

DIE ANTROPOMETRIESE SPRONGITEM-PRESTASIEDETERMINANTE VAN JONG DOGTERGIMNASTE

Annelize BESTER & Ben COETZEE

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

ABSTRACT

The purposes of this study were firstly to determine the anthropometric variables that differ significantly ($p \leq 0.05$) between successful and less successful young, South-African (SA), female gymnasts in the vault item and secondly, to determine the anthropometric variables that contribute to the performance of young SA female gymnasts in the vault item. Twelve young, female gymnasts (13.39 ± 2.14 years) from a gymnastics club in the North-West Province of South Africa participated in this study. Only gymnasts who participated at level 6-9 and junior as well as at the senior Olympic level were selected to participate in this study. Sixty-one anthropometric variables were measured on the dominant side of the body according to the methods of Norton et al. (1996). Independent t-tests and effect sizes revealed that the gymnasts who obtained the highest points (top 5) during the execution of the vault item during the South African Gymnastics Championships had statistical and practical significantly larger relaxed and flexed upper arm, wrist and ankle circumferences as well as higher mesomorphy values than the less successful gymnasts. The cluster analysis-reduced variables were used to perform a forward, stepwise multiple regression analysis, which showed that flexed upper arm circumference (53.93%), midstillion dactillion length (12.38%), foot length (11.50%), fat percentage (8.93%), trochanterion-tibial lateral length (5.77%), chest circumference (3.69%), ectomorphy (1.96%), bideltoied breadth (1.54%), triceps skinfold (0.23%) and iliospinal box height (0.07%) contributed 100% to the variance in gymnasts' vault performances. Therefore the conclusion that can be drawn is that larger upper arm and upper body circumferences; hand, foot, upper leg and total leg lengths; triceps skinfold and fat percentage as well as a higher ectomorphy value are important anthropometric vaulting performance determinants for young, South African, female gymnasts and should be included in the sport-scientific testing protocols of gymnasts.

Key words: Gymnastics; Vault; Anthropometry; Performance; Female; Girls.

INLEIDING

Artistiese gimnastiek is 'n sport waaraan meer as 30 miljoen individue in meer as 80 lande deelneem (Bale & Goodway, 2004). Dit is 'n sportsoort wat uit 'n groot hoeveelheid items bestaan wat elk unieke eise aan die gimnas stel. Die items waaraan dogters deelneem, kan verdeel word in vloer-, sprong-, brug- en balkreekse (Bale & Goodway, 1990). Suksesvolle gimnaste toon 'n kenmerkende antropometriese profiel (Carter & Brallier, 1988), wat die belang van antropometriese samestelling as 'n prestasiedeterminant beklemtoon (Thorland et

al., 1981; Norton *et al.*, 1996; Claessens *et al.*, 1999). Dit is slegs in baie uitsonderlike gevalle dat sekere gimnaste die vermoë toon om ten spyte van 'n minder gunstige antropometriese profiel gimnastiekprestasies te behaal (Claessens *et al.*, 1999). Dit is met dié wete dat die literatuurbevindinge wat die verband tussen gimnastiekprestasie en die antropometriese samestelling van gimnaste opsommend weergegee word. Vanweë die besondere eise wat elk van die gimnastiekitems aan 'n gimnas stel, het die navorsers van hierdie studie besluit om slegs op die antropometriese komponente wat in verband staan met prestasies in die sprongitem te fokus.

Claessens *et al.* (1999) is egter die enigste navorsers wat die bydrae bepaal het wat verskillende antropometriese veranderlikes tot itemspesifieke gimnastiekprestasies lewer. In dié verband het hulle bevind dat velvoue (biseps, triseps, subskapulêre, crista iliaca en kuit) en endomorfie die hoogste betekenisvolle, negatiewe korrelasie met sprongitem-prestasie getoon het. Daar is ook in die studie gevind dat 'n laer endomorfie, groter kuitonttrek, ouer chronologiese ouderdom, korter sithoogte en groter voorarmonttrek 'n 43.25%-bydrae lewer tot die punte wat gimnaste in die sprongitem behaal. Ten spyte dus van die beskikbaarheid van literatuur wat verskillende antropometriese prestasiedeterminante onder internasionale gimnaste uitwys, blyk dit daar geen navorsing bestaan wat die presiese bydrae van elk van die antropometriese prestasiedeterminante tot die sprongitemprestasies van Suid-Afrikaanse gimnaste bepaal het nie. Dit is teen dié agtergrond dat die volgende navorsingsvrae gestel is: Ten eerste, wat is die antropometriese veranderlikes wat betekenisvol tussen suksesvolle en minder suksesvolle SA-dogtergimnaste in die sprongitem verskil? Tweedens, wat is die antropometriese veranderlikes wat bydra tot die prestasies (punttoekenning) wat SA-dogtergimnaste in die sprongitem behaal? Die beantwoording van hierdie vrae sal moontlik afrigters en sportwetenskaplikes in staat stel om meer talentvolle gimnaste te identifiseer en om vas te stel wat die mees bepalende antropometriese komponente is wat aandag tydens gimnastiekkondisioneringsprogramme moet geniet.

METODE VAN ONDERSOEK

Navorsingsontwerp

'n Eenmalige dwarsdeursnee-opname is vir die doel van die studie uitgevoer.

Die proefpersone

'n Groep van twaalf jong, provinsiale dogtergimnaste ($\bar{X}=13.39 \pm 2.14$ jaar) van 'n gimnastiekklub in die Noordwes-Provinsie (Suid-Afrika) is vir die studie gebruik. Slegs gimnaste wat op vlak 6-9 en op junior en senior Olimpiese vlak kompeteer, is vir die doel van die studie gebruik. Dié groep is onder andere saamgestel uit een gimnas wat aan die Olimpiese Spele van 2004 deelgeneem het.

Die toetsingsprosedure

Die studie (met die nommer 04M13) is deur die Noordwes-Universiteit se Etiekkomitee goedgekeur. Die gimnaste en hulle ouers is ingelig oor die toetsprosedures en ingeligtetoestemming-vorms is deur beide die genoemde partye onderteken voordat die

toetsings 'n aanvang geneem het. Die gimnaste se demografiese en persoonlike inligting is deur middel van 'n demografiese en algemene inligtingsvraelys ingesamel. Inligting oor die gimnaste se oefengewoontes, beseringsinsidensie, aktiwiteitsdeelnamevlak en fisieke voorbereiding is ook deur middel van dié vraelys bepaal.

Elk van die proefpersone is gedurende die week van deelname aan hul primêre gimnastiekkompetisie (Suid-Afrikaanse Gimnastiekkampioenskap) aan die ondergenoemde metings onderwerp.

Die volgende antropometriese veranderlikes is volgens die metodes van Norton *et al.* (1996) aan die dominante kant van die liggaam gemeet:

Absolute liggaamsgrootte

Die volgende veranderlikes is onder hierdie kategorie bepaal: liggaamsmassa; liggaamslengte; sithoogte; armspan; kop-, nek-, ontspanne boarm-, gespanne boarm-, voorarm-, gewrig-, bors-, middel-, heup-, bo-dy-, mid-dy-, kuit- en enkelomtrek; biakromiale, transversale bors-, AP-bors-, bi-iliokristale, humerus-, gewrigs-, hand- en femurdeursnee; boonsteledemaat-, arm-, voorarm-, hand-, ondersteledemaat-, dy-, been- en voetlengte.

Somatotipering

Die somatotipering van gimnaste het gefokus op die beoordeling van hul endo-, meso- en ektomorfiewaardes. Aangesien somatotipe bereken word deur van 'n aantal antropometriese veranderlikes gebruik te maak, is laasgenoemde ook hier aangeraak: liggaamslengte; triseps-, subskapulêre, kuit- en supraspinale velvou; humerus- en femurdeursnee; gespanne boarm- en kuitomtrek; sowel as liggaamsmassa. Die laasgenoemde veranderlikes is in die formule van Carter en Heath (1990) ingesluit om somatotipering te bepaal.

Relatiewe liggaamsgroottes

Relatiewe liggaamsgrootte is bepaal deur 'n verskeidenheid metings, naamlik: armspan; sithoogte; arm-, voorarm-, hand-, dy-, been- en voetlengte; biakromiale, transversale bors-, AP-bors-, bi-iliokristale, humerus- en femurdeursnee; kop-, nek-, ontspanne boarm-, gespanne boarm-, voorarm-, gewrig-, bors-, middel-, heup-, bo-dy-, mid-dy-, kuit- en enkelomtrek; triseps-, subskapulêre, biceps-, iliospinale, supraspinale, abdominale, frontale dy- en mediale kuitvelvou. Liggaamsmassa-indeks (LMI) is bepaal deur die liggaamsmassa (kg) van elke gimnaste te deel deur die vierkantswortel van die liggaamslengte (m) van elke gimnaste (Heyward & Stolarczyk, 1996).

Liggaamsamestelling

Vetmassa, spiermassa en skeletmassa is onder hierdie kategorie geanaliseer. Vir die bepaling van vetmassa is die triseps-, kuit- en subskapulêre velvou gebruik. Liggaamslengte, femur-, humerus-, gewrig- en enkeldeursnee is gebruik vir die bepaling van skeletmassapersentasie, terwyl liggaamsmassa, liggaamslengte, arm-, dy- en kuitomtrek, sowel as die triseps-, dy- en kuitvelvou, vir die bepaling van spiermassapersentasie gebruik is. Vetpersentasie, spiermassapersentasie en skeletmassapersentasie is bepaal volgens die formules van

onderskeidelik Slaughter *et al.* (1988), Lee *et al.* (2000) en Martin *et al.* (soos aangehaal deur Drinkwater & Mazza, 1994).

Statistiese verwerking

Die Statistica-statistiekverwerkingspakket (StatSoft, 2005) wat op die Noordwes-Universiteit-netwerk beskikbaar is, is gebruik om die data te verwerk. Ten eerste is die beskrywende statistiek (gemiddeldes, minimum en maksimum waardes sowel as standaardafwykings) van die verskillende veranderlikes bereken. Dit is opgevolg met 'n analise wat die gimnaste in 'n rangorde geplaas het volgens die sprongitempunte wat hul tydens die Suid-Afrikaanse Gimnastiekkampioenskap behaal het. Ten einde te kompenseer vir die verskillende vlakke waarop die gimnaste deelgeneem het, is daar 'n ekstra 1.125 punte per vlak vir elke vlak hoër as vlak 6 toegeken. Die punte is gebruik om die gimnaste in 'n rangorde te plaas volgens die prestasies wat in die sprongitem behaal is. Die gimnas met die hoogste punt is eerste geplaas en die gimnas met laagste punt laaste. Dit is opgevolg met 'n onafhanklike t-toets wat gebruik is om te bepaal of daar wel betekenisvolle verskille tussen die vyf hoogste geplaaste gimnaste en die res van die gimnaste is. Praktiese betekenisvolheid van dié genoemde verskille is hierna deur middel van effekgroottes (EG) bepaal waar $EG = (M_1 - M_2)/s$ (Thomas & Nelson, 2001). M_1 is die gemiddeld van die eerste groep, M_2 is die gemiddeld van die tweede groep en s is die standaardafwyking. Thomas en Nelson (2001) het voorgestel dat die gepoelde standaardafwyking (S_p) gebruik word.

$$S_p = \sqrt{\frac{s_1^2(n_1 - 1) + s_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Hier is s_1^2 = die variansie van die eerste groep, s_2^2 = die variansie van die tweede groep, n_1 = die aantal gimnaste in die eerste groep en n_2 = die aantal gimnaste in die tweede groep. Effekgroottes (uitgedruk as Cohen se d -waarde) kan as volg geïnterpreteer word: 'n EG van min of meer 0.8 is groot, 'n EG van min of meer 0.5 is gemiddeld en 'n EG van min of meer 0.2 is klein. Effekgroottes is slegs bereken by die veranderlikes wat statisties betekenisvolheid verskille getoon het. Vervolgens is 'n trosontledinganalise op die verskillende antropometriese veranderlikes uitgevoer om daardeur die mees bepalende veranderlikes vir die sprongitem uit te sonder. Die trosontleding is opgevolg met 'n voorwaartse, stapsgewyse meervoudige regressie-analise wat gedoen is om die bydrae van elk van die trosontleding-geïdentifiseerde veranderlikes tot sprongitem-gimnastiekprestasie vas te stel. Die aangepaste punte wat elk van die gimnaste in die sprongitem behaal het, is as die afhanklike veranderlikes vir die meervoudige regressie-analise gestel. Die vlak van betekenisvolheid is op kleiner as en gelyk aan 0.05 gestel.

BESPREKING VAN DIE RESULTATE

Ten eerste word die beskrywende statistiek, die statisties (onafhanklike t-toets) sowel as prakties betekenisvolheid (effekgroottes) van verskille tussen die vyf hoogste geplaaste gimnaste en die res van die dogtergimnaste met betrekking tot ouderdom en liggaamsamestelling weergegee (tabel 1).

TABEL 1. BESKRYWENDE STATISTIEK VIR OUDERDOM EN LIGGAAMSAMESTELLING VAN JONG DOGTERGIMNASTE (N=12)

Veranderlikes	Suksesvol		Minder suksesvol		Verskille en betekenisvolheid van verskille	Effek-grootte
	\bar{X}	SA	\bar{X}	SA		
Ouderdom (jaar)	14.00	2.48	12.77	1.80	1.23	-
Massa (kg)	45.57	12.44	38.44	4.59	7.13	-
LMI (kg/m ²)	19.41	3.23	17.35	0.82	2.06	-
Skraalliggaamsmassa (kg)	38.12	9.48	32.70	3.44	5.42	-
Som van ses velvoue (mm)	56.61	14.73	48.91	8.54	7.70	-
Vetpersentasie (%)	15.94	2.76	14.82	1.85	0.84	-
Vetmassa (kg)	7.45	3.09	5.74	1.32	1.71	-
Endomorfe	2.59	0.62	2.29	0.36	0.31	-
Mesomorfe	4.84	0.64	3.69	0.99	1.15*	1.3 ⁺⁺⁺
Ektomorfe	2.87	1.35	3.69	0.66	-0.82	-
Spiersmassa (kg)	19.98	3.92	17.84	1.37	2.14	-
Spiersmassa (%)	44.56	3.35	46.62	2.91	-2.07	-
Skeletmassa (kg)	6.23	0.73	5.55	0.70	0.68	-
Skeletmassa (%)	14.13	2.16	14.45	0.83	-0.32	-

\bar{X} = Gemiddeld SA = Standaardafwyking *p ≤ 0.05 +++ = Groot effekgrootte

Die beskrywende statistiek sowel as die betekenisvolheid van verskille (onafhanklike t-toets) tussen die vyf hoogs geplaaste gimnaste en die res van die dogtergimnaste met betrekking tot velvoue word in tabel 2 weergegee.

TABEL 2. BESKRYWENDE STATISTIEK VIR DIE VELVOUE VAN JONG DOGTERGIMNASTE (N=12)

Veranderlikes	Totale gimnastiek-groep		Suksesvol		Minder suksesvol		Verskille en betekenisvolheid van verskille
	\bar{X}	SA	\bar{X}	SA	\bar{X}	SA	
Trisepsvelvou (mm)	9.13	2.11	9.50	2.39	8.86	2.04	0.64
Bisepsvelvou (mm)	5.03	1.36	4.84	1.21	5.16	1.54	-0.32
Midaksilêre velvou (mm)	5.14	1.24	5.73	1.61	4.71	0.78	1.02
Subskapulêre velvou (mm)	6.28	1.22	6.81	1.70	5.89	0.62	0.92
Pektorale velvou (mm)	4.62	1.12	4.51	1.19	4.70	1.15	-0.19
Abdominale velvou (mm)	8.17	3.20	9.13	4.13	7.49	2.46	1.64
Crista illiaca-velvou (mm)	10.58	3.96	12.48	4.26	9.21	3.39	3.27
Supraspinale velvou (mm)	6.10	1.98	6.96	2.33	5.49	1.58	1.47
Frontale dyvelvou (mm)	14.60	4.22	15.53	5.11	13.93	3.74	1.60
Mediale kuitvelvou (mm)	8.36	1.50	8.82	1.59	8.03	1.46	0.79

\bar{X} = Gemiddeld SA = Standaardafwyking

Die beskrywende statistiek, die statisties (onafhanklike t-toets) sowel as prakties betekenisvolheid (effekgroottes) van verskille tussen die vyf hoogste geplaaste vyf gimnaste en die res van die dogtergimnaste met betrekking tot omtreke word in tabel 3 weergegee.

TABEL 3. BESKRYWENDE STATISTIEK VIR OMTREKKE VAN JONG DOGTERGIMNASTE (N=12)

Veranderlikes	Totale gimnastiekgroep		Suksesvol		Minder suksesvol		Verskille en betekenisvolheid van verskille	Effek-grootte
	\bar{X}	SA	\bar{X}	SA	\bar{X}	SA		
Kopomtrek (cm)	52.87	1.13	53.01	1.08	52.76	1.24	0.25	-
Nekomtrek (cm)	29.20	1.70	30.01	2.04	28.63	1.26	1.38	-
Ontspanne boarm-omtrek (cm)	22.94	2.69	24.73	3.28	21.66	1.25	3.07*	1.4 ⁺⁺⁺
Gespanne boarm-omtrek (cm)	24.86	2.51	26.69	2.88	23.56	1.10	3.13*	1.0 ⁺⁺⁺
Voorarmomtrek (cm)	22.10	1.92	23.21	2.00	21.31	1.53	1.90	-
Gewrigsomtrek (cm)	14.53	0.91	15.22	0.64	14.03	0.75	1.19*	0.8 ⁺⁺⁺
Mesosternale borsomtrek (cm)	71.06	18.83	79.33	7.69	65.15	22.65	14.18	-
Middelomtrek (cm)	60.90	4.24	62.79	5.70	59.54	2.48	3.25	-
Heupomtrek (cm)	77.54	6.54	80.48	8.41	75.44	4.36	5.04	-
Dyomtrek gluteaal (cm)	46.15	5.08	48.26	6.96	44.64	2.95	3.62	-
Dyomtrek (cm)	42.61	4.97	44.84	7.06	41.01	2.24	3.83	-
Kuitomtrek (cm)	30.58	3.40	32.26	4.78	29.37	1.39	2.89	-
Enkelomtrek (cm)	19.58	1.34	20.68	1.24	18.79	0.73	1.89*	0.8 ⁺⁺⁺

\bar{X} = Gemiddeld SA = Standaardafwyking * $p \leq 0.05$ +++ = Groot effekgrootte

Die beskrywende statistiek sowel as die betekenisvolheid van verskille (onafhanklike t-toets) tussen die vyf hoogste geplaaste gimnaste en die res van die dogtergimnaste met betrekking tot lengtes en hoogtes word in tabel 4 weergegee.

TABEL 4. BESKRYWENDE STATISTIEK VIR LENGTES EN HOOGTES VAN JONG DOGTERGIMNASTE (N=12)

Veranderlikes	Totale gimnastiekgroep		Suksesvol		Minder suksesvol		Verskille en betekenisvolheid van verskille
	\bar{X}	SA	\bar{X}	SA	\bar{X}	SA	
Liggaamslengte (cm)	150.07	7.64	152.08	8.60	148.64	7.21	3.44
Sithoogte (cm)	116.26	4.46	118.30	5.29	114.80	3.44	3.50
Armspan (cm)	151.80	7.61	154.86	8.73	149.61	6.47	5.25
Akromiale-radiale lengte (cm)	27.23	2.12	27.30	1.50	27.19	2.59	0.11
Radiale stillion-lengte (cm)	21.95	1.43	22.10	1.58	21.85	1.43	0.25
Midstillion-daktilion-lengte (cm)	17.36	0.71	17.68	0.86	17.13	0.52	0.55
Iliospinale bokshoogte (cm)	47.80	4.99	50.00	6.50	46.24	3.24	3.76
Troganterion bokshoogte (cm)	41.53	3.81	41.96	4.79	41.21	3.32	0.75
Troganterion-tibiale laterale lengte (cm)	38.16	2.95	38.79	3.62	37.71	2.57	1.08
Tibiale laterale tot vloer-hoogte (cm)	40.66	3.04	40.07	3.00	41.09	3.22	-1.02
Tibiale med-sphy-lengte (cm)	33.78	1.90	33.50	2.50	33.98	1.54	-0.48
Voetlengte (cm)	22.61	1.04	23.07	1.39	22.29	0.63	0.78

\bar{X} = Gemiddeld SA = Standaardafwyking

Die beskrywende statistiek sowel as die betekenisvolheid van verskille (onafhanklike t-toets) tussen die vyf hoogste geplaaste gimnaste en die res van die dogtergimnaste met betrekking tot breedtes word in tabel 5 weergegee.

TABEL 5. BESKRYWENDE STATISTIEK VIR BREEDTES VAN JONG DOGTERGIMNASTE (N=12)

Veranderlikes	Totale gimnastiek-groep		Suksesvol		Minder suksesvol		Verskille en betekenisvolheid van verskille
	\bar{X}	SA	\bar{X}	SA	\bar{X}	SA	
Biakromiale breedte (cm)	33.43	2.18	34.12	3.15	32.94	1.19	1.18
Bi-iliokristale breedte (cm)	22.70	1.74	23.23	1.98	22.31	1.60	0.92
Transversale borsbreedte (cm)	25.67	9.80	30.19	14.77	22.44	1.26	7.75
A-P-borsdiepte (cm)	15.13	0.58	15.30	0.45	15.00	0.66	0.30
Humerusbreedte (cm)	5.98	0.27	6.15	0.17	5.86	0.27	0.29
Gewrigbreedte (cm)	4.88	0.27	5.04	0.20	4.76	0.26	0.28
Handbreedte (cm)	6.85	0.40	7.11	0.43	6.67	0.28	0.44
Femurbreedte (cm)	8.26	0.57	8.60	0.63	8.02	0.42	0.58
Enkelbreedte (cm)	6.31	0.27	6.38	0.21	6.26	0.31	0.12
Voetbreedte (cm)	7.12	0.88	7.48	1.17	6.86	0.57	0.62
Bideltoëd-breedte (cm)	36.25	2.89	37.75	3.67	35.19	1.77	2.56
Bitroganteriese breedte (cm)	26.28	2.56	27.70	2.88	25.26	1.89	2.44

\bar{X} = Gemiddeld SA = Standaardafwyking

Vergelykings tussen die vyf hoogste geplaaste gimnaste in die sprongitem en die res van die gimnaste toon dat die suksesvolle gimnaste statisties en prakties betekenisvol hoër waardes in vyf uit die 61 (8.20%) antropometriese veranderlikes as die minder suksesvolle gimnaste behaal het. Dit het die volgende ingesluit: ontspanne en gespanne boarm-, gewrigs- en enkelomtrek, sowel as mesomorfie. Die uitwysing van die ontspanne en gespanne boarmomtrekwaardes sowel as mesomorfie as antropometriese veranderlikes wat betekenisvol verskil tussen die twee groepe gimnaste kan moontlik verklaar word aan die hand van die verband wat tussen borarmomtrek en bolyfkrag bestaan. Scanlan *et al.* (1999) het byvoorbeeld in hul studie getoon dat daar 'n direkte verband tussen gespanne boarmomtrek ($r=0.45$), gespanne boarm-dwarsdeursneeoppervlakte ($r=0.45$) sowel as mesomorfie ($r=0.44$) en maksimale bolyfkrag by dames bestaan.

In nog 'n studie is gevind dat gespanne boarmomtrek ($r=0.53$), borsomtrek ($r=0.49$) en skouerbreedte ($r=0.36$) betekenisvol met bolyfkrag korreleer (Mayhew *et al.*, 1989). Voorts dui Douda *et al.* (2002) daarop dat artistiese gimnaste oor die algemeen oor betekenisvol hoër boonsteledemaat-omtrekke ($p < 0.01$) beskik as dogters wat nie aan gimnastiek deelneem nie, en skryf dit toe aan die liggaamsgewig-ondersteunende oefeninge wat oor 'n lang tydperk uitgevoer word en tot spiermassaverhogings in die boonste ledemate lei. Die aard van aktiwiteite wat tydens die sprongitem uitgevoer word, vereis maksimale sowel as eksplosiewe krag. Ritzdorf (1999) dui in dié verband aan dat die uitvoeringstyd van verskillende bewegings in gimnastiek baie kort is omdat kleiner spiergroepe of meer ongunstige hefboomarms gebruik moet word en dat dit gevolglik die kraguitset tydens die uitvoering van bewegings verhoog. So byvoorbeeld maak baie bewegings tydens die sprongitem staat op afstootaksies vanaf die hande, wat die klem onder andere op bolyfkrag plaas.

Eksplisiewe beenspierkrag en spoed is volgens Pool *et al.* (1969), Sands *et al.* (2003) sowel as Bradshaw en Rossignol (2004) van absolute belang vir sprongitemprestasies. Kukolj *et al.* (1999) het getoon dat daar 'n positiewe verband tussen eksplisiewe beenkrag en spoed is. Die sprongitem vereis 'n vinnige aanloop en 'n eksplisiewe vastrap, sodat hoër hoeksnelhede verkry kan word (Sharma, 1992). 'n Gimnas wat oor 'n hoër hoeksnelheid tydens die vastrap beskik, sal 'n meer effektiewe afstoot vanaf die sprongtafel verkry, wat die suksesvolle uitvoering van draai- en saltobewegings verseker (Sharma, 1992). Dié gimnaste sal dus hoër punte in die sprongitem behaal. Daar kan dus verwag word dat enkelomtrek betekenisvol groter waardes by die suksesvolle vergeleke met die minder suksesvolle gimnaste sal toon, in die lig van die navorsingsresultaat dat daar 'n positiewe korrelasie tussen die enkeledeursnee van junior dogtersportlui en hul been-eksplisiewe kragwaardes bestaan (Ray & Khanna, 1991).

Wat gewrigsomtrek betref, het Markou *et al.* (2004) getoon dat die aanvangsouderdom van gimnastiekdeelname tesame met liggaamslengte, LMI, liggaamsmassa, skraalliggaamsmassa en liggaamsvet 'n positiewe effek op dogtergimnaste se beenminerale digtheid (BMD) het. Aangesien gewrigsdeursnee (wat 'n bepaler van gewrigsomtrek is) in samehang met femur-, humerus- en enkeledeursnee gebruik word om skeletmassa indirek te bereken, kan verwag word dat die suksesvolle gimnaste betekenisvol groter gewrigsomtrekke as die minder suksesvolle gimnaste sal toon. Dié suksesvolle gimnaste toon 'n jonger aanvangsouderdom vir gimnastiekdeelname (5.06 ± 1.38 teenoor 5.91 ± 1.35 jaar), 'n langer gemiddelde liggaamslengte (152.08 ± 8.60 teenoor 148.64 ± 7.21 cm), 'n hoër LMI (19.41 ± 3.23 teenoor 17.35 ± 0.82 kg/m²), 'n groter liggaamsmassa (45.52 ± 12.44 teenoor 38.44 ± 4.59 kg) en skraalliggaamsmassa (38.12 ± 9.48 teenoor 32.70 ± 3.44 kg), sowel as 'n groter gemiddelde liggaamsvetmassa (7.45 ± 3.09 teenoor 5.74 ± 1.32 kg) as hul minder suksesvolle eweknieë, wat dus hulle BMD en skeletdeursnee sal bevoordeel. Artistiese gimnastiek word voorts as 'n sportsoort beskou waarin die tipe oefeninge wat uitgevoer word, 'n hoë meganiese lading op die ledemate en romp plaas, wat 'n baie voordelige effek op die BMD van jong gimnaste het (Nickols-Richardson *et al.*, 2000; Dowthwaite *et al.*, 2006).

Volgens King en Yeadon (2004) speel die hande 'n baie belangrike rol tydens die sprongitem, aangesien die hande die gimnas in staat stel om langer in kontak met die sprongtafel te bly sodat 'n groter hoekmomentum gegenereer kan word. Die gevolg is dat die gewrig, wat die skakel tussen die hand en arm vorm, baie sterk ontwikkel moet wees. In dié verband het Koh *et al.* (2003) byvoorbeeld getoon dat die gewrigfleksore 'n piekkrag van ongeveer 100 Nm tydens handimpak met die sprongtafel gedurende die uitvoering van die Yurchenko-sprong moet genereer. Die voorarmfleksore is merendeels op die metakarpale en karpale bene van die hand ingeplant (Behnke, 2006), wat beteken dat verdikking in die spierstrukture vanweë hoë impakkrigte moontlik tot hoër gewrigsomtrekke by suksesvolle gimnaste aanleiding kan gee. Die aanname kan ook gemaak word dat suksesvolle gimnaste oor die algemeen sal poog om spronge uit te voer waarvan die moeilikheidsgraad hoër is. Die kraggenerering wat deur middel van die hande en gewrig bewerkstellig word, sal dan verhoog word om meer hoogte vanaf die sprongtafel te verkry. Die gevolg is dat hoër impakkrigte deur die gewrig geabsorbeer moet word, wat moontlik tot 'n verdere verdikking van die spierstrukture in die voorarm en gewrig kan lei.

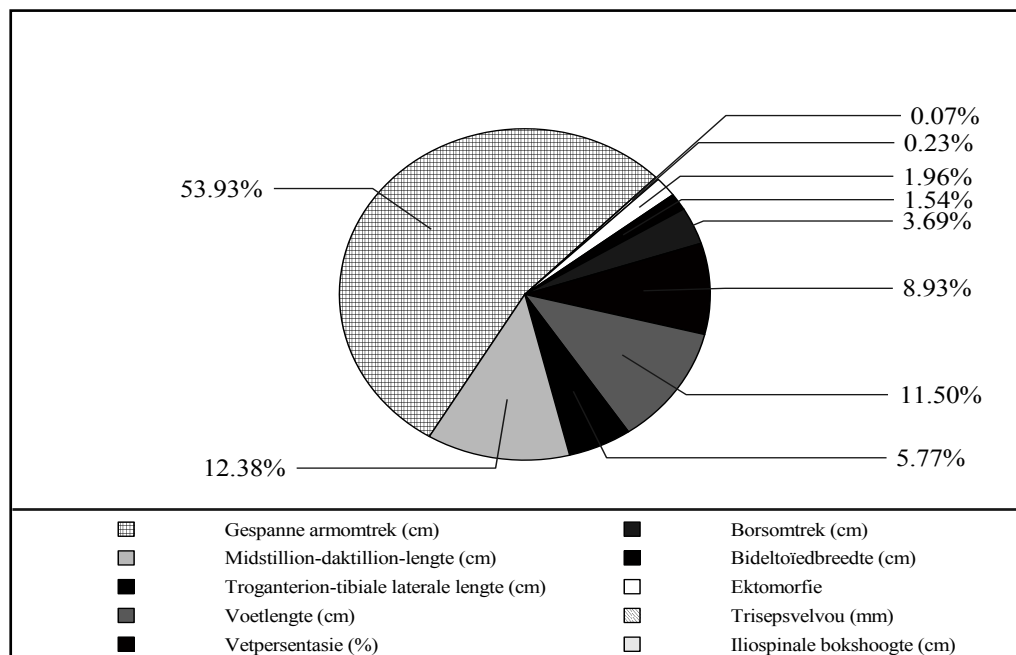
TABEL 6. RESULTATE VAN DIE VOORWAARTSE, STAPSGEWYSE, MEERVOUDIGE REGRESSIE-ANALISE OM AAN TE DUI WATTER ANTROPOMETRIESE VERANDERLIKES DIE MEESTE TOT SPRONGITEM-GIMNASTIEKPRESTASIE BY JONG DOGTER-GIMNASTE BYDRA

Veranderlike	Beta in	Meervoudige R ²	R ² -verandering	p-vlak
Gespanne boarmomtrek (cm)	2.979	0.5393	0.5393	0.0065*
Midstillion-daktillion-lengte (cm)	-0.3173	0.6631	0.1238	0.1023
Troganterion-tibiale laterale lengte (cm)	1.179	0.7208	0.0577	0.2344
Voetlengte (cm)	-1.1799	0.8358	0.1150	0.0624
Vetpersentasie (%)	-0.3884	0.9252	0.0893	0.0367*
Borsomtrek (cm)	-0.3549	0.9620	0.0369	0.0788
Bideltoëdbreedte (cm)	0.6998	0.9774	0.0154	0.1745
Ektomorfie	-0.6405	0.9970	0.0196	0.0212*
Trisepsvelvou (mm)	-0.3856	0.9993	0.0023	0.1292
Iliospinale bokshoogte (cm)	0.0844	1.0000	0.0007	0.0326*

R = Korrelasie *p ≤ 0.05

Vervolgens is die r²-veranderingwaardes gebruik om die persentasie bydrae van elk van die antropometriese veranderlikes tot sprongitem-puntetelling grafies voor te stel (figuur 1). In 'n verdere ontleding is 'n trosontleding gedoen om die antropometriese veranderlikes wat met mekaar in verband staan, uit te sonder en te elimineer. Die antropometriese veranderlikes van die dogtergimnaste is deur middel van die trosontleding vanaf 61 na 26 veranderlikes verminder, wat die volgende ingesluit het: frontale dy- en triseps-velvou; gluteale dy-, mesosternale, bors-, gewrig-, gespanne boarm-, kuit-, middel-, mid-dy- en kopomtrek; troganterion-tibiale laterale, midstillion-daktillion-, voet- en akromiale-radiale lengte; transversale bors en bitroganteriese deursnee; bideltoëd- en femurbreedte; A-P-borsdiepte; sithoogte; troganterion- en iliospinale bokshoogte; spiermassa- en vetmassapersentasie; som van die ses velvoue, sowel as ektomorfie.

Die trosontleding is opgevolg met 'n voorwaartse, stapsgewyse, meervoudige regressie-analise om die bydrae van elk van die trosontleding-geïdentifiseerde veranderlikes tot sprongitem-gimnastiekprestasie vas te stel. Die resultate word in tabel 6 en figuur 1 weergegee:



FIGUUR 1. PERSENTASIE BYDRAE VAN ELK VAN DIE VOORWAARTSE, STAPSGEWYSE, MEERVOUDIGE REGRESSIE-ANALISE-GEÏDENTIFISEERDE VERANDERLIKES TOT SPRONGITEMGIMNASTIEKPRESTASIE BY JONG DOGTERGIMNASTE

Die bogenoemde resultate dui daarop dat gespanne boarmomtrek (53.93%), midstillion-daktillion- (12.38%) en voetlengte (11.50%) die mees bepalende antropometriese komponente is vir die behaling van hoë punte in die sprongitem (77.81%). Verder verklaar vetpersentasie (8.93%), troganterion-tibiale laterale lengte (5.77%), borsomtrek (3.69%), ektomorfie (1.96%), bideltoëdbreedte (1.54%), trisepsvelvou (0.23%) en iliospinale bokshoogte (0.07%) die res van die variansie (22.19%). Gespanne boarmomtrek, vetpersentasie, ektomorfie en iliospinale bokshoogte se bydra tot die variansie in sprongitempuntetelling was betekenisvol ($p \leq 0.05$).

Hierbo is reeds melding gemaak van die moontlike verband wat daar tussen gespanne boarmomtrek en maksimale bolyfkrug kan bestaan. Om dié verband tussen die laasgenoemde twee veranderlikes te staaf, is 'n verdere analise met addisionele data van die gimnastiekprojek gedoen. Die spreidingshandstandopdruktoets is tydens dié projek gebruik om maksimale bolyfkrug te bepaal. Om dus die laasgenoemde aanname te staaf, is die korrelasiekoëffisiënt (r) tussen die uitslae van die laasgenoemde toets en die gespanne boarmomtrekwaardes van die gimnaste bereken. 'n Betekenisvolle r -waarde van 0.76 ($p = 0.04$) is gevind, wat beteken dat 57.76% ($r^2 \times 100$) van die variansie in maksimale bolyfkrug aan die hand van die gespanne boarmomtrekwaardes van die gimnaste verklaar kan word. Die korrelasiekoëffisiënte tussen gespanne boarmomtrek en spiermassa ($r = 0.87$, $p = 0.0002$), sowel as tussen gespanne boarmomtrek en mesomorfie ($r = 0.69$, $p = 0.01$), dui ook daarop

dat gimnaste met hoër gespanne boarm-ontrekmates oor 'n hoër relatiewe muskuloskeletale robuustheid beskik. Volgens Heyward en Stolarczyk (1996) sal 'n hoë spiermassa bydra tot beter eksplisiewe kragvertonings. Die meeste bewegings in gimnastiek, en veral ook in die sprongitem, maak staat op 'n kontaktyd van ongeveer 20 ms (Ritzdorf, 1999), wat die belang van eksplisiewe krag beklemtoon.

'n Moontlike verklaring vir die uitwysing van midstillion-daktillion-lengte (handlengte) as die tweede-grootste bydraer tot sprongitem-puntetelling is dat 'n direkte verband tussen handlengte en voorarmwringkrag bestaan (Crawford *et al.*, 2002). Om die bevinding te staaf is die handgreepwaardes van die gimnaste met hul handlengtes gekorreleer. 'n Betekenisvolle *r*-waarde van 0.59 ($p = 0.04$) het aan die lig gekom. Soos reeds genoem, speel die hande 'n belangrike rol in die verlenging van kontaktyd op die sprongtafel en sal groter hande 'n langer kontaktyd tot gevolg hê, wat weer die generering van 'n hoër hoekmomentum sal ondersteun. Dit alles sal meebring dat die gimnas haar liggaam vir 'n langer tydperk in die lug kan verplaas sodat sy meer tyd het om rotasie- en tolbewegings uit te voer.

Voetlengte het as die derde-grootste sprongitem-verbandhoudende determinant in die studie na vore gekom. Die resultaat is moontlik toe te skryf aan die verband wat daar tussen voetlengte en beeneksplisiewe krag bestaan (Davis *et al.*, 2006). Weereens kan die laasgenoemde verband getoets word deur die *r*-waarde tussen die gimnaste se voetlengtes en tweebeen-vertikale sprongwaardes te bereken wat vanuit die gimnastiekprojek bepaal is. 'n Betekenisvolle *r*-waarde van 0.76 ($p = 0.004$) is tussen die laasgenoemde veranderlikes gevind. Dié verband kan moontlik toegeskryf word aan 'n langer hefboomarm en kontaktyd met die grond wat deur 'n langer voet teweeggebring word. Dit het alles tot gevolg dat 'n groter enkelwringkrag in die vertikale rigting gegeneer kan word.

'n Onverwagse bevinding van dié studie is dat die gimnaste se vetpersentasies positief en betekenisvol met hul sprongitempuntetellings gekorreleer het. Daar word verwag dat gimnaste wat oor 'n hoër vetpersentasie beskik se liggaamsmassa uit meer "dooie" of metabolies onaktiewe weefsel opgemaak sal wees, wat 'n nadelige invloed op prestasies in die sprongitem behoort te hê. Die navorsingsbevinding van die studie is dus teenstrydig met dié van Richards (2006), wat byvoorbeeld gevind het dat daar 'n omgekeerde verband tussen die vetmassa en vaardigheidsvlak van gimnaste bestaan. Dié resultaat in die studie is moontlik te wyte aan die feit dat die suksesvolle gimnaste in hié studie verder gevorder is wat hulle liggaamsontwikkeling en groei betref, vergeleke met die minder suksesvolle gimnaste. Soos reeds gemeld, is hulle ook die groep wat vanweë hul meer gevorderde ontwikkeling 'n hoër vetmassa toon.

Volgens Brown (2001) behaal meer volwasse en groter gimnaste dikwels meer sukses as hul minder volwasse en kleiner eweknieë vanweë hul beter ontwikkelde en afgeronde vaardigheidsvlakke. Hy stel dit ook dat internasionale afrigters nie meer so gesteld is op liggaamsgrootte nie, solank 'n gimnas haar liggaam in die regte posisie kan plaas en die korrekte uitvoering van bewegings kan doen. Dit sal egter beteken dat die laasgenoemde groep harder sal moet werk om hul krag:liggaamsmassa-verhoudings te verhoog.

Troganterion-tibiale laterale lengte, wat 'n aanduiding is van die gimnaste se femurlengtes, het ook positief met sprongitem-puntetelling gekorreleer en 'n klein bydrae (5.77%) tot

prestasies in die laasgenoemde item gelewer. Tydens die springplankfase van die sprongitem lê gimnaste ongeveer 30° terug vanaf die vertikale posisie (Prassas, 2002). 'n Moontlike rede vir dié teruglê-posisie is om meer vertikale krag te genereer deur 'n groter hoeveelheid liggaamsmassa deur die steunpunt (wat die voete is) te laat gaan sodat meer aksiekrag teen die springplank gegenereer kan word. Die gevolg is dat 'n groter reaksiekrag in direkte verhouding tot die aksiekrag gegenereer kan word sodat die gimnaste hoër in die lug verplaas kan word. Gimnaste wat oor 'n langer femurlengte beskik sal dus in staat wees om verder terug te lê in verhouding tot die vertikale posisie en sal vanweë 'n langer hefboomarm langer in kontak met die springplank kan bly sodat meer krag gegenereer kan word. Die uiteinde is dat die gimnaste oor hoër hoekmomentum beskik, wat haar in staat sal stel om draai- en saltobewegings meer suksesvol uit te voer. Aangesien die gimnaste wat hoër punte in die sprongitem behaal het ook wat hulle fisieke ontwikkeling betref verder gevorder is, kan daar verwag word dat hulle langer beenlengtes sal toon.

Navorsing deur Reynolds *et al.* (2006) het daarop gewys dat die vermoë van dames om 20- (r = 0.56), 10- (r = 0.57), 5- (r = 0.59) en 1-repetisie-maksimum borsopdruk-oefeninge (r = 0.60) uit te voer, voorspel kan word op grond van hulle borsomtrekke. Daar kan verwag word dat borsomtrek wel 'n invloed op die laasgenoemde kragbepalingsoefeninge sal hê aangesien die borsomtrekmeting onder andere deur die grootte van die pectoralis major- en latissimus dorsi-spiergroepe bepaal word. Gimnaste wat oor groter borsomtrekmetes beskik, behoort dus groter pectoralis major- en latissimus dorsi-spiergroepe te toon, wat moontlik tot verhoogde bolyfkragsal aanleiding gee. Die gimnaste wat meer sukses in die sprongitem behaal, sal dus die gimnaste wees wat die grootste borsomtrekke toon, moontlik vanweë die kragvoordeel wat dit tot gevolg het.

Die laaste vier veranderlikes wat uit die voorwaartse, stapsgewyse meervoudige regressie-analise na vore gekom het se bydrae tot sprongprestasie is weglaatbaar klein. Bideltoëdbreedte, ektomorfie, trisepsvelvou en iliospinale bokshoogte dra gesamentlik maar 3.8% by tot die variansie in sprongitem-puntetelling. Vanweë dié klein bydrae sal dié antropometriese veranderlikes nie verdere aandag in die bespreking geniet nie.

GEVOLGTREKKING

Die algehele navorsingsresultate van dié studie dui daarop dat die antropometriese veranderlikes van jong dogtergimnaste wel as belangrike prestasiedeterminante van die sprongitem beskou kan word. Die onafhanklike t-toets- en effekgrootte-resultate het ten eerste getoon dat die jong, suksesvolle (vyf hoogste geplaaste) dogtergimnaste in die sprongitem betekenisvol hoër ($p \leq 0.05$; $d \geq 0.8$) waardes met betrekking tot ontspanne en gespanne armgewrigs- en enkelomtrek sowel as mesomorfie vergeleke met die minder suksesvolle gimnaste getoon het. 'n Verdere analise waarin 'n voorwaartse, stapsgewyse meervoudige regressie-analise uitgevoer is, het getoon dat gespanne boarmomtrek (53.93%), midstillion-daktillion- (12.38%) en voetlengte (11.50%), vetpersentasie (8.93%), troganterion-tibiale laterale lengte (5.77%), borsomtrek (3.69%), ektomorfie (1.96%), bideltoëdbreedte (1.54%), trisepsvelvou (0.23%) en iliospinale bokshoogte (0.07%) 'n 100%-bydrae gelewer het tot die prestasies (puntetoekenning) wat SA-dogtergimnaste in die sprongitem behaal. Gespanne boarmomtrek, vetpersentasie, ektomorfie en iliospinale bokshoogte se bydrae tot die variansie in sprongitem-puntetelling was betekenisvol ($p \leq 0.05$).

Die moontlike redes wat aangevoer kan word vir die uitwysing van die laasgenoemde antropometriese veranderlikes as prestasiedeterminante van die gimnastiek-sprongitem is dat groter liggaamsomtrekke, -lengtes en -breedtes meestal in verband staan met 'n kapasiteit vir hoër krag- en eksplosiewekrag-generering. Hiermee tesame toon die data van dié studie dat gimnaste wat meer suksesvol is in die sprongitem oor die algemeen 'n langer gimnastiekdeelnametyd toon en wat hul liggaamlike ontwikkeling betref, meer volwasse is as die minder suksesvolle gimnaste. Dié gimnastiekdeelnametyd- en ryppwordingsverskille tussen die twee genoemde populasies het alles tot gevolg dat die suksesvolle gimnaste groter antropometriese liggaamsmetings toon as hul minder suksesvolle eweknieë.

Die bevinding van die studie is dus dat daar wel meriete daarin is om dogtergimnaste se antropometriese samestelling in ag te neem tydens die opstelling en uitvoering van sportwetenskaplike toetsprotokolle. Die resultate dui voorts daarop dat groter boarm- en bolyfomtrekke; langer hand-, voet-, bobeen- en algehele beenlengtes; groter trisepsvelvoue en vetpersentasies sowel as ektomorfiewaardes veral van belang is vir prestasies in die gimnastieksprongitem. Dié genoemde antropometriese veranderlikes moet dus veral aandag geniet in toetsprotokolle wat gebruik word om jong dogtergimnaste te evalueer.

Dit is in die lig van laasgenoemde resultate en bespreking dat tekortkominge van die studie onder die soeklig geplaas word. Ten eerste kan aanbeveel word dat 'n groter aantal gimnaste gebruik word in studies van hierdie aard. Die relatief klein groepgroottes kan moontlik daartoe lei dat uitskieters die gemiddelde waardes van die antropometriese veranderlikes beïnvloed het. Voorts kon die klein groepgroottes die statistiese betekenisvolheid van resultate beïnvloed het. Tweedens kan aanbeveel word dat gimnaste van dieselfde ouderdomsgroepe eerder saam gegroepeer word om sodoende die effek van ouderdom op die verband tussen die onderskeie antropometriese veranderlikes en gimnastiekprestasie te bepaal. Laastens sal dit raadsaam wees om 'n uitgebreide studie te onderneem waarin die invloed van verskillende antropometriese veranderlikes op elk van die oorblywende gimnastiekitems (balk, brug en vloer) sowel as algehele gimnastiekprestasie te bepaal.

SUMMARY

The anthropometric vault item performance determinants of young female gymnasts

The number of participants in artistic gymnastics is more than 30 million individuals in more than 80 countries. It is in view of the latter fact that the need has developed for the identification and determination of gymnastics-specific performance determinants for girls. The identification of performance determinants will enable coaches and sports scientists to identify gymnasts at a young age and to guide them to top performances. In spite of this, no investigation has until now made an attempt to determine the performance determinants of young, South African (SA), female gymnasts. Owing to the comprehensiveness of a multi-factorial investigation, the aim of this study was only to focus on the anthropometric performance determinants of one item in artistic gymnastics, namely the vault. The purposes of this study were therefore firstly to determine the anthropometric variables that differ significantly ($p \leq 0.05$) between successful and less successful young, SA, female gymnasts

in the vault item, and secondly to determine the anthropometric variables that contribute to the performance of young SA, female gymnasts in the vault item.

Twelve young, female gymnasts (13.39 ± 2.14 years) from a gymnastics club in the North-West Province of South Africa participated in the study. Only gymnasts who participated at level 6-9 and junior as well as senior Olympics level were selected to participate in this study. Sixty-one anthropometric variables were measured on the dominant side of the body according to the methods of Norton *et al.* (1996). Firstly, the descriptive statistics (means and standard deviations) of the gymnastics population were calculated. This was followed by an analysis which intended to arrange the gymnasts in ranking order according to their vault performances (marks) that were achieved during the South African Gymnastics Championships. Due to differences in the participation levels, data was normalised by making use of correction factors. The analysis was followed by an independent t-test in which the gymnasts who achieved the top five positions in the ranking were compared with the rest of the gymnasts. The practical significance of differences was determined by calculating effect sizes. Thereafter, a cluster analysis of the different anthropometric variables was done to detect clusters of measures that appear to tap similar abilities. In the next step, a forward stepwise multiple regression analysis was performed to determine the contribution of each of the reduced anthropometric variables of the cluster analysis to the performances (points) that each gymnast achieved during the South African Gymnastics Championships. The level of significance was set at $p \leq 0.05$.

The results of the study firstly showed that the successful gymnasts in the vault item had statistical and practical significantly larger relaxed and flexed upper arm, wrist and ankle circumferences as well as mesomorphy values compared to the less successful gymnasts. The forward stepwise multiple regression analysis indicated that flexed upper arm circumference (53.93%), midstillion dactillion length (12.38%), foot length (11.50%), fat percentage (8.93%), trochanterion-tibial lateral length (5.77%), chest circumference (3.69%), ectomorphy (1.96%), bideltoid breadth (1.54%), triceps skinfold (0.23%) and iliospinal box height (0.07%) contributed 100% to the variance in gymnasts' vault performances. Flexed upper arm circumference, fat percentage, ectomorphy and iliospinal box height was the anthropometric variables which contributed significantly to gymnasts' vault performances.

The conclusion that can therefore be drawn is that larger upper arm and upper body circumferences; hand, foot, upper and total leg lengths; triceps skinfold and fat percentage as well as ectomorphy are important anthropometric vaulting performance determinants for young, South African, female gymnasts and should be included in the sport-scientific testing protocols of gymnasts.

VERWYSINGS

- BALE, P. & GOODWAY, J.D. (1990). Performance variables associated with the competitive gymnast. *Sports Medicine*, 10(3): 139-145.
- BALE, P. & GOODWAY, J.D. (2004). "Gymnastics: performance, physique, injury and training." *Sport Science*. Hyperlink [<http://www.sportsci.org/encyc/drafts/Gymnastics.doc>]. Datum van aflaai 27 Februarie 2004.
- BEHNKE, R.S. (2006). *Kinetic Anatomy* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

- BRADSHAW, E.J. & ROSSIGNOL, P.L.E. (2004). Anthropometric and biomechanical field measures of floor and vault ability in 8-14 year old talent-selected gymnast. *Sports Biomechanis*, 3(2): 249-262.
- BROWN, J. (2001). *Sports talent*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- CARTER, J.E.L. & BRALLIER, R.M. (1988). Physiques of specially selected young female gymnasts. In R.M. Malina (Ed.), *Young athletes: Biological, psychological, and educational perspectives* (167-175). Champaign, IL: Human Kinetics.
- CARTER, J.E.L. & HEATH, B.H. (1990). *Somatotyping – development and applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- CLAESSENS, A.L.; LEFEVRE, J. & MALINA, R.M. (1999). The contribution of anthropometric characteristics to performance scores in elite female gymnasts. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39(4): 355-360.
- CRAWFORD, J.O.; WANIBE, E. & NAYAK, L. (2002). The interaction between lid diameter, height and shape on wrist torque exertion in younger and older adults. *Ergonomics*, 45(13): 922-933.
- DAVIS, D.S.; BOSLEY, E.E.; GRONELL, L.C.; KEENEY, S.A.; ROSSETTI, A.M.; MANCINELLI, C.A. & PETRONIS, J.J. (2006). The relationship of body segment length and vertical jump displacement in recreational athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1): 136-140.
- DOUDA, H.; LAPARIDIS, K. & SAVVAS, P. (2002). Long-term training induces specific adaptations on the physique of rhythmic sports and female artistic gymnasts. *European Journal of Sport Science*, 2(3): 1-13.
- DOWTHWAITE, J.N.; DISTEFANO, J.G.; PLOUTZ-SNYDER, R.J.; KANALEY, J.A. & SCERPELLA, T.A. (2006). Maturity and activity-related differences in bone mineral density: Tanner I vs. II and gymnasts vs. non-gymnasts. *Bone*, 39: 896-900.
- DRINKWATER, D.T. & MAZZA, J.C. (1994). Body composition. In J.E.L. Carter; T.R. Ackland; J.C. Mazza & W.D. Ross (Eds.), *Kinanthropometry in aquatic sports: A study of world class athletes* (102-137). Champaign, IL: Human Kinetics.
- HEYWARD, V.H. & STOLARCZYK, L.M. (1996). *Applied body composition assessment* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- KING, M.A. & YEADON, M.R. (2004). Factors influencing performance in the Hecht vault and implications for modelling. *Journal of Biomechanics*, 38: 145-151.
- KOH, M.; JENNINGS, L.; ELLIOT, B. & LLOYD, D. (2003) A predicted optimal performance of the Yurchenko layout vault in women's artistic gymnastics. *Journal of Applied Biomechanics*, 19(3): 187-204.
- KUKOLJ, M.; ROPRET, R.; UGARKOVIC, D. & JARIC, S. (1999). Anthropometric, strength, and power predictors of sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39(2): 120-122.
- LEE, R.D.; WANG, Z.; HEO, M.; ROSS, R.; JANSSEN, I. & HEYMSFIELD, S.B. (2000). Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72(3): 796-803.
- MARKOU, K.B.; PANANGIOTIS, J.; THEODOROPOULOU, A.; KONTOGIANNIS, A.; LEGLISE, M.; VAGENAKIS, A.G. & GEORGOPOULOS, N.A. (2004). The influence of intensive physical exercise on bone acquisition in adolescent elite female and male artistic gymnasts. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 89(9): 4383-4387.
- MAYHEW, J.L.; BALL, T.E.; BOWEN, J.C. & PRUDHOMME-LIZOTTE, J. (1989). Relationship between anthropometric dimensions and bench press strength in females. *Journal of Osteopathic Sports Medicine*, 3(3): 9-14.

- NICKOLS-RICHARDSON, S.M.; MODLESKY, C.M.; O'CONNOR, P.J. & LEWIS, R.D. (2000). Premenarcheal gymnasts possess higher bone mineral density than controls. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1): 63-69.
- NORTON, K.; OLDS, T.; OLIVE, S. & CRAIG, N. (1996). Anthropometry and sports performance. In K. Norton & T. Olds (Eds.), *Anthropometrica* (287-352). Sydney: University of New South Wales Press.
- POOL, J.; BINKHORST, R.A. & VOS, J.A. (1969). Some anthropometric and physiological data in relation to performance of top female gymnasts. *European Journal of Applied Physiology*, 27(4): 329-338.
- PRASSAS, S. (2002). "Vaulting mechanics." *Coaches' info service*. Hyperlink [<http://www.coachesinfo.com/category/gymnastics/315/>]. Datum afgelaai 5 Desember 2006.
- RAY, D. & KHANNA, S.N. (1991). A Kinanthropometric study of leg explosive strength of female junior national kho-kho players. *Research Bi-annual for Movement*, 8(1): 24-33.
- REYNOLDS, J.M.; TORYANNO, J.G. & ROBERGS, R.A. (2006). Prediction of one repetition maximum strength from multiple repetition maximum testing and anthropometry. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3): 584-592.
- RICHARDS, J. (2006). "Talent identification in elite gymnasts: Why body size is so important?." *Coaches info service*. Hyperlink [<http://coachesinfo.com/category/gymnastics/70/>]. Datum afgelaai 30 Oktober 2006.
- RITZDORF, W. (1999). Strength and power training in sport. In B. Elliott (Ed.), *Training in sport: applying sport science* (189-236). New York, NY: Wiley.
- SANDS, W.A.; McNEAL, J.R.; BORMS, J. & JEMNI, M. (2003). "Sprint characteristics of talent-selected female gymnasts age 9-11 years." *USA Gymnastics*. Hyperlink [<http://www.usa-gymnastics.org/safety-and-education/congress/2003/sss-sprintTOPs2.pdf>]. Datum afgelaai 27 Februarie 2004.
- SCANLAN, J.M.; BALLMANN, K.L.; MAYHEW, J.L. & LANTZ, C.D. (1999). Anthropometric dimensions to predict 1-RM bench press in untrained females. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39(1): 54-60.
- SHARMA, R.C. (1992). Speed, take-off, and hand push-off abilities in gymnastics vaulting. A biomechanical study. *NIS Scientific Journal*, 15(3): 104-109.
- SLAUGHTER, M.H.; LOHMAN, T.G.; BOILEAU, R.A.; HORSWILL, C.A.; STILLMAN, R.J.; VAN LOAN, M.D. & BEMBEN, D.A. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youths. *Human Biology*, 60: 709-737.
- STATSOFT, INC. (2005). "Statistica (data analysis software system), version 6." Hyperlink [www.statsoft.com].
- THORLAND, G.W.; JOHNSON, G.O.; FAGOT, T.G.; THARP, G.D. & HAMMER, R.W. (1981). Body composition and somatotype characteristics of junior Olympic athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 13(5): 332-338.
- THOMAS, J.R. & NELSON, J.K. (2001). *Research methods in physical activity* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Mnr. Ben Coetzee: Skool vir Biokinetika, Rekreasie en Sportwetenskap, Bussie 494, Noordwes-Universiteit, Potchefstroomkampus, Potchefstroom, Republiek van Suid-Afrika. Tel.: +27 (0)18-2991803 (w), +27 (0)18-2933401 (h), Faks.: +27 (0)18-2992022, E-pos: Ben.Coetzee@nwu.ac.za

(Vakredakteur: Prof. H. de Ridder)