

DIE VOORKOMS VAN MORFOLOGIESE ASIMMETRIE BY ELITE- INTERNASIONALE MANLIKE SPIESGOOIERS

Ankebé KRUGER, Hans DE RIDDER, Colette UNDERHAY &
Heinrich GROBBELAAR

*Skool vir Biokinetika, Rekreasie en Sportwetenskap, Noordwes-Universiteit, Potchefstroom,
Republiek van Suid-Afrika*

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the degree (percentage) of upper body morphological asymmetry amongst elite international male javelin throwers, as it could possibly negatively affect the health of athletes and hinder optimal sporting performances. Nineteen javelin throwers with an average age of 26.4 ± 4.4 years, were measured on both the dominant and non-dominant sides of the upper body. Twelve anthropometrical variables (three skinfolds, five girths, three segment lengths and one breadth) were measured according to the methods described by Norton et al. (1996). The percentage of morphological asymmetry was determined by making use of Wolański's Relative Indices of Asymmetry (RIA) as used by Copley (1980). The dominant and non-dominant side measurements were compared by means of dependant t-tests. Statistically significant differences between the dominant and non-dominant sides were found for the relaxed arm ($p < 0.05$), forearm ($p < 0.001$) and half-chest girths ($p < 0.001$), acromial-radial (humerus) and midstilion-dactilion (hand) lengths ($p < 0.05$). For thirteen of the fourteen measured (and calculated) variables, larger values were found on the dominant side, compared to those on the non-dominant side. The greatest degree of asymmetrical development occurred at the triceps skinfold (5.9%), half-chest girth (4.9%), forearm girth (3.9%), subscapular skinfold (-2.9%), biceps skinfold (2.5%), sum of three skinfolds (2.2%) and the relaxed arm girth (1.8%). The conclusion is therefore that a significant degree of morphological asymmetry occurs in the upper body of javelin throwers, with possible health detrimental and performance limiting effects. Further research is however needed.

Key words: Asymmetry; Javelin; Track and Field Athletics; Morphology.

INLEIDING

Morfologiese asimmetrie word dikwels aangetref by sportlui wat deelneem aan sportsoorte waarin asimmetriese bewegings uitgevoer word (Grobelaar & De Ridder, 2001). Volgens Lubbe en Eksteen (1993) kan asimmetrie gedefinieer word as 'n "ongelykheid of wanverhouding in ooreenstemmende dele". Met betrekking tot morfologiese ontwikkeling kan dit dus daarop dui dat die twee kante van die liggaam verskillend ontwikkel. Verskeie studies is in wetenskaplike joernale gevind met betrekking tot die voorkoms van morfologiese asimmetrie by tennisspelers (Copley, 1980; Pirnay et al., 1987; Wyss et al., 1989; Swärd et al., 1990; Groppel & Roetert, 1992; Green et al., 1996; Krawczyk et al., 1998) en snelboulders in krieket (Grobelaar & De Ridder, 2001). Uit die bogenoemde studies se resultate blyk dit dat dit veral die boonste ekstremitate (ledemate) is wat sodanige morfologiese asimmetrie

toon, die metings aan die dominante kant wat deurgaans betekenisvol groter was as dié aan die nie-dominante kant. Merletti *et al.* (1994) dui in dié verband aan dat deelname aan sekere sportsoorte waarin asimmetriese bewegings uitgevoer word, die vernaamste oorsaak van morfologiese asimmetriese ontwikkeling is.

Merletti *et al.* (1994) dui verder aan dat volgehoue gebruikmaking van sekere spiergroepe tot morfologiese en fisiologiese veranderinge in die struktuur en funksionele kapasiteit van die spiere sal lei. Uit 'n bestudering van die aksie van spiesgooiers is dit duidelik dat die kant van die liggaam (dominant) met die gooiarm meer intens betrokke is by die spiesgooiaksie as die ander (nie-dominante) kant. Dit kan gevolglik moontlik oor tyd heen aanleiding gee tot die ontstaan van morfologiese asimmetrie by dié populasie. Geen literatuur kon egter gevind word wat die voorkoms van morfologiese asimmetrie by die populasie aantoon nie. Gesien in die lig van die min inligting aangaande die morfologie van spiesgooiers, was hierdie verskynsel te wagte en versterk dit die belangrikheid van hierdie studie.

Die belangrikheid van studies oor morfologiese asimmetrie word beklemtoon weens die negatiewe gevolge daarvan. Starosta (1989) het in dié verband gemeld dat asimmetriese oefentegniese en bewegingspatrone volle bewegingsomvang en optimale prestasie moontlik kan verhoed, terwyl dit ook die deelnemer se gesondheid nadelig kan beïnvloed. Een sodanige nadelige effek op die gesondheid van spiesgooiers is die hoë voorkoms van skoliose (ongeveer 80%) vanweë die asimmetriese lading wat op die romp en skouers geplaas word (Sward, 1992). Daar bestaan 'n besliste leemte in die literatuur met betrekking tot die nadelige gevolge van morfologiese asimmetrie. Verdere navorsing word benodig ten einde die volle omvang en gevolge van morfologiese asimmetrie by sportlui te begryp. Die vraag wat dus gestel kan word, is of asimmetrie, uit 'n kinantropometriese oogpunt beskou, by elite- internasionale manlike spiesgooiers voorkom, en indien wel, in watter mate. Daar is duidelik 'n leemte in die literatuur met betrekking tot dié onderwerp en populasie. Grobbelaar *et al.* (2004) is van mening dat inligting aangaande die voorkoms van morfologiese asimmetrie deur Sportwetenskaplikes gebruik kan word om die ontstaan en ontwikkeling daarvan te verhoed, terwyl Biokinetici die voorkoms daarvan kan remedieer. Sodanige implementering kan moontlik ook bydra tot 'n afname in beserings en lei tot 'n verbetering in prestasie.

Die doelstelling van die studie was dus:

- om te bepaal of elite- internasionale manlike spiesgooiers betekensvolle mates van morfologiese asimmetrie in die bolywe toon; en
- indien dit die geval is, watter veranderlike(s), (velvoue, omtrekke, segment lengtes en deursneemates) die grootste mate van morfologiese asimmetriese ontwikkeling toon.

METODE VAN ONDERSOEK

Proefpersone

Negentien elite- internasionale manlike spiesgooiers met 'n gemiddelde ouderdom van 26.4 ±4.5 jaar, liggaamsmassa van 97.0 ±6.8 kg en liggaamslengte van 187.5 ±4.9 cm, is getoets. Ondanks die relatief klein groepgrootte is dit 'n besonder homogene groep. Die proefpersone is op grond van hul posisie op die wêreldranglys as elite gekategoriseer. Al die spiesgooiers is onder die top 88 posisies op die wêreldranglys. Dit sluit onder andere die wêreld se nommers 1, 2, 4, 6, 7 en 9 op hierdie ranglys in.

Antropometrie en die metingsprosedures

Die spiesgooiers is gedurende Maart 2002 en April 2003 tydens hul jaarlikse oefenkampe te Potchefstroom gemeet. Demografiese inligting is deur middel van vraelyste verkry. Die proefpersone is ingelig oor die aard van die metings en was vry om te enige tyd aan die toetse te onttrek. Ingeligte toestemming is van elke proefpersoon verkry. Proefpersone is gevra om in die anatomiese posisie (Marfell-Jones, 1996) te staan ten einde die metings te neem. Twaalf antropometriese veranderlikes (drie velvoue, vyf omtreкке, drie segmentlengtes en een deursneemate van die bolyf) is volgens die metode van Norton *et al.* (1996) gemeet. Die som van drie velvoue en gekorrigeerde armomtrek is ook hieruit bereken. Alle metings is twee keer aan beide die dominante en nie-dominante kante geneem, en die gemiddeld is vir verdere verwerking gebruik. Die halwe borsomtrek is nie 'n internasionaal erkende antropometriese omtrek nie. Hierdie meting verwys na die horisontale afstand vanaf die middelpunt van die sternum op die vlak van die mesosternale landmerk, tot by die spineuse proses van die vertebra op dieselfde vlak as die mesosternale landmerk (Grobbelaar & De Ridder, 2001). Die meting word aan die einde van normale ekspirasie geneem. Hierdie meting word gebruik om asimmetrie van die bors en borug aan te dui, omdat dié areas geneig is tot oneweredige hipertrofie by spiesgooiers as gevolg van die aard en intensiteit van die gooiaksie.

Dataverwerking

$$RIA = 2 (X_D - X_{ND}) / (X_D + X_{ND}) \times 100$$

X_D = veranderlike aan die dominante kant.

X_{ND} = veranderlike aan die nie-dominantekant.

As RIA is +, dan $X_D > X_{ND}$.

As RIA is -, dan $X_D < X_{ND}$.

Die persentasie asimmetrie van die 14 veranderlikes is bereken deur gebruik te maak van Wolański se Relatiewe Indeks van Asimmetrie (RIA) soos gebruik deur Copley (1980). In hierdie vergelyking word die dominante en nie-dominantekant-metings uitgedruk as 'n persentasie van die som van die dominante en nie-dominantekantmetings. Die Statistica dataverwerkingspakket (StatSoft Inc., 2000) is vir die beskrywende statistiek gebruik. Afhanklike *t*-toetse is gebruik om die dominante en nie-dominante waardes van die spiesgooiers vir die 14 veranderlikes te vergelyk. Die vlak van betekenisvolheid is gestel op ($p < 0.05$).

RESULTATE EN BESPREKING

Tabel 1 bevat die beskrywende statistiek van die dominante en nie-dominantekantmetings en die persentasie morfologiese asimmetrie van die 14 getoetsde veranderlikes. Figuur 1 dui die vooraansig en agteraansig van een van die getoetsde proefpersone by wie morfologiese asimmetriese ontwikkeling in die bolyf duidelik gedemonstreer word. Uit Tabel 1 is dit duidelik dat vyf van die veranderlikes by die groep spiesgooiers betekenisvol van mekaar verskil indien die dominante en nie-dominante kante met mekaar vergelyk word, met die dominantekantwaardes wat telkens groter as dié aan die nie-dominante kant is.

Geen betekenisvolle verskille is vir die dominante en nie-dominante velvouwaardes en deursneemates gevind nie. Betekenisvolle verskille is vir drie omtreкке, naamlik die ontspanne armontrek ($p < 0.05$), voorarmontrek ($p < 0.001$) en halwe borsontrek ($p < 0.001$) gevind. Soortgelyke resultate is deur Grobbelaar en De Ridder (2001) by snelboulers en deur Copley (1980), Pirnay *et al.* (1987), Wyss *et al.* (1989), Swärd *et al.* (1990), Groppe en Roeter (1992), Green *et al.* (1996) en Krawczyk *et al.* (1998) by tennisspelers gerapporteer, alhoewel die persentasie asimmetrie by die spiesgooiers telkens kleiner is as dié by die snelboulers en tennisspelers van die bogenoemde studies.

TABEL 1. BESKRYWENDE STATISTIEK VAN DIE DOMINANTE EN NIE-DOMINANTEKANTMETINGS EN DIE PERSENTASIE ASIMMETRIE VAN DIE ELITE- INTERNASIONALE MANLIKE SPIESGOOIERS

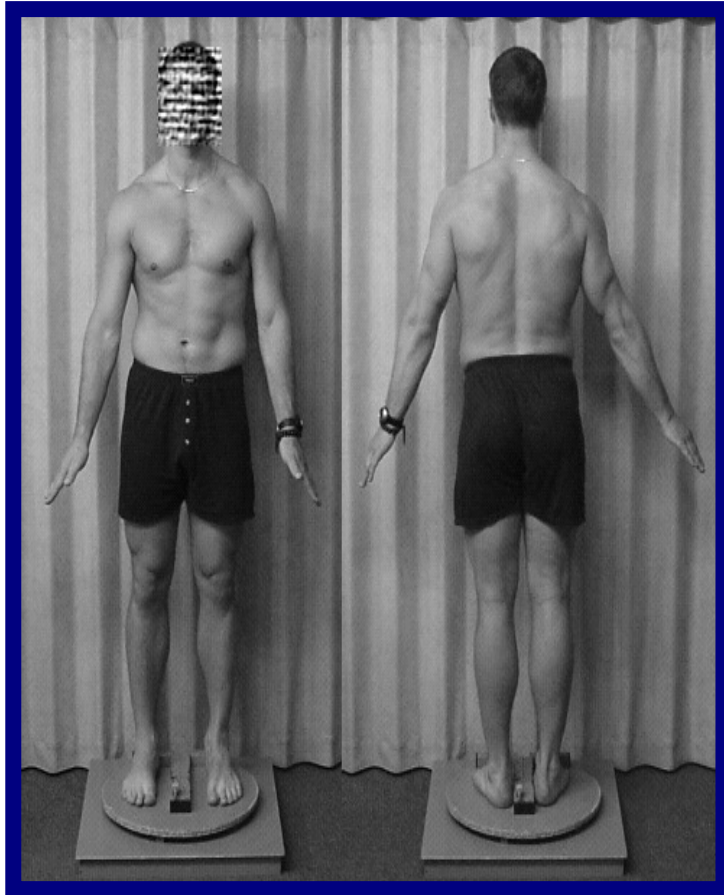
Spiesgooiers (N=19)			
Veranderlikes	Dominant	Nie-dominant	% asimmetrie
VELVOUE (MM)			
Triseps	9.3 ± 4.5	8.6 ± 3.5	7.8 ± 15.8%
Biseps	4.9 ± 1.8	4.8 ± 1.6	2.1 ± 23.9%
Subskapulêr	10.8 ± 2.5	11.1 ± 2.5	-2.7 ± 6.1%
Som van 3 velvoue ^a	25.0 ± 7.1	24.5 ± 6.9	2.0 ± 6.7%
OMTREKKE (CM)			
Arm (ontspanne)	35.2 ± 1.4*	34.6 ± 1.7*	1.7 ± 2.9%
Arm (gespanne)	38.3 ± 2.0	38.2 ± 1.6	1.0 ± 3.4%
Gekorrigeerde arm	37.4 ± 1.9	37.3 ± 1.6	0.8 ± 3.4%
Voorarm	30.6 ± 1.9**	29.4 ± 1.6**	4.0 ± 3.8%
Gewrig	18.2 ± 0.7	18.1 ± 0.6	0.6 ± 3.8%
Halwe bors	55.9 ± 3.2**	52.8 ± 3.2**	5.7 ± 7.6%
LENGTES (CM)			
Akromiaal-radiaal	37.3 ± 2.7*	36.0 ± 1.4*	3.5 ± 6.3%
Radiaal-stillion	28.7 ± 1.4	28.3 ± 1.1	1.4 ± 4.1%
Midstillion-daktillion	21.8 ± 1.3*	21.1 ± 0.8*	3.3 ± 6.3%
BREEDTES (CM)			
Humerus	7.4 ± 0.4	7.4 ± 0.3	0.0 ± 5.2%

a = Som van 3 velvoue = triseps, subskapulêre, biseps velvoue

* = Betekenisvol ($p < 0.05$)

** = Betekenisvol ($p < 0.001$)

Die groter ontspanne arm- en voorarmomtrek aan die dominante kant (in vergelyking met die nie-dominante kant), kan moontlik daaraan toegeskryf word dat die spiere van die boarm en voorarm oormatig hipertrofeer as gevolg van die intense fleksie- en ekstensiebewegings wat tydens die spiesgooiaksie onderskeidelik deur die elmboog en gewrig uitgevoer word. 'n Verdere moontlike bydraende faktor tot die groter voorarmomtrek is die fleksie- en ekstensiebewegings wat tydens die greep op die spies, sowel as tydens die aflewering daarvan deur die vingers uitgevoer word.



FIGUUR 1. 'N VOOR- EN AGTERAANSIG WAT MORFOLOGIESE ASIMMETRIE DEMONSTREER BY EEN VAN DIE GETOETSDE PROEFPERSONE

Die persentasie morfologiese asimmetrie (5.7 ± 7.6 %) by die halwe borsomtrek kan toegeskryf word aan oormatige hipertrofie van die dominante spiere van die bors en borug, aangesien hierdie spiere meer intens betrokke is tydens die uitvoering van die spiesgooiaksie in vergelyking met die ooreenstemmende spiere aan die nie-dominante kant. Twee ledemaatlengtes, naamlik die humerusbreëte en die handlengte toon betekenisvol ($p < 0.05$) langer mates aan die dominante kant as die nie-dominante kant. Heyward en Stolarczyk (1996) meld dat beenontwikkeling, vanweë die dinamiese aard van die beenweefsel

gestimuleer kan word deur eksterne kragte wat daarop inwerk. Die gevolg hiervan kan moontlik wees dat die vorm en digtheid van 'n spesifieke been met verloop van tyd kan verander. In teenstelling met Wyss *et al.* (1989) se bevindinge dat die humeruslengte vanweë deelname aan tennis verkort, blyk dit dat spiesgooi tot 'n verlenging van hierdie ledemaat lei. Die absorbering van die impak van die tennisbal op die raket kan moontlik bydra tot die verkorting van die humeruslengte by tennisspelers, terwyl die oordrag van kragte tydens die spiesgooiaksie moontlik die oorsaak mag wees van die humerus verlenging.

Grobbelaar en De Ridder (2001) het soortgelyke resultate gevind vir die handlengte van snelboulers as wat in die huidige studie by spiesgooiers gevind is. Hierdie navorsers se verklaring vir die verskynsel was dat 'n verlenging van die metakarpale bene, falanksis, gewigte en ligamente in die dominante hand tydens die aflewingsaksie kan voorkom vanweë die oordrag van momentum vanaf die hand na die bal. 'n Soortgelyke momentumoordrag vind plaas tydens die aflewering van die spies, wat moontlik tot hierdie morfologies asimmetriese ontwikkeling aanleiding kan gee.

Uit hierdie resultate blyk dit dat spiesgooiers 'n sekere mate van morfologies asimmetriese ontwikkeling vir enkele omtreкке en ledemaatlengtes in die bolyf toon. Hierdie studie sluit egter geen kontrolegroep in nie. Dit is daarom nie moontlik om hierdie morfologies asimmetriese ontwikkeling geheel en al aan spiesgooi toe te skryf nie. Verskeie studies het voorts geringe morfologiese asimmetrie by sedentêre persone (Dangerfield, 1994; Margonato *et al.*, 1994) en selfs by deelnemers aan simmetriese sportsoorte uitgewys (Grobbelaar *et al.*, 2004). Dangerfield (1994) en Margonato *et al.* (1994) skryf laasgenoemde verskynsel toe aan normale, daaglikse aktiwiteite waarin die neiging is dat die dominante ledemate meer as die nie-dominante ledemate gebruik word. Toekomstige studies moet hierdie beperkinge in ag neem en in die studie ontwerp daarvoor voorsiening maak.

GEVOLGTREKKING

Uit die resultate kan die volgende gevolgtrekkings gemaak word:

- Spiesgooiers toon geen betekenisvolle mate van morfologiese asimmetrie vir die velvoue en deursneemates nie.
- Spiesgooiers toon 'n betekenisvolle mate van morfologiese asimmetrie vir die ontspanne armontrek ($p < 0.05$), voorarmontrek ($p < 0.001$) en halwe borsontrek ($p < 0.001$) wanneer die dominante en nie-dominante kante met mekaar vergelyk word.
- Spiesgooiers toon 'n betekenisvolle ($p < 0.05$) mate van morfologiese asimmetrie vir die akromiale-radiale lengte (humeruslengte) en die midstilion-daktilion lengte (handlengte) wanneer die dominante en nie-dominante kante met mekaar vergelyk word.
- Die grootste mate van asimmetriese ontwikkeling het voorgekom by die triseps velvou (7.8%), halwe borsontrek (5.7%), voorarmontrek (4.0%), subskapulêre velvou (-2.7%), biseps velvou (2.1%), som van 3 velvoue (2.0%) en die ontspanne armontrek (1.7%).

SAMEVATTING

Die resultate en gevolgtrekkings van die studie dui op 'n morfologies asimmetriese ontwikkeling by spiesgooiers. 'n Leemte in die studie is dat daar nie onomwonde bewys kan word dat asimmetriese ontwikkeling uitsluitlik toegeskryf kan word aan deelname aan spiesgooi nie, aangesien die studie van 'n eenmalige dwarsdeursnitmetode gebruik gemaak

het. Die asimmetriese ontwikkeling kan daarom moontlik die oorsaak wees van die normale daaglikse aktiwiteite waaraan die spiesgooiers onderwerp word.

Dit sal daarom van groot waarde wees om in die toekoms van 'n kontrolegroep gebruik te maak asook om 'n longitudinale studie met betrekking tot asimmetrie onder spiesgooiers te onderneem. In sodanige studies moet fisieke komponente, naamlik krag, eksplosiewe krag, aerobiese uithouvermoë en soepelheid ook ingesluit word ten einde 'n volledige profiel van spiesgooiers met betrekking tot asimmetrie saam te stel.

Hierdie studie werp lig op 'n onderwerp waaroor daar tot hede geen literatuur bestaan nie. Dit kan sportwetenskaplikes en oefenkundiges in staat stel om prestasie-verbeteringsprogramme te optimaliseer en die ontstaan van morfologiese asimmetrie te verhoed. Indien daarin geslaag kan word om 'n meer simmetriese ontwikkeling te bewerkstellig, kan prestasie moontlik verbeter, terwyl beserings terselfdertyd kan afneem. Verdere navorsing in dié verband is eger nodig.

SUMMARY

The prevalence of morphological asymmetry amongst elite international male javelin throwers

Morphological asymmetry is often prevalent amongst athletes who participate in sports in which asymmetrical (unilateral) movements are executed. Asymmetry can be defined as an "unevenness or imbalance in corresponding parts" (Lubbe & Eksteen, 1993). With regard to morphology, asymmetry could refer to the unequal development of the two sides of the body. In this regard, Merletti *et al.* (1994) states that the continual use of the dominant side's muscles, such as during the javelin throwing action, may lead to an unequal development amongst these athletes, known as morphological asymmetry.

The purpose of this study was firstly to determine whether or not javelin throwers portray a significant degree of morphological asymmetry in the upper body as there is currently no literature in this regard. The second purpose was to determine which anthropometrical variables showed the greatest degree of asymmetrical development.

The subjects for the study consisted of 19 elite international male javelin throwers (all rated amongst the world's top 88 javelin throwers). Twelve anthropometrical variables (three skinfolds, five girths, three segment lengths and one breadth) were measured using the methods described by Norton *et al.* (1996). The sum of the three skinfolds and the corrected arm girth were also calculated from these variables. The percentage of asymmetry for each of the 14 variables was calculated, using Wolański's Relative Indices of Asymmetry (RIA) as used by Copley (1980). In this comparison the anthropometrical measurements of the body's dominant and non-dominant sides were expressed as a percentage of the sum of the dominant and non-dominant side measurements.

The Statistica computer package (StatSoft, Inc., 2000) was used for the analysis of data. The dominant and non-dominant values with regard to the 14 variables were compared using dependent *t*-tests.

For thirteen of the fourteen measured (and calculated) variables, larger values were found on the dominant side compared to those on the non-dominant side. The relaxed arm ($p < 0.05$), forearm ($p < 0.001$) and half-chest girths ($p < 0.001$), acromial-radial (humerus) and midstilion-dactilion (hand) lengths ($p < 0.05$) all differed significantly. The morphological asymmetry of the relaxed arm and forearm girths are possibly caused by the excessive hypertrophy of the dominant muscles due to the intense flexion and extension movements of the elbow and wrist during the throwing action. Also, the larger dominant side half-chest girth can be attributed to overdevelopment of the muscles of the chest and upper back on this side, as this side is predominantly used during the throwing action. The lengthening of the dominant humerus and hand are probably the result of the extreme force development and transfer of momentum during the throwing action and release of the javelin, thereby stimulating bone growth.

This study clearly shows asymmetry for certain anthropometrical variables in the upper body. It is advised that a longitudinal study be conducted in which physical components such as strength, explosive power, aerobic capacity and flexibility are included in order to compile a thorough profile and development pattern of asymmetry amongst javelin throwers. The importance of this study is stressed when the negative effects of asymmetry is outlined. However, more research is needed to determine its negative effect on the performance and health of the participants.

VERWYSINGS

- COPLEY, B.B. (1980). An anthropometric, somatotypological and physiological study of tennis players with special reference to the effects of training. Ongepubliseerde doktorsproefskrif. Johannesburg: University of the Witwatersrand.
- DANGERFIELD, P.H. (1994). Asymmetry and growth. In S.J. Ulijaszik & C.G.N. Mascie-Taylor (Eds.), *Anthropometry: the individual and the population* (7-29). Cambridge: Cambridge University Press.
- GREEN, D.J.; FOWLER, D.T.; O'DRISCOLL, G.; BLANKSBY, B.A. & TAYLOR, R.R. (1996). Endothelium-derived nitric oxide activity in forearm vessels of tennis players. *The American Physiology Society*, 81(2): 943-948.
- GROBBELAAR, H.W. & DE RIDDER, J.H. (2001). Asymmetry in the upper body of high school fast bowlers in cricket in South Africa. *African Journal for Physical, Health Education, Recreation and Dance*, 7(1): 61-76.
- GROBBELAAR, H.W.; DE RIDDER, J.H. & COETZEE, B. (2004). Morphological asymmetry amongst participants of asymmetrical- (fast bowlers in cricket) and symmetrical- (swimmers) sports and sedentary individuals in South Africa. Ongepubliseerde navorsingsverslag. Potchefstroom: Noordwes-Universiteit.
- GROPPEL, J.L. & ROETERT, E.P. (1992). Applied physiology of tennis. *Sports Medicine*, 14(4): 260-268.
- HEYWARD, V.H. & STOLARCZYK, L.M. (1996). *Applied body composition assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- KRAWCZYK, B.; SKLAD, M.; MAJLE, B. & JACKIEWICZ, A. (1998). Lateral asymmetry in upper and lower limb measurements in selected groups of male athletes. *Biology of Sport*, 15(1): 33-38 (abstract in the SportDiscus database: reference number S-165551.)
- LUBBE, F.G. & EKSTEEN, D.K. (1993). *Verklarende Afrikaanse Woordeboek* (8^{ste} uitg.). Pretoria: Van Schaik.

- MARFELL-JONES, M. (1996). Essential anatomy for anthropometrists. In K. Norton & T. Olds (Eds.), *Anthropometrica: a textbook of body measurement for sports and health courses* (4-24). Marrickville, NSW: Southwood Press.
- MARGONATO, V.; ROI, G.S.; CERIZZA, C. & GLADABINO, G.L. (1994). Maximal isometric force and muscle cross-sectional area of the forearm in fencers. *Journal of Sports Sciences*, 12(6): 567-572.
- MERLETTI, R.; DE LUCA, C.J. & SATHYAN, D. (1994). Electrically evoked myoelectric signals in back muscles: effects of side dominance. *Journal of Applied Physiology*, 77(5): 2104-2114.
- NORTON, K.; WHITTINGHAM, N.; CARTER, L.; KERR, D.; GORE, C. & MARFELL-JONES, M. (1996). Measurement techniques in anthropometry. In K. Norton & T. Olds (Eds.), *Anthropometrica: a textbook of body measurement for sports and health courses* (25-73). Marrickville, NSW: Southwood Press.
- PIRNAY, F.; BODEUX, M.; BRIELAARD, J.M. & FRANCHIMONT, P. (1987). Bone mineral content and physical activity. *International Journal of Sports Medicine*, 8(5): 331-335.
- STAROSTA, W. (1989). Symetria czy asymetria w doskonaleniu techniki sportowej [Symmetry or asymmetry in the improvement of sports technique]. *Kultura Fizyczna*, 43(5-6): 14-16 (abstract in the SportDiscus database: reference number 261203.).
- STATSOFT, INC. (2000). Statistica (data analysis software system), version 6. [http://www.statsoft.com]. Retrieved 5 January 2004.
- SWÄRD, L. (1992). The thoracolumbar spine in young elite athletes: current concepts on the effects of physical training. *Sports Medicine*, 13(5): 357-364.
- SWÄRD, L.; ERIKSSON, B. & PETERSON, L. (1990). Anthropometric characteristics, passive hip flexion, and spinal mobility in relation to back pain in athletes. *Spine*, 15(5): 376-382 (abstract in the Medline database: reference number 90302039).
- WYSS, V.; GANDINI, G.; LEVI, A.; ASTEGIANO, P.; GANZIT, G.P. & VAUDANO, G. (1989). Influenza del lavoro muscolare intenso e protratto sullo sviluppa di segmenti scheletrici del giovane [Influence of intensive, prolonged muscular work on the development of skeletal segments in the youth]. *Medicina Dello Sport*, 42(1): 25-31 (abstract in the SportDiscus database: reference number 259402).

NOTAS