGGAAMSAMESTELLING BINNE EN

TUSSEN POPULASIES.	7
--------------------	---

2.1	Inleiding	7
2.2	Model	9
2.2.1	Die E-effek	9
2.2.2	Die G en GxE-effek	10
2.3	Variasie binne en tussen populasies	12
2.4	Liggaamsamestellingstudies van verskillende rasse	15
2.4.1	Die Zoeloe	16
2.4.2	Die Boesman	18
2.4.3	Die blanke	21
2.5	Gevolgtrekking	25

HOOFSTUK 3

DIE STUDIE VAN LIGGAAMSAMESTELLING MET SPESIFIEKE

VERWYSING NA DIE BEREKENING VAN SPIERVOLUMES.	27
---	----

3.1	Inleiding	27
3.2	Metodes vir die berekening van spiervolumes	29
3.2.1	Antropometriese metodes	29
3.2.2	Nie-antropometriese metodes	59
3.3	Samevatting	59

HOOFSTUK 4		
METODE VAN DIE ONDERSOEK.		61
4.1	Proefpersone	61
4.2	Veranderlikes wat gemeet is	63
4.3	Metode waarvolgens spiervolumes bereken is	66
4.4	Statistiese verwerking	71
4.5	Tabelle en proporsieprofiele	71
HOOFSTUK 5		
RESULTATE.		74
5.1	Beskrywende statistiek van die absolute en proporsionele waardes van die veranderlikes	74
5.2	Bespreking van die resultate	84
5.3	Gevolgtrekkings	105
HOOFSTUK 6		
SAMEVATTING, GEVOLGTREKKINGS EN AANBEVELINGS.		110
6.1	Samevatting en gevolgtrekkings	110
6.2	Aanbevelings	114
BIBLIOGRAFIE		116
BYLAAG A		121
BYLAAG B		132

MUSCLE VOLUME DIFFERENCES AMONG BUSHMEN, ZULU AND EUROPEAN ADULT MALES.

ABSTRACT

During project Antsam (1986) and project Gladiator (1990) comparisons of absolute and proportional muscle volumes were made among European (young, $n = 218$; old, $n = 88$), Bushmen ($n = 148$) and Zulu ($n = 156$) national servicemen. Muscle volumes for the trunk, upper arm, forearm, thigh and calf, corrected for skinfolds and bone volumes, were calculated according to a formula describing a frustum of right circular cone with two radii. Comparisons among the test-subjects were made using absolute profiles and proportionality profiles of z-values. Absolute and proportionality assessments were obtained using a phantom strategem. Significant differences ($p < 0,05$) among the subjects' results were determined through overlap of two standard errors as used in the phantom strategem. With regard to absolute muscle volume measurements for the trunk, upper arm, forearm, thigh and calf the results indicated that the European (old) group had the biggest muscle volume, while the Bushmen had the smallest muscle volumes. With regard to proportional muscle volume the following results were obtained:

For the trunk the Zulu had the biggest muscle volume, while the European (old) group had the smallest muscle volume.

For the upper arm the European (old) group had the biggest muscle volume, while the Bushmen had the smallest volume.

For the forearm the European (young) group had the biggest muscle volume, while the Bushmen had the smallest volume.

For the thigh the Zulu had the biggest muscle volume, while the European (young) group had the smallest volume.

For the calf the European (young) group had the biggest volume, while the Bushmen had the smallest volume.

The muscle volume measurement that seemed to be the least affected and which had the fewest differences among the subjects was that of the calf.

HOOFSTUK 1

1.1 INLEIDING

Ooreenkomstig sekere duidelik waarneembare eienskappe kan die mens in verskillende rasse of groepe ingedeel word. 'n Driedelige indeling van Kaukasiërs, Mongole en Negroïede word algemeen aanvaar (Putter, 1964:14). Die Kaukasiërgroep word verteenwoordig deur die blankes, terwyl Kroeber (1923:45) die Boesman en die Zoeloe onder die Negroïede groep klassifiseer.

Volgens Tobias (1978:8) is die Boesman baie verskillend van enige van die ander etniese groepe wat in die RSA gevind word. Hy het die volgende uit Knox (1850) se boek, *The Races of Men*, aangehaal. Die primitiewe rasse van hierdie land is of was twee, nl. die Hottentot (Boesman) en die Swarte. Geen twee rasse verskil meer van mekaar as hierdie twee nie. Die Kaukasiër en die Negroïede groepe saam vorm die twee hoofgroepe in Suid-Afrika, daarom dan dat die blanke, Boesman en die Zoeloe etniese groepe, wat almal ekstreme groepe van die verskillende rasse groepe is, gekies is om aan die studie deel te hê.

Die behoefte om antropometriese verskille tussen etniese groepe te ondersoek kom duidelik na vore by verskillende navorsers soos Eveleth en Tanner (1976:222-261), Malina (1988:99), Bouchard (1988:103) en Putter (1964:1). Verskeie redes word aangevoer vir die behoefte wat by die navorsers bestaan. Malina (1988:99) noem byvoorbeeld dat dit nodig is om verskillende groepe mense te ondersoek omdat die navorser daardeur kennis verkry oor die variasie in die menslike biologie en die morfologiese verskille tussen groepe.

Alhoewel die grondslag vir menige van die huidige teorieë en metodologieë vir die bepaling van variasie tussen mense en menslike groepe duisende jare gelede gelê is, het die grootste vooruitgang op die gebied eers sowat 50 jaar gelede begin (Wilmore, 1983:21). Die verskillende metodes wat ontwikkel het om liggaamsamestelling en liggaamsindekse van mense te bepaal en wat in die literatuur gevind is, word gerapporteer. In die onderhawige studie sal dus verskeie navorsers se metodes aandag geniet.

Uit studies wat deur navorsers gedoen is, is gevind dat antropometriese kenmerke binne en tussen populasies en binne en tussen etniese groepe verskil en verskeie studies het al gepoog om die relatiewe bydrae van genetiese- en omgewingsfaktore te identifiseer. Bouchard en Malina (1983) en Bouchard (1986) in Bouchard (1988:103) het 'n model voorgestel wat die hoofaspekte van variasie vir 'n gegewe antropometriese kenmerk, P, gebruik en met behulp van 'n sistematiese metode poog om die oorsake of redes vir interindividuele verskille te bepaal en dan die verskille aan genetiese- of omgewingsfaktore toe te skryf.

In die antropometriese studies wat op die verskillende etniese groepe gedoen is, word die variasie in morfologie tussen groepe hoofsaaklik toegeskryf aan 'n interaksie tussen die omgewing en genetica. In hierdie ondersoek word aandag geskenk aan liggaamsamestellingstudies wat op die blanke, Boesman- en die Zoeloebevolking gedoen is, en gevolgtrekkings oor die variasie in liggaamsamestelling tussen die groepe word gemaak.

Beide die Boesman en die Zoeloe groepe het min aandag gekry betreffende liggaamsamestellingstudies en ondersoeke wat wel die groepe betrek, se inligting is

algemeen van aard en verskaf min of geen antropometriese afmetings nie. Behalwe vir een studie (O'Keefe en Lavender, 1989:256), wat die Boesman betrek, word geen inligting oor die groepe se spiervolumes of -massa verskaf nie. By die blanke groepe is meer liggaamsamestellingstudies gedoen, maar ook min aandag word aan spiervolumes geskenk.

Die spiervolume ondersoek wat hier gedoen word, sluit 'n vergelykende studie oor die drie rasse in. Absolute en proporsionele spiervolumes sal bespreek word. Die metode waarvolgens die spiervolumes bereken word, is 'n gekombineerde metode van Copley (1981:25-29) en Drinkwater (1984:119).

Die behoefte om morfologiese variasie, spesifiek variasie in spiervolumes tussen etniese groepe te bepaal, spruit vir die skrywer daaruit dat die leemte wat in die literatuur oor die spiervolumes van etniese groepe bestaan, gevul kan word terwyl dit moontlik belangrike implikasies vir aanwending in die arbeidsmark het en veral die aanwesigheid van spesifieke fisieke vermoëns vir verskillende sportsoorte kan toelig. Met die huidige ontwikkeling in die Suid-Afrikaanse sportwêreld, is die laaste aangevoerde rede 'n toenemend aktuele saak. Soos later aangetoon sal word, hou die bepaling van spiervolumes vir die afrikaner groot voordeel in aangesien dit 'n aanduiding kan verskaf van die effek van oefenmetodes en -benaderings (Martin et al., 1990:729).

1.2 PROBLEEMSTELLING

Volgens Bouchard (1988:103) is die voortgesette doel van die antropologiese wetenskap om die redes te verstaan hoekom populasies of rasse van mekaar verskil. Reeds in 1964 het Putter (1964:17) uitgewys dat 'n twisvraag oor die betekenis van

die verskille tussen rasse bestaan, met ander woorde of die een ras gemeet aan vandag se standarde verder ontwikkel is as die ander ras.

In van die studies (Malina, 1988; Van der Walt en Turnbull, 1985; Putter, 1964 en Eveleth en Tanner, 1976) wat reeds op blanke en nie-blanke groepe gedoen is, het dit duidelik na vore gekom dat daar wel verskille tussen rasse en etniese groepe is. Dit blyk onder andere dat die arm van die nie-blanke in verhouding met die beenlengte korter is as by die van die blanke (Putter, 1964:25; Eveleth en Tanner, 1976:230 en Malina, 1988:99). Eveleth en Tanner (1976:230) en Malina (1988:99) vind dat die nie-blanke 'n korter romp en nouer heupe as die blanke toon.

Putter (1964:25) wys daarop dat die nie-blanke se liggaamsbou by 'n warm klimaat aanpas, dit wil sê soveel veloppervlak as moontlik word blootgestel, sodat hitteverlies kan plaasvind. Dieselfde eienskap word ook by die Boesmans aangetref, terwyl die blanke se arms en bene korter is vir aanpassing in koue klimaatstoestande (Tobias, 1978:25). Hieruit kan afgelei word dat elke groep se liggaamsbou aangepas word volgens die omstandighede waarin hy lewe.

Maingard (1937), soos aangehaal deur Tobias (1978:3), verklaar dat die benoeming van die Boesman ontstaan het juis as gevolg van hierdie groep se fisieke voorkoms en andersoortige leefwyse. Tobias het verder uitgewys dat 'n verskeidenheid van genetiese eienskappe van die Boesman en die Swarte verskil. Die verskille is nie net waarneembaar in bloed en ander liggaamstowwe nie, maar ook in ander anatomiese kenmerke, bv. verspreiding van onderhuidse vet en verskille in liggaamsbou, nl. dat die Boesman baie korter is as menige van die rasse wat in die RSA gevind word.

Brues (1941), in Tobias (1978:25), noem dat die liggaamsbou van menslike groepe korreleer met hulle leefwyse, aktiwiteite en hulle verskillende kulture. Daar kan dus vir bewyse gesoek word dat die swaar gespierde, fisieke nie-blanke aangepas is vir die gebruik van swaar knuppel-tipe wapens en hande-arbeid, terwyl die lenige bou van die Boesman meer aangepas is vir die gebruik van ligter projektielwapens (pyl-en-boog).

Omdat die Boesman gebruik maak van 'n ligte wapen, vertrou hy meer op sy spoorsnyvaardighede, wat meebring dat hy soms dae agter wild aanloop, om naby genoeg te kom sodat hy kan skiet, of om 'n gewonde dier te bereik. Tydens so 'n jagekspedisie kan die Boesman tot 30 km per dag loop (Tobias, 1978:26). Verder noem hy dat as gevolg van die Boesman se jagmetodes die ras oor sekere liggaamskenmerke beskik, bv. hy moet klein en lig gebou wees met baie uithouvermoë (gaan gewoonlik gepaard met 'n ektomorfiese bou).

'n Proporsionele studie van die spiervolumes van die onderskeie groepe stel die navorser in staat om 'n koseptuele raamwerk daar te stel wat die verhouding van een liggaamsdeel tot 'n ander, of die hele liggaam met verwysing na grootte en kwaliteit, 'n waardering ten opsigte van relatiewe grootte te kry (Ross et al., 1982:81). 'n Proporsionele spiervolumestudie skep die geleentheid om verskillende groepe en verskillende individue met mekaar op 'n vergelykbare basis te evalueer. Uit die voorgenoemde moet afgelei word dat absolute verskille ten opsigte van die fisieke samestelling van blankes, Boesmans en Zoeloes sal voorkom. Die verskille sal genetiese - of omgewingsoorsake hê of die gevolg van 'n interaksie tussen die twee sake wees. Die ondersoek wat in die literatuurstudie bespreek word, het nie die spiervolumes van groepe ondersoek nie. Kennis oor hierdie aspek van die fisieke samestelling van blanke, Boesman en Zoeloemans ontbreek dus geheel of

gedeeltelik in die literatuur. Bestaande ondersoek het ook geen proporsionele vergelykings tussen groepe gemaak waar dit dienlik sou wees nie. Op grond van die algemene kennis aangaande die drie groepe kan verwag word dat die absolute waardes van fisieke eienskappe sal toon dat die Boesman die kleinste waardes het en die blanke en die Zoeloe groter waardes. Wanneer liggaamsgrootte egter in aanmerking geneem word kan dit dalk blyk dat die Boesman proporsioneel beter daaraan toe is ten opsigte van sekere aspekte as een of albei van die ander twee groepe.

1.3 DOELSTELLING

Die doel van die studie is 'n antropometriese vergelyking tussen die absolute en proporsionele waardes van spiervolumes by die Boesman-, Zoeloe- en die blanke man.

1.4 HIPOTESESTELLING

H1: Betekenisvolle verskille kom tussen die absolute waardes van die spiervolumes van die manlike blanke, Boesman en die Zoeloe voor.

H2: Betekenisvolle verskille kom tussen die proporsionele spiervolumes van die manlike blanke, Boesman en die Zoeloe voor.

HOOFSTUK 2

DIE INTERAKSIE TUSSEN DIE OMGEWING EN GENETIKA TEN OPSIGTE VAN VARIASIE IN LIGGAAMSAMESTELLING BINNE EN TUSSEN POPULASIES.

2.1 INLEIDING

'n Voortgesette doel van die antropologiese wetenskap is om die redes te verstaan hoekom populasies of rasse van mekaar verskil. Antropometriese kenmerke verskil binne en tussen populasies en etniese groepe en verskeie studies het al gepoog om die relatiewe bydrae van genetiese- en omgewingsfaktore te identifiseer. Brues (1941), in Tobias (1978:25), noem dat die liggaamsbou van menslike groepe korreleer met hulle leefwyse, aktiwiteite en hulle verskillende kulture.

Die term ras en etnies het verskillende, dog samehangende betekenisse. Die terme, wanneer gebruik word, beskik oor 'n duidelike sosiale en politiese inslag. Volgens Damon (1969) in Malina (1988:99) kan die terme soos volg gedefinieer word. Die term ras impliseer deelwees van 'n betrokke groep waar daar beduidende genetiese ooreenkomste tussen individue van die groep is. Groepe, as gedefinieer word, verskil genotipies en fenotipies van mekaar. Die term etnies, alhoewel dit soms as 'n plaasvervanger vir ras gebruik word, is meer van toepassing op kulturele as genetiese verwantskap. Damon wys verder daarop dat die twee terme, ras en etnies, dikwels verwar word as gevolg van biologiese en kulturele homogeniteit wat ooreenstem.

Alhoewel individue benoem word tot 'n bepaalde ras- of etniese groep, moet die aansienlike variasie tussen die kategorieë erken word. Verskille tussen populasies ten opsigte van antropometriese aspekte wat moontlik toegeskryf kan word aan genetiese verskille, kom hoofsaaklik voor in liggaamsproporsies en verspreiding van vet oor die liggaam. Dit is moeilik om verskille in liggaamsgrootte aan 'n ras toe te skryf, vanweë die verskeie omgewingsfaktore wat gewig en liggaamslengte tydens groei kan beïnvloed (Malina, 1988:99).

Bouchard (1986) en Bouchard en Malina (1983) soos aangehaal deur Bouchard (1988:103) het gepoog om die relatiewe bydrae van genetiese- en omgewingsfaktore tot antropometriese variasie te identifiseer en 'n model (dit sal later bespreek word) voorgestel wat die hoofaspekte van variasie in 'n gegewe antropometriese kenmerk gebruik en met behulp van 'n sistematiese metode die oorsake of redes vir interindividuele verskille bepaal.

As gekyk word na die liggaamsamestellingstudies wat reeds op verskillende rasse en etniese groepe gedoen is, word gesien dat die meeste navorsers nie tot 'n gevolgtrekking kom deur te sê dat variasie wat in antropometriese kenmerke voorkom, toegeskryf kan word aan genetiese- of omgewingsfaktore nie. Wanneer die model wat deur Bouchard en Malina voorgestel is, egter toegepas kan word op liggaamsamestellingstudies, kan bepaal word of die verskille aan een of albei die twee belangrikste aspekte, nl. genetica of omgewing, toegeskryf kan word.

2.2 'N MODEL SOOS VOORGESTEL DEUR BOUCHARD EN MALINA (1983) EN BOUCHARD (1986).

Bouchard en Malina (1983) en Bouchard (1986) in Bouchard (1988:103) stel 'n model voor wat die hoofaspekte van variasie vir 'n gegewe antropometriese kenmerk, P, gebruik en met behulp van 'n sistematiese metode die oorsake of redes vir interindividuele verskille bepaal. Die model stel die variasie in P soos volg voor:

$$P = G + E + G \times E + e \quad [2.1]$$

waar

G = die verskille wat verband hou met oorerflikheid en genetiese faktore,

E = 'n voorstelling van die oorsake wat gepaard gaan met omgewingstoestande en lewenswyse,

GxE = die interaksie effek tussen die genetiese faktore en die nie-genetiese invloede en

e = die variasie wat veroorsaak word deur ewekansige foutbronne.

Die eenvoudige model neem aan dat ouderdom en geslag van die persoon nie 'n bydrae tot die interindividuele verskille lewer nie.

2.2.1 Die E-effek

Die E-komponent verteenwoordig alle invloedsbronne op die antropometriese afmeting wat onafhanklik is van genotipe en wat nie 'n fout in die metingsprosedure is nie. Dit word algemeen aanvaar dat die E-effek veroorsaak word deur variasie in agtergrond, lewenstyl en omgewingstoestande. Dus kan skeletafmetings en velvoumetings vir 'n gegewe ouderdom en geslag aansienlike interindividuele verskille toon as 'n resultaat van voedingstatus en -geskiedenis, huidige toestand waaraan die persoon blootgestel word, energieverbruik wat verband hou met arbeid- en ontspanningsaktiwiteite, nou en in die verlede, geskiedenis van siektes en huidige gesondheidstoestand, sosio-ekonomiese toestande en algemene

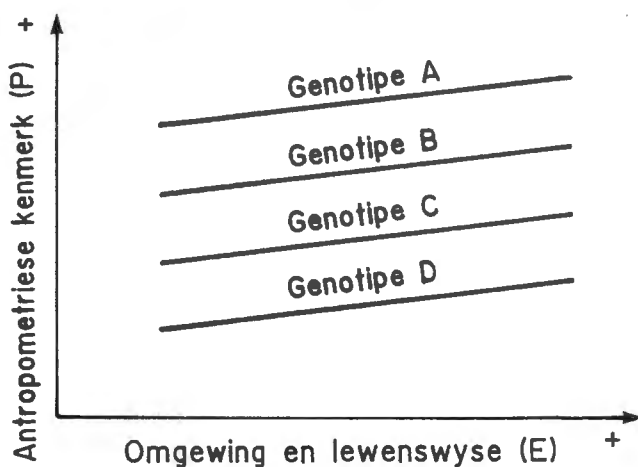
lewensomstandighede, klimaat en nog verskeie ander faktore. Met ander woorde, die E-komponent is 'n samestelling van komplekse en telkens onderling verbandhoudende komponente. Die meeste van die tyd is dit moeilik om die volle omvang van die E-effek te bepaal, want die moontlike meewerkende faktore is veelvuldig en min daarvan kan in 'n gegewe studie beheer word.

2.2.2 Die G en GxE-effek

Die G en GxE-effek omskryf al die oorsake vir interindividuele verskille wat met oorgeërfde kenmerke verband hou. Die G-effek vir 'n gegewe antropometriese fenotipe kan gesien word as 'n gemiddelde bydra van oorerwing in die populasie, ongeag omgewingstoestande en variasie in lewenstyle. Die G-effek is 'n parameter wat bydra tot die genetiese variasie van interindividuele verskille onder gemiddelde omgewingstoestande. Die genetiese variasie vir enige individu sal varieer afhangende van die persoon se unieke karaktertrekke en geskiedenis.

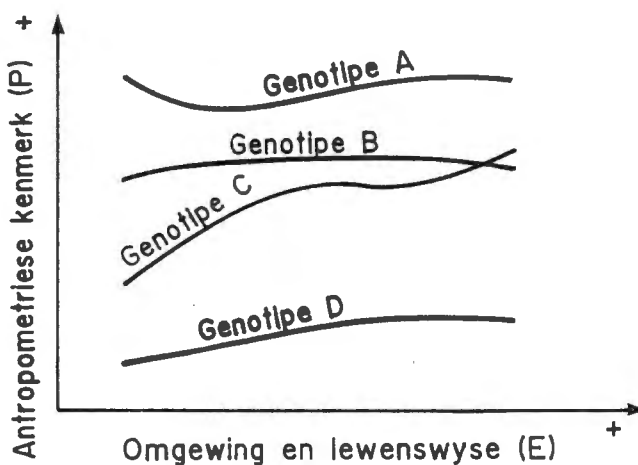
Die bepaling van die populasie parameter, G, vir 'n gegewe antropometriese kenmerk benodig 'n komplekse databasis. Dit sou voordelig gewees het as data wat op alle tipe twee- en drie-generasie families, insluitende aannemingsdata, tweeling wat saam en apart opgegroe het, families van monosigotiese tweeling en ander gebruik kon word.

Die situasie word meer kompleks as die interaksie, $G \times E$, groot is.



Figuur 2.1 Variasie in 'n gegewe antropometriele afmeting (P) as $G \times E = e = 0$. In hierdie geval, $P = G + E$.

Figuur 2.1 illustreer die situasie waar die G- en E-effekte bygevoeg word en daar geen wisselwerking is tussen die G- en E-effek nie, dan sal P liniêr wees oor die koers van E-toestande.



Figuur 2.2 Variasie in 'n gegewe antropometriele meting (P) as $e = 0$. In hierdie geval, $P = G + E = G \times E$.

Figure 2.1 en 2.2 is aangepas uit Bouchard (1988:104).

Figuur 2.2 beskryf 'n situasie wat nader aan die werklikheid is. In hierdie geval is die variasie 'n funksie van G en E sowel as vir die interaksie GxE. Dus 'n variasie in P, geassosieer met 'n variasie in E, is nie identies vir alle genotipes nie. Onlangse navorsing het getoon dat daar 'n betekenisvolle GxE-effek vir liggaamsmassa en velvoumetings is wanneer die proefpersone blootgestel word aan 'n positiewe energiebalans (wanneer energie inname meer is as energieverbruik) oor 'n paar weke (Poehlman et al., 1986 in Bouchard, 1988:104).

2.3 VARIASIE BINNE EN TUSSEN POPULASIES

Eveleth & Tanner (1976:224) het die model wat hierbo beskryf is ondersteun met die stelling dat verskille tussen populasies in grootte en vorm toegeskryf kan word aan die verskillende geenstrukture, die verskil in omgewingstoestande en die interaksie tussen die twee faktore. Al hoe meer erkenning word verleen aan die feit dat die meeste variasie in gene, soos bepaal deur antigeniese en proteiensisteme gemeenskaplik is vir alle mense (Bouchard, 1988:104). Volgens Nei (1982) in Bouchard (1988:104) en Nei & Roychoudhury (1974:429) is slegs sowat 10-15% van menslike variasie in eenvoudige geensisteme spesifiek tot populasies of rasse, terwyl die oorblywende persentasie variasie gedeel word deur alle mense ongeag van die populasie of ras. Volgens Bouchard (1988:104) moet meer aandag gefokus word op die binne-populasie- en tussen-populasie heterogeniteit om 'n beter beskrywing te kry van die belangrikheid van ras of menslike groepverskille in die totale menslike fenotipe variasie.

Variasie in populasies ten opsigte van antropometriese afmetings wat toegeskryf kan word aan genetiese verskille kom hoofsaaklik in liggaamsproporsies en

vetverspreiding voor (Malina, 1988:99). As gevolg van die verskeie omgewingsfaktore wat 'n invloed op liggaamsmassa en liggaamslengte tydens die groeiproses kan uitoefen, wys Malina daarop dat dit moeiliker is om variasie in totale liggaamsgrootte aan rasse toe te eien. Alhoewel die inligting wat beskikbaar is, tot vergelykings tussen blank en nie-blank beperk is, is dit duidelik dat liggaamsproporsies tussen etniese groepe varieer.

Beide Malina (1988:99) en Eveleth en Tanner (1976:230) het tot die gevolgtrekking gekom dat variasie tussen etniese groepe as proporsionele verskille voorkom en rapporteer dat nie-blankes gemiddeld 'n korter romp, langer boonste en onderste ledemate en nouer heupe as die blankes toon. Verder noem die navorsers ook dat vir dieselfde liggaamslengte die nie-blankes relatief langer ledemate toon en vir dieselfde biakromiale breedte die nie-blankes relatiewe nouer interkristale wydte toon.

Die vetverspreiding by die verskillende populasies toon minder variasie as die ander antropometriese parameters. Eveleth en Tanner (1976:235) het met betrekking tot die bepaling van die subskapulêre velvou by verskillende populasies tot die gevolgtrekking gekom dat redelik wel-af nie-blanke populasies se velvoue tot 'n mate ooreenstem met die blanke populasie se afmetings. Vetverspreiding verwys na die relatiewe verspreiding van onderhuidse vet oor die liggaam. Volgens Malina (1988:99) toon beskikbare inligting dat die hooforsaak van variasie in vetverspreiding eerder aan genetiese- as omgewingstoestande toegeskryf kan word. Eveleth en Tanner (1976:235) se observasie is teenstrydig met die aanname wat hierbo gemaak is en sê daar heers geweldige kontroversie om te bepaal of die verskynsel te wyte is aan verskille in genetica of die omgewing van die populasie.

Die twee navorsers het tot die gevolgtrekking gekom dat die meeste van die verskille hoofsaaklik voedingsgeoriënteerd van aard is.

Wat die verspreiding van onderhuidse vet oor die ledemate en romp betref, het Malina (1988:100) tot die gevolgtrekking gekom dat die blanke, wanneer vergelyk word met die nie-blanke, relatief meer vet oor die ledemate het as oor die romp, terwyl die nie-blanke 'n groter vetverspreiding oor die rompgedeelte as oor die ledemate toon.

Die meeste variasie wat by populasies ten opsigte van morfologie waargeneem word, hou verband met die ontwikkeling van benige dele, spiere, vetweefsel sowel as die ingewande (Malina, 1988:100). Liggaamsmassa word gedefinieer as die som van vet, spiere en bene. Eveleth en Tanner (1976:235) maak 'n afleiding dat vet nie so 'n groot bydrae tot die liggaamsmassa van wel-af nie-blankes lewer as wat die geval by blankes is nie. 'n Aanneme wat hieruit volg is dat die nie-blanke miskien oor groter of digter bene en dalk oor meer spierweefsel as die blanke beskik, aangesien die gemiddelde massas van die twee populasies nie werklik verskil nie.

In 'n ondersoek deur Totter en Peterson (1966), aangehaal deur Eveleth en Tanner (1976:236), het die volgende resultate na vore gekom. Die studie behels die bepaling van volwassenes se liggaamsamestelling en het getoon dat die benige dele van die nie-blanke wel digter is as die gebeendere van die blanke skelet. Adams et al., (1981:258) het die stellings nog meer uitgebrei en genoem dat die nie-blanke reeds met geboorte oor 'n beter skeletale ossifikasie as die blanke beskik. Die studie het verder getoon dat nie-blanke mans oor 'n groter hoeveelheid spierweefsel as blanke mans beskik.

'n Groot hoeveelheid van die verskille in liggaamsgrootte tussen populasies kan toegeskryf word aan die effek van omgewingstoestande. Sommige van die verskille tussen individue van dieselfde populasie kan ook aan die omgewing waarin hulle woon toegeskryf word (Eveleth en Tanner, 1976:241). Onder die meer wel-af populasies in ontwikkelde lande is die verskille wat aangetref word relatief klein, terwyl in die lande wat nog besig is om te ontwikkel, is die gaping tussen wel-af en arm populasies baie groter. Baie omgewingsfaktore het 'n invloed op die groeitempo van die populasie, maar aan die einde is die grootste invloed afkomstig van die voedingsvlak en -status van die spesifieke populasie (Eveleth en Tanner, 1976:241).

2.4. LIGGAAMSAMESTELLINGSTUDIES VAN VERSKILLENDE RASSE MET SPESIFIEKE VERWYSING NA BLANKES, BOESMANS EN ZOELOES.

Verskeie liggaamsamestellingstudies is reeds tussen verskillende ras- of etniese groepe gedoen. Die meeste van die studies is vergelykend van aard en lê klem op die algemene antropometriese verskille tussen blank en nie-blanke groepe.

Vervolgens sal aandag geskenk word aan liggaamsamestellingstudies wat op die Boesman- en die Zoeloebevolking gedoen is. Beide die rasgroepe het min aandag gekry betreffende studies oor liggaamsamestelling. Die studies wat wel die groepe betrek, se inligting is algemeen van aard en verskaf min antropometriese afmetings. Behalwe vir een studie (O'Keefe en Lavender, 1989:256), wat die Boesman betrek, word geen inligting oor die groepe se spiervolumes of spiermassas verskaf nie.

2.4.1 DIE ZOELOE

Studies wat op die Zoeloe gedoen is, sluit die volgende in: Slome et al., (1960) in Eveleth en Tanner (1976:339-340); Eveleth en Tanner (1976:103-104) en Cipriani (1930) in Bryant (1949:95). Elkeen van die studies word vervolgens bespreek:

Die ondersoek wat deur Slome en medewerkers gedoen is, het manlike sowel as vroulike Zoeloes ingesluit. Die proefpersone het bestaan uit individue van die Durbanomgewing. Die proefgroep wat vir die studie gebruik is, het 106 mans en 219 vrouens ingesluit. Die gemiddelde ouderdom van die Zoeloes is aangegee as 20 jaar. Vir die mans het Slome en medewerkers met die volgende antropometriese inligting na vore gekom:

lengte (cm): 166,1

massa (kg): 66,9

trisepsvelvou (mm): 9,4.

Die vrouens se inligting het soos volg gelyk:

lengte (cm): 156,0

massa (kg): 70,8

trisepsvelvou (mm): 21,6.

Uit die ondersoek wat deur Eveleth en Tanner (1976:103-104) gedoen is, het dit geblyk dat die gemiddelde lengte vir Zoeloe mans 167 cm is met 'n gemiddelde massa van 66,5 kg. Vir die vrouens het die twee navorsers 156 cm vir liggaamslengte en 71 kg vir liggaamsmassa aangemeld. Die navorsers noem verder dat albei geslagte van die Durban-Zoeloes swaar is, maar nie baie lank nie. Verder rapporteer hulle dat 'n groter hoeveelheid vrouens as mans in die gebied vir dieselfde ooreenstemmende gemiddeldes met die blankes lê.

In vergelyking met die blankes toon die Durbanse Zoeloevrou 'n gemiddelde massa wat hoër is as enige van die ander etniese groepe, terwyl die man se gemiddelde massa redelik in ooreenstemming is met die gemiddelde massa van ander groepe. Volgens Eveleth en Tanner (1976:104) toon die nie-blanke groepe in teenstelling met die blanke groepe, na volwassewording, geen beduidende toename in massa soos hulle ouer word nie.

Bryant (1949:95) het 'n studie aangehaal wat Cipriani (1930) op Zoeloes gedoen het. Die antropometriese inligting wat hy aangemeld het, het slegs die gemiddelde lengte en sithoogte van die mans en die vrouens ingesluit en nie genoem hoeveel proefpersone by die ondersoek betrek was nie. Dit het soos volg gelyk:

- gemiddelde lengte:

mans: 169,6 cm

dames: 157,8 cm

- sithoogte:

mans: 85,7 cm

dames: 81,1 cm

Cipriani het die liggaamsvorm van die Zoeloe in 59% van die mans en 65% van die vrouens as gespierd beskryf. Die res van die Zoeloebevolking word as lenig of gespierd beskryf. Verder maak Cipriani betekenisvolle stellings wat hy nie uit sy studie motiveer nie. Die stellings sluit onder meer in dat die torso van die Zoeloe te lank en sy heupe te vierkantig of te breed skyn te wees. Geen verwysings kan gevind word waarmee hy die Zoeloe vergelyk het nie, en geen standaard vir te lank of te breed kan vasgestel word nie. 'n Ander algemene verskynsel wat Cipriani waargeneem het, is die voorkoms van steatopigie (vet agterstewe) onder die Zoeloes.

Die meeste van die studies wat bespreek is, se afmetings stem redelik ooreen. Die moontlike rede hiervoor kan wees dat die meeste proefgroepe uit dieselfde gebied getrek is en dat die spesifieke groep wat die gebied bewoon, aan minder ekstreme toestande blootgestel word as ander Zoeloe-groepe wat nog 'n tradisionele lewenstyl handhaaf.

2.4.2 DIE BOESMAN

Wat die liggaamsamestelling van die Boesman betref, is van die studies wat gedoen is, meer volledig en verskaf meer antropometriese inligting as in die geval van die Zoeloes. Die volgende liggaamsamestellingstudies van die Boesman word hier bespreek, nl. die van Tobias (1962; 1978); Wyndham (1970); Eveleth en Tanner (1976) en O'Keefe en Lavender (1989).

Tobias (1962) in Eveleth en Tanner (1976:339-340) se studie het gehandel oor die Boesmans van Botswana. Die proefpersone vir die studie het bestaan uit 292 mans en 346 vrouens. Die gemiddelde waardes wat Tobias gevind het, was soos volg:

mans: lengte (cm) 159,4

trisepsvelvou (mm) 6,6

vrouens: lengte (cm) 150,0

In 'n ander studie deur Tobias (1978:116) het hy slegs die gemiddelde lengtes vir mans en vrouens aangebied. Die studie is op die Kalahariboesmans gedoen. Die gemiddelde lengte vir mans was 157 cm, en hy noem slegs dat die vrouens 'n paar sentimeter korter is as die mans. Dornan (1925:47) het ook uitgewys dat steatopigie 'n algemene verskynsel onder die Boesmanbevolking is.

Eveleth en Tanner (1976:339-340) haal 'n studie aan wat deur Wyndham (1970) gedoen is. Die studie het slegs 15 manlike Boesmans uit die Botswana omgewing betrek en het die volgende inligting verskaf:

gemiddelde lengte (cm) : 157,8

gemiddelde massa (kg) : 47,7

trisepsvelvou (mm) : 4,5.

Die afmetings wat deur Tobias (1962) en Wyndham (1970) verskaf is - albei se proefnemings het gehandel oor die Botswana Boesman - toon duidelike verskille. Die verskille in afmetings kan moontlik toegeskryf word aan verskillende meetapparate, die grootte van die steekproef en die moontlike gebiedsverskille tussen die groepe.

In die ondersoek wat deur Eveleth en Tanner (1976:103-104) op die Boesmans gedoen is, word nie gemeld van watter omgewing die Boesmans afkomstig is nie. Al afmetings wat die navorsers verskaf, is gemiddelde lengte en massa van die proefpersone. Die mans se gemiddelde lengte is 159 cm met 'n gemiddelde massa van 53,5 kg. Die vrouens het 'n gemiddelde lengte van 150 cm en gemiddelde massa van 45 kg. Verder haal Eveleth en Tanner vir Tobias (1963; 1970b) aan waar hy 'n stelling gemaak het dat die Boesman 'n toename in liggaamslengte getoon het van voor 1915 tot na 1950. Die stelling is teenstrydig met die resultate wat Wyndham (1970) in Eveleth en Tanner (1976:339-340) gerapporteer het. Die studie het 'n afname in die gemiddelde liggaamslengte van die Boesman getoon, waar Tobias in 1962 die gemiddelde liggaamslengte van die Boesman as 159,4 cm gerapporteer het, het Wyndham (1970) dit as 157,8 cm aangemeld.

O'Keefe en Lavender (1989:255) het 'n studie op 51 Boesmans van die noord-oos Namibië gebied gedoen. Die Boesmans wat as proefpersone opgetree het, is gekies uit 'n groep wat geforseer was om hulle vroeë tradisionele lewensstyl prys te gee en tussen Herero en nie-blanke groepe te gaan bly. Die resultate van die studie word in tabel 2.1 weergegee.

Tabel 2.1.

ANTROPOMETRIESE INLIGTING VIR DIE BOESMANS*

VERANDERLIKE	MANS	VROUENS
Gem. lengte (cm)	160,0	150,0
Gem. gewig (kg)	53,0	40,0
% Ondergewig	15,0	48,0
Trisepsvelvou (mm)	6,5	9,5
% Vet tekort	70,0	69,0
Bo-armomtrek (cm)	23,9	21,3
% Spiermassa tekort	50,0	100,0

* Tabel aangepas uit O'Keefe en Lavender (1989:256).

Die afleidings wat die navorsers uit tabel 2.1 gemaak het, dui daarop dat sodra die Boesman sy tradisionele lewenswyse afskaf, sy totale gesonde mens-wees versleg. Al die resultate dui daarop dat selfs vir hulle geneties bepaalde kort liggaamslengte, was liggaamsmassa, vet en proteienstore totaal uitgeput. Die hoë voorkoms van wanvoeding onder die Boesmanvrou is in kontras met die situasie wat onder ander etniese groepe waargeneem word, waar die man gewoonlik die een is wat aan wanvoeding of ondervoeding ly.

2.4.3 DIE BLANKE

In teenstelling met die min liggaamsamestellingstudies wat op die Boesman en die Zoeloe gedoen is, is verskeie studies op die blankes gedoen (Martin et al., 1990:729). Slegs twee van die studies (Adams et al., 1981 en Van der Walt en Turnbull, 1985), waar blanke en nie-blanke groepe met mekaar vergelyk word, sal bespreek word.

Die doel van die studie deur Adams et al., (1981:257) was om te bepaal of blankes en nie-blankes geskei moet word in die formulering van regressieformules vir die berekening van liggaamsdigtheid. Die motivering vir die studie het ontstaan uit die feit dat die gemiddelde nie-blanke 'n groter beendigheid as die gemiddelde blanke toon. Verder het die navorsers daarop gewys dat die gemiddelde nie-blanke verskil van die gemiddelde blanke ten opsigte van liggaamsvorm en dus verskillende proporsies vir liggaamssegmente het.

Die proefpersone vir die studie was sewe nie-blanke en sewe blanke professionele rugbyspelers. Die twee groepe proefpersone met relatief dieselfde somatotipes se liggaamsdigtheidwaardes is bepaal en 'n vergelyking is getref tussen die twee groepe. Metheney (1939) aangehaal deur Adams et al., (1981:259) het daarop gewys dat in die algemene, nie sportgerigte populasie, toon die nie-blankes langer arms en bene (relatief tot liggaamslengte), nouer heupe en skraler kuite as die blanke. Dit dui daarop dat die gemiddelde nie-blanke ten opsigte van liggaamsbou van die blanke verskil en dus meer neig na ektomorfie. Die finale resultate het getoon dat in die geval van 'n sportiewe proefgroep dit nie nodig is om die groepe (blank en nie-blank) te skei nie, maar dit mag nodig wees om dit te doen in die geval waar 'n algemene populasie bestudeer word.

Die ondersoek wat deur Van der Walt en Turnbull (1985:17) gedoen is, behels die bepaling van die spiervolumes van die onderste ledemate van blanke en nie-blanke middel- en langafstandatlete. Dertien blanke en sewentien nie-blanke nasionale middel- en langafstandatlete se spiervolumes is vergelyk. Verskeie belangrike waarnemings is deur die navorsers in die studie genoem, naamlik die langer onderste ledemaatlengtes wat by die Amerikaanse sowel as die Afrika nie-blanke atlete voorkom. 'n Ander interessante waarneming is dat die top Suid-Afrikaanse langafstandatlete, op vier na, deel van die Tswanastam vorm. Saam met die Kgalagadi in Botswana, vorm die Tswanas die twee stamme wat die meeste vermenging (Tswana - 53% en Kgalagadi - 64%) met die Boesmanbevolking toon (Jenkins et al., 1970 in Van der Walt en Turnbull, 1985:17).

Die antropometriese inligting (blank en Tswana atlete) deur die navorsers vermeld verskyn in tabel 2.2.

Tabel 2.2.

GEMIDDELDE ANTROPOMETRIESE INLIGTING VIR BLANKE EN NIE-BLANKE MIDDEL- EN LANGAFSTAND ATLETE

VERANDERLIKE	BLANK	NIE-BLANKE
Liggaamsmassa (kg)	69,4*	55,6
Liggaamslengte (cm)	181,2*	168,3
Sithoogte (cm)	90,3*	82,7
Tibiale hoogte (cm)	51,0*	47,7
Bobeenomtrek (cm)	53,3*	49,7
Kuitomtrek (cm)	36,8*	49,7
Enkelomtrek (cm)	23,0*	20,3
Bikond. deursnee(cm)	9,6*	8,8
Bobeenvelvou (mm)	6,8*	4,7
Kuitvelvou (mm)	4,7*	3,5
Ond. ledem.lengte(cm)	90,8*	85,6
Bobeenlengte (cm)	39,8	37,9
Volume:bobeen (cm ³)	6029,6*	4977,2
Spiervol.bobeen (cm ³)	5709,3*	4717,6
Volume: kuit (cm ³)	3502,5*	2659,9
Spiervol.kuit (cm ³)	3092,0*	2333,7

Tabel aangepas uit Van der Walt en Turnbull (1985:20).

*Verskille betekenisvol: $p < 0,05$.

Verklaring van afkortings:

Bikond. - bikondilêre; ond. - onderste; ledem. - ledemate; spiervol. - spiervolume.

Die mates in tabel 2.2 is die werklike afmetings van die proefpersone. Die volgende mates wat deur die navorsers aangebied is, is die afmetings soos wat dit aangepas vir verskille in liggaamsmassa en liggaamslengte (tabel 2.3).

Tabel 2.3.

AANGEPASTE MATES VIR DIE BLANKE EN NIE-BLANKE MIDDEL- EN LANGAFSTANDATLETE

VERANDERLIKE	BLANK	NIE-BLANK
Tibiale hoogte (cm)	49,0	49,1
Bobeenomtrek (cm)	50,5	51,9
Kuitomtrek (cm)	34,4	35,0
Enkelomtrek (cm)	21,8	21,2
Dyvelvou (mm)	7,1*	4,5
Kuitvelvou (mm)	4,8*	3,4
Ond.ledem.lengte(cm)	87,1	88,4
Bobeenlengte (cm)	38,1	39,3
Volume: bobeen (cm ³)	5090,6*	5695,3
Spiervol:bobeen(cm ³)	4807,8*	5695,3
Volume:kuit (cm ³)	2994,7	3048,3
Spiervol:kuit (cm ³)	2629,3	2687,5

Tabel aangepas uit Van der Walt en Turnbull (1985:20).

* Verskille betekenivol: $p < 0,05$.

Die resultate van die ondersoek toon die volgende:

- blankes toon groter dyvelvou- en kuitvelvou- afmetings as nie- blankes;
- nie-blankes se bobeenspiervolumes wanneer aangepas word vir liggaamslengte en - massa, is groter as die van die blankes.

Die afleiding wat die navorsers hieruit gemaak het is dat prestasie beter verklaar kan word deur die interaksie van verskeie faktore. Verdere navorsing moet gedoen word om te bepaal of die verskille in die spiervolumes van die onderste ledemate van blankes en nie-blankes toegeskryf kan word aan etniese - of genetiese verskille.

2.5 GEVOLGTREKKINGS

Eveleth en Tanner (1976:224) kom tot die gevolgtrekking dat verskille tussen populasies in grootte en vorm toegeskryf kan word aan die verskillende geenstrukture, die verskil in omgewing en die interaksie tussen die twee faktore. Variasie in populasies ten opsigte van antropometriese afmetings wat toegeskryf word aan genetiese verskille kom hoofsaaklik voor in liggaamsproporsies en vetverspreiding (Malina, 1988:99).

Die antropometriese variasie wat tussen die blanke en nie-blanke voorkom is die volgende: Die nie-blanke toon 'n korter romp, langer boonste en onderste ledemate en nouer heupe as die blankes. Die vetverspreiding toon minder variasie as die ander antropometriese parameters. Die blankes, in vergelyking met die nie-blankes, toon meer vet oor die ledemate as oor die romp, terwyl die nie-blankes 'n groter vetverspreiding oor die romp toon. Nie-blanke groepe beskik oor 'n groter of digter gebeente as die blankes.

Die variasie in antropometriese aspekte tussen die Boesman, Zoeloe en blanke kan soos volg opgesom word: Die Zoeloe is redelik swaar, maar nie lank nie, die Zoeloe-vrou se gemiddelde massa is hoër as enige van die ander twee etniese groepe, terwyl die man se gemiddelde massa redelik ooreenstem met die gemiddelde massa van die ander groepe.

By die Boesman, wat die kortste en ook die ligste van die drie etniese groepe is, is gevind dat vir hul geneties bepaalde kort liggaamslengte, liggaamsmassa, vet- en proteienstore totaal uitgeput is. Wanvoeding kom by die Boesmanvrou voor waar by die ander etniese groepe dit gewoonlik die man is wat aan onder- of wanvoeding ly. By die Boesman sowel as by die Zoeloe is steatopigie 'n algemene verskynsel. Verder toon blankes groter dyvelvoue en kuitvelvoue as nie-blankes en die nie-blankes se spiervolume, wanneer aangepas word vir liggaamslengte en -massa, is groter as die van die blankes.

Daar kan duidelik uit die voorafgaande besprekings van die verskillende liggaamsamestellingstudies gesien word dat daar wel verskille tussen die verskillende etniese groepe bestaan, maar dit is ook duidelik dat verdere studies nodig is om definitiewe verskille tussen die groepe aan te dui. Die studies wat bespreek is, met die uitsondering van twee, is baie algemeen en die behoefte na meer spesifieke inligting bestaan.

HOOFSTUK 3

DIE STUDIE VAN LIGGAAMSAMESTELLING MET SPESIFIEKE VERWYSING NA DIE BEREKENING VAN SPIERVOLUMES.

3.1 INLEIDING

Die meting van die menslike liggaam het met die verloop van die geskiedenis verskeie gebruike gehad. Tanner het in sy boek: "A History of the study of Human Growth", geskryf dat die Antieke Grieke, sowel as skilders en beeldhouers van die Renaissance, metings op die mens gedoen het om liggaamsproporsies te bepaal en sodoende lewensgetroue beelde te skep (Lohman et al., 1988:97). Volgens Copley (1983:1) verskaf die wetenskap van die meting van die strukturele kenmerke van die menslike liggaam meer as net 'n beskrywing van liggaamsgrootte, vorm en afmetings. Dit kan ook gebruik word om te bepaal wat "onder die vel is" - met ander woorde die liggaamsamestelling van 'n persoon.

Buskirk (1987:4) wys daarop dat in die bepaling van liggaamsamestelling en spiervolumes dit belangrik is om die verband tussen spiere en die totale liggaamsproteïene te bepaal, aangesien spiere die grootste gedeelte van liggaamswaarsel verteenwoordig. Dit is merkwaardig dat, terwyl daar 'n wye verskeidenheid metodes bestaan om ander liggaamsindekse te bepaal, baie min bevredigende metodes vir die berekening van spiervolumes beskikbaar is.

Volgens Martin et al., (1990:729) het 'n tegniek om spiervolumes te bepaal 'n verskeidenheid van toepassings in die wêreld van sportwetenskap. Dit sal 'n bruikbare toevoeging tot die fisiologiese profiel van top sportmanne meebring,

omdat sportmanne wat aan verskillende sportsoorte deelneem, 'n groter variasie in spiermassa as vetmassa toon. Die bepaling van spiervolumes kan die afrigter in staat stel om die effek van verskillende oefenmetodes of -benaderings te monitor en vas te stel of 'n afname in prestasie gepaard gaan met 'n verlies van vet-vrye weefsel. Durnin (1959) in Martin et al., (1990:729) wys verder daarop dat spiermassa gebruik kan word om suurstofopname te vergelyk in die gevalle waar individue met verskillende hoeveelhede vet se maksimale suurstofkapasiteit met mekaar vergelyk word.

Op verskeie ander gebiede is daar ook toepassings vir die bepaling van spiervolumes. Volgens Heymsfield et al., (1982:1192) word die mate van skeletspierontwikkeling gebruik in die bepaling van ernstige proteien-wanvoeding en hoe dit vet-vrye weefsel beïnvloed. Die tegniek wat hier gebruik word is die "AMA" (arm muscle area) tegniek. Frisancho (1974:1052) het en beweer dat die grootte of volume van 'n spier 'n direkte aanwyser van proteienreserwes is.

Buskirk (1987:1) voer die volgende redes aan vir die berekening van liggaamsamestelling:

- a) dit is 'n metode om populasies of liggaamsegmente van populasies uit te ken;
- b) dit is 'n metode om abnormale groei, ontwikkeling, rypwording en veroudering te beskryf;
- c) dit kan dien as metode om veranderinge in spesifieke toestande, bv. swangerskap en melkvorming te ondersoek;
- d) dit kan as verwysing vir dieetkundiges dien;
- e) dit kan dien as verwysing vir fisiologiese veranderinge;
- f) dit is 'n metode om geslags- en etniese verskille te bestudeer;
- g) dit kan dien as metode om fisieke fiksheidsvlakke vas te stel en

h) dit kan dien as gids vir sportmanne wat vir belangrike kompetisies voorberei.

Verder wys Buskirk daarop dat dit nie net die antropometris is wat belang het by liggaamsamestellingstudies nie, maar verskeie ander, nl. die anatoom, voedingskundiges, liggaamlike opvoeders, geneeshere, radioloë en fisieke antropoloë.

Verskeie metodes om liggaamsamestelling en liggaamsindekse te bereken is in die literatuur gevind. Die navorsers wie se metodes aandag sal geniet is die van Matiegka (1921) in Drinkwater (1984:19), Drinkwater en Ross (1980) in Drinkwater (1984:27), Wartenweiler, Hess en Wüest (1984), Copley (1981), Frisancho (1974), Heymsfield et al., (1982), en Drinkwater (1984) (sien hoofstuk 4). Sommige van die metodes toon verskillende benaderings toon, terwyl ander punte van ooreenstemming besit. 'n Tweeledige verdeling van die metodes kan daarom gedoen word, nl. metodes wat antropometries van aard is en nie-antropometriese metodes. Die antropometriese metodes sal krities bespreek word en 'n opsomming van die algemeenste antropometriese metodes word in tabel 3.1 weergegee, terwyl die alternatiewe metodes slegs opsommender wyse in tabel 3.2 weergegee sal word.

3.2 METODES VIR DIE BEREKENING VAN SPIERVOLUMES

3.2.1 ANTROPOMETRIESE METODES

Volgens Martin et al., (1990:730) is dit nodig, wanneer gebruik gemaak word van antropometrie om spiervolumes te bepaal, om een of meer antropometriese veranderlikes wat die totale spiervolume sal reflekteer te selekteer. Gewoonlik word een spiergroep geneem met die aannames dat (i) lokale antropometrie die

volume van die spesifieke spiergroep reflekteer en (ii) dat die volume van die spiergroep direk verband hou met die totale spiervolume. Die mees algemene veranderlike wat gekies word is segmentomtrek gekorrigeer vir onderhuidse vet, en die spierdeursnit word dan geskat volgens die gekorrigeerde omtrek.

Die eerste om 'n omvattende metode vir die antropometriese bepaling van verskeie komponente van liggaamsamestelling voor te stel, was Matiegka in 1921 (Drinkwater, 1984: 19-21). Matiegka het 'n reeks vergelykings ontwikkel om die massa van die vel, onderhuidse vet, skeletspiere, been en die residue (ingewande en organe) te skat. Sy benadering was om 'n groep antropometriese afmetings wat verband hou met spesifieke weefsels te gebruik. Deur die groepe afmetings tesame met die gewig van weefsels van kadaverstudiedata wat beskikbaar was te gebruik, het hy 'n reeks koëffisiënte ontwikkel. Matiegka beskou die koëffisiënte slegs as eerste benaderings en noem dat bykomende kadaverstudies nodig is om die geldigheid van die vergelykings vas te stel (Drinkwater, 1984:19).

DIE METODE VAN MATIEGKA (1921):

a)Bepaling van liggaamsmassa:

$$W = D + M + O + R \quad [3.1]$$

waar

W = liggaamsmassa (g);

D = vel plus onderhuidse vetmassa (g);

M = massa van spiere (g);

O = skeletale massa (g);

R = oorblywende massa of residuele massa (g).

b)Bepaling van beenmassa (skeletale massa):

$$O = o_2 \times L \times k_1$$

[3.2]

waar

O = skeletale massa (g);

$o = (o_1 + o_2 + o_3 + o_4)/4$, met o_1 - o_4 as die

maksimale deursnit (cm) van die (o_1) humerus en

(o_2) femur epikondiles, (o_3) pols en (o_4)

enkelomtrekke gemeet aan die een kant van die

liggaam;

L = liggaamslengte (cm);

$k_1 = 1,2$.

c)Bepaling van die massa van die vel plus onderhuidse vetweefsel:

$$D = d \times S \times k_2$$

[3.3]

waar

D = massa van vel plus onderhuidse vetweefsel (g);

$d = \frac{1}{2} (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6)/6$, met d_1 - d_6

die velvoudikte (mm) by die volgende plekke

gemeet:

(d_1) = net bo die biceps op die bo-arm;

(d_2) = voorarm by maksimale omtrek;

(d_3) = dyvelvou wat halfpad tussen die inguinale vou en die bopunt van die knie geneem is;

(d_4) = kuitvelvou by maksimale kuitomtrek;

(d_5) = toraksvelvou halfpad tussen die tepel en die umbilikus op die kostale lyn;

(d_6) = abdomenvou halfpad tussen die umbilikus en die boonste punt van die heupbeen.

$$k2 = 0,13.$$

S = oppervlakarea (du Bois),

waar

$$S = 71.84 \times W^{0.425} \times L^{0.725} \text{ (cm}^2\text{)} \quad [3.4]$$

d)Bepaling van spiermassa:

$$M = r^2 \times L \times k3 \quad [3.5]$$

waar

M = skeletspiermassa (g);

r = $(r1 + r2 + r3 + r4)/4$, met $r1$ - $r4$ as die
gemiddelde radius (cm) van die ledemate sonder
vel en onderhuidse vet soos bepaal deur
omtrekke en velvoue gemeet op:

($r1$) = ontspanne bo-arm gebuig;

($r2$) = maksimale voorarmomtrek;

($r3$) = dyomtrek halfpad tussen die troganterior en die
laterale epikondile van die femur;

($r4$) = maksimale kuitomtrek;

L = liggaamslengte (cm);

$k3$ = 6,5.

e)Bepaling van die massa van die organe en ingewande (residu):

$$R = W \times k5 \quad [3.6]$$

waar

R = die residuele massa, dit is die massa van organe
en alle ander weefselvloeistowwe wat nie
andersins in berekening gebring is nie;

W = liggaamsmassa (g);

k_5 = 0,206.

DIE METODE VAN DRINKWATER EN ROSS (1980)

In 1980 het Drinkwater en Ross 'n metode voorgestel vir die antropometriese bepaling van die gewig van vetweefsel, spierweefsel, been en residuele weefsel in die menslike liggaam. Die metode deur die navorsers voorgestel, was in werklikheid net 'n variasie van die metode voorgestel deur Matiegka in 1921.

Waar die metode van Matiegka 'n reeks antropometriese afmetings en koëffisiënte direk gebruik het om gewig van weefsels te bepaal, het Drinkwater en Ross antropometriese afmetings wat eers geometries geskaal is en daarna gestandaardiseer is tot 'n tweeslagtige menslike verwysing, gebruik 'n metode van Ross en Wilson, 1974 (Drinkwater, 1984:27).

Die metode soos voorgestel deur Drinkwater en Ross (1980):

Vier substelle van voorspellingsveranderlikes is oorweeg, nl.

- 1) Beenafmetings: Groep 1 - bi-epikondilêre humerusdeursnee, bikondilêre femurdeursnee, polsometrek en enkelometrek.
- 2) Beenafmetings: Groep 2 - biakromiale deursnee, borsbreedte, iliokristale deursnee, borsdiepte (anterior - posterior).
- 3) Velvoumates: trisepsvelvou, subskapulêre velvou, abdominale velvou, dyvelvou en mediale kuitvelvou.

4)Omtrekmates: bo-armomtrek (ontspanne) gekorrigeer vir die trisepsvelvou, borsomtrek gekorrigeer vir die subskapulêre velvou, bobeenomtrek gekorrigeer vir die frontale dyvelvou en kuitomtrek gekorrigeer vir die mediale kuitvelvou.

Die opbreking- of deeltaktiek, as dit toegepas word op menslike proefpersone, vereis dat proporsionele skimfiguurwaardes vir elkeen van die groepe in elke substel volgens die volgende formule bereken moet word:

$$Z = 1/s \times (v \times (170.18/h)^d - P) \quad [3.7]$$

waar

Z = proporsionele skimfiguurwaarde;

v = enige veranderlike;

d = verhoudingseksponent gelyk aan 1 vir lengtemates, omtrekke en deursneemates, 2 vir oppervlakte en 3 vir massa of volume mates;

h = gemete liggaamslengte van persoon (cm);

P = skimfiguurwaarde vir veranderlike v ;

s = skimfiguurstandaardafwyking vir veranderlike v ;

170.18 = konstante waarde van skimfiguurlengte.

Die gemiddelde proporsionele waarde (gemiddelde Z-waarde) vir elke substel van die mates word dan bepaal. Die waarde word gesien as verteenwoordigend van die afwyking van die skimfiguur vir die spesifieke weefsels, nl.

1)Beendeursneë: Groep 1 - voorspel beenmassa.

2)Beendeursneë: Groep 2 - voorspel residuele massa.

3)Velvoumates: voorspel massa van vetweefsel.

4)Velvou gekorrigeerde omtrekke: voorspeller van spiermassa.

Die verskillende massas van die weefsels word bereken vanaf die gespesifiseerde skimfiguurwaardes volgens formule 2.8:

$$M = (Z \times s + P) / 170.18/h)^3 \quad [3.8]$$

waar

M = enige massa soos vetweefsel, skeletale massa, spiermassa of residuele massa;

Z = berekende gemiddelde proporsionele skimfiguurwaarde vir die substel van afmetings betrokke by 'n gegewe weefselmassa;

P = gespesifiseerde skimfiguurwaarde vir die betrokke weefselmassa;

s = standaardafwyking van die gespesifiseerde skimfiguurwaarde vir die massa;

h = gemete liggaamslengte van die persoon (cm);

3 = verhoudingseksponeent vir massa;

170.18 = konstante liggaamslengte van die skimfiguur.

Totale liggaamsmassa (*W.est*) word bepaal deur elk van die vier komponente te sommeer:

$$W.est = \text{vetweefselmassa} + \text{spiere massa} + \text{beenmassa} + \text{residuele massa.} \quad [3.9]$$

Die geskatte liggaamsmassa kan ook vergelyk word met die werklike liggaamsmassa van die persoon om die skattingsfout te toon.

DIE METODE VAN WARTENWEILER, HESS EN WÜEST

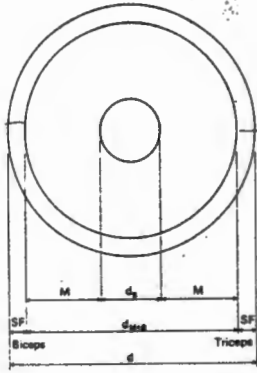
Wartenweiler, Hess en Wüest (1984:211-240) het die volgende antropometriese metode vir die berekening van spiervolumes voorgestel.

Die menslike liggaam bestaan uit verskillende soorte weefsel soos been, spier en onderhuidse vet. Weefselaanwysers word gebruik om die liggaamsamestelling wat uit bogenoemde weefseltipes bestaan, te beskryf. Die aanwysers word op eenvoudige antropometriese metings gebaseer. Om die weefselaanwysers te bepaal kan die boonste sowel as die onderste ledemate gebruik word. Ter verduideliking van die navorsers se metode om spiervolumes te bepaal, word 'n voorbeeld van 'n berekening van die bo-armspiervolume getoon.

Die volgende inligting is nodig om die berekening te doen:

- bo-armomtrek;
- bi-epikondilêre deursnit van die humerus;
- triseps- en bisepsvelvou;
- totale armlengte en
- liggaamsmassa.

Die aanname wat deur die navorsers gemaak word, is dat die dwarsdeursnit van die arm sirkulêr en die vorm silindries is en dat die helfte van beide die gemete velvoue die gemiddelde vetlaag verteenwoordig.



waar $SF = \text{velvoudikte} = \frac{\text{velvou}}{2}$
 $M = \text{spier}$
 $d = \frac{\text{deursnit van die bo-arm}}{\text{omtrek}} = \frac{\text{deursnit van die bo-arm}}{\pi}$
 $dB = \text{deursnit van die been,}$
 $d_{M+B} = \text{deursnit van die spier + been}$
 $= d - (SF_{\text{biceps}} + SF_{\text{triceps}})$

FIGUUR 3.1 DWARSDEURSNIT VAN DIE WEEFSELAREA VAN DIE BO-ARM.

Die deursnit van die beendiafise kom konstant proporsioneel tot die epifise van die been voor. Die konstante α van die proporsionaliteit is $3,1 (\pm 0,07)$ vir die humerus van 'n man.

BEREKENING VAN DIE BEEN (B), SPIER (M) EN VELVOU (SF) AREA.

$$Opp B = \left[\frac{dB}{2} \right]^2 \times \pi = \frac{d^2_{\text{epifise}}}{4\alpha^2 \times \pi} \quad \text{in } cm^2 \quad [3.10]$$

$$Opp SF = \left[d^2 - d^2_{M+B} \right] \times \frac{\pi}{4} \quad \text{in } cm^2 \quad [3.11]$$

$$Opp\ M = [d_{M+B}^2 - d_B^2] \times \frac{\pi}{4} \quad \text{in } cm^2 \quad [3.12]$$

Om die volumes van bogenoemde weefsels te bereken word die weefseloppervlakarea vermenigvuldig met die totale armlengte.

BEREKENING VAN BEEN, SPIER EN VELVOUVOLUMES.

$$Volume\ B = oppv\ B \times totale\ armlengte\ in\ dm^3. \quad [3.13]$$

$$Volume\ M = oppv\ M \times totale\ armlengte\ in\ dm^3. \quad [3.14]$$

$$Volume\ SF = oppv\ SF \times totale\ armlengte\ in\ dm^3. \quad [3.15]$$

Die gewig van die weefsels kan ook bepaal word deur die weefselvolume te vermenigvuldig met die spesifieke gewig van die betrokke weefsel.

$$Gewig\ B = volume\ B \times 1,4\ in\ kg. \quad [3.16]$$

$$Gewig\ M = volume\ M \times 1\ in\ kg. \quad [3.17]$$

$$Gewig\ SF = volume\ SF \times 0,9\ in\ kg. \quad [3.18]$$

Volgens die navorsers kan die metode gebruik word om die onderskeie weefsels van die bo-arm, voorarm, bo-been en kuit te bereken. Die konstante α , dui op die verhouding tussen die epifiseale diameter en die diafiseale diameter, en word eenvormig as 3 vir die bo-arm, voorarm, bobeen en kuit aanvaar.

Dieselfde metode wat deur hierdie navorsers voorgestel is, is later deur Copley (1981:25-29) hersien en foute wat in die berekeninge voorkom is deur die navorser uitgewys.

Die formule vir die bepaling van weefseloppervlakarea is oorspronklik soos volg deur Wartenweiler et al., (1974) voorgestel:

$$A = \frac{d^2}{4} \times \pi \quad [3.19]$$

waar

A = weefseloppervlakarea en

d = deursnit van die ledemaat of segment.

Die formule (πr^2) word gebruik om die dwarsdeursnit en nie die oppervlakte van 'n ledemaat of segment te bereken, met die aanname dat die dwarsdeursnit van die ledemaat of segment sirkulêr is.

Die formule vir vetvrye deursnit van Wartenweiler en medewerkers word soos volg aangegee:

$$d_{MB} = d - (SF_{biseps} + SF_{triseps}) \quad [3.20]$$

waar

d_{MB} = vetvrye deursnit (spier en been)

d = deursnit van die arm

SF_{biseps} = bisepsvelvou

$SF_{triseps}$ = trisepsvelvou.

Omdat 'n velvoumeting twee lae vel en vet insluit, kom dit voor dat in die formule vier lae vel en vet afgetrek word van die omtrek van die ledemaat, waar slegs twee lae deel het aan die samestelling van die ledemaatdiameter. Die som van die velvou afmetings moet dus gehalveer word en die formule moet soos volg lyk:

$$d_{MB} = d - \left[\frac{SF_{biceps} + SF_{triceps}}{2} \right] \quad [3.21]$$

Die formule vir spieroppervlak is soos volg deur Wartenweiler en medewerkers aangegee:

$$Spieropp = (d_{MB}^2 - d_B^2) \times \frac{\pi}{4} \quad [3.22]$$

waar

d_{MB} = vetvrye deursnit;

d_B = gemete epifiseale deursnit en

$Spieroppv$ = berekende dwardeursnitarea van die spier.

Die formule word nie gebruik om spieroppervlakarea te bepaal nie, maar die area van die dwarsdeursnit van die spier. Bykomend laat die formule nie toe vir korreksie van die gemete epifiseale diameter tot die diafiseale diameter nie. Die formule is volgens Copley (1981:25) veronderstel om soos volg te lyk:

$$MA = \left[d_{MB}^2 - \left(\frac{d_B^2}{3^2} \right) \right] \times \frac{\pi}{4} \quad [3.23]$$

waar

MA = dwarsdeursnitarea van die spier

d_{MB} = vetvrye deursnee

d_B = gemete epifiseale deursnee

3 = konstante wat die verhouding tussen die epifiseale deursnee tot die diafiseale deursnee voorstel.

Verder wys Copley uit dat die metingseenheid gebruik deur Wartenweiler en medewerkers, verwarrend en misleidend is. Weefselarea word bv. in kubieke sentimeters (cm^3) uitgedruk, terwyl weefselvolume in kubieke desimeters (dm^3) aangemeld word en die term "spesifieke gewig van die weefsel" word gebruik in plaas van die korrekte term, nl. relatiewe digtheid van die weefsels.

Copley het 'n korrekte formule vir die berekening van vetvrye volume en weefselaanwysers voorgestel. Die formule lyk soos volg:

Vetvrye volume (spier- + beenweefsel):

Deursnit:

$$d_{MB} = \frac{c}{\pi} - \left[\frac{S_1 + S_2}{10 \div 2} \right] \quad [3.24]$$

waar

d_{MB} = vetvrye of gekorrigeerde deursnee (cm);

c = omtrek (cm);

S_1 = mediale of anterior velvou (mm);

S_2 = laterale of posterior velvou (mm).

Area:

$$A_{MB} = \frac{(d_{MB})^2}{4} \times \pi \quad [3.25]$$

waar

A_{MB} = vetvrye dwarsdeursnitarea (cm²);

d_{MB} = vetvrye of gekorrigeerde deursnit (cm).

Volume:

$$V_{MB} = A_{MB} \times LL \quad [3.26]$$

waar

V_{MB} = vetvrye volume (cm³);

A_{MB} = vetvrye dwarsdeursnitarea (cm²);

LL = ledemaat- of segmentlengte.

Die formule wat deur Copley voorgestel is vir die berekening van spiervolumes is die volgende:

$$V_M = V_{MB} - V_B \quad [3.27]$$

waar

$V_M = \text{spiervolume (cm}^3\text{)};$

$V_{MB} = \text{vetvrye volume (cm}^3\text{)};$

$V_B = \text{beenvolume (cm}^3\text{)}.$

V_B word soos volg bereken:

$$V_B = A_B \times LL \quad [3.28]$$

waar

$V_B = \text{beenvolume (cm}^3\text{)};$

$A_B = \text{dwarsdeursnit van die beenarea (cm}^2\text{)};$

$LL = \text{ledemaat- of segmentlengte.}$

Omtrek van die beenarea:

$$A_B = \frac{d^2}{4\alpha^2} \times \pi \quad [3.29]$$

waar

$A_B = \text{dwarsdeursnit van die beenarea (cm}^2\text{)};$

$d = \text{deursnit van die been;}$

$\alpha = 3,0$ (konstante wat die verhouding tussen die
epifiseale - en die diafiseale deursnit voorstel.

Volgens Copley word spiermassa soos volg bereken:

$$M_M = V_M \times I \quad [3.30]$$

waar

$M_M = \text{spiermassa (g)};$

$V_M = \text{spiervolume (cm}^3\text{)};$

$1 = \text{realtiewe digtheid van spierweefsel.}$

Die spierindeks word soos volg vasgestel:

$$M_I = \left[\frac{M_M}{1000 \div BM} \right] \times 100 \quad [3.31]$$

waar

$M_I = \text{spierindeks (spiermassa as \% liggaamsmassa)};$

$M_M = \text{spiermassa (g)};$

$B_M = \text{liggaamsmassa (kg).}$

Copley het verder 'n nuwe tegniek voorgestel om weefselaanwysers te bepaal. In die nuwe tegniek waar weefselaanwysers bereken word, word die dwars deursnitarea van die weefsels as 'n persentasie van die geskatte liggaamsoppervlakarea(LOA) uitgedruk. Die hoogte-lengte formule van Du Bois en Du Bois (1916) is deur Copley gebruik om die naakte LOA te bepaal.

Die formule vir die bepaling van been-, spier- en vetaanwysers lyk soos volg:

Beenindeks:

$$A_B = \frac{\frac{d^2}{4a^2 \times \pi}}{10000} \quad [3.32]$$

waar

AB = dwarsdeursnit van die beenarea (m^2);

d = deursnit van die been (cm);

$\alpha = 3,0$ (konstante wat die verhouding tussen die epifiseale diameter en die diafiseale diameter voorstel).

$$B_1 = \frac{AB}{BSA} \times 100 \quad [3.33]$$

waar

B_1 = beenindeks;

AB = dwarsdeursnit van die beenarea (m^2);

BSA = geskatte naakte liggaamsoppervlakarea (m^2).

Spierindeks:

$$A_M = \left[d_{MB}^2 - \left(\frac{d_B^2}{3^2 \div 10000} \right) \right] \times \frac{\pi}{4} \quad [3.34]$$

waar

A_M = dwarsdeursnit van die spierarea (m^2);

d_{MB} = vetvrye deursnit (cm);

d_B = beendeursnee (cm).

$$d_{MB} = \frac{c}{\pi} - \left[\frac{S_1 + S_2}{10 \div 2} \right] \quad [3.35]$$

waar

d_{MB} = vetvrye of gekorrigeerde deursnee (cm);

c = omtrek (cm);

S_1 = mediale of anterior velvou (mm);

S_2 = laterale of posterior velvou (mm).

$$M_1 = \frac{A_M}{BSA} \times 100 \quad [3.36]$$

waar

M_1 = spierindeks;

A_M = dwarsdeursnit van die spierarea (m²);

BSA = geskatte naakte liggaamsoppervlakarea (m²).

Vetindeks:

$$A_{SF} = \frac{\left(\frac{d^2 - d_{MB}^2}{4} \right) \times \pi}{10000} \quad [3.37]$$

waar

A_{SF} = dwarsdeursnit van die vetarea van die vel (m^2);

d = deursnit van die ledemaat of segment (cm);

d_{MB} = vetvrye deursnit (cm).

$$d = \frac{c}{\pi} \quad [3.38]$$

waar

d = ledemaat of segment deursnit (cm);

c = ledemaat of segment omtrek (cm).

DIE METODE VAN FRISANCHO

'n Antropometriese metode vir die berekening van spiervolumes wat meestal deur voedingskundiges gebruik word om die mate van proteienwanvoeding by siek persone of hospitaal pasiënte vas te stel is deur Frisancho (1974:1053) voorgestel.

Die metode deur die navorser voorgestel, behels die skatting van die spiergrootte in die liggaam vanaf mates van die arm. Die mates wat geneem word sluit die volgende in:

-die mates wat gebruik word om spiergrootte te bepaal is die armomtrek en die trisepsvelvou;

-die armomtrek word halfpad tussen die akromionuitsteeksel en die olekranonproses geneem, terwyl die trisepsvelvou aan die posterior kant van die arm op dieselfde plek waar die armomtrek bepaal is, geneem word.

Skatting van spiergrootte:

Die volgende drie benaderings van spiergrootte word gedoen:

1) Deursnit van die armspier (mm) word soos volg bepaal:

$$Deursnee (mm) = \frac{armomtrek (mm)}{\pi} - trisepsvelvou \quad [3.39]$$

2) Armspieromtrek (mm):

$$Omtrek (mm) = armomtrek - \pi (trisepsvelvou) \quad [3.40]$$

3) Armspier area (mm²):

$$Arm(mm^2) = \frac{\pi}{4} \times (armdeursnee^2) \quad [3.41]$$

Die metode wat deur Frisancho (1974:1053) voorgestel is, het verskeie beperkings:

- a) die spieromtrek sluit nie 'n skatting van die omtrek van die been in nie en dus word enige variasie in die omtrek van die humerus geignoreer;
- b) omdat die humerus van die man gemiddeld groter is as die van die vrou, kan die weglating van die humerusomtrek in die berekening tot 'n oorskatting van die mans se waardes in verhouding tot die vrouens se waardes lei;
- c) die vergelykings neem aan dat die bo-arm silindries is, 'n aanname wat hom leen tot 'n mate van onakkuraatheid, bv. die afplatting van die arm kom in 'n groter mate by mans as by vrouens voor en kan tot die gevolg hê dat die spiermassa van die man met 'n toenemende mate oorskat word soos die dwars deursnitvorm van die arm meer reghoekig word;

d)die vergelyking neem nie die variasie in die saamdrukbaarheid van velvoue in aanmerking nie. Clegg en Kent (1967), in Frisancho (1974:1053), het uitgewys dat die trisepsvelvou van die vrou 'n 4,8% groter saamdrukbaarheid as die van die man toon;

e)omdat die omtrekmates en velvou-afmetings deur elk onderskeidelik deur verskillende afnemers gedoen is, kan die grootte van die metingsfout wat kon insluip, nie bepaal word nie.

DIE METODE VAN HEYMSFIELD EN MEDEWERKERS

Heymsfield et al., (1982:680) het 'n antropometriese metode, naamlik die AMA (arm muscle area) voorgestel wat ook algemeen gebruik word deur voedingskundiges. Die AMA-tegniek is ontwikkel met die doel om kinders wat aan ondervoeding lei, te identifiseer. Die AMA word bereken deur afmetings van die trisepsvelvou en bo-armomtrek te neem. Die berekening van die AMA berus op die volgende aannames:

- a) die vorm van die bo-armomtrek is sirkulêr;
- b) die trisepsvelvou verteenwoordig twee maal die gemiddelde vetlaag;
- c) die bo-armspierkompartement is silindries;
- d) been, wat ingesluit word in die antropometriese AMA, atrofeer in proporsie met spier tydens proteien-energie-wanvoeding.

Die antropometriese afmetings wat geneem word, is die volgende:

- a) armomtrek en armarea word gemeet halfpad tussen die punt van die akromion- en die olekranonproses, die armarea word gemeet met 'n dun lood maatband wat volgens die kontoere van die arm gemonteer word, die maatband word verwyder deur 'n opening in die maatband te maak en dit in dieselfde vorm te hou terwyl die vorm op papier oorgetrek word. Planimetrie word dan gebruik om die armarea te

bereken. Alle mates word drie keer geneem en die rekenkundige gemiddeld van elke afmeting word gebruik vir die berekening;

b) velvou-afmetings word ook drie keer geneem en die rekenkundige gemiddeld bereken;

die velvoumates wat geneem word is die:

trisepsvelvou ('n vertikale vou halfpad tussen die punt van die akromion en die olekranonproses), die

bisepsvelvou ('n vertikale vou oor die kortkop van die biseps op dieselfde vlak as die plek waar die bo-armomtrek geneem is), die

laterale velvou ('n vertikale velvou gemeet op dieselfde vlak as die bo-armomtrek, halfpad tussen die triseps- en die bisepsvelvou op die laterale kant van die arm) en die

mediale velvou ('n vertikale velvou gemeet op dieselfde vlak as die bo-armomtrek, halfpad tussen die triseps en die bisepsvelvou op die mediale kant van die arm).

Van die armomtrek en die trisepsvelvou word die armspieromtrek (AMC) (cm) en AMA bereken.

$$AMC = MAC - (\pi \times TSF) \quad [3.42]$$

waar

MAC = mid-armomtrek;

TSF = trisepsvelvou;

AMC = armspieromtrek.

$$AMA = \frac{(MAC - \pi \times TSF)^2}{4\pi} \quad [3.43]$$

waar

AMA = arm spier area

MAC = armomtrek;

TSF = trisepsvelvou.

Die beperkings van die metode is deur die navorser self uitgewys:

- a) waar die metode op volwassenes uitgevoer word, is die resultate 'n 20-25% oorskatting van AMA, omdat geen voorsiening gemaak is om die onderhuidse vet en die mediale neurovaskulêre skag en been in berekening te bring nie;
- b) die bydrae van die nie-spierweefsel in die berekening van AMA, sluit die werklike armskeletspier uit, terwyl skattings van die aktiewe miofibrillêre weefselmassa disproporsioneel vergroot en dus tot die gevolg het dat AMA-waardes neig om spieratrofie te onderskat.

DIE METODE VAN SHEPHARD, BOUHLEL, VANDEWALLE EN MONOD

Shephard, Bouhleh, Vandewalle en Monod (1988:1472) het die volgende metode vir die berekening van liggaamsamestelling en liggaamsindekse voorgestel:

Die antropometriese afmetings wat geneem word, is:

Alle mates is aan die linkerkant van die liggaam geneem.

Vyf omtrekmates is op die boonste ledemate geneem, naamlik:

- a) omtrek van die bo-arm by die oksel;
- b) die maksimale omtrek oor die ontspanne biseps;

- c) die minimumomtrek van die bo-arm net bokant die elmboog;
- d) die maksimale omtrek oor die ontspanne voorarm;
- e) die kleinste omtrek van die arm net bo die stilliodproes.

Die armlengte van die proefpersone is bepaal deur die afstand vanaf die akromion tot by die minimum polsomtrek te bepaal.

Op die onderste ledemaat is die volgende vyf omtrekmates geneem:

- a) by die gluteale vou van die bobeen;
- b) by die middel van die bobeen;
- c) reg onder die patella;
- d) die maksimale kuitomtrek en
- e) die minimum enkelomtrek.

Die onderste ledemaatlengte is gemeet vanaf die middelpunt van 'n lyn wat die boonste omtrek by die heupkop en die minimum omtrek net bo die enkel verbind.

Die volgende vier velvoue is in berekening gebring:

- a) biceps-;
- b) trisepts-;
- c) subskapulêre- en
- d) supra-iliakvelvou;

Die velvoue is gebruik om die liggaamsvet van die persoon volgens die formule (formule 3.44) van Durnin en Womersky (1974) in Shephard et al., (1988:1472) te bepaal;

Mans:

$$\text{Liggaamsdigtheid} = 1,1765 - 0,0744(\log_{10} \Sigma S)$$

[3.44]

Dames:

$$\text{Liggaamsdigtheid} = 1,1567 - 0,0717(\log_{10} \Sigma S) \quad [3.45]$$

waar

ΣS = som van die vier velvou-afmetings (mm).

Drie standaard deursneemates is geneem, naamlik:

- a) die biakromiale deursnit;
- b) die epikondilêre deursnit en
- c) die bi-epikondilêre deursnit.

Die totale volume van 'n ledemaat is soos volg bereken:

$$\frac{(\sum C^2)L}{62,8} \quad [3.46]$$

waar

ΣC^2 = som van die kwadrate van elke omtrek en

L = ooreenstemmende ledemaatlengte.

Vetvolume is soos volg bereken:

$$\left(\frac{\sum C}{5}\right)\left(\frac{\sum S}{2n}\right)L \quad [3.47]$$

waar

ΣC = som van die vyf omtrekke;

ΣS = som van die velvoue gemeet oor die betrokke ledemaat;

n = hoeveelheid velvou afmetings oor die betrokke ledemaat;

L = ooreenstemmende ledemaatlengte.

Die onderste ledemaatvolume is bepaal vanaf die interkondilêre deursneemates gekorrigeer vir vet. Volgens die navorsers is uit 'n voorafgaande radiografiese studie bevind dat in die geval van die boonste ledemaat die gemiddelde beenradius 21% van die gekorrigeerde interkondilêre deursnit by die humerus is, en by die onderste ledemaat die gemiddelde beenradius 23,5% van die gekorrigeerde femorale interkondilêre deursnit is.

Die onderste ledemaatvolume word dan soos volg bereken:

$$3,14R^2L \quad [3.48]$$

waar

R = die gemiddelde beenradius vir die ledemaat is;
L = die ooreenstemmende ledemaatlengte.

Daarna word die spiervolume bereken met die volgende formule:

$$\text{Totale ledemaatvolume} - (\text{vetvolume} + \text{beenvolume}) \quad [3.49]$$

In tabel 3.1 word 'n samevatting van die antropometriese formules om spiervolumes te bereken, met opmerkings verskaf. Die verskillende ledemaatsegmente en die formules om die spiervolumes vir elke segment word verskaf.

TABEL 3.1* ANTROPOMETRIESE METODES VIR DIE BEPALING VAN SPIERVOLUMES.

VERGELYKING	OPMERKINGS/BEPERKINGS	VERWYSING
$1. \text{Kuitspierarea (cm}^2\text{)} = \frac{(\text{MCC} - \pi \text{CSF})^2}{4\pi}$	Sluit beenarea in, aanname: ledemaat is sirkulêr, spierkompartement is sirkulêr, simmetries verspreide vetlaag.	Keys <u>et al.</u> (1950)
$2. \text{Dyspierarea (cm}^2\text{)} = \frac{(\text{MTC} - \pi \text{THSF})^2}{4\pi}$	Soos in 1, korreksies vir beenarea is beskikbaar. Kyk verwysing by 1.	Keys <u>et al.</u> (1950)
$3. \text{Armspieromtrek (cm)} = \text{MAC} - \pi \text{TSF}$	Dieselfde aannames as by vergelykings 1 & 2 en sluit beenarea in. L.W. As spiere volume of massa verloor, bv. tydens PEM, sal omtrekmates proporsioneel minder verander as die ander area mates. Dus, areamates is 'n meer realistiese aanwyser van spieratrofie.	Jelliffe & Jelliffe (1959)
$4. \text{Armspierarea (cm}^2\text{)} = \frac{(\text{MAC} - \pi \text{TSF})^2}{4\pi}$	Dieselfde aannames as vergelykings 1 & 2 geld hier, sluit beenarea in. Vergelyking oorskat werklike spierarea, maar deur die absolute waarde in standaard uit te druk word die fout gekorrigeer.	Heymsfield <u>et al.</u> (1979)

5. Armspierarea (cm²)= a) mans $\frac{(MAC - \pi TSF)^2}{4\pi} - 10$ b) dames $\frac{(MAC - \pi TSF)^2}{4\pi} - 6,5$	Dieselfde basiese aannames as vir vergelykings 1 & 2 geld hier. Die oorskatting in vergelyking 4 word gekorrigeer en 'n gemiddelde waarde vir beenarea word afgetrek. Resultaat: waarde wat bereken is, been-vrye armspierarea. Die waarde bly 'n skatting (8%) van werklike spierarea.	Jelliffe & Jelliffe (1959) Heymsfield <u>et al.</u> (1979)
6. Beskikbare armspierarea= vgl 5 (a&b)-9cm²	Trek die gemiddelde minimumwaarde van armspierarea nodig vir oorlewing af van die vergelyking. Waardes gelyk aan of minder as nul word geassosieer met lewens-bedreigende PEM. Waardes tussen 2 - 5 cm, baie ernstige PEM en waardes bo 5 cm, maar onder normale koers, dui op spieratrofie.	Heymsfield <u>et al.</u> (1979)
7. Totale liggaamsmassa (kg)=ht(0,0264+0,0029(vgl 5))	Die vergelyking is gebaseer op 'n korrelasie tussen armspierarea (vgl 5) en 'n 24-uur kreatien metode. Die vergelyking neem aan dat lg kreatien =20 kg spiere. Beperking: die vergelyking is geskik vir heuristiese doel en verskaf slegs 'n rowwe skatting van spiermassa/-volume.	Heymsfield <u>et al.</u> (1979)

* Tabel aangepas uit Heymsfield et al., (1982:1196)

* Verklaring van afkortings:

CSF = kuitvelvou (cm), ht = lengte (cm), MAC = armomtrek-middel (cm), MCC = kuitomtrek (cm), THSF = dyvelvou (cm), TSF = trisepsvelvou (cm).

TABEL 3.2* ALTERNATIEWE (nie-antropometriese) METODES VIR DIE BEPALING VAN SPIERVOLUMES.

METODE	OPMERKINGS/BEPERKINGS	VERWYSING
1. <u>Isotopiese metodes</u> a) N-kreatien	Gebasseer op isotopiese verdunning, benodig spierbiopsies. Sommige navorsers argumenteer dat die biopsie van een spiergroep onvoldoende is vir akkurate resultate (Greatex <u>et al.</u> 1979)	Picou <u>et al.</u> (1976) Meador <u>et al.</u> (1968)
b) Totale liggaamswater en ekstra-sellulêre volume.	Metode is gebasseer op eksperimentele waarnemings wat op die rot gedoen is.	Graystone (1968)
c) Totale liggaamswater en totale liggaamskalium.	Die metode verskaf vetweefsel, spierweefsel en spier-vrye, vet-vrye weefsel.	Burkinshaw <u>et al.</u> (1979)
d) Neutron aktiveringsanalise.	Waardes vir totale liggaamspiere is laer as in die geval van anatomiese disseksies. Beperkte hoeveelheid instrumente is beskikbaar.	Burkinshaw <u>et al.</u> (1979)
2. <u>Chemiese aanwysers</u> a) 24-uur urinêre kreatien.	Aanvaarbaar vir die bepaling van verskeie ander faktore (dieet,infeksie) tesame met spiervolume/ -massa. Kreatien gelykwaardigheid (g kreatien/kg spiermassa), wil voorkom asof die vergelyking wye voorspellingsintervalle toon.	Talbot (1938)

b) Urinêre 3-metiel histidien.	Geskikte metode vir gesonde proefpersone wat 'n vleis-vrye dieet volg. Kan nie toegepas word in siekte toestande as gevolg van die veranderlike voorkoms van 3-metiel histidien.	Lukaski & Mendez (1980)
c) Radiografie.	Gerekenariseerde tomografie maak die bepaling van die dwarsdeursnit van die ledemaatspier moontlik. Koste, radiasie dosis, beskikbaarheid van standeerders beperk die wye toepassing van die metode. Die metode is nie instaat om die totale spiervolume/-massa van die liggaam te bepaal nie.	Heymsfield <u>et al.</u> (1979)
d) Kern magnetiese resonansie.	Beskik oor dieselfde moontlikhede as radiografie deur die dwarsdeursnit van 'n ledemaatspier te bepaal. Kan ook inligting oor die spiersamestelling verskaf. Die metode is grootliks ongetoets op mense.	Mallard <u>et al.</u> (1980)
e) Ultraklank.	Vervang die velvoukaliper deur die bepaling van die dikte van die vetlaag.	Stouffer & Westervelt (1976)
3. <u>Gekombineerde metodes</u>		
a) Kreatien en totale liggaamskalium.	Metode is gebaseer op voorspelling van vergelykings te ontwikkel deur studies op rotte. Berekende veranderlikes sluit in: spierproteiene, nie-spierproteiene en totale liggaamsproteiene.	Chinn (1976)
b) Skeletafmetings te-same met totale liggaamskalium.	Die komponent analise wat die vetweefsel, spiere en spier-vrye, vet-vrye weefsel insluit.	Van Dobeln (1962) Anderson (1963)

* Tabel aangepas uit Heymsfield et al., (1982:1197)

3.2.2 NIE-ANTROPOMETRIESE METODES VIR DIE BEPALING VAN SPIERVOLUMES

Die nie-antropometriese metodes vir die bepaling van spiervolumes word nie in dieselfde besonderhede bespreek as wat in die geval van die antropometriese metodes gedoen is nie. Die nie-antropometriese metodes of alternatiewe metodes vereis gesofistikeerde apparaat en laboratorium prosedures. Dit sluit ook nie aan by die antropometriese tegniek wat in hierdie ondersoek gebruik is nie.

Tabel 3.2 bied 'n samevatting van die nie-antropometriese metodes om spiervolumes te bereken aan en toon die belangrikste veranderlikes wat gebruik word om spiervolumeberekenings te maak.

3.3 SAMEVATTING

Die metodes wat bespreek is, kan in twee hoofgroepe verdeel word, naamlik antropometriese en nie-antropometriese metodes. In die geval van die antropometriese metodes, is daar ook 'n verdeling wat, in die een geval voedingstatus as doel het en in die ander geval daarop gemik is om liggaamsamestelling te ondersoek.

Van die ses metodes wat bespreek is, is twee ontwerp om voedingstatus te evalueer (Frisancho, 1974 en Heymsfield et al., 1982) en nie werklik ontwerp om liggaamsamestelling in geheel te ondersoek nie. Die metodes van Drinkwater en Ross (1980) Copley (1981) en Drinkwater (1984) blyk die minste tekortkominge te hê. Die metodes van Wartenweiler en medewerkers (1974) en Shephard et al.,

(1988) word nie aanbeveel nie, want die metodes is tydrowend as gevolg van die hoeveelheid berekeninge betrokke en blyk nie so betroubaar te wees nie.

Die nie-antropometriese metodes om spiervolumes te skat, berus op chemiese, fisiese of chemies-fisiese tegnieke. Hierdie tegnieke vereis gekontroleerde laboratoriumomstandighede en is nie geskik vir veldopnames en vir die aanwending by groot groepe nie. Daarvoor is die antropometriese metodes wel goed aanwendbaar.

Die tekortkominge wat by die antropometriese metodes aangetoon is, sentreer in hoofsaak rondom die verkeerde korrigerende vir die skeletale komponent en of die vel en onderhuidse vet. Daarbenewens word ook telkens van die standpunt uitgegaan dat die segmente silindries is, terwyl dit maklik aangetoon kan word dat die ledemate en romp beter beskryf word deur 'n koniese vorm. Die antropometriese metode wat aan die hand van 'n koniese vorm berekenings maak, is nie in hierdie hoofstuk bespreek nie, maar word wel volledig in die metode hoofstuk aangebied. Dit volg in hoofsaak die berekeningstegniek wat deur Copley (1981) voorgestel word (kyk p. 40) en verskil slegs daarin dat nie van die standpunt uitgegaan word dat die ledemaatsegmente en romp 'n silindriese vorm is nie.

HOOFSTUK 4

METODE VAN DIE ONDERSOEK

4.1 PROEFPERSONE

Die data vir hierdie navorsing is uit twee antropometriese projekte verkry. Die eerste projek, nl. projek Gladiator (Van der Walt & De Ridder; 1990) het 'n uitgebreide besoek aan verskeie weermagkampe oor die land ingesluit. Die plekke wat onder meer tydens die projek besoek is en deel van die opname was, is die volgende: Messina, Soekmekaar, Nelspruit, Matubatuba, Durban, Schmidtsdrift, Eersterivier en Kathu. Die skrywer was deel van die navorsingsgroep.

'n Totaal van 960 mans se antropometriese inligting is tydens die projek ingesamel. Die proefpersone vir die projek het uit verskillende bevolkingsgroepe bestaan en het onder andere die volgende ingesluit: blankes, Noord-Sothos, Zoeloes, Indiërs, Vasquela Boesmans en Kleurlinge. Die verskillende groepe is oor die hele land gemonster en die weermagkampe het uit 'n verskeidenheid proefpersone van verskillende bevolkingsgroepe in elke eenheid bestaan. Onder die Indiërbevolking het daar wel 'n uitsondering voorgekom, omdat al die Indiërs wat as proefpersone opgetree het almal by dieselfde eenheid aangetref is, nl. die vlooteenheid in Durban.

Die verskillende weermageenhede, tesame met die mense betrokke by die eenheid, word almal aan dieselfde omstandighede, nl. weermagomstandighede blootgestel. Dit is nie net die basiese fisieke aktiwiteit wat tussen die verskillende kampe min of

meer ooreenstem nie, maar ook die lewensomstandighede van die weermagmanne wat in al die verskillende eenhede op dieselfde weermagmodel geskoei is. Die uitsondering is die offisierrange wat waarskynlik nie aan dieselfde fisieke eise blootgestel word as wat by die manskappe geld nie.

Die proefpersone se bevolkingsverdeling vir die onderhawige ondersoek is soos volg: 88 blankes, 156 Zoeloes en 148 Vasquela Boesmans. Die blankes uit hierdie proefgroep sal as "blank-oud" bekend staan.

Bykomende data vir hierdie studie is verkry uit die tweede antropometriese projek, naamlik projek Antsam (Van der Walt & de Ridder, 1986). In die projek het die klem geval op die insameling van antropometriese data van jong rekrute wat reeds hulle nege maande basiese opleiding voltooi het. Tydens hierdie projek is 'n totaal van 746 jong mans se antropometriese inligting ingesamel. 'n Ewekansige steekproef van 218 mans is uit die Antsam-projek vir die doel van hierdie studie aangewend. Hierdie mans sal as "blank-jonk" bekend staan.

4.2 VERANDERLIKES WAT GEMEET IS

Volledige antropometriese inligting van die proefpersone is ingesamel. Die volgende afmetings is egter gebruik om die spiervolumes van onderskeidelik die boonste ledemate, romp en die onderste ledemate te bereken:

1) Boonste ledemate

a) Bo-arm:

- trisepsvelvou;
- bo-armomtrek (ontspan);
- bi-epikondilêre deursnit;
- akromiale hoogte en
- radiale hoogte.

b) Voorarm:

- voorarmvelvou;
- voorarmomtrek;
- polsomtrek (distaal);
- radiale hoogte en
- stillionhoogte.

2) Romp

- akromiale hoogte;
- troganterionhoogte;
- subskapulêre velvou;
- abdomenvelvou;
- borsomtrek (mesosternaal) en

- klein abdomenomtrek.

3) Onderste ledemate

a) Dy:

- dyvelvou;
- gluteale omtrek;
- dyomtrek (bokant knie);
- bikondilêre deursnit;
- troganterionhoogte en
- tibiale hoogte.

b) Kuit:

- kuitvelvou (mediaal);
- enkelomtrek;
- kuitomtrek en
- tibiale hoogte.

Tydens die twee opnames is van dieselfde antropometriese apparaat gebruik gemaak om die mates te bepaal. 'n Volledige beskrywing van die mates wat gebruik is in die bepaling van die spiervolumes, word in bylaag A verskaf. Die apparatuur vir die bepaling van die mates word soos volg opgesom (prosedures word volledig bespreek in Van der Walt en De Ridder (1990)):

a) Velvoudiktes:

'n Hele aantal velvoudiktes is gemeet met die oog daarop om die vetmassa van die proefpersone vas te stel. Die mates is met behulp van 'n Harpenden-Holtainpasser geneem.

b) Omtrekmates:

Die omtrekmates hier ter sprake is gemeet op die wyse wat normaalweg gebruik word by die insameling van antropometriese data. Hier moet toegesien word dat die vel en die onderhuidse vet nie gekompakteer word (ingeduik) word nie. Die apparaat wat hier gebruik is, is 'n gestandaardiseerde antropometriese maatband.

c) Deursneemates:

Die deursneemates is direk teen die liggaamsoppervlak geneem. Die mates is met behulp van 'n gekalibreerde antropometer geneem.

d) Hoogtemates:

Die akromiale, radiale, en stillionhoogtes word aangewend om die lengte van onderskeidelik die humerus, en die radius en ulna te skat. Die troganterionhoogte en die tibiale hoogte dien as verwysingspunte in die bepaling van die lengte van die femur en onderskeidelik die lengtes van die tibia en fibula. Romplengte is verkry deur die volgende berekening:

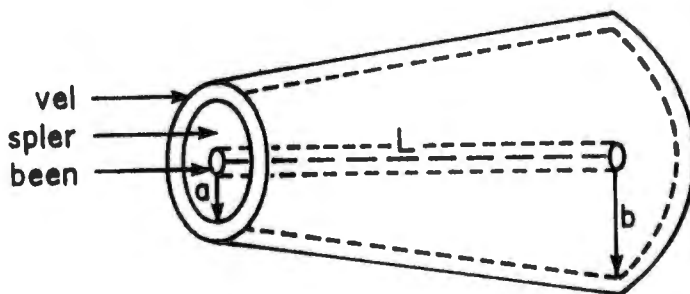
$$\text{romplengte} = \text{liggaamslengte} - \text{troganterionhoogte} - (\text{liggaamslengte} - \text{akromiale hoogte}).$$

Die ander mates van belang vir die berekening van die spiervolumes is die totale liggaamslengte en liggaamsmassa. Die liggaamslengte van die proefpersone is met behulp van 'n stadiometer bepaal. Die proefpersoon was kaalvoet, sy gewig eweredig versprei oor albei voete en sy kop in die Frankfort horisontale vlak. Die ander hoogtemates is ook met die stadiometer wat daarvoor aangepas is, bepaal.

'n Geykte elektroniese skaal is gebruik om die liggaamsmassa van die proefpersone te bepaal. Die massa van die proefpersone is tot 0.1kg korrek gemeet.

4.3 METODE WAARVOLGENS DIE SPIERVOLUMES BEREKEN IS:

Die spiervolumes word bereken volgens beginsels soos aanvanklik voorgestel deur Wartenweiler et al., (1974:236-237), gekorrigeer deur Copley (1981:25-29), maar met die aanname van Van der Walt et al., (1984:229), asook Drinkwater (1984:119) dat die ledemaatsegmente nie silindries is nie, maar konies, naamlik 'n kegel met twee verskillende radiusse (fig 4.1).



$$Volume = 0,3333 \times L(a + b + (a \times b)^{0,5}) \quad [4.1]$$

FIGUUR 4.1 VOORSTELLING VAN DIE SPIER AS KEGEL

Alle volumemettings word in kubieke sentimeter uitgedruk. In die geval van die ledemate word beenvolume en velvoudikte eers bereken en dan afgetrek om vetvrye liggaamsmassa te kry. Beenvolumes word bepaal deur 'n konstante van 3,0 (in die berekeninge aangedui as α) te gebruik wat die verhouding tussen die epifiseale diameter en die diafiseale diameter verteenwoordig.

Om die radius "a" in figuur 4.1 te bereken, word die borsomtrek, bi-epikondilêre deursnee, die polsomtrek, die bikondilêre deursnee en die enkelomtrek onderskeidelik gebruik om die romp-, bo-arm-, voorarm-, bobeen- en kuitspiervolumes te bereken. Radius "b" word in figuur 4.1 bereken deur onderskeidelik van die klein abdomenomtrek, bo-armomtrek, voorarmomtrek, dy-omtrek en die kuitomtrek gebruik te maak. In bylaag B word voorbeelde vir die berekening van onderskeidelik die romp-, bo-arm-, voorarm- en bobeenspiervolumes uiteengesit.

VOORBEELD VIR DIE BEREKENING VAN 'N KUITSPIERVOLUME

kuitomtrek = 33,1 cm
enkelomtrek = 20,3 cm
kuitvelvou = 3,5 cm
tibiale hoogte = 47,7 cm
liggaamslengte = 168,3 cm
sithoogte = 82,7 cm
bikondilêre deursnee = 8,8 cm

$$\begin{aligned} \text{Vetvrye deursnit kuit} &= \left[\frac{\text{kuitomtrek}}{\pi} - \frac{\text{kuitvelvou}}{10} \right] \div 2 \\ &= \left[\frac{33,1}{3,1416} - 0,35 \right] \div 2 \\ &= 5,0903 \text{ cm} = b \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vetvrye deursnit enkel} &= \left[\frac{\text{enkelomtrek}}{\pi} - \frac{\text{kuitvelvou}}{10} \right] \div 2 \\ &= \left[\frac{20,3}{3,1416} - 0,35 \right] \div 2 \\ &= 3,0558 \text{ cm} = a \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Vetvrye kuitvolume} &= 0,3333 \times \text{tibiale hoogte} \times (a^2 + ab + b^2) \\
 &= 0,3333 \times 3,1416 \times 47,7 [3,0558^2 + (3,0558 \times 5,093) + 5,093^2] \\
 &= 2539,2937 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beenvolume kuit}^x &= \text{tibiale hoogte} \times \pi \left[\frac{\text{bikondilêredeursnit}}{2\alpha} \right]^2 \\
 &= 47,7 \times \pi \times \left[\frac{8,8}{2 \times 3} \right]^2 \\
 &= 322,3523 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spiervolume kuit} &= \text{kuitvolume} - \text{beenvolume} \\
 &= 2539,2937 - 322,3523 \\
 &= 2216,94 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

* α dui op die verhouding tussen die epifiseale diameter en die diafiseale diameter.

Die spiervolumewaardes wat gerapporteer word, is slegs vir een been en een arm. As waardes vir beide ledemate (bv. 2 bene of 2 arms) benodig word, word die berekende waarde met twee vermenigvuldig.

Om die onderskeie absolute spiervolumewaardes van die proefpersone met mekaar te vergelyk, kan met behulp van "skimmates" vasgestel word hoeveel die groepe se afmetings van die skimfiguur afwyk en so ook hoe die groepe se waardes teenoor mekaar vertoon. Die waardes (wat nie as proporsionele waardes gesien moet word nie) word op 'n proporsieprofiel aangedui, maar geen aanpassings vir die verskil in liggaamslengte of segmentlengtes tussen die groepe word in aanmerking geneem nie. Die berekening word met behulp van formule 4.2 gedoen.

$$z = \frac{v-p}{s} \quad [4.2]$$

waar v die veranderlike ter sprake verteenwoordig, p die skimwaarde vir daardie veranderlike, s die standaardafwyking vir daardie waarde van die skimfiguur en z die verskil in terme van standaardafwykings van die skimfiguur. Berekenings wat met behulp van formule 4.2 gedoen is, word altyd aangedui as "nie-aangepas" of "onaangepas".

Tot hiertoe is daar een aspek waarmee nie rekening gehou is nie. 'n Persoon wat byvoorbeeld 80 kg weeg, is proporsioneel dalk net so swaar as 'n korter persoon wat 70,58 kg weeg. Dieselfde redenasie kan gebruik word waar spiervolumes bereken word, naamlik 'n persoon met 'n bobeenlengte van 45,21 cm kan proporsioneel oor 'n kleiner bobeenspiervolume beskik as 'n ander persoon met 'n bobeenlengte van 43 cm. Om hierdie proporsionele verhouding te bewerkstellig, kan die skimfiguur se lengte of ledemaatsegmentlengte (Drinkwater, 1984:119) as maatstok of

"gelykmaker" gebruik word. Dit word gedoen deur die veranderlike eers vir die persoon se eie liggaamslengte of ledemaatsegmentlengte tot skimfiguurlengte te korreger. Die formule wat hier gebruik word is waar die proefpersoon se ledemaatsegmentlengtes aangepas word tot die van die skimfiguur se ledemaatsegmentlengtes (Drinkwater, 1984:119) (sien formule 4.3).

$$Z_v = \frac{(v(P/L)^d) - P_1}{s} \quad [4.3]$$

waar

Z_v = proporsionele waarde vir spesifieke spiervolume;

v = spiervolume ter sprake;

p = betrokke segmentlengte van die skimfiguur;

L = betrokke segmentlengte van die proefpersoon;

d = konstante waarde van 3 vir massas (kyk Ross et al., (1982:83);

P_1 = skimfiguurwaarde vir die betrokke spiervolume;

s = standaardafwyking van die betrokke spiervolume van die skimfiguur.

Om die waardes van die skimfiguur se spiervolumes te bereken, is die gemiddelde hoogtemates, deursneemates, omtrekke en velvoudiktes van die internasionale skimfiguur (Ross en Ward, 1982: 324-327) in formule 4.1 vervang en die spiervolumes van onderskeidelik die romp, bo-arm, voorarm, bobeen en onderbeen vir die skimfiguur bereken. Standaardafwykings vir die berekende skimfiguurspiervolumes is verkry uit die SAGAP-studie (Van der Walt et al., (1984:231). Die waardes vir die skimfiguurspiervolumes en die standaardafwykings vir die spesifieke waardes word dan in formule 4.3 vervang om sodoende die proporsionele spiervolumes van die onderskeie proefgroepe te bereken.

Berekenings wat met behulp van formule 4.3 gedoen is, word deurgaans aangedui as "aangepas".

4.4 STATISTIESE VERWERKINGS

Die waardes vir die absolute spiervolumes sowel as die proporsionele spiervolumes is geanaliseer met behulp van 'n BMDP1D statistiese programpakket (Hill, 1984:20). Die gemiddeld, standaardafwyking, minimum- en maksimumwaardes en standaardfout van al die veranderlikes is bereken. Grafiese voorstelling van die resultate is van so aard dat afgelei kan word of die verskille tussen die groepe betekenisvol is of nie (kyk hoofstuk 5).

4.5 TABELLE EN PROPORSIEPROFIELE

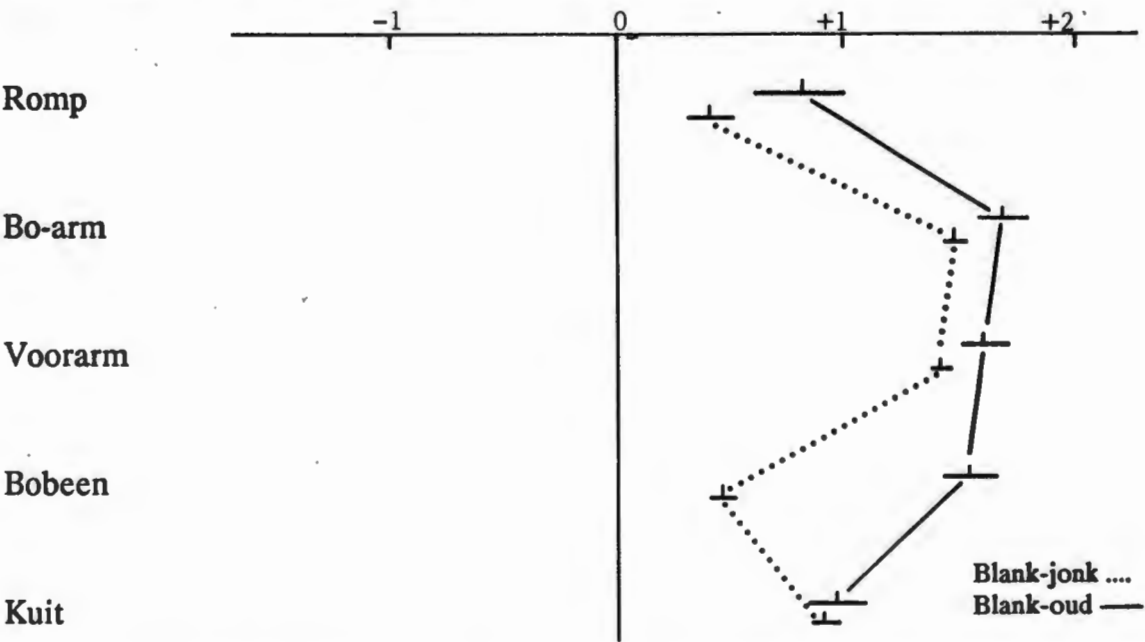
Die beskrywende statistiek van die betrokke veranderlikes word deurgaans in tabelle aangebied. Die rekenkundige gemiddeld ($\bar{x}$), standaardafwykings (s), maksimum (maks) en minimumwaardes (min) en standaardfout (sf) word in elke geval verskaf. Tabel 4.1 is 'n voorbeeld hiervan.

Tabel 4.1

Beskrywende statistiek vir 'blank-oud'(n = 88).

Veranderlike	$\bar{x}$	s	Min.	Maks.	sf
Ouderdom (jr)	33,8	9,9	18,7	59,7	1,1
Massa (kg)	84,4	15,3	56,8	125,6	1,6
Lengte (cm)	178,5	7,1	155,2	200,2	0,8
Spiervolumes (cm ³)					
Bo-arm	1455,1	271,7	640,6	2207,3	29,1
Voorarm	954,7	181,6	552,6	1523,7	19,5
Romp	8138,7	984,3	6200,6	11033,7	105,5
Dy	8501,0	1488,0	5262,6	12654,7	155,2
Kuit	2963,6	560,4	1591,2	4633,3	60,1

Die proporsieprofiel is saamgestel deur elke Z-waarde $\pm 2 \times$ die standaardfout daarop aan te dui. Figuur 4.1 is 'n voorbeeld hiervan.



FIGUUR 4.1 DIE PROFIEL VAN DIE ROMP- EN LEDEMAATSPIERVOLUMES VAN DIE TWEE BLANKE OUDERDOMSGROEPE - Z-WAARDES NIE AANGEPAS.

HOOFSTUK 5

RESULTATE

5.1 BESKRYWENDE STATISTIEK VAN DIE ABSOLUTE EN PROPORSIONELE WAARDES VAN DIE VERANDERLIKES

In tabelle 5.1 - 5.4 word die ouderdom, totale liggaamslengte, liggaamsmassa en die verskillende absolute spiervolumes vir die onderskeie proefgroepe weergegee. Die spiervolumes is bereken soos beskryf in hoofstuk 4.

Tabel 5.1

Beskrywende statistiek vir blank-jonk (n=218).

Veranderlike	$\bar{x}$	s	Min.	Maks.	sf
Ouderdom(jr)	19,8	1,8	18,0	25,0	1,1
Massa (kg)	73,9	9,6	51,5	122,6	0,6
Lengte (cm)	178,7	6,8	162,4	207,4	0,5
Spiervolumes (cm ³)					
Bo-arm	1348,9	210,7	848,9	2143,4	13,9
Voorarm	881,6	121,4	603,2	1320,2	8,0
Romp	7694,0	779,0	5763,2	10494,7	51,4
Dy	6084,1	896,5	4048,1	9019,2	59,1
Kuit	2953,5	500,9	1763,4	5123,2	33,0

Tabel 5.2

Beskrywende statistiek vir 'blank-oud'(n = 88).

Veranderlike	$\bar{x}$	s	Min.	Maks.	sf
Ouderdom (jr)	33,8	9,9	18,7	59,7	1,1
Massa (kg)	84,4	15,3	56,8	125,6	1,6
Lengte (cm)	178,5	7,1	155,2	200,2	0,8
Spiervolumes (cm ³)					
Bo-arm	1455,1	271,7	640,6	2207,3	29,1
Voorarm	954,7	181,6	552,6	1523,7	19,5
Romp	8138,7	984,3	6200,6	11033,7	105,5
Dy	8501,0	1488,0	5262,6	12654,7	155,2
Kuit	2963,6	560,4	1591,2	4633,3	60,1

Tabel 5.3.

Beskrywende statistiek vir die Zoeloes (n = 156).

Veranderlike	$\bar{x}$	s	Min.	Maks.	sf
Ouderdom (jr)	23,7	2,5	19,1	31,2	0,2
Massa (kg)	66,3	7,3	50,8	86,6	0,6
Lengte (cm)	169,9	6,3	153,0	184,0	0,5
Spiervolumes (cm ³)					
Bo-arm	1219,8	180,3	855,7	1705,9	14,4
Voorarm	833,6	118,0	580,9	1160,9	9,4
Romp	6888,3	679,7	5291,5	8928,3	54,4
Dy	7905,3	1063,3	5492,6	10560,0	85,1
Kuit	2727,5	476,1	1674,3	4540,2	38,1

Tabel 5.4

Beskrywende statistiek vir die Boesmans (n = 148).

Veranderlike	$\bar{x}$	s	Min.	Maks.	sf
Ouderdom (jr)	28,4	6,3	16,8	56,1	0,5
Massa (kg)	49,1	6,1	35,8	69,0	0,5
Lengte (cm)	162,2	6,6	147,0	182,5	0,5
Spiervolumes (cm ³)					
Bo-arm	830,0	150,5	361,8	1332,0	12,4
Voorarm	591,9	107,1	390,3	969,2	8,8
Romp	5956,5	584,8	4451,2	8160,4	48,1
Dy	5612,9	981,4	3531,6	8773,7	80,7
Kuit	1988,1	348,1	978,2	2821,1	28,6

Tabel 5.5

Onaangepaste z-waardes vir die romp van die vier proefgroepe.

Proefgroep	$\bar{x}$	sf	2xsf
Blank-jonk	0,380	0,053	0,106
Blank-oud	0,841	0,109	0,218
Boesman	-1,420	0,056	0,112
Zoeloes	-0,455	0,056	0,112

Tabel 5.6

Onaangepaste z-waardes vir die bo-armspiervolume van die vier proefgroepe.

Proefgroep	$\bar{x}$	sf	2xsf
Blank-jonk	1,522	0,025	0,050
Blank-oud	1,714	0,052	0,104
Boesman	0,586	0,022	0,044
Zoeloes	1,289	0,026	0,052

Tabel 5.7

Onaangepaste z-waardes vir die voorarmspiervolume van die vier proefgroepe.

Proefgroep	$\bar{x}$	sf	2xsf
Blank-jonk	1,402	0,022	0,044
Blank-oud	1,605	0,054	0,108
Boesman	0,599	0,024	0,048
Zoeloes	1,269	0,026	0,052

Tabel 5.8

Onaangepaste z-waardes vir die bobeenspiervolume van die vier proefgroepe.

Proefgroep	$\bar{x}$	sf	2xsf
Blank-jonk	0,487	0,027	0,054
Blank-oud	1,589	0,071	0,142
Boesman	0,272	0,036	0,072
Zoeloes	1,317	0,038	0,076

Tabel 5.9

Onaangepaste z-waardes vir die kuitspiervolume van vier proefgroepe.

Proefgroep	$\bar{x}$	sf	2xsf
Blank-jonk	0,956	0,029	0,058
Blank-oud	0,965	0,054	0,108
Boesman	0,092	0,026	0,052
Zoeloes	0,753	0,034	0,068

In tabelle 5.5 - 5.9 word die onaangepaste z-waardes vir die romp- en ledemaatspiervolumes van die vier proefgroepe weergegee. Vir die onderskeie spiervolumes word die gemiddeld, standaardfout (sf) en 2 x sf vir elke proefgroep aangebied. Die waardes in tabelle 5.5 - 5.9 word grafies voorgestel in figure 5.1; 5.3; 5.5; 5.7; 5.9; 5.11.

Tabel 5.10

Aangepaste z-waardes vir die rompspiervolume van die vier proefgroepe.

Proefgroep	$\bar{x}$	sf	2xsf
Blank-jonk	1,352	0,063	0,126
Blank-oud	0,930	0,126	0,252
Boesman	1,850	0,096	0,192
Zoeloe	2,585	0,099	0,198

Tabel 5.11

Aangepaste z-waardes vir die bo-armspiervolume van die vier proefgroepe.

Proefgroep	$\bar{x}$	sf	2xsf
Blank-jonk	1,135	0,021	0,042
Blank-oud	1,379	0,084	0,168
Boesman	0,899	0,080	0,160
Zoeloe	1,192	0,025	0,050

Tabel 5.12

Aangepaste z-waardes vir die voorarmspiervolume van die vier proefgroepe.

Proefgroep	$\bar{x}$	sf	2xsf
Blank-jonk	1,029	0,019	0,038
Blank-oud	0,983	0,042	0,084
Boesman	0,481	0,021	0,042
Zoeloe	0,949	0,027	0,054

Tabel 5.13

Aangepaste z-waardes vir die bobeenspiervolume van die vier proefgroepe.

Proefgroep	$\bar{x}$	sf	2xsf
Blank-jonk	-0,121	0,021	0,042
Blank-oud	0,622	0,058	0,116
Boesman	0,151	0,040	0,080
Zoeloe	0,735	0,039	0,078

Tabel 5.14

Aangepaste z-waardes vir die kuitspiervolume van die vier proefgroepe.

Proefgroep	$\bar{x}$	sf	2xsf
Blank-jonk	0,427	0,020	0,040
Blank-oud	0,378	0,041	0,082
Boesman	0,130	0,029	0,058
Zoeloe	0,418	0,026	0,052

In tabelle 5.10 - 5.14 word die proporsionele romp- en ledemaatspiervolumes van die vier proefgroepe weergegee. Die gemiddeld, standaardfout (sf) en 2 x sf van die onderskeie spiervolumes vir die proefgroepe word deurgaans gegee. Figure 5.2; 5.4; 5.6; 5.8; 5.10; 5.12 is voorstellings van die waardes wat in die tabelle weergegee is.

Die onaangepaste z-waardes vir die romp- en ledemaatspiervolumes van die vier proefgroepe word in figuur 5.1; 5.3; 5.5; 5.7; 5.9; 5.11 weergegee. Die z-waardes is 'n weergawe van die proefgroepe se absolute romp- en ledemaatspiervolume waardes uitgedruk in verhouding tot die skimfiguurwaardes vir die ooreenstemmende spiervolumes (sien hoofstuk 4 formule 4.2).

In figure 5.2, 5.4, 5.6, 5.8, 5.10, 5.12 word die proporsionele z-waardes vir die romp- en ledemaatspiervolumes van die vier proefgroepe aangebied. In hierdie geval is die absolute spiervolumewaardes onderskeidelik vir die romplengte en die ledemaatsegmentlengtes van die proefgroepe aangepas vir verskille in segmentlengtes en romplengtes en in terme van die skimfiguur uitgedruk.

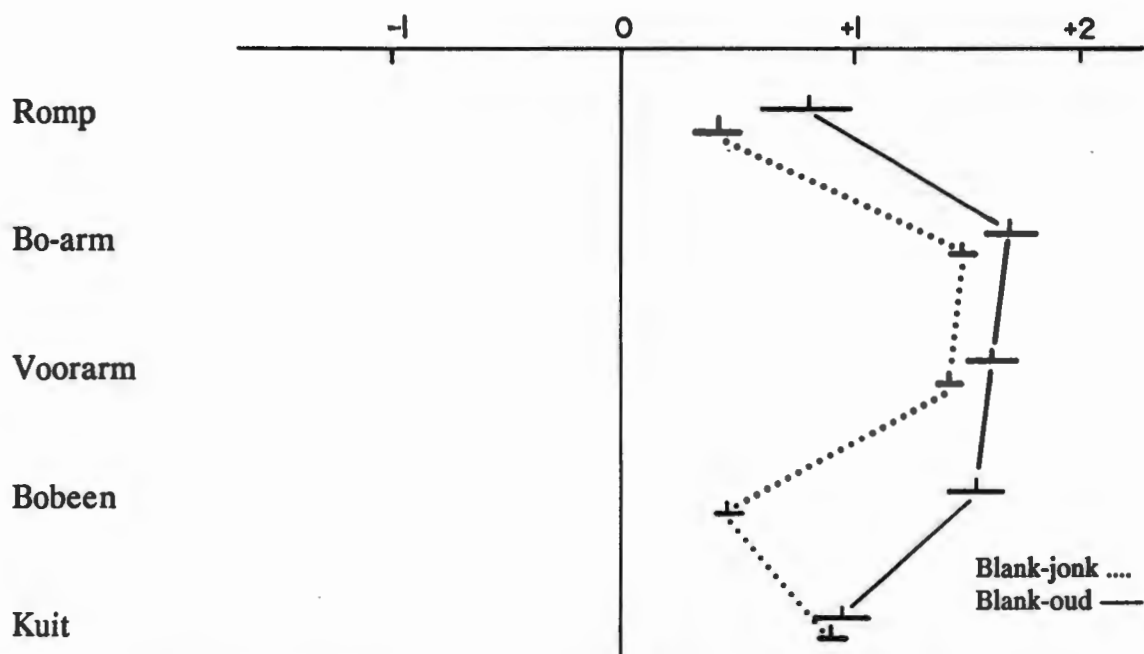
Betekenisvolheid van verskille tussen die proefgroepe se waardes ($x \pm 2sf$) in figure 5.1 - 5.12 word bepaal deur die mate van oorvleuling wat tussen die waardes voorkom, met ander woorde, as daar geen oorvleuling tussen die ooreenstemmende waardes voorkom nie, is die verskil tussen die waardes betekenisvol ($p < 0,05$) en indien daar oorvleuling voorkom, verskil die waardes nie betekenisvol van mekaar nie.

5.2 BESPREKING VAN DIE RESULTATE

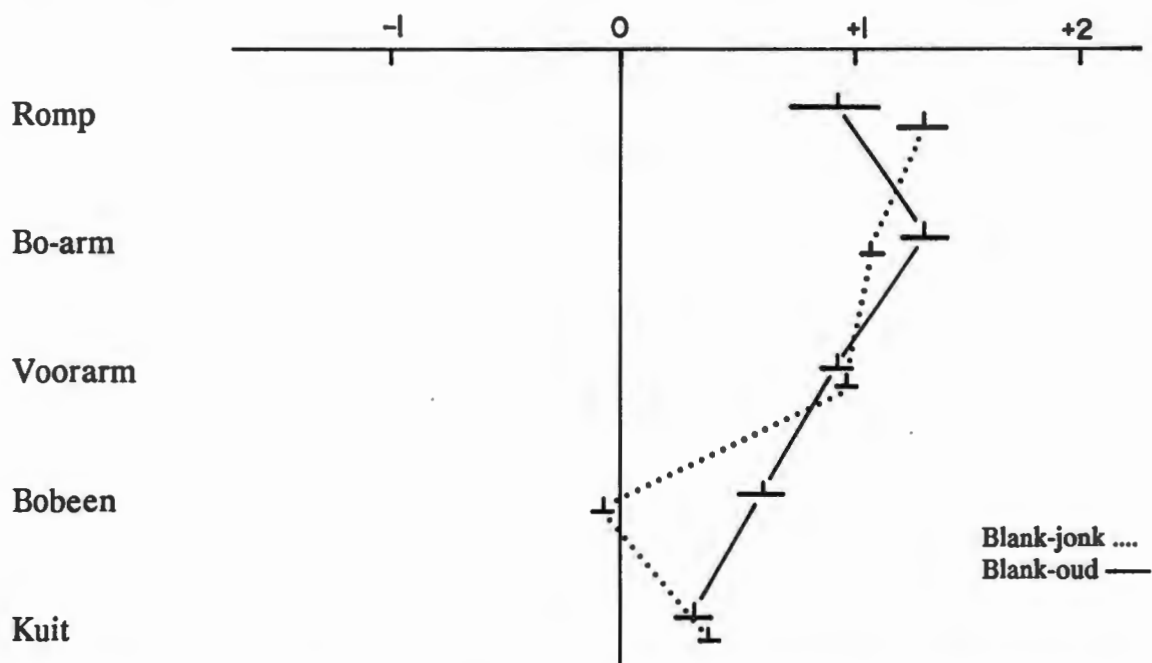
Die twee blanke ouderdomsgroepe se onaangepaste z-waardes vir die romp- en ledemaatspiervolumes word in figuur 5.1 weergegee. Die blank-jonk groep toon deurgaans die kleiner spiervolume van die twee groepe. Betekenisvolle verskille tussen die twee groepe kom voor by die romp-, bo-arm-, voorarm- en bobeenspiervolume. Alhoewel die gemiddelde kuitspiervolume van die blank-jonk groep kleiner is as die blank-oud groep, is daar geen betekenisvolle verskil tussen die kuitspiervolume van die twee groepe nie.

Wanneer gekyk word na die verskil in die lengte van die romp (blank-oud - 52,86cm en blank-jonk - 51,28cm) vir die twee blanke ouderdomsgroepe, toon die blank-jonk groep gemiddeld 'n korter romp as die blank-oud groep, daarom dan ook dat die blank-oud se absolute spiervolume groter is as die van die blank-jonk groep. Wanneer die twee groepe se proporsionele rompspiervolume (fig 5.2) vergelyk word, toon die blank-jonk groep 'n definitiewe groter rompspiervolume as die blank-oud groep. Al toon die jonger blanke groep 'n korter romp as die ouer blankes, is daar tog 'n groter mate van spierweefsel teenwoordig by die jonger groep.

In figuur 5.2 verskil die proporsionele bo-armspiervolume van die twee blanke groepe nog steeds betekenisvol. Die gemiddelde bo-armlengte van die blank-jonk groep is langer as die van die blank-oud groep, maar die spiervolume van die blank-jonk groep is kleiner as die blank-oud groep se bo-armspiervolume. Alhoewel die absolute voorarmspiervolume van die blanke groepe betekenisvol van mekaar verskil, met die blank-jonk groep se spiervolume wat die kleinste is, moontlik as gevolg van die korter voorarmlengte (blank-oud - 26,98cm en blank-jonk - 26,23cm), toon die proporsionele voorarmspiervolume geen betekenisvolle verskil nie. Die gemiddelde proporsionele voorarmspiervolume van die blank-jonk groep is wel ietwat groter as die van die blank-oud groep, maar nie betekenisvol nie.



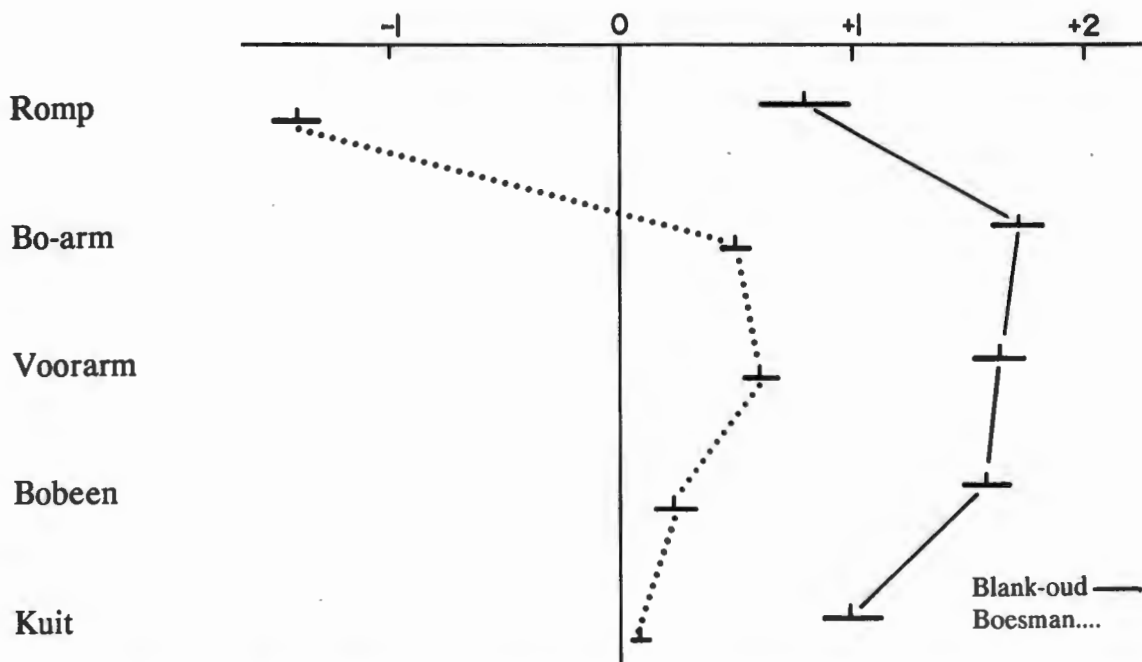
FIGUUR 5.1 DIE PROFIEL VAN DIE ROMP- EN LEDEMAATSPIERVOLUMES VAN DIE TWEE BLANKE OUDERDOMSGROEPE - Z-WAARDES NIE AANGEPAS.



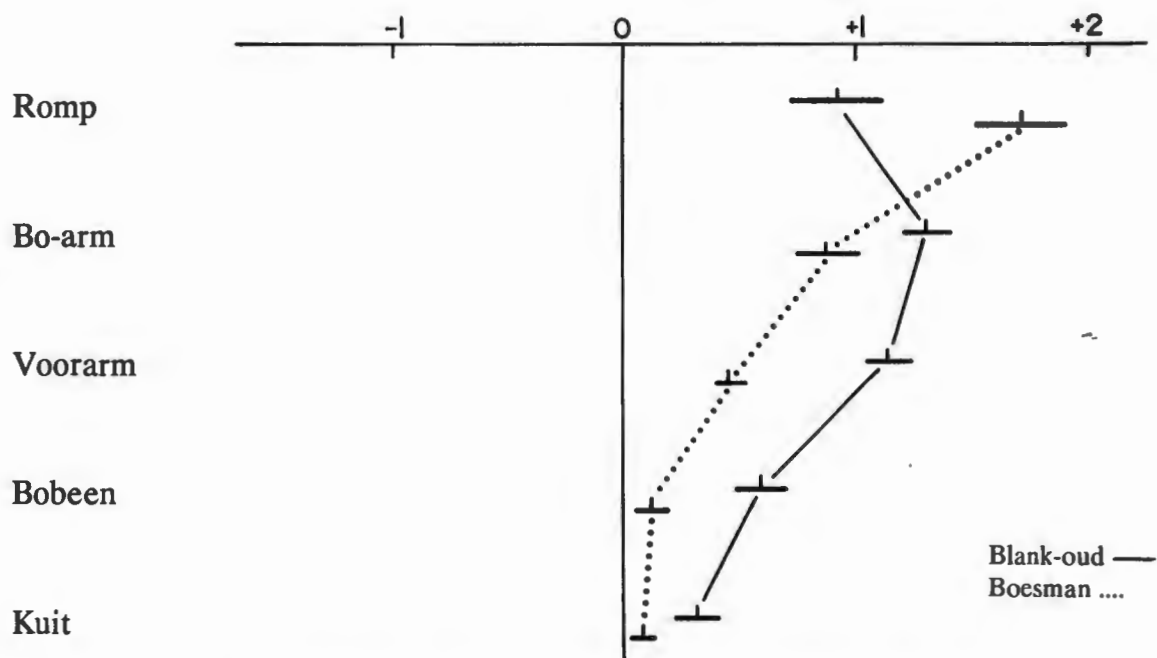
FIGUUR 5.2 DIE PROFIEL VAN DIE ROMP- EN LEDEMAATSPIERVOLUMES VAN DIE TWEE BLANKE OUDERDOMSGROEPE - Z-WAARDES AANGEPAS.

As die absolute bobeenspiervolume (fig 5.1) en die proporsionele bobeenspiervolume (fig 5.2) van die twee blanke ouderdomsgroepe vergelyk word, het die verhouding relatief dieselfde gebly. In albei die gevalle (absoluut en proporsioneel) verskil die blank-oud en die blank-jonk groepe se bobeenspiervolumes betekenisvol, met die blank-oud groep wat die groter spiervolume toon en wat terselfdertyd ook oor die langer bobeenlengte (blank-oud - 45,88cm en blank-jonk - 45,21cm) beskik.

Die absolute kuitspiervolume (fig 5.1) en die proporsionele kuitspiervolume (fig 5.2) toon in albei gevalle tussen die blanke groepe geen betekenisvolle verskille nie. Die gemiddelde absolute kuitspiervolume van die blank-jonk groep is kleiner as die van die blank-oud groep, maar nie betekenisvol nie, terwyl by die proporsionele kuitspiervolume is die blank-jonk groep se gemiddelde spiervolume groter as die blank-oud groep, maar ook nie genoeg om betekenisvol te wees nie. Die blank-jonk groep vertoon die langer onderbeenlengte (blank-oud - 45,88cm en blank-jonk - 48,85cm).



FIGUUR 5.3 DIE PROFIEL VAN DIE ROMP- EN LEDEMAATSPIERVOLUMES VAN DIE BLANK-LOUD - EN BOESMANGROEP - Z-WAARDES NIE AANGEPAS.



FIGUUR 5.4 DIE PROFIEL VAN DIE ROMP- EN LEDEMAATSPIERVOLUMES VAN DIE BLANK-LOUD EN BOESMANGROEP - Z-WAARDES AANGEPAS.

Die absolute romp- en ledemaatspiervolumes van die blank-oud groep teenoor die Boesmangroep word in figuur 5.3 weergegee. In figuur 5.4 word die proporsionele romp- en ledemaatspiervolumes van die blank-oud groep teenoor die Boesmangroep aangebied. As die absolute en proporsionele romp- en ledemaatspiervolume van die blank-oud groep en die Boesmangroep vergelyk word, kan gesien word dat die Boesman se absolute spiervolume deurgaans betekenisvol verskil van die blank-oud groep se spiervolumes, met die Boesman wat die kleinste waardes toon. Die grootste verskil tussen die twee groepe kom by die absolute rompspiervolume voor, waar die Boesman 'n baie kleiner spiervolume as die blank-oud groep toon. Wanneer gekyk word na hoe die romplengte tussen die twee groepe verskil, toon die Boesman 'n baie korter romp (46,28 cm) as die blank-oud groep (52,86 cm), wat dan ook die rede is hoekom die absolute rompspiervolume van die Boesman soveel kleiner is as die die blank-oud groep se rompspiervolume (fig 5.3). As die twee groepe se proporsionele rompspiervolume (fig 5.4) egter vergelyk word, is dit die Boesmangroep wat die groter rompspiervolume toon. Hier is ook 'n betekenisvolle verskil in die proporsionele rompspiervolume tussen die twee groepe. Dus as proporsioneel na die twee groepe se rompspiervolume gekyk word, is dit die Boesman met die kort romp, wat oor 'n groter rompspiervolume beskik as die ouer blanke groep met die langer romplengte.

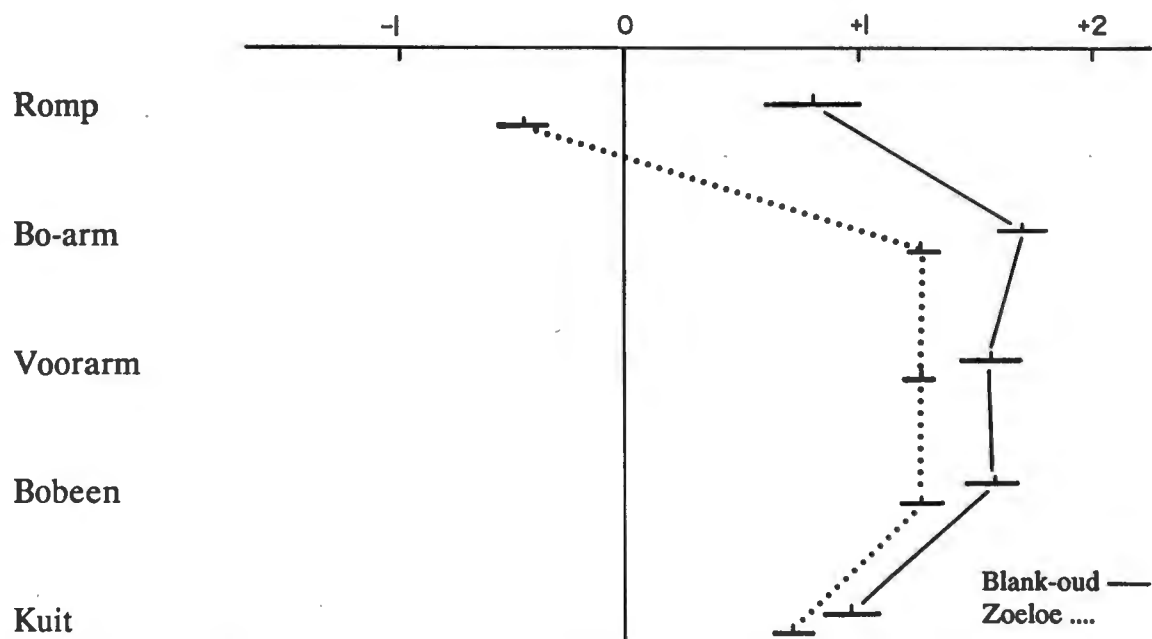
Die absolute bo-armspiervolume van die blank-oud groep en die Boesmangroep (fig 5.3) verskil betekenisvol van mekaar. Die Boesmangroep se absolute bo-armspiervolume is baie kleiner as die van die blank-oud groep, maar proporsioneel gesien, skuif die Boesmangroep nader aan die blank-oud groep. Alhoewel die twee groepe se proporsionele bo-armspiervolume betekenisvol verskil is dit duidelik dat die Boesman, as proporsioneel gekyk word, nou nader aan die blank-oud groep geskuif het.

Die absolute voorarm-, bobeen- en kuitspiervolume (fig 5.3) van die blank-oud groep en die Boesmangroep verskil almal betekenisvol, met die Boesmangroep wat deurgaans die kleiner spiervolume toon. As die twee groepe se spiervolume proporsioneel (fig 5.4) uitgedruk word, vind verskeie verskuiwings plaas. Die proporsionele voorarmspiervolume van albei die groepe het kleiner geword, met die blank-oud groep wat die grootste verskuiwing toon, maar nog steeds die groter spiervolume het en betekenisvol van mekaar verskil. Na die proporsionele aanpassing is die verskil tussen die Boesmangroep en die blank-oud groep se voorarmspiervolume nie meer so groot nie.

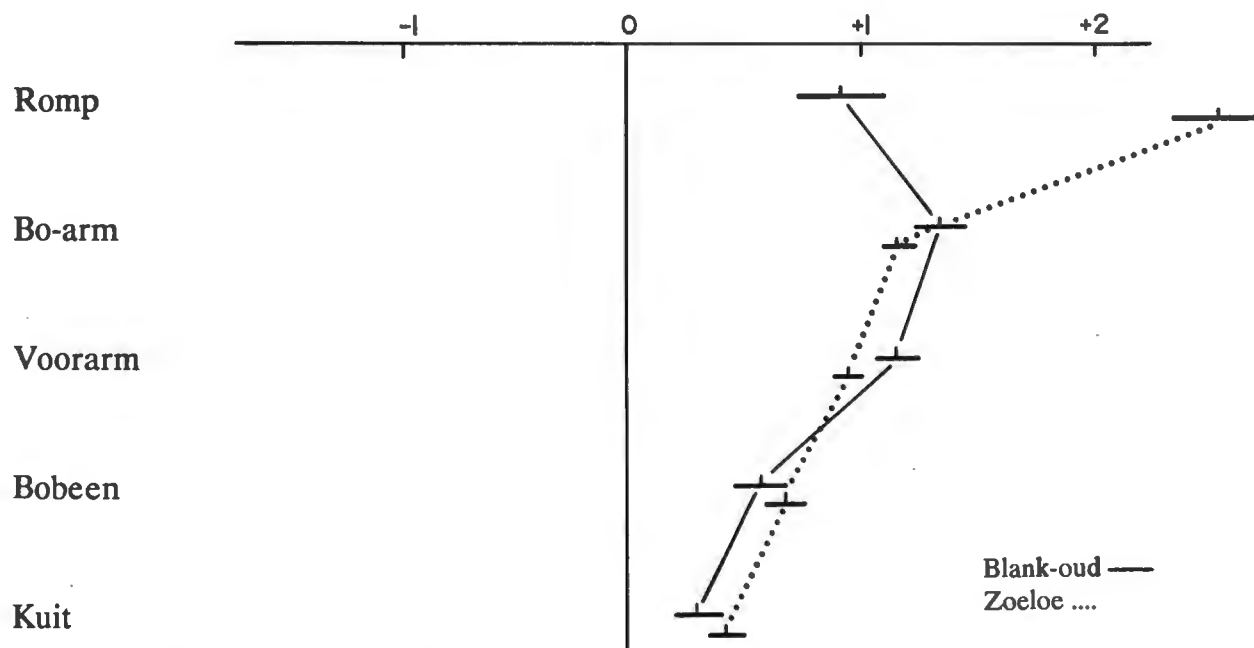
As die absolute bobeenspiervolume (fig 5.3) en die proporsionele bobeenspiervolume (fig 5.4) van die twee groepe vergelyk word, kan gesien word dat behalwe vir die absolute rompspiervolume, die absolute bobeenspiervolume die meeste tussen die blank-oud groep en die Boesmangroep verskil. Die betekenisvolle verskil in die absolute bobeenspiervolume is nog steeds teenwoordig as die proporsionele bobeenspiervolume tussen die blank-oud en die Boesmangroep vergelyk word. By die proporsionele bobeenspiervolume is die verskil tussen die twee groepe kleiner, die Boesmangroep se gemiddelde waarde het ongeveer dieselfde gebly, terwyl die blanke -oud groep se gemiddelde waarde baie kleiner geword het.

Die absolute kuitspiervolume (fig 5.3) van die Boesman- en die blank-oud groep sowel as die proporsionele kuitspiervolume (fig 5.4) van die twee groepe verskil onderskeidelik betekenisvol van mekaar. By die absolute en die proporsionele kuitspiervolume het die Boesman die kleinste spiervolume. As die twee groepe se absolute en proporsionele kuitspiervolume vergelyk word, kom dit na vore dat by die proporsionele spiervolume het die blank-oud groep se spiervolume nader aan

die Boesmangroep s'n geskuif, terwyl die Boesmangroep se volume ongeveer dieselfde gebly het na die vorige aanpassing vir segmentlengte. Die onderbeenlengte van die Boesman (44,81cm) is heelwat korter as die van die blank-oud groep (48,75cm), dit wil sê die blank-oud groep se hoeveelheid spiervolume in die kuit het proporsioneel afgeneem teenoor die Boesmangroep se hoeveelheid kuitspiervolume.



FIGUUR 5.5 DIE PROFIEL VAN DIE ROMP- EN LEDEMAATSPIERVOLUMES VAN DIE BLANK-LOUD - EN ZOELOEGROEP - Z-WAARDES NIE AANGEPAS.



FIGUUR 5.6 DIE PROFIEL VAN DIE ROMP- EN LEDEMAATSPIERVOLUMES VAN DIE BLANK-LOUD EN ZOELOEGROEP - Z-WAARDES AANGEPAS.

Figuur 5.5 is 'n visuele voorstelling van die blank-oud groep se absolute romp- en ledemaatspiervolumes teenoor die spiervolumes van die Zoeloe groep. Dieselfde groepe se proporsionele romp- en ledemaatspiervolumes word in figuur 5.6 voorgestel. Die absolute spiervolumes van die twee groepe verskil in al die gevalle betekenisvol van mekaar met die grootste verskil wat by die rompspiervolume voorkom en die kleinste verskil by die kuitspiervolume. Die Zoeloe groep is deurgaans die groep met die kleiner spiervolume en so ook die groep met die korter romp- en ledemaatsegmentlengtes.

Wanneer na die proporsionele spiervolumes (fig 5.6) van die blank-oud en Zoeloe groep gekyk word, is daar betekenisvolle verskille tussen die twee groepe by die romp- en voorarmspiervolume. Die verskuiwings wat plaasgevind het nadat die waardes aangepas is vir die afsonderlike lengtemates is die volgende: die rompspiervolume van die Zoeloe, wat as absolute waarde kleiner was as die blank-oud groep, is nou groter. Die korter gemiddelde romplengte van die Zoeloe groep (47,58 cm) teenoor die blank-oud groep se romplengte (52,86 cm) beïnvloed die waarde betekenisvol, dit wil sê wanneer 'n proporsionele vergelyking tussen die twee groepe gedoen word, vertoon die Zoeloe 'n groter rompspiervolume as die blank-oud groep, al beskik die Zoeloe oor 'n soveel korter romp as die blank-oud groep.

'n Ander verskuiwing wat ook plaasgevind het is by die proporsionele bo-armspiervolume (fig 5.6). Die proporsionele bo-armspiervolume van die blank-oud en Zoeloe groep verskil nie betekenisvol nie, terwyl daar ook nie 'n groot verskil is in die bo-armlengte van die twee groepe nie (blank-oud - 33,97 cm, Zoeloe - 32,96 cm). Teenoor die gemiddelde absolute waarde vir die bo-armspiervolume het die

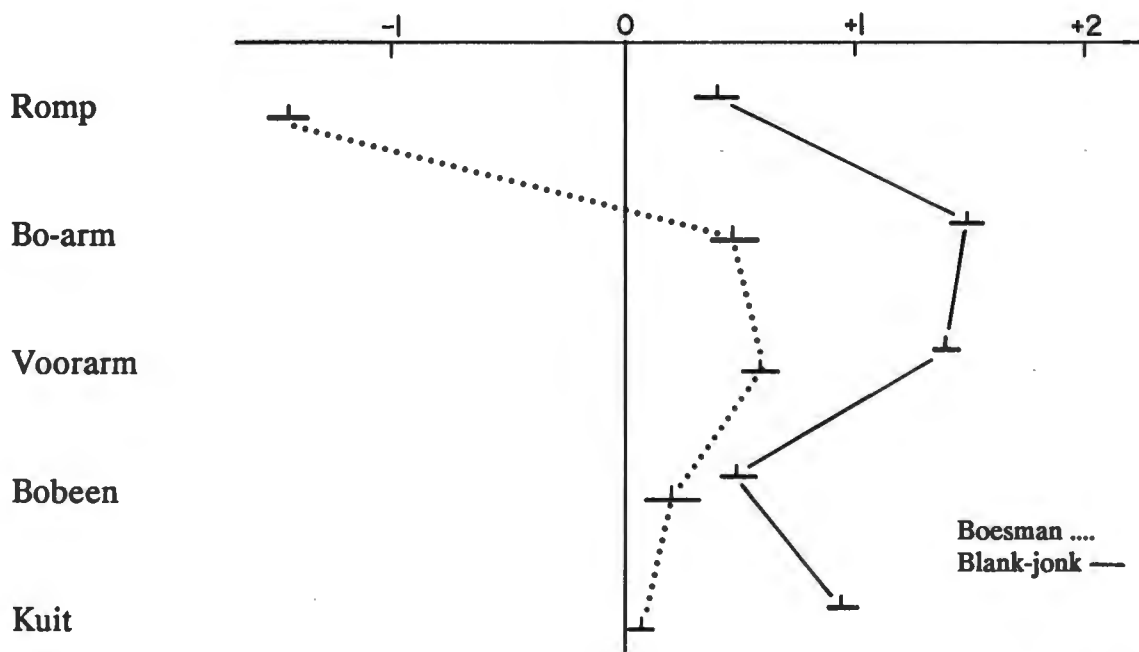
proporsionele waarde vir die blank-oud groep kleiner geword met byna geen waarneembare verskil by die Zoeloe groep se gemiddelde waarde nie.

Die proporsionele voorarmspiervolume (fig 5.6) van die blank-oud groep en die Zoeloe groep verskil betekenisvol, terwyl daar geen betekenisvolle verskil in die voorarm lengte van die twee groepe (blank-oud - 26,98 cm, Zoeloe - 26,09 cm) is nie. 'n Verskuiwing vanaf die gemiddelde absolute waardes van die twee groepe se voorarmspiervolume na die gemiddelde proporsionele voorarmspiervolume het wel voorgekom. Albei die groepe se gemiddelde waardes word kleiner.

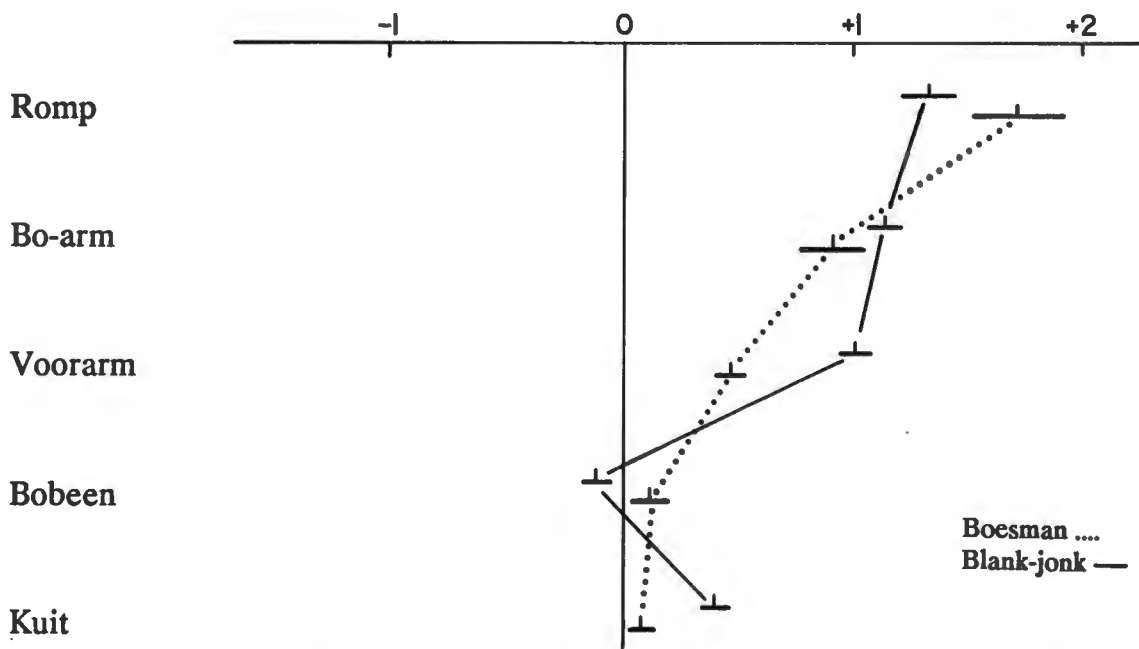
Terwyl die absolute bobeenspiervolume van die blank-oud en Zoeloe groep (fig 5.6) betekenisvol verskil, met die Zoeloe groep wat die kleinste spiervolume toon, is daar geen betekenisvolle verskil tussen die twee groepe se proporsionele bobeenspiervolume nie, alhoewel die Zoeloe groep se gemiddelde proporsionele bobeenspiervolume groter is as die van die blank-oud groep. As die invloed van die aanpassing vir bobeenlengte in aanmerking geneem word, kan gesien word dat daar nie 'n betekenisvolle verskil is in die bobeenlengte van die twee groepe (blank-oud - 45,88 cm, Zoeloe - 44,64 cm) nie, dus kan gesê word dat die bobeen van die Zoeloe oor meer spiervolume beskik as die van die blank-oud groep, maar nie genoeg om betekenisvol te wees nie.

In figuur 5.5 en figuur 5.6 word onderskeidelik die absolute kuitspiervolume en die proporsionele kuitspiervolume van die blank-oud groep teenoor die Zoeloe groep weergegee. Die absolute kuitspiervolume van die twee groepe verskil betekenisvol, met die Zoeloe groep wat die kleinste spiervolume toon. Die verskil in spiervolume tussen die twee groepe is klein en so ook die verskil in onderbeenlengte (blank-oud - 48,75 cm, Zoeloe - 47,13 cm) tussen die twee groepe. Die proporsionele

kuitspiervolume (fig 5.6) verskil nie betekenisvol van mekaar nie, maar die gemiddelde proporsionele kuitspiervolume van die Zoeloe is egter groter as die van die blank-oud groep, wat toegeskryf kan word aan die korter segmentlengte van die Zoeloe vir die onderbeen.



FIGUUR 5.7 DIE PROFIEL VAN DIE ROMP- EN LEDEMAATSPIERVOLUMES VAN DIE BLANK-JONK - EN BOESMANGROEP - Z-WAARDES NIE AANGEPAS.



FIGUUR 5.8 DIE PROFIEL VAN DIE ROMP- EN LEDEMAATSPIERVOLUMES VAN DIE BLANK-JONK EN BOESMANGROEP - Z-WAARDES AANGEPAS.

Figuur 5.7 is 'n weergawe van die blank-jonk groep se absolute romp- en ledemaatspiervolumes teenoor die Boesmangroep se absolute romp- en ledemaatspiervolumes. In al die gevalle verskil die spiervolumes van die twee groepe betekenisvol van mekaar. Die grootste verskil tussen die twee groepe kom voor by die rompspiervolume waar die Boesmangroep 'n baie kleiner absolute spiervolume as die blank-jonk groep toon. By die bo-armspiervolume van die twee groepe is daar ook 'n aansienlike verskil, weereens toon die Boesmangroep die kleiner spiervolume. Die segmentspiervolume wat die minste tussen die twee groepe verskil is die absolute bobeenspiervolume.

Wanneer aandag gegee word aan die proporsionele romp- en ledemaatspiervolume (fig 5.8) van die blank-jonk en Boesmangroep, blyk dit dat daar verskeie verskuiwings plaasgevind het. Die proporsionele rompspiervolume van die twee groepe verskil betekenisvol, met die Boesmangroep wat nou die groter rompspiervolume toon. In ooreenstemming met die literatuur wat noem dat etniese groepe 'n korter romp het as die blankes, kan die korter romplengte van die Boesman moontlik aanleiding gegee het tot die verskuiwing.

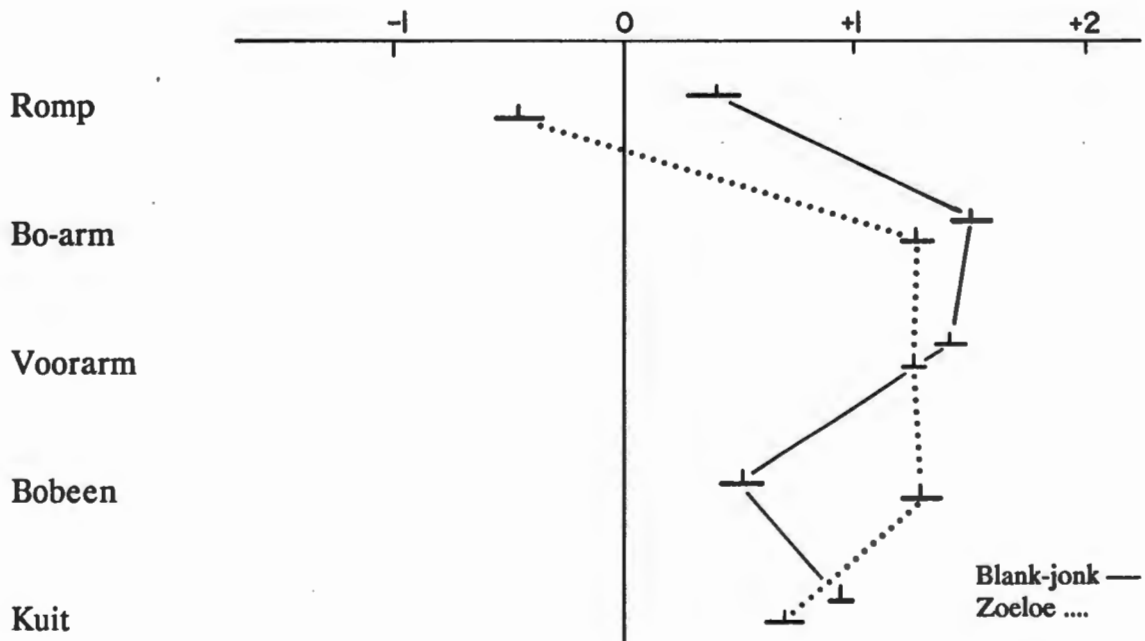
Die proporsionele bo-armspiervolume (fig 5.8) van die twee groepe het na die segmentlengte aanpassing nader aan mekaar geskuif, maar verskil nog steeds betekenisvol van mekaar. Die Boesmangroep se gemiddelde bo-armspiervolume het groter geword en die blank-jonk groep se gemiddelde bo-armspiervolume kleiner. Die verskil in die bo-armlengte van die twee groepe is ook betekenisvol, dus die langer bo-arm van die jong blankes toon gemiddeld 'n groter spiervolume as die Boesmangroep wat oor 'n korter bo-arm beskik. Die ektomorfiëse bou van die Boesman kom sterk na vore in die ledemaatspiervolumes, alhoewel die rompedeelte van die Boesman meer mesomorfiëse voorkom as die blanke groep s'n.

Die proporsionele voorarmspiervolume (fig 5.8) van die blank-jonk en die Boesmangroep het na die aanpassing vir lengtemates byna geen verskuiwing getoon nie. Alhoewel die gemiddelde proporsionele voorarmspiervolume van die Boesman ongeveer dieselfde gebly het, en die blank-jonk groep se gemiddelde waarde kleiner geword het, verskil die twee groepe se proporsionele voorarmspiervolume nog steeds betekenisvol van mekaar. Die blank-jonk groep met sy langer voorarm lengte (26,23cm) het 'n groter spiervolume as die Boesman wat 'n korter gemiddelde voorarm lengte (25,07cm) as die blank-jonk groep toon.

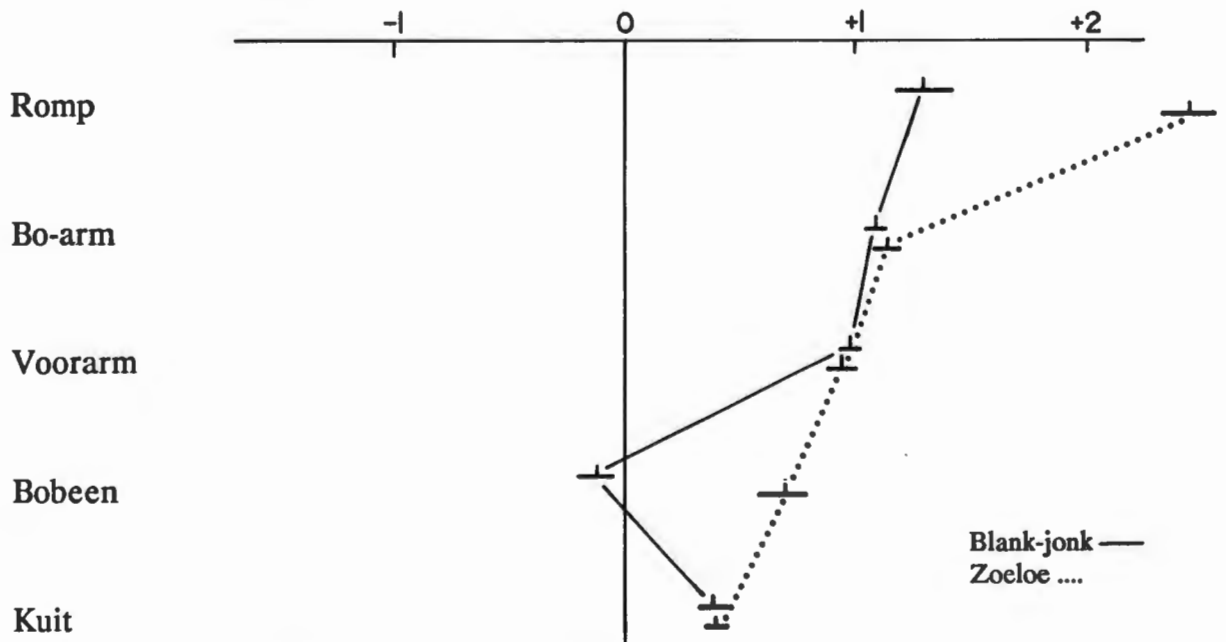
Die absolute bobeenspiervolume (fig 5.7) van die twee groepe toon 'n betekenisvolle verskil, met die Boesman wat die kleiner spiervolume het, terwyl by die proporsionele bobeenspiervolume (fig 5.8) van die twee groepe, vertoon die Boesman nou die groter bobeenspiervolume. Die blank-jonk en die Boesmangroep se proporsionele bobeenspiervolume verskil ook betekenisvol en so ook die bobeenlengte (Boesman - 42,48cm en blank-jonk - 45,21cm) van die twee groepe. Die Boesman wat die korter bobeenlengte het, se bobeenspiervolume is nou groter as die jong blanke groep se bobeenspiervolume, alhoewel die blank-jonk groep die langer bobeenlengte van die twee groepe vertoon.

Die verskuiwings wat plaasgevind het by die absolute kuitspiervolume van die blank-jonk groep nadat die spiervolume aangepas is vir die onderbeenlengte kan in figuur 5.8 waargeneem word. Die twee groepe se proporsionele kuitspiervolume verskil betekenisvol van mekaar, met die Boesman wat die kleiner spiervolume toon en die blank-jonk wat die groter spiervolume het. Na die aanpassing vir segmentlengte het die Boesmangroep se gemiddelde kuitspiervolume ongeveer dieselfde gebly, terwyl die blank-jonk groep se gemiddelde kuitspiervolume kleiner

geword het. Die onderbeenlengte van die twee groepe verskil ook betekenisvol, daarom dan dat die blank-jonk groep met die langer onderbeenlengte (48,85cm) se spiervolume afgeneem het teenoor die Boesmangroep wat 'n korter onderbeenlengte (44,81cm) het.



FIGUUR 5.9 DIE PROFIEL VAN DIE ROMP- EN LEDEMAATSPIERVOLUMES VAN DIE BLANK-JONK - EN ZOELOEGROEP - Z-WAARDES NIE AANGEPAS.



FIGUUR 5.10 DIE PROFIEL VAN DIE ROMP- EN LEDEMAATSPIERVOLUMES VAN DIE BLANK-JONK EN ZOELOEGROEP - Z-WAARDES AANGEPAS.

Die blank-jonk groep en die Zoeloe groep se absolute romp- en ledemaatspiervolumes word in figuur 5.9 weergegee en figuur 5.10 is 'n weergawe van die proporsionele romp- en ledemaatspiervolumes van die blank-jonk en die Zoeloe groep. By die absolute spiervolumes van die twee groepe is daar betekenisvolle verskille tussen al vyf die berekende spiervolumes. Die romp-, bo-arm-, voorarm- en die kuitspiervolumes van die Zoeloe is kleiner as die blank-jonk groep se spiervolumes, terwyl die absolute bobeenspiervolume van die Zoeloe groep groter is as die blank-jonk groep se bobeenspiervolume.

Nadat die romp- en ledemaatsegmentlengtes in berekening gebring is en die proporsionele spiervolume (fig 5.10) van die twee groepe met die absolute spiervolumes (fig 5.9) van die twee groepe vergelyk word, is daar sekere veranderinge wat plaasvind. Betekenisvolle verskille tussen die blank-jonk groep en die Zoeloe groep kom slegs by die romp- en bobeenspiervolume voor, terwyl by die absolute spiervolumes van die twee groepe, is daar betekenisvolle verskille tussen al die spiervolumes. Waar die absolute rompspiervolume van die Zoeloe groep kleiner as die van die blank-jonk groep is, is die proporsionele rompspiervolume van die Zoeloe groep nou groter as die van die blank-jonk groep. Die gemiddelde romplengte van die Zoeloe groep is korter as die van die blank-jonk groep, maar ten spyte daarvan toon die Zoeloe groep nog steeds die groter rompspiervolume van die twee groepe.

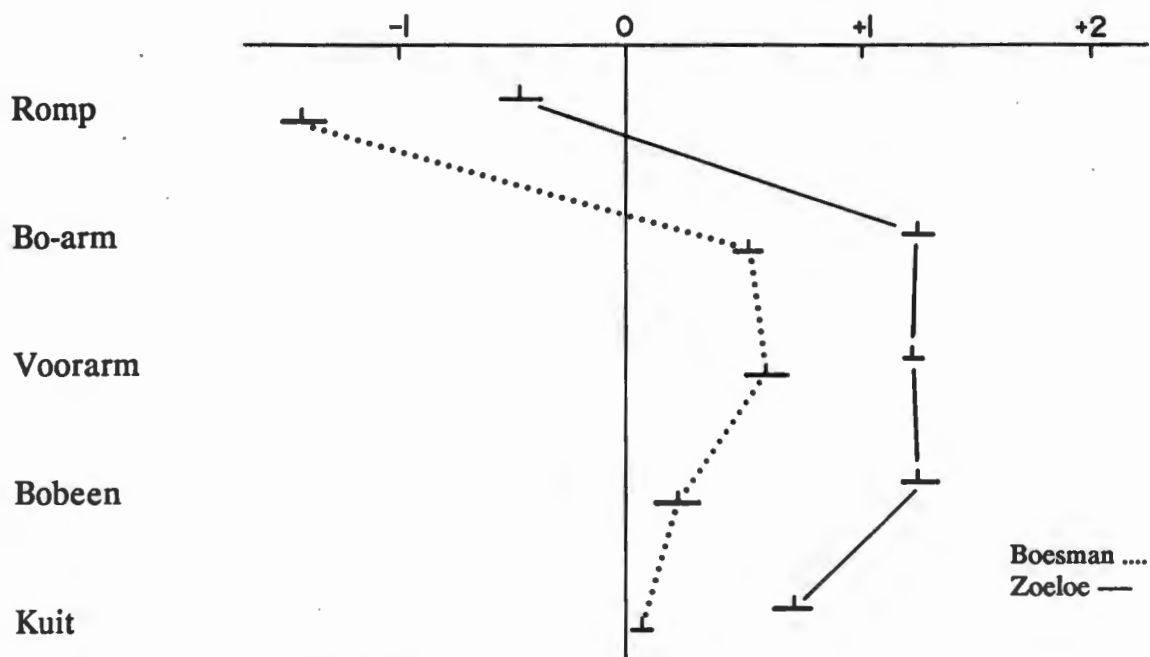
Die proporsionele bo-armspiervolume van die twee groepe toon geen betekenisvolle verskil nie, maar die gemiddelde proporsionele bo-armspiervolume van die Zoeloe is groter as die blank-jonk groep se gemiddelde proporsionele bo-armspiervolume. Na die aanpassing vir segmentlengte het die blank-jonk groep se bo-armspiervolume kleiner geword en die Zoeloe groep se waarde het ongeveer

dieselfde gebly. Die verskil in die bo-armlengte van die twee groepe is dat die Zoeloe die korter bo-armlengte (32,96cm) van die twee het, en die blank-jonk die langer bo-armlengte (34,31), dus al beskik die Zoeloe gemiddeld oor 'n korter bo-arm vertoon hulle nog steeds 'n groter bo-armspiervolume as die blank-jonk groep.

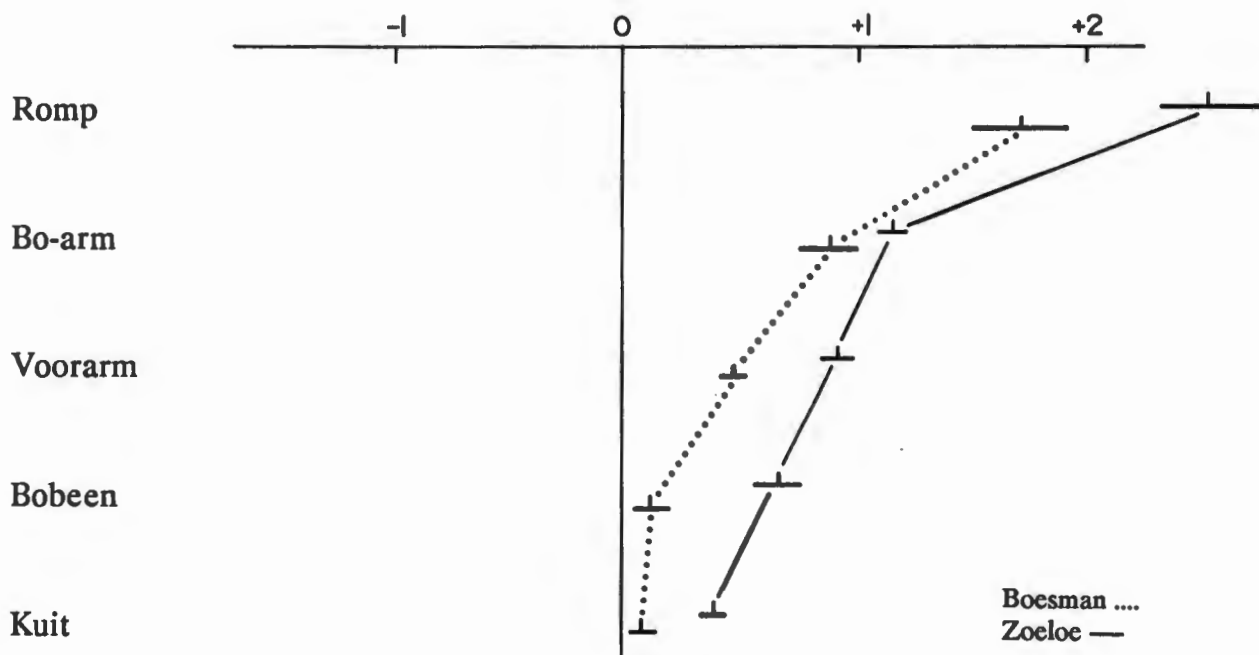
Die proporsionele voorarmspiervolume van die blank-jonk groep en die Zoeloe groep verskil nie betekenisvol van mekaar nie. Die gemiddelde voorarmlengte (Zoeloe - 26,09cm en blank-jonk - 26,23cm) van die twee groepe toon ook geen betekenisvolle verskil nie. Die Zoeloe groep se gemiddelde proporsionele voorarmspiervolume is kleiner as die blank-jonk se gemiddelde proporsionele voorarmspiervolume. Die verskuiwing wat plaasgevind het nadat die groepe se absolute voorarmspiervolume aangepas is vir voorarmlengte, is dat albei die groepe se waardes kleiner geword het, veral in die blank-jonk groep se geval waar die gemiddelde voorarmspiervolume baie kleiner geword het nadat dit aangepas is vir die segmentlengte.

Die betekenisvolle verskil wat by die absolute bobeenspiervolume (fig 5.9) van die twee groepe voorgekom het, bestaan nog steeds as die twee groepe se proporsionele bobeenspiervolume (fig 5.10) vergelyk word, met die Zoeloe groep wat weereens die groter bobeenspiervolume toon. Alhoewel die bobeenlengte van die blank-jonk groep (45,21cm) langer is as die bobeenlengte van die Zoeloe groep (44,64), het die blank-jonk na die aanpassing vir segmentlengte 'n kleiner bobeenspiervolume getoon. Die Zoeloe groep se gemiddelde proporsionele bobeenspiervolume het ook kleiner geword, maar nie met dieselfde koers waarteen die blank-jonk groep se proporsionele bobeenspiervolume verklein het nie.

Die proporsionele onderbeenspiervolume (fig 5.10) van die blank-jonk en die Zoeloe groep verskil nie betekenisvol nie. Alhoewel die Zoeloe groep se gemiddelde onderbeenlengte korter (47,13cm) is as die blank-jonk groep se gemiddelde onderbeenlengte (48,85cm) het dit geen uitwerking op die verskil in die hoeveelheid kuitspiervolume waaroor die twee groepe beskik nie. Albei die twee groepe se proporsionele kuitspiervolume waardes het kleiner geword as die ooreenstemmende absolute waardes. Die grootste verskuiwing het by die Zoeloe groep voorgekom - waar die Zoeloe groep se absolute kuitspiervolume betekenisvol groter was as die absolute kuitspiervolume van die blank-jonk groep, is die twee groepe se kuitspiervolume waardes nou ongeveer dieselfde grootte en verskil ook nie betekenisvol nie.



FIGUUR 5.11 DIE PROFIEL VAN DIE ROMP- EN LEDEMAATSPIERVOLUMES VAN DIE BOESMAN - EN ZOELOEGROEP - Z-WAARDES NIE AANGEPAS.



FIGUUR 5.12 DIE PROFIEL VAN DIE ROMP- EN LEDEMAATSPIERVOLUMES VAN DIE BOESMAN- EN ZOELOEGROEP - Z-WAARDES AANGEPAS.

In figuur 5.11 word die absolute romp- en ledemaatspiervolumes vir die Boesman- en die Zoeloe-groepe weergegee. Vir al vyf die berekende spiervolumewaardes is daar betekenisvolle verskille tussen die twee groepe, met die Boesmangroep wat deurgaans die kleiner waardes vir die twee groepe se spiervolumes toon. Die grootste verskil tussen die twee groepe se absolute spiervolumewaardes kom voor by die voorarm- en kuitspiervolume. Wat die romp- en ledemaatsegmentlengtes van die twee groepe betref, is dit die Boesmangroep wat deurgaans oor die korter lengtes beskik, daarom dan ook die kleiner absolute spiervolumes van die Boesmangroep.

As gekyk word na die proporsionele romp- en ledemaatspiervolumes (fig 5.12) van die Boesman en die Zoeloe-groep verskil die spiervolumes van die twee groepe deurgaans betekenisvol. Die Zoeloe-groep toon in alle gevalle die groter spiervolume as die Boesmangroep. Die verskuiwings wat in die spiervolumes voorgekom het nadat die aanpassings vir romp- en ledemaatsegmentlengtes gedoen is, is dat albei die groepe se spiervolumewaardes nader na mekaar beweeg het. Die grootste verskuiwing het by die rompspiervolume plaasgevind, waar die absolute rompspiervolume vir beide die twee groepe negatiewe waardes gehad het, het die waardes by die proporsionele rompspiervolume positief en nog groter as die absolute waardes geword. Die segmentspiervolume waar die Boesman- en die Zoeloe-groepe die minste van mekaar verskil, is by die bo-armspiervolume.

5.3 GEVOLGTREKKINGS

Die grootste absolute rompspiervolume word by die blank-oud groep aangetref en die kleinste absolute rompspiervolume by die Boesmangroep, terwyl by die

proporsionele rompspiervolume is dit die Zoeloe groep wat die grootste spiervolume toon en die blank-oud groep wat die kleinste rompspiervolume toon. Die Boesman- en Zoeloe groep se waardes het na die aanpassing vir romplengte baie groter geword as die aanvanklike absolute waardes. Die verandering is moontlik toe te skryf aan die anderse leefwyse waaronder die Boesman en die Zoeloe opgegroeï het (gewoond aan harde hande arbeid) of aan genetiese oordraging van die spesifieke eienskap.

By die absolute en proporsionele bo-armspiervolume is dit die blank-oud met die grootste spiervolume en die Boesman met die kleinste. Die invloed van genetica is moontlik verantwoordelik vir die klein spiervolume van die Boesman (wat bekend is vir sy ektomorfiese bou), terwyl die groot bo-armspiervolume van die blank-oud groep moontlik te wyte is aan die vroeëre leefwyse (voordat ontwikkeling en tegnologie 'n rol in die huidige leefwyse van die blankes begin speel het) van die blanke, dus was hulle ook blootgestel aan hande arbeid .

Die blank-oud groep toon die grootste absolute voorarmspiervolume en die Boesman groep die kleinste. Die grootste proporsionele voorarmspiervolume kom by die blank-jonk groep voor met die Boesman groep wat die kleinste proporsionele voorarmspiervolume toon. Die groter absolute voorarmspiervolume van die blank-oud groep is as gevolg van die langer voorarm lengte van die groep, die Boesman se voorarm lengte is ook die kortste, dus die spiervolume sal dan ook die kleinste wees. Die soort opleiding waaraan die blank-jonk groep blootgestel was tydens hulle basiese opleiding, is moontlik die rede vir die groter proporsionele voorarmspiervolume. Die ektomorfiese bou van die Boesman dra moontlik ook by tot die kleiner spiervolume van die Boesman.

Die absolute bobeenspiervolume van die blank-oud groep is die grootste en die Boesmangroep se absolute bobeenspiervolume die kleinste. Die bobeenlengte van die blank-oud groep is ook die langste en die van die Boesman die kortste dus moontlik die redes vir die verskynsel. By die proporsionele bobeenspiervolume is dit die Zoeloe groep wat die grootste spiervolume toon en die blank-jonk die kleinste spiervolume.

Die blank-oud se absolute kuitspiervolume is die grootste en die Boesmangroep se absolute kuitspiervolume die kleinste. Die blank-jonk groep se proporsionele kuitspiervolume vertoon die grootste van die vier proefgroepe en die Boesmangroep die kleinste proporsionele kuitspiervolume. Adams et al., (1981:259) het bevind dat die nie-blanke groepe skraler kuite as die blanke groepe toon en wat ook in ooreenstemming is met wat hier bevind is.

As gekyk word hoe die blank-oud, blank-jonk, Boesman en Zoeloe in geheel vertoon (absoluut en proporsioneel), kan 'n profiel van die uitsonderlikste kenmerke van elke groep gegee word. Die blank-oud groep toon (sonder enige aanpassings) deurgaans die grootste romp- en ledemaatspiervolumes van die vier proefgroepe, dus teoreties behoort die blank-oud groep, in vergelyking met die ander groepe, gespierd te vertoon, dog as die spiervolumewaardes aangepas word vir die segmentlengtes, is dit slegs by die bo-armspiervolume waar die blank-oud groep die grootste spiervolume toon. By die proporsionele rompspiervolume is die blank-oud groep die groep wat die kleinste van al die groepe vertoon.

Die blank-jonk groep toon geen uitsonderlike kenmerk as die absolute spiervolumes van die proefgroepe vergelyk word nie, maar by die proporsionele spiervolumes is dit die groep wat die grootste bo-arm- en voorarmspiervolume toon. Daarteenoor

vertoon die blank-jonk groep die kleinste proporsionele bobeenspiervolume van al die groepe. Dus kan gesê word dat die blank-jonk groep in vergelyking met die ander proefgroepe, gespierde arms, maar skraal bene toon.

Die Boesmangroep se absolute spiervolumes is deurgaans die kleinste van al die proefgroepe en ook by die proporsionele spiervolume vertoon die Boesman die kleinste bo-arm-, voorarm- en kuitspiervolume. Die Boesman doen dus sy benoeming as ektomorf gestand, behalwe by sy proporsionele rompspiervolume waar die groep baie beter vertoon as die blanke groepe. 'n Moontlike verduideliking vir die ektomorfiese bou van die Boesman kan wees in hoe 'n mate die bevolkingsgroep se groei gestrem is deur wanvoeding en of dit van so 'n aard was dat die groep later kon opvang met die groeifase en of die wanvoeding vir 'n te lang periode aangehou het. Carter (1980:70) wys op die gevolge van wanvoeding gedurende die kinderjare en noem dat persone wat gedurende hulle kinderjare aan wanvoeding bloot gestel was, 'n onderbreking in die groeiproses toon, maar as kosvoorrade later voldoende is, vind 'n 'opvangfase' plaas waar die kinders dan vinniger groei as wat gewoonlik die geval sou gewees het. Indien die wanvoeding oor 'n lang tydperk strek, kan die effek blywend van aard wees en die persoon sal later in sy lewe 'n algehele agterstand hê, nie net ten opsigte van lengte en ontwikkeling nie, maar ook wat breinvermoë betref en die algehele gesondheidstoestand van die persoon sal daar onder ly.

Die enigste plek waar die Zoeloe-groep uitstaan is by die proporsionele romp- en bobeenspiervolume, waar hulle die grootste spiervolumes toon. Die Zoeloe is dus 'n etniese groep wat in vergelyking met ander groepe oor goeie spierontwikkeling in die romp en bobene beskik.

Soos reeds uitgewys in die literatuur, is dit moeilik om variasie in antropometriesse verskille tussen etniese groepe toe te skryf aan omgewings- of genetiese faktore. In die soeke na gevolgtrekkings om te bepaal of die verskille in spiervolumes tussen die twee blanke ouderdomsgroepe, die Boesman- en die Zoeloe-groep omgewingsgebonde of geneties van aard is, is van die faktore wat in gedagte gehou moet word die volgende: Die verskil in die fisieke aktiwiteitsvlak van die verskillende proefgroepe, die verskil in die omgewing waaruit die mense oorspronklik kom en die verskillende eise wat dit aan hulle inwoners stel. Die leefwyse van die mense deur die jare - die Boesman en die Zoeloe wat hoofsaaklik aangewys is of was op jag vir oorlewing (Boesman - pyl-en-boog en Zoeloe - spies), dus die hoofaktiwiteit van die mense konsentreer op die romp- en armspiere van die etniese groepe.

Die blank-jonk groep het net voor die afmetings gemaak is 'n nege maande basiese opleiding in die Weermag voltooi en kon in heelwat gevalle die laaste gedeelte van hulle groeifase beleef het. Die blank-oud groep aan die ander kant, is nie so aktief nie en spieratrofie kon moontlik al ingetree het, maar het ook in die verlede (as gevolg van die toentertydse gebrek aan tegnologie) harder as die huidige jong geslag gewerk. Daar kan dus vir bewyse gesoek gaan word dat die blanke jongmense van vandag 'n meer sedentêre leefwyse voer as die blankes van twee dekades gelede.

Op grond van die resultate van die ondersoek word die gestelde hipoteses nie verwerp nie. Betekenisvolle verskille kom tussen die absolute en proporsionele spiervolumes van die manlike blanke, Boesman en Zoeloe voor.

HOOFSTUK 6

SAMEVATTING, GEVOLGTREKKINGS EN AANBEVELINGS

6.1 SAMEVATTING EN GEVOLGTREKKINGS

Die probleem wat in hierdie ondersoek aan die orde gestel is, was die geheel of gedeeltelike ontbreking van kennis oor die fisieke samestelling, spesifiek spiervolumes, van die blanke, Boesman en Zoeloeman in die literatuur. Verder het bestaande ondersoeke ook geen proporsionele vergelykings tussen groepe gemaak waar dit dienlik sou wees nie. In hoofstuk 2 is die interaksie tussen die omgewing en genetica ten opsigte van variasie in liggaamsamestelling binne en tussen populasies bespreek en in hoofstuk 3 word liggaamsamestelling, met spesifieke verwysing na die berekening van spiervolumes, bespreek. Hoofstuk 4 handel oor die metode waarvolgens die onderhawige ondersoek geloots is en verskaf ook voorbeelde van hoe die resultate aangebied sal word. Hoofstuk 5 handel oor die resultate van die ondersoek en sluit in die beskrywende statistiek van die absolute en proporsionele waardes van die veranderlikes, die bespreking van die resultate en gevolgtrekkings.

Soos blyk uit die samevatting van hoofstuk 2 is die variasie in liggaamsamestelling binne en tussen populasies hoofsaaklik afhanklik van twee faktore, naamlik die omgewing en genetica. Volgens Eveleth en Tanner (1976:224) is die morfologiese variasie tussen populasies of rasse nie net toe te skryf aan een van die twee faktore nie, maar aan 'n interaksie tussen die twee. In die onderhawige ondersoek is ras as groepveranderlike gebruik, en het geblyk die mees voor die hand liggende voorspeller van verskille in morfologie te wees. So 'n bevinding moet egter versigtig

interpreteer word, want omgewingsfaktore wat 'n invloed kon hê en wat die ondersoek voorafgegaan het en voordat die mense aan Weermagomstandighede blootgestel is, is nie in aanmerking geneem nie. Tog is die verskillende bevolkingsgroepe vir minstens een jaar en meestal meer vergelykbare omgewingsfaktore, naamlik die omstandighede en voeding in die Weermag, blootgestel.

Spiervolumeverskille tussen die blanke, Boesman en Zoeloe is dus ondersoek met die wete dat omgewingsfaktore tydens die groeifase van die drie proefgroepe nie gekontroleer kon word nie.

Om 'n akkurate bepaling van die variasie in morfologie, spesifiek spiervolumes, van die Boesman, blanke en die Zoeloe te kon maak, was dit nodig om die algemeenste metodes waarvolgens spiervolumes bereken word, te evalueer (sien hoofstuk 3). Hiermee is bepaal watter metode toepaslik en betroubaar vir die spesifieke ondersoek sal wees. Die antropometriese metode wat as gepas beskou is vir die berekening van die onderskeie segmentspiervolumes van die proefgroepe, is aanvanklik voorgestel deur Wartenweiler, gekorrigeer deur Copley, maar met die aannames van Van der Walt et al., (1984:230) en ook Drinkwater (sien hoofstuk 4).

In hoofstuk 5 is eerstens die absolute romp-, bo-arm-, voorarm-, bobeen- en kuitspiervolumes van die blankes, Boesmans en die Zoeloes met mekaar vergelyk. Om 'n meer akkurate begrip van die verskille in die spiervolumes tussen die groepe te kry, is die proporsionele romp-, bo-arm-, voorarm-, bobeen- en kuitspiervolumes vergelyk. Die verskuiwings wat na die aanpassing van die absolute na die proporsionele spiervolumes plaasgevind het, is in aanmerking geneem en moontlike verklarings is vir die verskuiwings aangevoer. Die faktore wat in aanmerking

geneem is tydens die bespreking van die resultate is die verskille in segmentlengte tussen die groepe, omgewingsfaktore, genetiese faktore, voedingsfaktore, aktiwiteitsvlak, ouderdom en vroeëre leefwyse.

Die gevolgtrekkings wat voortgevloei het uit die bespreking van die resultate het dit moontlik gemaak om 'n profiel van die uitsonderlikste kenmerke van elke proefgroep saam te stel (sien p. 105). Die voorgestelde profiele kan vergelyk word met die resultate van spiervolume ondersoeke wat op sportmanne gedoen is, soos byvoorbeeld die studie van Van der Walt et al., (1984:236). Die resultate van Van der Walt en medewerkers se ondersoek is proporsioneel op 'n skimfiguur voorgestel en maak dit sodoende moontlik om die onderhawige studie se resultate met die van die Van der Walt-studie te vergelyk. Omdat die metode van ondersoek en die statistiese verwerking van die data tussen die twee studies verskil, moet die resultate wat voortspruit uit so 'n vergelyking, slegs as algemene riglyne beskou word.

As gaan kyk word na onderskeidelik die proporsieprofiele van die ouer blanke en jonger blanke groepe (hierdie ondersoek), en dit word vergelyk met die resultate van die ondersoek op sportmanne, is daar ooreenstemming tussen die groot boonste ledemaatspiervolumes van die blanke groepe en die van sportmanne wat deelneem aan items soos gewigoptel, liggaamsbou en gimnastiek, dus kragitems. Die onderste ledemaatspiervolumes van die proefgroepe (blankes) is relatief klein in verhouding tot die boonste ledemaatspiervolumes en die enigste sportsoort waar die profiel tot voordeel kan wees, is by gimnastiek. Ander sportsoorte wat ook in 'n mate bevoordeel kan word deur die voorgestelde profiel is judo, waterpolo, strandlewensredding en waterski.

Die profiel van die Boesman (p.106) toon klein boonste en onderste ledemaatspiervolumes. Dit is in ooreenstemming met die profiel van sportmanne wat deelneem aan ysskaats en middel- en langafstande, terwyl die profiel van die Zoeloe, met sy relatief klein boonste ledemaatspiervolumes, meer gepas is vir sportsoorte soos boks, basketbal en middel- en langafstande. Die enigste sportsoort wat baat vind by klein boonste ledemaatspiervolumes en groter onderste ledemaatspiervolumes is veldhokkie.

Die rompspiervolumes van die blanke, Boesman en Zoeloe is nie met die resultate van Van der Walt en medewerkers se ondersoek vergelyk nie, omdat soortgelyke inligting nie deur Van der Walt en medewerkers beskikbaar gestel is nie. Die enigste twee groepe wat in die onderhawige ondersoek van die skrywer 'n relatiewe groot rompspiervolume getoon het, is die Boesman en die Zoeloe. Sportsoorte wat moontlik kan verband hou met groot rompspiervolumes behels 'n verskeidenheid soos, byvoorbeeld spiesgooi, gewigoptel, swem en stoei.

Op grond van die resultate van die onderhawige ondersoek en die vergelykings wat getref is tussen die blanke, Boesman en Zoeloe se moontlike sportvaardighede, word die gestelde hipoteses vir die ondersoek nie verwerp nie. Betekenisvolle verskille kom wel voor tussen die absolute spiervolumes van die blanke, Boesman en die Zoeloeman en betekenisvolle verskille is ook teenwoordig tussen die proporsionele spiervolumes van die groepe.

6.2 AANBEVELINGS

Die ondersoek het getoon dat daar wel verskille in die spiervolumes tussen blankes, Boesmans en Zoeloes voorkom. Dit was nie moontlik om die effek van verskille in omgewingsfaktore op die spierontwikkeling tydens die groeifase van die groepe te isoleer nie. Die aanduiding bestaan egter dat die oorsaak vir verskille hoofsaaklik geneties is. Met die huidige verwestering waaraan, en westerse omstandighede waaronder die Boesman en die Zoeloe tans begin opgroei, behoort 'n ondersoek van stapel gestuur te word waarmee die bydrae van omgewingsfaktore en genetiese verskille tot die spiervolumes van die groepe gepeil te kan word. Dit behoort antwoorde op die volgende vrae te kan lewer:

Is daar 'n verskil in die gemiddelde spiervolumes van die tradisionele etniese groepe en verwesterde groepe?

Is die Boesman as gevolg van genetika ektomorfies en die Zoeloe mesomorfies of is dit 'n resultaat van die omgewing waaraan die groepe blootgestel was tydens hulle groeifase?

Is dit 'n genetiese eienskap dat die Boesman se liggaamsbou geskik is vir middel- en langafstande of is dit die invloed van die aard van sy leefwyse dat hy oor die jare ontwikkel het as iemand wat oor goeie uithouvermoë beskik en dat sy spiere so gekondisioneer is as gevolg van die aerobiese aktiwiteit waaraan hy blootgestel was?

'n Soortgelyke ondersoek, soos gedoen deur die skrywer, moet gedoen word, maar met die aanbeveling dat die metode van ondersoek ooreenstem met die van die studie gedoen deur Van der Walt et al., (1984:230). Die resultate van so 'n ondersoek, mag moontlik meer vergelykbare resultate van die twee studies bewerkstellig en 'n beter bydrae lewer tot die afrigting en seleksie van sportmanne vir bepaalde sportsoorte. In die ondersoek van Van der Walt et al., (1984) moet die

verwerking en resultate van rompspiervolumes van sportmanne ook beskikbaar gestel word sodat 'n volledige antropometriese spiervolumeprofiel vir elke sportsoort sal bestaan.

Ondersoeke van 'n soortgelyke aard as die in hierdie ondersoek, moet ook vir ander bevolkingsgroepe van stapel gestuur word sodat die inligting oor die bevolkingsamestelling wat in Suid-Afrika voorkom, vollediger sal wees.

BIBLIOGRAFIE

- ADAMS, J., BAGNALL, K.M., McFADDEN, K.D. & MOTTOLA, M. 1981. Body density differences between Negro and Caucasian professional football players. British journal of sports medicine, 15(4):257 - 260.
- BOUCHARD, C. 1988. Human variation in anthropometric dimensions. (In Lohman, T.G., Roche, A.F., Martorell, R., (eds.) Anthropometric standardization reference manual. Champaign, Ill: Human Kinetics Books. p.103-107.)
- BRYANT, A.T. 1949. The Zulu people. Pietermaritzburg: Shuter and Shooter, 769p.
- BUSKIRK, E.R. 1987. Body composition analysis: The past, present and future. Research Quarterly for exercise and sport, 58(1):1-10.
- CARTER, N. 1980. Development, growth and ageing. London: Croom Helm, 169p.
- COPLEY, B.B. 1981. Revised formulae for the prediction of tissue indices from anthropometric data. S.A. Journal for research in sport, physical education and recreation, 4(1):23-31.
- COPLEY, B.B. 1983. Body composition and activity. Pretoria: SAVSLOR. (SAVSLOR Publikasies, no 2.)

DORNAN, S.S. 1925. Pygmies and Bushmen of the Kalahari. Londen: Seely Service & Co. Ltd., 318p.

DRINKWATER, D.T. 1984. An anatomically derived method for the anthropometric estimation of human body composition. 324p. (Thesis (D.Phil.) - Simon Fraser University.)

EVELETH, P.B. & TANNER, J.M. 1976. Worldwide variation in human growth. Cambridge University Press: Cambridge, 492p.

FRISANCHO, A.R. 1974. Triceps skin fold and upper arm muscle size norms for assessment of nutritional status. The American journal of clinical nutrition, 27:1052-1058.

HEYMSFIELD, B.B., McMANUS, C., STEVENS, V. & SMITH, J. 1982. Muscle mass: reliable indicator of proteien - energy malnutrition severity and outcome. The American journal of clinical nutrition, 35:1192-1199.

HEYMSFIELD, B.B., McMANUS, C., STEVENS, V., SMITH, J. & NIXON, W.J. 1982. Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. The American journal of clinical nutrition, 36:680-690.

HILL, M.A. 1984. BMDP User's guide. A condensed guide to the BMDP Computer Programs. 4e uitg. Los Angeles, BMDP Statistical Software, Inc. p.1-157.

KROEBER, A.L. 1923. Anthropology. Londen: George Harrap.

LOHMAN, T.G., ROCHE, A.F., MARTORELL, R. 1988. Anthropometric standardization reference manual. 1e uitg. Champaign, Ill: Human Kinetics Books. 177p.

MALINA, R.M. 1988. Physical anthropology. (In LOHMAN, T.G., ROCHE, A.F., MARTORELL, R., (reds.) Anthropometric standardization reference manual. Champaign, Ill: Human Kinetics Books. p.99 - 102.)

MARTIN, A.D., SPENST, L.F., DRINKWATER, D.T. & CLARYS, J.P. 1990. Anthropometric estimation of muscle mass in men. Medicine and science in sports and exercise, 22(5): 729 - 733.

NEI, M. & ROYCHOUDHURY, A.K. 1974. Genetic variation within and between the three major races of man, Caucasoids, Negroids, and Mongoloids. American journal of human genetics, 26:421 - 443.

O'KEEFE, S.J.D. & LAVENDER, R. 1989. The plight of modern Bushmen. The Lancet: 255 -258, Julie.

PUTTER, W.J. 1964. Die liggaamlike geskiktheid van blanke en nie-blanke mans. Doktorale verhandeling. PU vir CHO.

ROSS, W.D., WARD, R., LEAHY, R.M. & DAY, J.A.P. 1982. Proportionality of Montreal athletes (In J.E.L. Carter (red), Physical Structure of Olympic athletes: Part 1. The Montreal Olympic Games Anthropological Project (p.81-106). Basel: Karger.

ROSS, W.D. & WARD, R. 1982. Human proportionality and sexual dimorphism. (In Sexual dimorphism in homo sapiens. HALL, R.L. (red.) Saeger: New York, 1982.

SHEPHARD, R.J., BOUHLEL, E., VANDEWALLE, H. & MONOD, H. 1988. Muscle mass as a factor limiting physical work. Journal of applied physiology, 64(4):1472-1479.

TOBIAS, P.V. 1978. The Bushmen. Cape Town: Human & Rossouw Publishers, 206p.

VAN DER WALT, T.S.P., BLAAUW, J.H., DESIPRE, M., COPLEY, B.B., DAEHNE, H.O. & VAN RENSBURG, J.P. 1984. Proportionality of muscle mass measurements in different sports. (In DAY, J.A.P., red. The 1984 Olympic Scientific Congress Proceedings: Volume 1. Perspectives in Kinanthropometry. Champaign, Ill: Human Kinetics Publishers, Inc. p. 229-238.)

VAN DER WALT, T.S.P. & TURNBULL, R.C. 1985. Lower limb muscle volume of South African middle and long distance runners. S.A. Tydskrif vir navorsing in sport, liggaamlike opvoedkunde en ontspanning, 8(2): 17 - 22.

VAN DER WALT, T.S.P. & DE RIDDER, J.H. 1986. Projek ANTSAM. PU vir CHO.

VAN DER WALT, T.S.P. & DE RIDDER, J.H. 1990. Projek Gladiator. PU vir CHO.

WARTENWEILER, J., HESS, A. & WüEST, B. 1984. Anthropologic measurements and performance. (*In* Larson, L.A. (*red.*) Fitness, health and work capacity. Macmillan Publishing Co., Inc. New York. p 211 - 240.)

WILMORE, R.M. 1988. Body composition in sport and physical exercise: Directions for future research. Medicine and science in sports and exercise, 15(1):21 - 31.

BYLAAG A

LIGGAAMSMASSA

Die persoon staan regop op die skaal met sy gewig eweredig versprei op albei voete.

1. LIGGAAMSLENGTE

Die vertikale afstand vanaf die voetsole tot by die verteks. Die persoon staan regop met sy kop in die Frankfortvlak, hakke effens van mekaar en gewig eweredig versprei op albei voete. Die oor, akromion, groter troganter, agterkant van die patella en voorkant van kalkaneus reg onder mekaar. Die hare word weggedruk om teenaan die kopvel te meet.

2. ROMPLENGTE

Romplengte word bereken soos volg:

liggaamslengte - troganterionhoogte - (liggaamslengte - akromiale hoogte).

3. AKROMIALE HOOGTE

Die vertikale afstand vanaf die voetsole tot by die boonste mees laterale punt van die akromionuitsteeksel. Die liggaamshouding soos vir die meet van liggaamslengte.

4. RADIALE HOOGTE

Die afstand vanaf die voetsole tot die mees laterale rand van die radius. Die liggaamshouding soos vir die meet van liggaamslengte.

5. TROGANTERIONHOOGTE

Die afstand vanaf die voetsole tot by die boonste punt van die groter troganter. Die liggaamshouding soos vir die meet van liggaamslengte.

6. STILLIONHOOGTE

Die afstand vanaf die voetsole tot by die stilloëid van die radius. Die liggaamshouding soos vir die meet van liggaamslengte.

7. TIBIALE HOOGTE

Die afstand vanaf die voetsole tot by die boonste mees laterale punt op die laterale kondiel van die tibia. Die liggaamshouding is soos vir die meet van liggaamslengte.

8. BO-ARMOMTREK - ONTSPANNE

Die omtrek van die bo-arm terwyl dit afwaarts hang, halfpad tussen die akromiale uitsteeksel en die kop van die radius.

9. VOORARMOMTREK - ONTSPANNE

Die grootste voorarmomtrek terwyl die arm afwaarts hang.

10. POLSOMTREK

Die omtrek van die polsgewrig, distaal van die polskneukels.

11. BORSOMTREK - MESOSTERNAAL

Die grootste omtrek van die romp op die hoogte van die vierde tussenribruimte met die asem volledig ingetrek.

12. ABDOMENOMTREK - KLEINSTE

Die kleinste omtrek van die romp by die abdomengedeelte.

13. BOBEENOMTREK - GLUTEAAL

Die omtrek van die bobeen net distaal van die gluteale vou.

14. BOBEENOMTREK - BOKANT KNIE

Die omtrek van die bobeen net proksimaal van die femorale epikondiles.

15. KUITOMTREK

Die persoon staan met sy gewig eweredig versprei oor albei voete. Die omtrek word geneem oor die grootste deel van die kuit.

16. ENKELOMTREK

Die persoon staan met gewig eweredig versprei oor albei voete. Die omtrek word geneem oor die kleinste omtrek van die kuit net proksimaal van die malleoli.

17. TRISEPSVELVOU

'n Vertikale velvou word geneem op die halfpadmerk tussen die akromiale - en radiale landmerke op die posterior oppervlakte van die bo-arm.

18. SUBSKAPULÊRE VELVOU

Die velvou word geneem direk onder die inferior hoek van die skapula in 'n laterale afwaartse rigting teen 'n hoek van 45° van die horisontale.

19. VOORARMVELVOU

Die velvoudikte op die deel van die grootste omtrek van die voorarm.

20. ABDOMENVELVOU

Die velvoudikte ongeveer sewe sentimeter bokant die iliospinale uitsteeksel en op die denkbeeldige lyn wat die akromiale en iliospinale uitsteeksels sou verbind.

21. DYVELVOU

Die velvoudikte op die voorkant van die bobeen halfpad tussen die groter troganter en die kop van die tibia.

22. KUITVELVOU

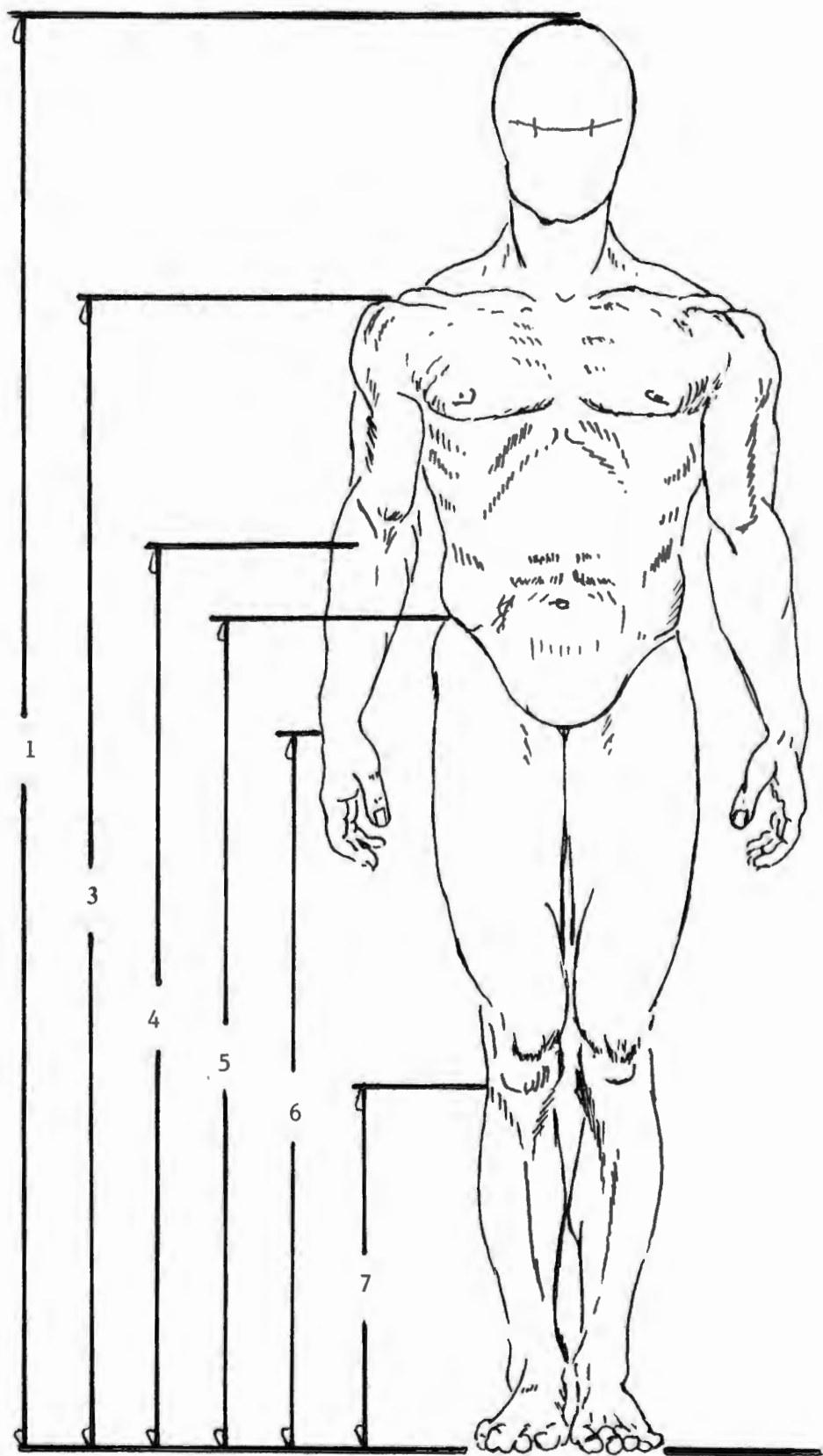
Die velvoudikte op die mediale kant van die kuit op die hoogte van die grootste kuitomtrek.

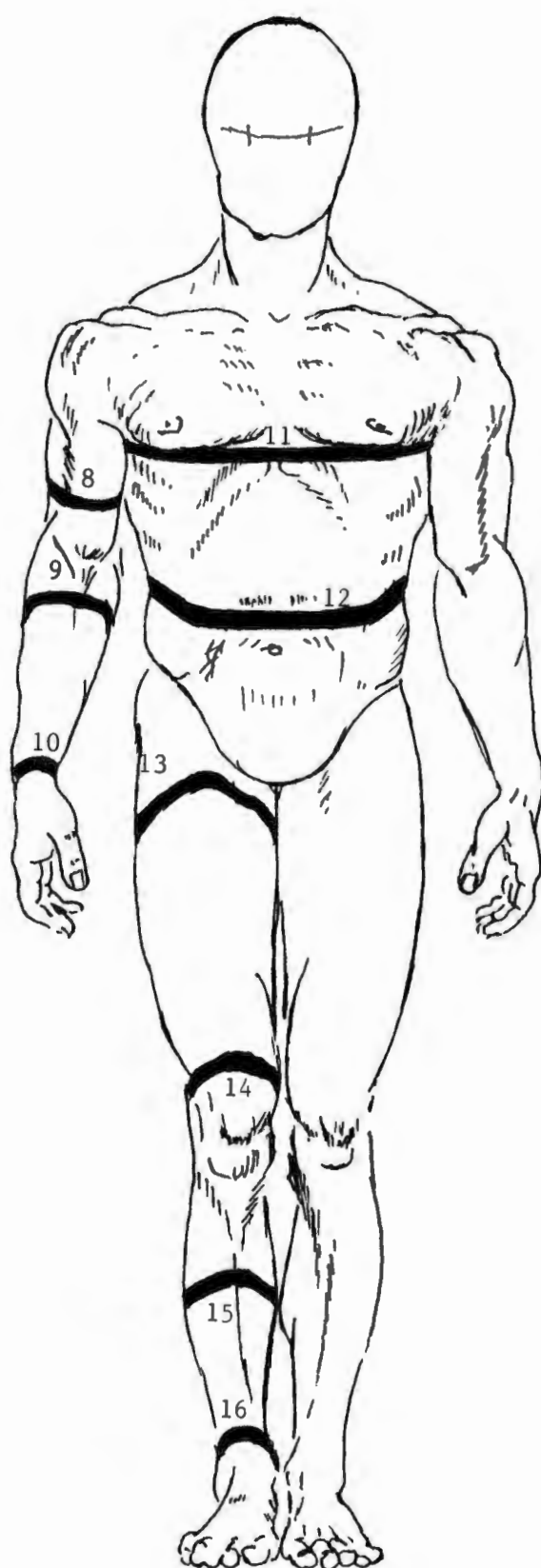
23. EPIKONDILÊRE DEURSNEE

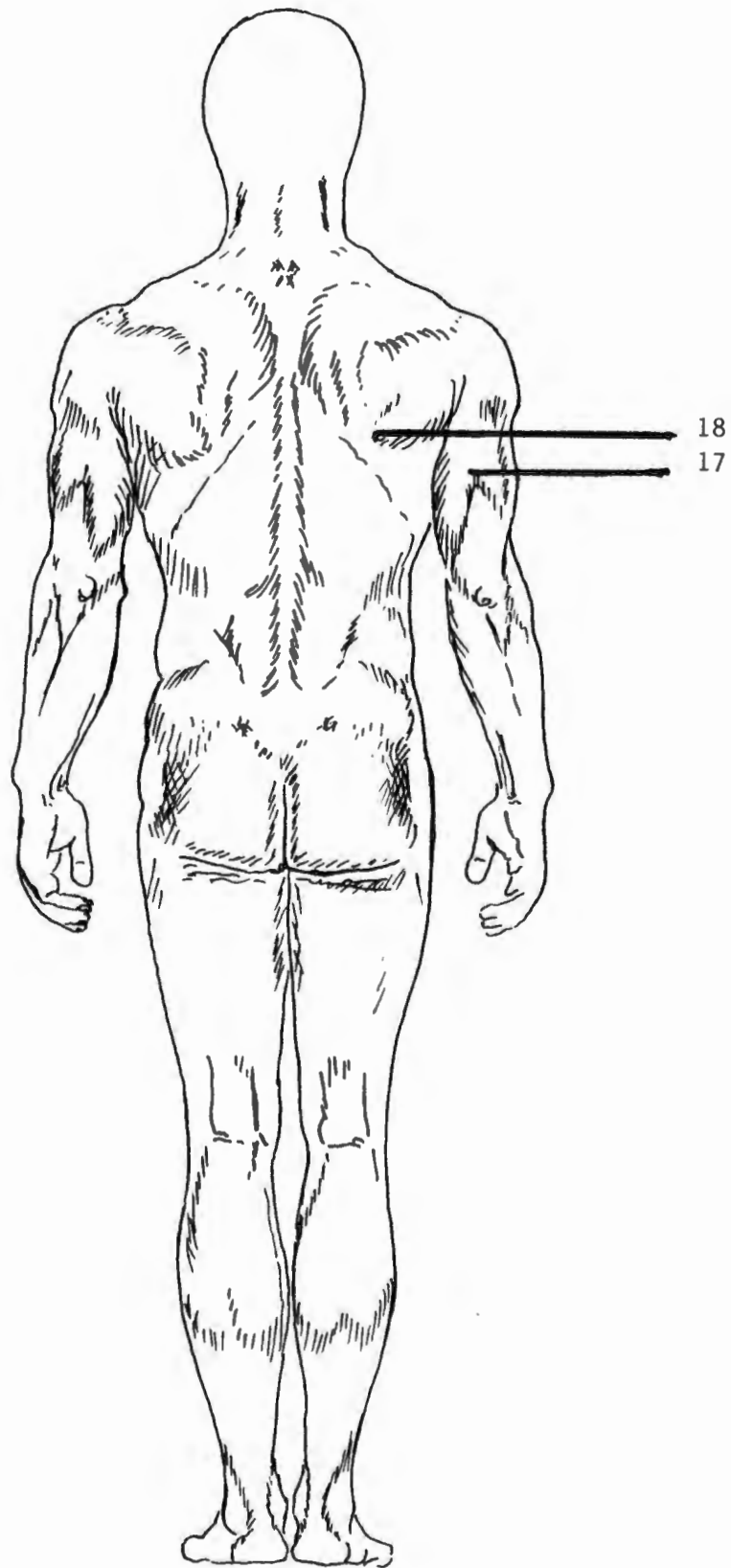
Die afstand tussen die epikondilusse van die femur.

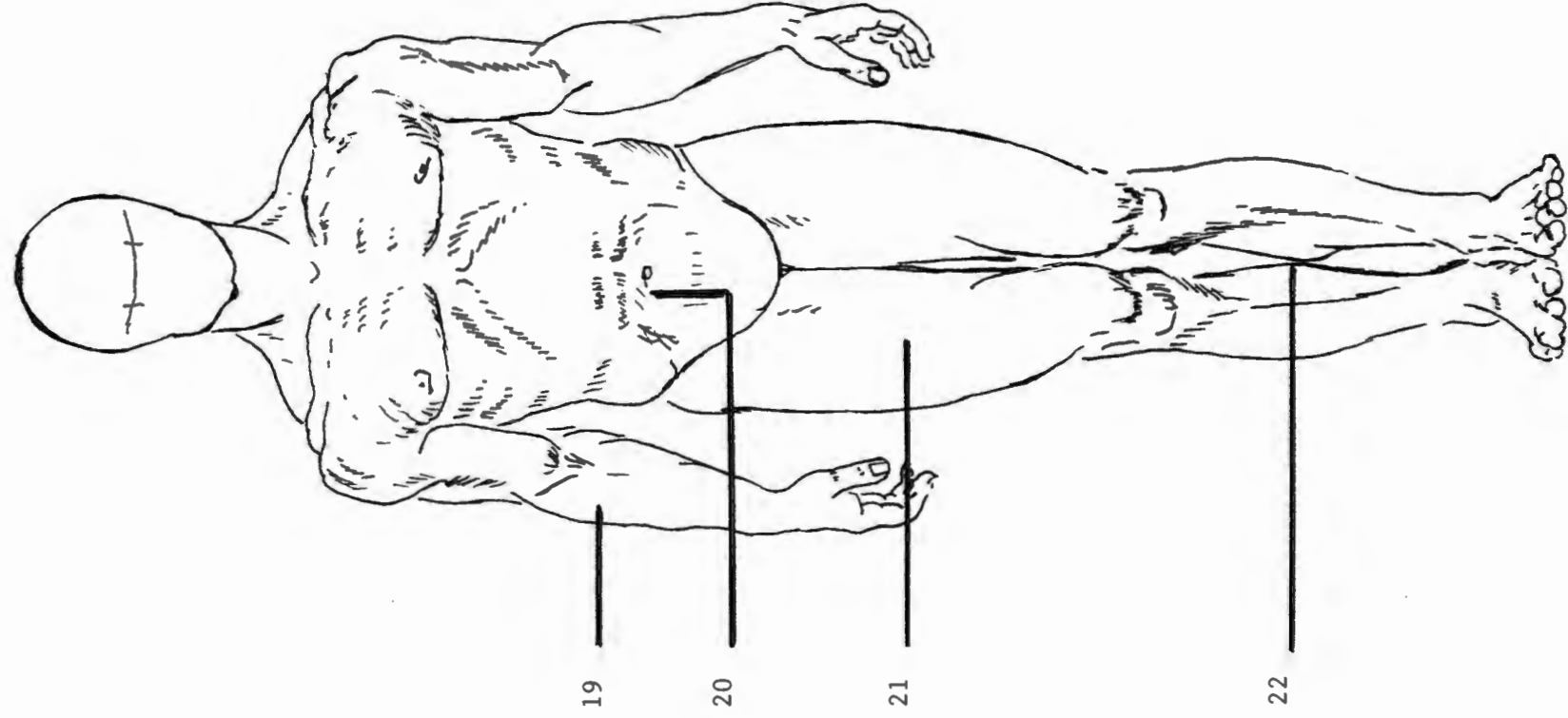
24. BI-EPIKONDILÊRE DEURSNEE

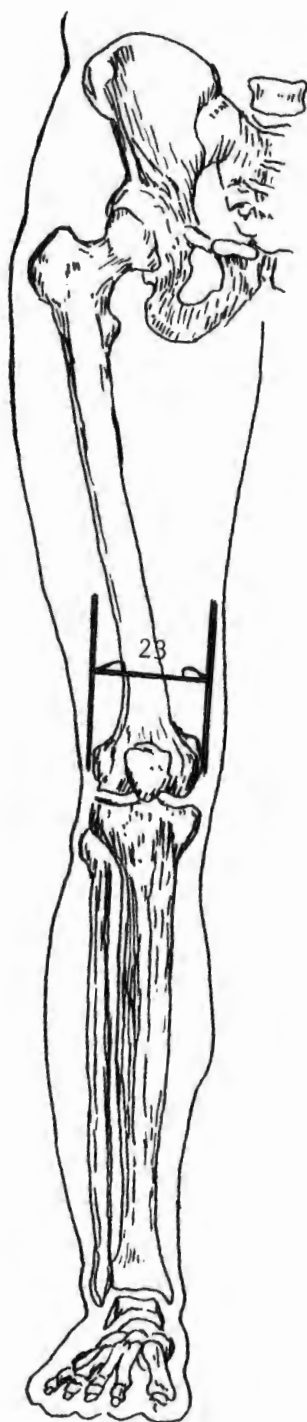
Die afstand tussen die epikondilusse van die humerus.

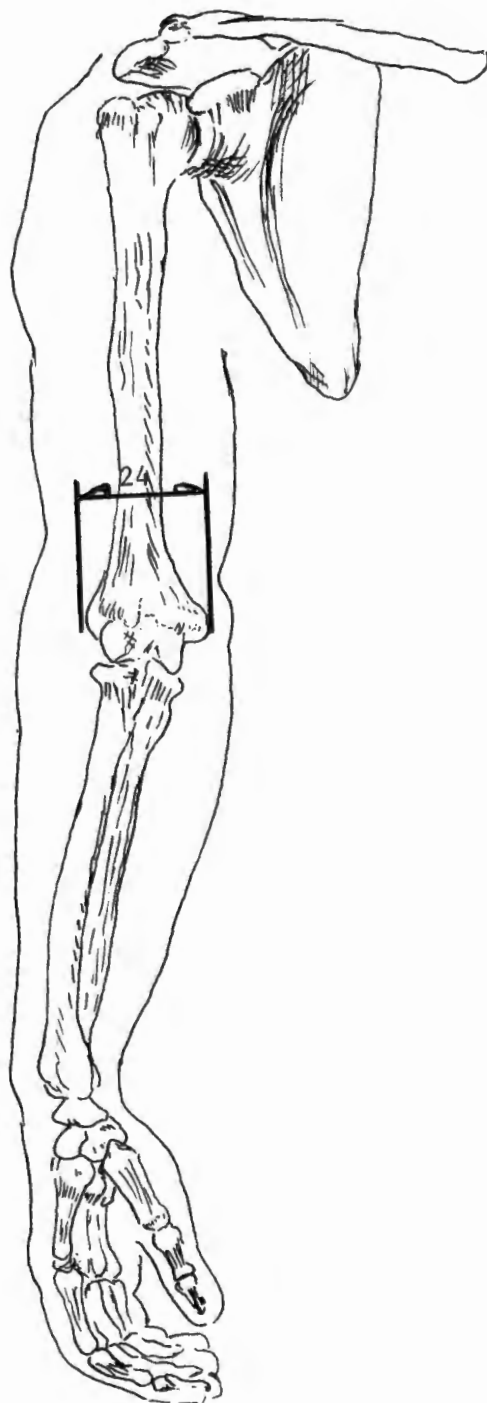












BYLAAG B

FORMULES VIR DIE BEREKENING VAN 'N ROMPSPIERVOLUME

$$a) \quad V1 = 1/3 \times L \times (a1 + b1 + (a1 \times b1)^{0,5})$$

waar

$$a1 = \pi \times ra1^2;$$

$$b1 = \pi \times rb1^2;$$

$$L = \text{romplengte (cm);}$$

$$= \text{liggaamslengte - troganterionhoogte - (liggaamslengte - akromiale hoogte);}$$

$$\pi = 3,1416;$$

en

$$ra1 = \text{borsomtrek (cm)} / 2\pi;$$

$$rb1 = \text{abdomenometrek (cm)} / 2\pi.$$

$$b) \quad V2 = 1/3 \times L \times (a2 + b2 + (a2 \times b2)^{0,5})$$

waar

$$a2 = \pi \times ra2^2;$$

$$b2 = \pi \times rb2^2;$$

en

$$ra2 = ra1 - \text{veldikte (cm)} (0,24\text{cm});$$

$$rb2 = rb1 - \text{veldikte (cm)} (0,13\text{cm}).$$

$$c) \quad V3 = 1/3 \times L \times (a3 + b3 + (a3 \times b3)^{0,5})$$

waar

$$a3 = \pi \times ra3^2;$$

$$b3 = \pi \times rb3^2;$$

en

$$ra3 = ra2 - \text{subskapulêre velvou (cm);}$$

$$rb3 = rb2 - \text{abdominale velvou (cm).}$$

$$d) \quad V4 = 1/3 \times L \times (a4 + b4 + (a4 \times b4)^{0,5})$$

waar

$$a4 = \pi \times ra4^2;$$

$$b4 = \pi \times rb4^2;$$

en

$$ra4 = ra3 - \text{toegekende spierdikte (4cm);}$$

$$rb4 = rb3 - \text{toegekende spierdikte (4cm).}$$

$$e) \quad V5 = 1/3 \times L \times (a5 + b5 + (a5 \times b5)^{0.5})$$

waar

$$a5 = \pi \times ra5^2;$$

$$b5 = \pi \times rb5^2;$$

en

$$ra5 = ra4 - \text{toegekende beendikte (2cm)};$$

$$rb5 = rb4 - \text{toegekende beendikte (2cm)}$$

Let wel: Waardes vir die spier- en beendikte is arbitrêr toegeken.

Bepaling van weefselvolumes:

$$V_{vel} = K_{ts} \times (V1 - V2)$$

$$V_{vet} = K_{ta} \times (V2 - V3)$$

$$V_{spr} = K_{tm} \times (V3 - V4)$$

$$V_{bn} = K_{tb} \times (V4 - V5)$$

$$V_{res} = K_{tr} \times (V5)$$

waar

K_{ts} tot K_{tr} = volume koëffisiënte onderskeidelik vir die vel, vet, spier, been en residuele van die romp;

en

$$K_{ts} = 1,50;$$

$$K_{ta} = 1,48;$$

$$K_{tm} = 0,58;$$

$$K_{tb} = 0,74 \text{ en}$$

$$K_{tr} = 1,46.$$

FORMULES VIR DIE BEREKENING VAN SPIERVOLUMES VIR DIE BO-ARM EN VOORARM

Bo-arm:

$$a) \quad V1 = 1/3 \times L \times (a1 + b1 + (a1 \times b1)^{0.5})$$

waar

$$a1 = \pi \times ra1^2;$$

$$b1 = \pi \times rb1^2;$$

$$L = \text{armlengte (cm);}$$

$$= \text{akromiale hoogte - radiale hoogte;}$$

$$\pi = 3,1416;$$

en

$$ra1 = \text{armomtrek (cm)} / 2\pi;$$

$$rb1 = \text{bi-epikondilêre deursnee (cm)} / 2.$$

$$b) \quad V2 = 1/3 \times L \times (a2 + b2 + (a2 \times b2)^{0.5})$$

waar

$$a2 = \pi \times ra2^2;$$

$$b2 = \pi \times rb2^2;$$

en

$$ra2 = ra1 - \text{veldikte (cm)} (0,24\text{cm});$$

$$rb2 = rb1 - \text{veldikte (cm)} (0,13\text{cm}).$$

$$c) \quad V3 = 1/3 \times L \times (a3 + b3 + (a3 \times b3)^{0.5})$$

waar

$$a3 = \pi \times ra3^2;$$

$$b3 = \pi \times rb3^2;$$

en

$$ra3 = ra2 - \text{trisepsvelvou (cm)} \times 0,75;$$

$$rb3 = rb2 - \text{arbitrêre vetweefseldikte (0,2 cm)}.$$

$$d) \quad V4 = 1/3 \times L \times (a4 + b4 + (a4 \times b4)^{0.5})$$

waar

$$a4 = \pi \times ra4^2;$$

$$b4 = \pi \times rb4^2;$$

en

$$ra4 = ra3 - \text{bi-epikondilêre deursnee (cm)} / 2 \times 0,4;$$

$$rb4 = rb3 - \text{bi-epikondilêre deursnee (cm)} / 2 \times 0,4.$$

Voorarm:

$$e) \quad V5 = 1/3 \times L \times (c1 + d1 + (c1 \times d1)^{0,5})$$

waar

$$c1 = \pi \times r^{12};$$

$$d1 = \pi \times rd^{12};$$

L = voorarm lengte (cm)

= radiale hoogte - stillionhoogte;

$$\pi = 3,1416;$$

en

$$rc1 = \text{voorarmomtrek (cm)} / 2\pi;$$

$$rd1 = \text{polsomtrek (cm)} / 2\pi.$$

$$f) \quad V6 = 1/3 \times L \times (c2 + d2 + (c2 \times d2)^{0,5})$$

waar

$$c2 = \pi \times rc^{22}$$

$$d2 = \pi \times rd^{22}$$

en

$$rc2 = rc1 - \text{veldikte (0,2 cm)}$$

$$rd2 = rd1 - \text{veldikte (0,2 cm)}$$

$$g) \quad V7 = 1/3 \times L \times (c3 + d3 + (c3 \times d3)^{0,5})$$

waar

$$c3 = \pi \times rc^{32}$$

$$d3 = \pi \times rd^{32}$$

en

$$rc3 = rc2 - \text{trisepsvelvou (cm)} \times 0,75 / 2 \text{ (skatting van voorarmvelvou)}$$

$$rd3 = rd2 - \text{arbitrêre vetweefseldikte (0,2 cm)}$$

$$h) \quad V8 = 1/3 \times L \times (c4 + d4 + (c4 \times d4)^{0,5})$$

waar

$$c4 = \pi \times rc^{42}$$

$$d4 = \pi \times rd^{42}$$

en

$$rc4 = rc3 - \text{polsomtrek (cm)} / (2 \times \pi) \times 0,4$$

$$rd4 = rd3 - \text{polsomtrek (cm)} / (2 \times \pi) \times 0,4$$

Bepaling van weefselvolumes:

$$V_{\text{vel}} = Kls \times ((V1 - V2) + (V5 - V6))$$

$$V_{\text{vet}} = Kla \times ((V2 - V3) + (V6 - V7))$$

$$V_{spr} = K_{lm} \times ((V_3 - V_4) + (V_7 - V_8))$$

$$V_{bn} = K_{lb} \times (V_4 + V_8)$$

waar

K_{ls} tot K_{lb} = volume koëffisiënte vir onderskeidelik die boonste ledemaat se vel, vet, spier en been;

en

$$K_{ls} = 1,91;$$

$$K_{la} = 2,48;$$

$$K_{lm} = 2,49;$$

$$K_{lb} = 2,43.$$

FORMULE VIR DIE BEREKENING VAN SPIERVOLUME VIR BOBEEN EN KUIT

Bobeen:

$$a) \quad V1 = 1/3 \times L \times (a1 + b1 + (a1 \times b1)^{0.5})$$

waar

$$a1 = \pi \times ra1^2;$$

$$b1 = \pi \times rb1^2;$$

L = bobeenlengte (cm);
= trochanterionhoogte - tibiale hoogte;

$$\pi = 3,1416;$$

en

$$ra1 = \text{bobeenomtrek (cm)} / 2\pi;$$

$$rb1 = \text{epikondilêre deursnee (cm)} / 2.$$

$$b) \quad V2 = 1/3 \times L \times (a2 + b2 + (a2 \times b2)^{0.5})$$

waar

$$a2 = \pi \times ra2^2;$$

$$b2 = \pi \times rb2^2;$$

en

$$ra2 = ra1 - \text{toegekende veldikte (cm) (0,2 cm)};$$

$$rb2 = rb1 - \text{veldikte (cm) (0,2 cm)}.$$

$$c) \quad V3 = 1/3 \times L \times (a3 + b3 + (a3 \times b3)^{0.5})$$

waar

$$a3 = \pi \times ra3^2;$$

$$b3 = \pi \times rb3^2;$$

en

$$ra3 = ra2 - \text{frontale dyvelvou (cm)};$$

$$rb3 = rb2 - \text{arbitrêre vetweefseldikte (0,2 cm)}.$$

$$d) \quad V4 = 1/3 \times L \times (a4 + b4 + (a4 \times b4)^{0.5})$$

waar

$$a4 = \pi \times ra4^2;$$

$$b4 = \pi \times rb4^2;$$

en

$$ra4 = ra3 - \text{epikondilêre deursnee (cm)} / 2 \times 0,4;$$

$$rb4 = rb3 - \text{epikondilêre deursnee (cm)} / 2 \times 0,4.$$

Kuit:

$$e) \quad V5 = 1/3 \times L \times (c1 + d1 + (c1 \times d1)^{0,5})$$

waar

$$c1 = \pi \times rc1^2;$$

$$d1 = \pi \times rd1^2;$$

$$L = \text{kuitlengte (cm)} \\ = \text{tibiale hoogte};$$

$$\pi = 3,1416;$$

en

$$rc1 = \text{knietrek (cm)} / 2\pi;$$

$$rd1 = \text{enkelomtrek (cm)} / 2\pi.$$

$$f) \quad V6 = 1/3 \times L \times (c2 + d2 + (c2 \times d2)^{0,5})$$

waar

$$c2 = \pi \times rc2^2$$

$$d2 = \pi \times rd2^2$$

en

$$rc2 = rc1 - \text{veldikte (0,2 cm)}$$

$$rd2 = rd1 - \text{veldikte (0,2 cm)}$$

$$g) \quad V7 = 1/3 \times L \times (c3 + d3 + (c3 \times d3)^{0,5})$$

waar

$$c3 = \pi \times rc3^2$$

$$d3 = \pi \times rd3^2$$

en

$$rc3 = rc2 - \text{mediale kuitvelvou (cm)}$$

$$rd3 = rd2 - \text{arbitrêre vetweefseldikte (0,2 cm)}$$

$$h) \quad V8 = 1/3 \times L \times (c4 + d4 + (c4 \times d4)^{0,5})$$

waar

$$c4 = \pi \times rc4^2$$

$$d4 = \pi \times rd4^2$$

en

$$rc4 = rc3 - \text{enkelomtrek (cm)} / (2\pi) \times 0,4$$

$$rd4 = rd3 - \text{enkelomtrek (cm)} / (2\pi) \times 0,4$$

Bepaling van die weefselvolumes:

$$V_{\text{vel}} = Kls \times ((V1 - V2) + (V5 - V6))$$

$$V_{\text{vet}} = Kla \times ((V2 - V3) + (V6 - V7))$$

$$V_{spr} = K_{lm} \times ((V3 - V4) + (V7 - V8))$$

$$V_{bn} = K_{lb} \times (V4 + V8)$$

waar

K_{ls} tot K_{lb} = volume koëffisiënte vir onderskeidelik die onderste ledemaat se vel, vet, spier en been;

en

$$K_{ls} = 2,45;$$

$$K_{la} = 3,98;$$

$$K_{lm} = 2,70;$$

$$K_{lb} = 3,25.$$