

## **BEPALING VAN TALENTIDENTIFISERINGSDETERMINANTE VIR KRUIPSLAGSWEMPRESTASIES BY 14 JARIGE SEUNS: 'N KINANTROPOMETRIESE PROFIEL**

Ben COETZEE, Anita E. PIENAAR & Mercia COETZEE

Skool vir Biokinetika, Rekreasie en Sportwetenskap, Potchefstroomse Universiteit vir  
Christelike Hoër Onderwys, Potchefstroom, Republiek van Suid-Afrika

### **ABSTRACT**

*The aim of this study was to determine which kinanthropometric variables, with consideration of the growth and genetic stability of these determinants, are indicated by literature as possible talent-identification determinants for 50m and 100m crawl-stroke swimming performance in 14-year-old boys. The kinanthropometric variables that underlie swimming success of young boys were identified by means of an extensive literature survey. After analysing the relevant literature a kinanthropometric profile was compiled for this gender. Twenty-three kinanthropometric determinants were identified for 14-year-old boys: Long lower limb length, feet and thigh length, leg-length index, feet surface area, upper limb length, hand length, hand surface areas, long arm length in relation to body stature, brachial index, body stature, muscle mass percentage, lean body mass, body volume, wide shoulders in relation to hips, transverse chest breadth, biceps and head circumferences, sitting height, body mass, body mass stature index, as well as an ideal somatotype.*

**Key words:** Talent; Talent identification; Crawl swimming; Kinanthropometry; Ananthropometry; Heredity; Inheritance; Genetics; Growth; Development; Sexual maturation; Boys.

### **INLEIDING**

Swem is een van die 10 sportsoorte in Suid-Afrika wat deur die National Sports Council in 1994 as 'n belangrike sportsoort geïdentifiseer is (National Sports Council, 1994). Die uitsonderlike prestasies van Penny Heyns en Mariaan Kriel by die 1996-Olimpiese Spele in Atlanta het weer eens getoon dat Suid-Afrika oor talentvolle swemmers beskik. Ten spyte van die goeie prestasies wat swemmers behaal, het 'n omvattende literatuurondersoek oor talentidentifisering in swem getoon dat talentidentifisering meestal op 'n onwetenskaplike wyse hanteer word (Hawley *et al.*, 1992; Jianyu, 1994). Tot onlangs toe is die identifisering van swemmers hoofsaaklik gebaseer op natuurlike seleksie, en dit is nog steeds in baie lande die geval. Indien talentidentifisering in swem egter op 'n meer wetenskaplike wyse in Suid-Afrika toegepas sou word, kan dit daartoe bydra dat talentvolle swemmers reeds op 'n vroeë ouderdom vir die mees geskikte swemitem geïdentifiseer en ontwikkel word sodat beter internasionale prestasies dienooreenkomstig gelewer kan word.

## PROBLEEMSTELLING

'n Omvattende literatuursoektog het aangetoon dat hoewel daar heelwat navorsingsliteratuur oor swem bestaan daar min studies is wat op jong deelnemers fokus (Coetzee, 2000). Ander tekortkominge wat uit die literatuur geblyk het, is dat die meerderheid literatuur of bloot beskrywend van aard is (Jianyu, 1994), of slegs op enkele komponente van swem fokus (Conley *et al.*, 1991; Hawley *et al.*, 1992).

Talentidentifisering wat op 'n wetenskaplike wyse uitgevoer word, vereis 'n spesifieke metodologie om doeltreffend te kan geskied, waaronder die bepaling van talentidentifiseringsdeterminante ook ressorteer. Volgens die literatuur dra die volgende determinante by tot swemtalent, naamlik die fisiologiese (Woodman, 1985; O'Shea, 1996), psigologiese (Furst & Hardman, 1988), motoriese (Maglischo, 1993) en kinantropometriese determinante (Mazza *et al.*, 1994). Daar is ook ander verbandhoudende faktore wat tot wisselende sportprestasies kan lei, soos beskikbare geleenthede, voorbereidingservaringe, aanmoediging, ondersteuning, motivering, selfvertroue, deursettingsvermoë en gefokusde konsentrasie (Howe *et al.*, 1997). Hierbenewens het Van Rossum (1997) vyf faktore uitgelig wat volgens hom net so belangrik in die behaling van sportprestasies is, naamlik: Psigiese fiksheid, natuurlike talent, fisieke fiksheid, motoriese vaardighede en kwantiteit van oefening. Weens die omvang van 'n multi-faktoriale ondersoek is daar vir die doel van die studie slegs gefokus op die kinantropometriese determinante wat swemsukses kan beïnvloed. Kinantropometrie behels onder andere 'n ondersoek na aspekte soos absolute liggaamsgrootte, somatotipering, relatiewe liggaamsgrootte of liggaamsverhouding, en liggaamsamestelling. Ackland en Mazza (1994) het aangedui dat kennis van kinantropometriese aspekte vir die wetenskaplike 'n aanduiding kan gee van die genetiese potensiaal van die kind, asook 'n aanduiding van die tipe sportsoort en die aard van 'n item binne 'n bepaalde sportsoort waarin die kind sal uitblink.

Die talentidentifiseringsprotokol wat met hierdie studie daargestel is, is van toepassing op 14-jarige seuns (puberteitsfase wat gekenmerk word deur groeiveranderinge), wat beteken dat die groeiproses en die effek daarvan op die waarde van talentbepalers ondersoek moet word (Jiang, 1993). Kinders ontwikkel verskillend en hul biologiese prosesse het verskillende ontwikkelingsstempo's, wat nie noodwendig in ooreenstemming met chronologiese ouderdom is nie (Pienaar, 2000). Dit beteken dus dat vroeë ontwikkelaars kinantropometries verder ontwikkel sal wees as laat ontwikkelaars van dieselfde ouderdomsgroep en dus 'n voordeel met betrekking tot swemprestasie op hierdie ouderdom kan hê. Dit is dus noodsaaklik om 'n kind se skeletouderdom te bepaal, aangesien dit vir die wetenskaplike 'n aanduiding sal wees van hoeveel verandering daar nog na 14-jarige leeftyd te wagte kan wees, veral met betrekking tot kinantropometriese samestelling.

'n Aspek wat in samehang met die ondersoek na geskikte kinantropometriese determinante ondersoek is, is die oorefflikheidskoëffisiënt van kinantropometriese veranderlikes. Dit is algemeen bekend dat suksesvolle sportlui primêr gebore en nie ontwikkel word nie (Régner *et al.*, 1993). Dit beteken dat talentvolle sportlui oor bogemiddeld voortreflike motoriese en fisiologiese vermoëns beskik, en dat dit in 'n groot mate deur 'n persoon se genetiese samestelling bepaal word. Dit is dus belangrik dat dié faktor nooit in die talentidentifiseringsproses buite rekening gelaat sal word nie.

Die navorsingvraag wat gevolglik deur die ondersoek beantwoord wil word, is: Watter kinantropometriese veranderlikes, met inagneming van groei en genetiese stabiliteit van dié veranderlikes, kan deur die literatuur uitgewys word as moontlike talentidentifiseringsdeterminante van 50m- en 100m-kruipslagswemprestasies by 14-jarige seuns? Bevindings ten opsigte van hierdie vraag behoort die verwantskap wat daar tussen swemprestasie en die kinantropometriese samestelling van swemmers bestaan uit te wys. 'n Kinantropometriese profiel wat volgens hierdie metode saamgestel is, kan dit moontlik maak om talentvolle kruipslagswemmers te identifiseer wat hierdie aspek van hul samestelling betref.

## **METODE VAN ONDERSOEK**

Hierdie studie het ten doel gehad om aan die hand van 'n uitgebreide literatuursoektog die kinantropometriese determinante vir kruipslag-kortafstandswem uit te lig en die belangrikheid daarvan as talentidentifiseringsdeterminante te oorweeg aan die hand van groei en genetiese stabiliteit van die veranderlikes. Literatuur is derhalwe in konteks gestel tot die doel van die studie en krities beoordeel ten einde sinvolle afleidings te kan maak. Rekenaarsoektogte wat gebruik is om die nodige literatuur op te spoor, is die volgende: *SportDiscus*, *Medical Line*, die PUK se Biblioteekatalogus en Suid-Afrikaanse Tydskrifte (*SA Studies*). Deur gebruik te maak van hierdie soektogte is 157 bronne verkry, wat in die ondersoek gebruik is (Coetzee, 2000).

### **Die ondersoekgroep**

Volgens Woodman (1985) is 12 tot 14 jaar die beste ouderdomme waartydens voorspellings oor prestasiepotensiaal gemaak kan word. Om hierdie redes is daar besluit om in hierdie ondersoek op seuns van 14 jaar te fokus, omdat dit as 'n gunstige ouderdom vir die aanvang van sportspesialisasie, en meer spesifiek van swem (Maglischo, 1993), beskou word. Gevolglik is literatuurbevindings oor Interkollege-, Australiese Staatskampioenskap-, nasionale-, Olimpiese-, klub- en wêreldkampioenskapswemmers van die manlike geslag geraadpleeg. Die ouderdomme van die swemmers wat in die literatuur ontleed is, het tussen nege en 22,8 jaar gewissel. Suksesvolle man- kortafstandkruipslagswemmers se kinantropometriese samestelling is ook ontleed om daardeur determinante te identifiseer wat ook by seuns van belang mag wees. Om die invloed van groei en oorerflikheid op die geselekteerde kinantropometriese veranderlikes te bepaal, is data met betrekking tot kinders van alle ouderdomme tot en met volwassenheid vergelyk. In die ondersoek oor die invloed van oorerflikheid is data van veral tweelingstudies ontleed (Coetzee, 2000).

### **Prosedure van literatuurhantering**

In die eerste stap van die studie is die prestasiekriteria van swem geïdentifiseer deur gebruik te maak van 'n taakanalise (Coetzee, 2000). Die waarskynlikste kinantropometriese determinante vir swemmers is hiervolgens bepaal. Volgens die riglyne van Bulgakova en Voroncov (1978) is gepoog om voorspellers te kies wat redelik "stabiel" is met betrekking tot groeiveranderinge en wat sterk deur genetiese faktore bepaal word. Longitudinale en kwasi-longitudinale studies se resultate is ontleed om die ontwikkelingsprofiel van elke kinantropometriese determinant te bepaal (Coetzee, 2000), hoewel hierdie tipe studies nie baie algemeen is nie. Literatuurbevindings met betrekking tot vroeë en laat ontwikkelaars is ondersoek om daardeur die invloed van individuele verskille en variasies in groei op die talentidentifiseringsproses te bepaal (Beunen & Malina, 1988; Malina & Bouchard, 1991;

Lucacia, 1996). Ten laaste is die kinantropometriese determinante wat volgens hierdie analise moontlik voorspellingspotensiaal het vir 50- en 100m-kruipslagswemprestasie by 14-jarige seuns, in volgorde van belangrikheid gelys.

### **Kinantropometriese veranderlikes wat in die studie ondersoek is**

Kinantropometriese samestelling omvat 'n groot aantal veranderlikes wat deur navorsers in breë kategorieë saamgevoeg word (Carter & Marfell-Jones, 1994). Die kinantropometriese veranderlikes wat in hierdie studie ondersoek is, is aan die hand van hierdie kategorieë ontleed. Dit is absolute liggaamsgrootte, somatotipering, relatiewe liggaamsgroottes en liggaamsamestelling (Drinkwater & Mazza, 1994; Mazza *et al.*, 1994; Ross *et al.*, 1994).

## **RESULTATE**

### **Taakanalise**

In die eerste stap van die taakanalise is die kruipslagswemslag geanaliseer. Kruipslag word uitgevoer met die abdomen wat na die bodem van die swembad gerig is en met die liggaam wat deur al die veranderende fases van die slag 'n gestroomlynde posisie inneem, wat daartoe lei dat weerstand verminder en momentum deur elke opeenvolgende armslag ontwikkel word. Die bolyf, heupe en bene bly in lyn met die wateroppervlak of net onder die wateroppervlak. Die waterlyn is tydens die uitvoering van dié swemslag ongeveer gelyk met die haarlyn van die kop. Die slag word gekenmerk deur breukdeel-van-sekonde-tydsberekening van die arms en 'n ritmiese oorskakeling van een fase van die slag na die volgende. Die bene help om die gestroomlynde posisie van die liggaam te handhaaf. Die liggaam rol gedurende die uitvoering van dié slag ongeveer 35-50° om sy lengte-as. Aan die einde van die rolaksie word die kop gedraai om asem te haal (Meyer *et al.*, 1986).

Uit die taakanalise wat uitgevoer is om te bepaal watter onderliggende faktore noodsaaklik is vir swemprestasie het dit geblyk dat swemprestasie deur absolute liggaamsgroottesparameters sowel as relatiewe metings soos liggaamsamestelling beïnvloed word. Liggaamsegmentdimensies soos ledemaatlengtes, -breedtes en -omtrekke beïnvloed ook die slagtegniek en ontwikkeling van spierkrag, wat die twee slagmeganiese beginsels van die uitvoering van die swemslag is (Mazza *et al.*, 1994). Uit die literatuur blyk dit duidelik dat slagafstand dié vaardigheidskomponent is wat 'n direkte en primêre invloed op die gemiddelde swemspoed ( $V_s$ ) en gevolglike swemtyd van 'n swemmer oor 'n sekere afstand sal hê en nie slagfrekwensie nie (Hay & Guimaraes, 1983; Cappaert *et al.*, 1995). Slagafstand ( $\bar{S}A$ ) verwys na die afstand wat 'n swemmer per slagsiklus vorentoe beweeg, terwyl slagfrekwensie ( $\bar{S}F$ ) na die aantal slae wat die swemmer oor 'n sekere afstand uitvoer, verwys.

Grimston en Hay (1986) het in hul navorsing ook bevind dat slagafstand sowel as slagfrekwensie van 'n aantal kinantropometriese veranderlikes afhanklik is. Uit die resultate van dié navorsers is dit duidelik dat 'n verhoogde aksilla-dwarsdeursneeoppervlakte, armlengte, hand-dwarsdeursneeoppervlakte, been frontale oppervlakte en voet-dwarsdeursneeoppervlakte almal tot 'n betekenisvolle verhoging in slagafstand sal lei. 'n Groter aksilla-dwarsdeursneeoppervlakte, arm- en beenlengte sal tot 'n betekenisvolle daling in slagfrekwensie lei. Norton *et al.* (1996) ondersteun die navorsingsbevindinge deurdat hulle langer ledemaatlengtes koppel aan 'n langer  $\bar{S}A$ , maar wys daarop dat die swemmer dan ook

die nodige spierkrag moet hê om die langer  $\bar{S}A$  te ondersteun. Aangesien dié laasgenoemde kinantropometriese veranderlikes hoofsaaklik geneties bepaal word, wil dit voorkom asof die meerderheid swemmers wat die kinantropometriese kenmerke vertoon wat noodsaaklik vir swemprestasies is, so gebore word.

Goeie armslag- of swemtegniekkenmerke is belangrik vir swemprestasie, aldus navorsingsbevindinge (Chatard *et al.*, 1991; Arellano *et al.*, 1994). Hierdie navorsers het by die vergelyking van verskillende tipes swemmers (slae en afstande) definitiewe verskille ten opsigte van kinantropometriese afmetings en samestelling gevind. Uit navorsing oor stylkenmerke het daar ook 'n duidelike verband met kinantropometriese aspekte geblyk. So byvoorbeeld het Clarys *et al.* (1974) die verhouding tussen liggaamsvorm en totale weerstand in water nagevors en bevind dat die volgende faktore die grootste invloed op weerstand het:

- die Koëffisiënt van skraalheid van die swemmer, wat bepaal word deur die liggaamslengte van die swemmer te deel deur die derdemagswortel van die liggaamsvolume; en
- die Vierkantwortel van die middeldeursnee oppervlakte-verhouding

Dié resultate impliseer dat 'n groter verhouding aanleiding gee tot hoër weerstand wat die swemmer in die water sal ondervind en dat parameters soos liggaamslengte, liggaamsoppervlakte en dwarsdeursneeoppervlakte gevolglik belangrike determinante vir sukses in swem sal wees.

Voorts volg dit dat die energie-uitset van kruislag beïnvloed kan word deur die swemmers se skraalliggaamsmassa en die effektiewe toepassing van krag gedurende die arm-trekaksie, soos wat dit deur die slagindeks ( $SI = V_s \times \bar{S}A$ ) weergegee word. Die SI en skraalliggaamsmassa is bepalend vir omtrent 81% ( $r=0.90$ ) van die energiegebruik by 'n gegewe spoed, aldus Grimston en Hay (1986). Die energie-uitset van swem ( $K_s$ ) per afstandseenheid teen 'n gegewe spoed ( $v$ ) varieer van swemmer tot swemmer en is onder andere ook afhanklik van liggaamsgrootte. Liggaamslengte, liggaamsmassa en liggaamsoppervlakte verhoog die  $K_s$  (Chatard *et al.*, 1990), waar dryfbaarheid dit laat afneem (Costill *et al.*, 1985; Chatard *et al.*, 1990). Chatard *et al.* (1990) het verder ook getoon dat armlengte  $K_s$  direk beïnvloed, deurdat  $K_s$  afgeneem het in direkte verhouding tot die toename in armlengte. 'n Verdere studie van Chatard *et al.* (1991) het getoon dat swemmers met lang arms 12% minder energie gebruik het as swemmers met kort arms (77cm vergeleke met 72cm). In die studie van Chatard *et al.* (1991) het liggaamslengte en -oppervlakte, wat hoog korreleer met liggaamsmassa ( $r=0.81$  en  $0.92$  onderskeidelik;  $p<0.01$ ) slegs 12% en 25% van  $K_s$ -variasie verteenwoordig. Verdere bevindinge toon ook dat suksesvolle swemmers die laagste  $K_s$  getoon het (Chatard *et al.*, 1991).

Stapgewyse regressies het getoon dat liggaamslengte die enkele beste voorspeller van  $K_s$  was, met die insluiting van hidrostatiese hefkragte het die akkuraatheid van die regressie verhoog tot  $r=0.53$ . Hidrostatiese hefkragte verwys na die kragte wat met 'n opwaartse druk geassosieer word, wat vanweë 'n watervloeiensnelheidsverskil ontstaan (Colwin, 1992). Dit wil dus voorkom asof  $K_s$  afhanklik is van tegniese uitvoeringsvermoë, kinantropometriese veranderlikes (liggaamslengte, liggaamsmassa, liggaamsoppervlakte, armlengte), swemtegniek en swemsnelheid.

Vervolgens word 'n kort samevatting van die literatuurbevindinge wat handel oor die kinantropometrie se samestelling van man- en seun-kortafstandkruipslagswemmers weergegee.

### **Absolute liggaamsgrootteresultate se verband met kruipslagswem**

Manlike kruipslagswemmers (KS) toon langer liggaamslengtes en ledemaatlengtes (ondersteledemaat- en dylengtes), vergeleke met swemmers van ander *swemslae* (Drinkwater & Mazza, 1994; Mazza *et al.*, 1994). Dit, tesame met 'n groter gemiddelde kopomtrek en transverse borsdeursnee, gee aan hulle 'n voordeel met betrekking tot kruipslagswem vanweë hul groter bou. Dit geld veral vir kortafstand-kruipslagswemmers (KA-KS) (Mazza *et al.*, 1994).

KA-KS vergeleke met swemmers van ander *swemafstande* toon groter absolute liggaamsgrootteveranderlikes (liggaamslengtes, liggaamsmassa, gebuigde-armomtrekke, biakromiale deursnee, hand- en voelengtes, sittende hoogte en armspanne) (Drinkwater & Mazza, 1994; Mazza *et al.*, 1994; Norton *et al.*, 1996). Dit is waarskynlik te wyte aan die feit dat verskillende afstande verskillende kraggenererings- en energievereistes het. Kortafstandswemmers (KA) het oor die algemeen groter boonste ledemate en breër skouers (Jiang, 1993; Mazza *et al.*, 1994) en is sodoende kinantropometries meer geskik gebou om hoë kraggenerering te bewerkstellig.

Die vergelyking van *suksesvolle* en *minder suksesvolle kruipslagswemmers* het aangetoon dat suksesvolle KA-KS betekenisvol ouer en langer is (Jiang, 1993; Drinkwater & Mazza, 1994; Mazza *et al.*, 1994), met groter onderste- en boonsteledemaatlengtes, iliocristale- en humerusdeursnee (Mazza *et al.*, 1994) as minder suksesvolle swemmers.

Resultate wat met betrekking tot ouderdomsgroepswemmers (ouderdom = nege tot 13 jaar) ondersoek is, het aangetoon dat daar 'n betekenisvolle korrelasiekoëffisiënt van -0.3445 tussen kruipslagprestasieverhoudings (die swemmer se tyd oor 100m kruipslag/die Staatrekord vir die betrokke item) en staande liggaamslengte bestaan (Blanksby *et al.*, 1986). 'n Langer liggaamslengte word hiervolgens met 'n kleiner prestasieverhouding geassosieer, wat vinniger swemtye reflekteer. Navorsing het verder aangetoon dat suksesvolle KA-ouderdomsgroepswemmers klein bi-iliocristale deursnee, maar groter handpalm- en voetoppervlaktes vergeleke met minder suksesvolle swemmers toon (Lucacia, 1996).

### **Somatotiperingskenmerke se verband met kruipslagswem**

Volgens die meerderheid navorsing wat in dié verband bestudeer is, val *suksesvolle manswemmers* se somatotipering in 'n ektomorfiëse-mesomorfgadering van 25-3 (Carter, 1984; Carter & Marfell-Jones, 1994) en in sommige gevalle ook in die gebalanseerde-mesomorfië-kategorie van 3-5-3 (Carter, 1984; Gualdi-Russo & Graziani, 1993). Uit die voorafgaande resultate kan dus gesien word dat suksesvolle manswemmers oor 'n lang, lenige liggaamsbou beskik, met 'n gespierde voorkoms. Uit die aard van die kruipslagaksie (soos op p.12 bespreek) is dit duidelik waarom swemmers met dié liggaamsbou die grootste kans sal staan om sukses in die item te behaal. Dit geld veral vir kortafstand-kruipslagitems waar swemmers oor 'n hoë spierkomponent (mesomorfiëse komponent) moet beskik om hulle in staat te stel om baie krag teen die water uit te oefen. 'n Lang liggaamslengte (ektomorfiëse komponent) sal die swemmers weer 'n voordeel bied ten opsigte daarvan dat krag oor 'n langer tydperk en afstand uitgevoer kan word.

Wat betref 'n vergelyking van manlike swemmers in verskillende *swemslae* het navorsing getoon dat gemiddelde somatotiperingswaardes nie betekenisvol ten opsigte van verskillende swemslae verskil nie. Daar is egter nie-betekenisvolle verskille wat genoem kan word, naamlik dat KS die grootste gemiddelde ektomorfiekomponent getoon het, terwyl hulle die groep was met die kleinste gemiddelde meso- en endomorfiiese tellings (Carter & Marfell-Jones, 1994). KA-KS het die tweede laagste endomorfiëtellings getoon, terwyl die gemiddelde mesomorfië- en ektomorfiëtellings van die KA die tweede grootste in dié vergelyking tussen swemmers van verskillende *swemafstande* was (Carter & Marfell-Jones, 1994).

Studies waar *suksesvolle* en *minder suksesvolle kruipslagswemmers* met mekaar vergelyk is wat hul somatotipe betref, het getoon dat daar geen betekenisvolle verskille ten opsigte van die somatotipering van dié twee groepe swemmers voorkom nie (Carter & Marfell-Jones, 1994). 'n Vergelyking tussen klub- en suksesvolle manswemmers het egter aan die lig gebring dat klubswemmers 'n kleiner mesomorfiëse sowel as ektomorfiëse telling behaal het (Gualdi-Russo & Graziani, 1993; Siders *et al.*, 1993) terwyl die endomorfiëse telling ietwat hoër was as dié van die Olimpiese en wêreldkampioenskap-swemmers (Liu *et al.*, 1989; Gualdi-Russo & Graziani, 1993).

Uit die literatuur van suksesvolle jong swemmers (gemiddelde ouderdom van 14.1 jaar), blyk dit dat hulle oor 'n kleiner spierkomponent (mesomorfië) en groter vetkomponent (endomorfie) en ektomorfiëwaarde as manswemmers (gemiddelde ouderdom van 21.3 jaar) beskik (Bloomfield *et al.*, 1994). Dit verklaar ook hoekom die mans langer slagafstande tydens die kruipslagaksie sal kan uitvoer vanweë hul hoër spiermassa en groter kraggenereringskapasiteit.

Met ouderdomstoename verhoog seunswemmers se spier- en liggaamslengte-komponent, terwyl die vetkomponent verminder, almal faktore wat voordelig is vir 50m- en 100m-kruipslagprestasie. Hierdie tendens word bevestig deur navorsing wat op junior Australiese Staatskampioenskapswemmers gedoen is en getoon het dat seuns 'n effense afname in spieren vetmassa en 'n toename in liniariteit en lengte vanaf die ouderdom van 12.2 tot 14.1 jaar verkry (Bloomfield *et al.*, 1994). Dit is duidelik dat verskille ten opsigte van die somatotiperingswaardes met betrekking tot endomorfië- en ektomorfiëwaardes met toename in ouderdom al hoe groter word, terwyl die mesomorfiëkomponent tydens hierdie tydperk redelik konstant bly.

### **Liggaamsverhouding of relatiewe liggaamsgrootte se verband met kruipslagswem**

Die literatuur oor relatiewe liggaamsgrootte het aangetoon dat mans KA-KS betekenisvol kleiner in die meeste relatiewe liggaamsgroottewaardes is as hulle met swemmers van ander swemslae vergelyk word (Ross *et al.*, 1994).

In Ross *et al.* (1994) se studie is voorts bevind dat KA-KS oor korter voorams as langafstandswemmers beskik. Die KA-groep was weer groter ten opsigte van handlengtes en humerusbreedtes as hulle met betrekking tot die verskillende *swemafstande* vergelyk is.

Literatuurbevindinge oor manswemmers toon dat daar geen duidelike verskille ten opsigte van verskillende relatiewe liggaamsgroottes in 'n vergelyking tussen *suksesvolle* en *minder*

*suksesvolle kruipslagswemmers* bestaan nie, behalwe vir kleiner velvoue by suksesvolle KA-swemmers (Ross *et al.*, 1994). Hierdie resultate bevestig weer eens dat 'n kleiner vetmassa voordeliger vir swemprestasie is, aangesien die swemmer minder “onaktiewe” liggaamsmassa het om oor 'n afstand te verplaas. Navorsing het wel getoon dat suksesvolle kruipslagswemmers lang armlengtes in verhouding tot liggaaamslengte het (Lucacia, 1996; Norton *et al.*, 1996).

### **Liggaamsamestelling se verband met kruipslagswem**

Die resultate van die literatuurondersoek oor liggaamsamestelling toon dat manlike kruipslagswemmers oor die kleinste gemiddelde persentasie spierweefselmassa en spiermassa-skeletmassa-verhouding van al die *swemslae* beskik (Drinkwater & Mazza, 1994).

In 'n vergelyking tussen swemmers van verskillende *swemafstande* het manlike KA die grootste spierpersentasie en kleinste velvoue vergeleke met LA getoon (Drinkwater & Mazza, 1994).

Navorsing met betrekking tot verskille wat daar bestaan tussen *suksesvolle* en *minder suksesvolle kortafstand-manskruipslagswemmers* (19.8 jaar) het aangetoon dat suksesvolle kruipslagswemmers 'n laer vetmassa (-persentasie) toon as minder suksesvolle kruipslagswemmers (Siders *et al.*, 1993) en verder in al die ander liggaamsamestellingsveranderlikes hoër waardes behaal het (Klika & Thorland, 1994). Die suksesvolle groep se slagfrekwensie was ook laer en hul slagafstand groter as dié van die minder suksesvolle groep, wat verband hou met die hoër spiermassa waaroor die suksesvolle groep beskik. Die liggaamsvolume, skraalliggaamsmassa en gespierdheid van die suksesvolle kruipslagswemmers het betekenisvol met die 91.4m-swemspeod gekorreleer (Klika & Thorland, 1994). Dit is dus duidelik dat dit voordelig vir 'n volwasse kruipslagswemmer is om hoë waardes op die drie komponente te behaal, aangesien dit tot verhogings in kortafstandswemprestasie kan bydra.

Data van jonger junior swemmers (10.3 jaar) wat in Klika en Thorland (1994) se studie verkry is, het egter getoon dat die minder suksesvolle swemmers in hierdie geval 'n groter gemiddelde armlengte en liggaamsdigtheid en kleiner vetpersentasie as die suksesvolle swemmers behaal het, terwyl die res van die waardes ooreengestem het met verskille wat by twee mansgroepe verkry is. Die suksesvolle groep se slagfrekwensie was egter hoër en hul slagafstand langer as dié van die minder suksesvolle groep. Liggaamsdigtheid het betekenisvol negatief met swemspeod oor 91.4m gekorreleer, wat beteken dat 'n laer waarde voordeliger vir swemprestasies oor dié afstand is. Vetmassa het 'n positiewe betekenisvolle korrelasie met swemsnelheid getoon. Uit hierdie liggaamsamestelling van junior seuns wil dit voorkom of jong junior swemmers meer op hul dryfbaarheidsvermoë en slagfrekwensie staatmaak om hoë snelhede oor kort afstande te genereer, waar die volwasse mans weer meer op hul krag en slagafstand staatmaak om dieselfde effek te verkry.

Die studies het ook aangetoon dat mans hoër waardes met betrekking tot alle liggaamsamestellingveranderlikes toon, behalwe wat vetpersentasie betref (Bloomfield *et al.*, 1983; Klika & Thorland, 1994). Dit is dus voor die hand liggend dat mans beter (ten opsigte van swemtye behaal) in kortafstand-swemaktiwiteite as seuns sal presteer.



'n Kinantropometriese profiel vir die kortafstand-kruipslag is uit hierdie afsonderlikes ontledings saamgestel en word vervolgens aangebied.

### **Ideale kinantropometriese samestelling van 'n seunkortafstand-kruipslagswemmer met oorweging van groei en oorerflikheid**

Die ideale seunkortafstand-kruipslagswemmer behoort samevattend uit die literatuur kinantropometries soos volg daar uit te sien: Hy moet lank wees (ongeveer 1.70m) (Drinkwater & Mazza, 1994; Mazza *et al.*, 1994; Norten *et al.*, 1996) met 'n klein biliokristale deursnee (Lucacia, 1996), en met groot handpalm- en voetoppervlaktes (Lucacia, 1996). Daarbenewens sal jong swemmers met 'n hoë bragiale en beenlengte-indeks hierdeur bevoordeel word (Bloomfield & Sigereth, 1965). Hy moet verder oor lang ledemaatlengtes in verhouding tot sy liggaamslengte (armlengte nagenoeg 46.4% van liggaamslengte) beskik (Lucacia, 1996; Norton *et al.*, 1996) en moet 'n klein liggaamsdigtheid (1.060kg) toon (Klika & Thorland, 1994). Verder moet hy op 14-jarige ouderdom oor 'n somatotiperingsgradering van nagenoeg 2.3-4.3-3.7 beskik (ektomorfiëse mesomorf) (Bloomfield *et al.*, 1994), met 'n lae tot matige endomorfiëse en matige ektomorfiëse en mesomorfiëse waarde, wat ook met 'n redelike klein vetmassa (vetpersentasie van nagenoeg 6.4%) (Bloomfield *et al.*, 1983; Klika & Thorland, 1994) en 'n matige spierpersentasie (Klika & Thorland, 1994) in verband staan. Die ideale seunswemmer behoort ook wat betref sy liggaamsbou (morfologie) groter as minder ideale seunswemmers te wees (Lucacia, 1996).

Sekere van die kinantropometriëse determinante sal meer as ander deur groei geraak word omdat dit gedurende die puberteitsjare (14 jaar en ouer) steeds ontwikkeling ondergaan. Dit het noodwendig implikasies vir talentidentifisering omdat dit die determinant se voorspellingspotensiaal beïnvloed. Vervolgens word die bevindinge wat met hierdie literatuurondersoek, rakende die invloed van **groei** op die kinantropometriëse profiel wat vir seunswemmers daargestel is, uitgelig:

- Die ideale seunkortafstand-kruipslagswemmer vertoon reeds op die ouderdom van 14 jaar kenmerke van die manskortafstand-kruipslagswemmer. Suksesvolle manswemmers en seunswemmers vertoon lang ledemaatlengtes in verhouding tot liggaamslengte, sowel as hoë bragiale en beenlengte-indekse. Dit beteken dus dat die ideale jong swemmer met betrekking tot sy ondersteledemaat-, arm-, voorarm-, hand-, voet- en dylengtes hoër waardes as minder ideale kortafstand-kruipslagswemmers sal toon (Mazza *et al.*, 1994). Die aanname geld ook ten opsigte van liggaamslengte (Grimston & Hay, 1986; Lavoie & Montpetit, 1986) en –massa (Blanksby *et al.*, 1986).
- Liggaamslengte en boonste ledemaatlengtes (bragiale indeks) kan nog relatief baie verander na die ouderdom van 14 jaar (Preece & Baines, 1978; Malina & Bouchard, 1991). Aangesien die maksimum toename in liggaamslengte gemiddeld eers voorkom wanneer die maksimum groeiperiode van die humerus en radius plaasvind (op ongeveer 14-jarige ouderdom) (Malina & Bouchard, 1991), beteken dit dat die onderste ledemate se groeifase vroeër geskied as die groeifase van die boonste ledemate. Dit impliseer dat die seun met betrekking tot die onderste ledemate (beenlengte-indeks) op 14-jarige leeftyd min verdere groei sal ondergaan.
- Aangesien die voete in die onderste ledemate eerste 'n toename in finale lengte toon, en die hande in die boonste ledemate (Cameron *et al.*, 1982), beteken dit dat voetlengte en

- voetoppervlakte na die ouderdom van 14 jaar redelik stabiel sal wees, terwyl handlengte en handoppervlakte nog geringe groeiveranderinge kan ondergaan.
- Romplengte (sittende hoogte) bereik eers teen puberteit finale lengte (Eveleth, 1978), wat beteken dat sittende hoogte nog redelik baie na 14-jarige ouderdom sal verander.
  - Tesame met die piekversnelling in romplengte kom piektoenames in skouer- (biakromiale deursnee) en heupbreedtes (bi-iliocristale deursnee) voor (Tanner *et al.*, 1976). Hierdie twee veranderlikes sal dus ook na die ouderdom van 14 jaar nog veranderinge toon.
  - Die verhouding tussen die skouers en heupe sal ook verdere veranderinge ondergaan, aangesien seuns gedurende dié tydperk as gevolg van groei breër skouers (biakromiale deursnee) in verhouding tot hul heupe (bi-iliocristale deursnee) ondergaan (Malina & Bouchard, 1991). Dieselfde tendens geld vir kopomtrek (Malina & Bouchard, 1991).
  - Liggaamsmassa se maksimale groei vind eers na maksimale lengtegroei plaas (Tanner *et al.*, 1976), wat beteken dat seuns se liggaamsmassa na die ouderdom van 14 jaar heelwat kan toeneem.
  - Met maksimale massatoename vertoon ledemaat- en rompomtrekke gelyktydig soortgelyke groeipatrone (Malina & Bouchard, 1991). Die armomtrek (bisepsomtrek), transverse borsdeursnee en kopomtrek neem ongeveer in hierdie tyd maksimaal toe (Wilmore & Costill, 1994).
  - Aangesien spierhipertrofie eers tydens puberteit by seuns 'n drastiese toename toon (Wilmore & Costill, 1994), beteken dit ook dat skraalliggaamsmassa, liggaamsvolume, liggaamsdigtheid en spiermassa nog baie veranderinge na die leeftyd van 14 jaar sal ondergaan. Hierdie veranderinge gaan gepaard met 'n afname (2-3%) in die gemiddelde vetpersentasie (Saris *et al.*, 1985). Spierontwikkeling, 'n vetpersentasieafname en lengtetoenname sal dus noodwendig daartoe lei dat somatotiperingswaardes ook verdere verandering sal ondergaan.
  - Na die ouderdom van 13 jaar ontwikkel seuns oor die algemeen vanaf 'n endomorfiiese mesomorf-kategorie na 'n gebalanseerde mesomorf-kategorie (Carter & Heath, 1990; Malina & Bouchard, 1991). In mid-adolessensie (ongeveer 19-jarige ouderdom) vind daar weer 'n verskuiwing na die ektomorfiiese kategorie plaas (Malina & Bouchard, 1991), waarna 'n verdere spiermassaverhoging weer tot 'n terugbeweging na die mesomorf-kategorie lei (Bloomfield *et al.*, 1994). Aangesien die somatotipering van 'n ideale kortafstandswemmer min of meer in die ektomorfiiese mesomorf-kategorie val, beteken dit ook dat seuns gedurende puberteit nader aan die ideale somatotipering vir swemprestasie beweeg.

Die groeipatrone wat hier bespreek is, geld hoofsaaklik vir die gemiddelde ontwikkelaar. Die vroeë ontwikkelaar sal in die meeste gevalle makliker op 'n jong ouderdom vir talentidentifiseringsdoeleindes geïdentifiseer kan word vanweë die feit dat die meeste van sy kinantropometriese veranderlikes op 14-jarige ouderdom reeds meer volwasse eienskappe sal vertoon. In teenstelling hiermee sal die laat ontwikkelaar met betrekking tot sy kinantropometriese samestelling nog heelwat veranderinge na die ouderdom van 14 jaar ondergaan, wat kan veroorsaak dat hierdie groep potensieel talentvolle swemmers makliker oor die hoof gesien kan word. Hierdie problematiek onderstreep weer eens die belangrikheid van die vasstelling van 'n potensieële seunswemmer se skeletouderdom op die ouderdom van 14 jaar.

Samevattend kan gestel word dat seuns teen die ouderdom van 14 jaar 'n liggaamsbou toon met min kenmerke van die volwasse liggaamsbou wat verlang word vir kruipslagswemprestasie. Dit bemoeilik talentidentifisering van seunswemmers op hierdie ouderdom aansienlik. Groei is egter nie die enigste faktor wat die stabiliteit van kinantropometriese determinante bepaal nie. **Genetiese stabiliteit**, of anders gestel, die **oorerflikheidskoëffisient** van 'n betrokke kinantropometriese determinante is 'n verdere belangrike faktor wat vir voorspellingsdoeleindes in ag geneem moet word.

Navorsingsbevindinge van Lucacia (1996) het getoon dat die genetiese samestelling van 'n persoon in 'n groot mate ook die mate, tydsberekening en regulering van die groeiproses bepaal. Die voorafgaande bespreking oor groei by seuns toon dat daar groeitendense is wat kenmerkend van die algemene populasie is. Navorsing het byvoorbeeld getoon dat na die ouderdom van 14 jaar die onderste ledemaatlengte, voetlengte, voetoppervlakte, handlengte en handoppervlakte) redelik stabiel met betrekking tot groei sal bly. Aangesien segment-(beenlengte-indeks) en beenlengtes ( $r=0.82$  vir voetlengte) in 'n groot mate geneties bepaal word (Bouchard & Lortie, 1984; Bouchard *et al.*, 1997), beteken dit dat die determinante relatief stabiel is en as talentidentifiseringsdeterminante belangrik geag kan word.

In teenstelling hiermee sal liggaamsmassa, romplengte (sittende hoogte), ledemaatomtrekke, boonste ledemaatlengtes (bragiale indeks), beendeursneë en -omtrekke (kopomtrek), spiermassa, liggaamsvolume, skraalliggaamsmassa, liggaamsdigtheid, vetpersentasie en somatotipering, gewig-lengte-indeks en in 'n mindere mate liggaamslengte met betrekking tot groei na die ouderdom van 14 jaar nog baie verandering ondergaan. Liggaamslengte ( $r=0.85$ ) (Bouchard & Lortie, 1984) en boonste ledemaatlengtes ( $r=0.84$  vir totale armlengte,  $r=0.71$  vir voorarmlengte) (Bouchard & Lortie, 1984; Bouchard *et al.*, 1997), wat ook sittende hoogte insluit, word in 'n groot mate geneties bepaal, terwyl skeletafmetings (kopomtrek) (Bouchard soos aangehaal deur Bouchard *et al.*, 1997), skelettraamwerk-grootte en sommige beendeursneë ( $r=0.62$  vir biakromiale deursnee,  $r=0.60$  vir bi-iliocristale deursnee en  $r=0.60$  vir humerusdeursnee) (Bouchard & Lortie, 1984; Bouchard *et al.*, 1997) in 'n kleiner mate geneties bepaal word. Laasgenoemde determinante word egter steeds na die ouderdom van 14 jaar deur groei beïnvloed en sal dus om hierdie rede in 'n mindere mate as talentidentifiseringsdeterminante op hierdie ouderdom geskik wees.

Somatotipering ( $r=0.50$  vir endomorfie,  $r=0.42$  vir mesomorfie en  $r=0.35$  vir ektomorfie) (Bouchard & Lortie, 1984) en transverse borsdeursnee ( $r=0.34$  tot  $0.52$ ) (Bouchard & Lortie, 1984; Bouchard *et al.*, 1997) word in 'n mindere mate deur die oorerflikheidsfaktor bepaal. Sommige navorsers (Parnell, soos aangehaal deur Norton *et al.*, 1996) verskil nog oor die effek van oorerflikheid op somatotipering ( $r=0.75$ ), aangesien dié kinantropometriese determinante bepaal word deur beide liggaamslengte en spiermassa, wat op hul beurt beide in 'n groot mate geneties bepaal word. Dit wil egter lyk of vetpersentasie ( $r=0.55$  of 25%) in 'n mindere mate deur oorerflikheid beïnvloed word (Bouchard & Lortie, 1984; McArdle *et al.*, 1996). Laasgenoemde determinante behoort dus met groter omsigtigheid in die talentidentifiseringsproses gebruik te word.

## GEVOLGTREKKING

Die volgende 23 kinantropometriese determinante is uit die bogenoemde analise geselekteer as belangrik vir talentidentifisering-doeleindes by seuns van 14 jaar en is in volgorde van belang gerangskik:

1. Lang onderste ledemaatlengtes;
2. Lang voet- en
3. dylengtes;
4. 'n Hoë beenlengte-indeks en
5. groot voetoppervlakte;
6. Lang boonste ledemate;
7. Handlengte en
8. handoppervlakte;
9. 'n Lang armlengte in verhouding tot liggaamslengte asook
10. 'n hoë bragiale indeks;
11. 'n Lang liggaamslengte.
12. 'n Redelik hoë spierpersentasie (spiermassa),
13. skraalliggaamsmassa en
14. liggaamsvolume.
15. 'n Redelik groot bicepsomtrek;
16. Breë skouers (biakromiale deursnee) in verhouding tot die heupe (bi-iliocristale deursnee).
17. 'n Groot transverse borsdeursnee.
18. 'n Groot kopomtrek.
19. 'n Lang sittende hoogte.
20. 'n Redelike hoë liggaamsmassa met
21. 'n hoë gewig-lengte-indeks;
22. 'n Lae vetpersentasie;
23. 'n Somatotiperingsgradering van nagenoeg 2.3-4.3-3.7.

Aangesien die onderste ledemate, wat voet- en dylengtes insluit, die mees stabiele determinante ten opsigte van groei en oorerflikheid na die ouderdom van 14 jaar is, blyk dit dat dié kinantropometriese determinante die geskikste voorspellers behoort te wees vir die identifisering van talentvolle kortafstand-seunskruipslagswemmers.

Hierdie literatuurontleding het duidelik getoon dat seuns steeds na die ouderdom van 14 jaar veranderinge met betrekking tot hul kinantropometriese samestelling sal ondergaan. Die lys van determinante wat vir talentidentifiseringsdoeleindes geselekteer is, moet dan ook in die lig hiervan beoordeel word. Dié lys van determinante sal wat priotiteitsvolgorde betref, waarskynlik heelwat verander met verdere toename in ouderdom. Daar wil dan ook uit die resultate aanbeveel word dat talentidentifisering op 'n later ouderdom as 14 jaar moet geskied. 'n Eerste poging om kruipslagswemtalent by seuns aan die hand van kinantropometriese veranderlikes te identifiseer, sal waarskynlik beter resultate op 'n effens ouer ouderdom lewer.

## SAMEVATTING

Die werkswyse wat in hierdie studie gevolg is, het dit vir die navorser moontlik gemaak om 23 kinantropometriese veranderlikes te identifiseer waaruit 'n profiel van 'n suksesvolle 14-jarige seunswemmer wat aan kortafstand-kruipslagswemitems deelneem, saamgestel kan word. Aangesien groei en genetiese stabiliteit deeglik ontleed is met betrekking tot die kinantropometriese profiel wat saamgestel is, kan die gevolgtrekking gemaak word dat die determinante wat geselekteer is, wel voorspellingspotensiaal het.

Dit kon egter nie met hierdie studie bepaal word of hierdie geselekteerde kinantropometriese veranderlikes wel diskriminerende waarde in die talentidentifiseringsproses sal hê nie. 'n Logiese volgende stap sal dus wees om empiries vas te stel watter van die veranderlikes die grootste diskriminerende waarde op 14 jaar by seuns sal toon. Daarna sal die meriete van die geselekteerde kinantropometriese veranderlikes eers as volwaardige talentvoorspellers in die praktyk bepaal kan word. Hierdie stap behoort ook in samehang met ander talentbepalende faktore gedoen te word weens die multi-faktoriale aard van talentvoorspelling.

Die ouderdom van 21.8 jaar is deur die literatuur aangetoon as die ouderdom waarby manlike kortafstandkruipslagswemmers topprestasie lewer (Mazza *et al.*, 1994). Heelwat veranderinge moet nog plaasvind by die seun van 14 jaar om die tipiese kinantropometriese profiel van die manlike suksesvol (elite) swemmer te verkry. Gevolglik is dit belangrik om veral tussen die ouderdomme van 14- tot 16 jaar opvolgnavorsing te doen om daardeur die dinamiese aard van die kinantropometriese samestelling, veral wat betref die groeipatroon daarvan, te ontleed.

## SUMMARY

### *Determining of talent identification determinants for crawl swimming performance of 14 years old boys: A kinanthropometric profile*

Until recently the identification of talented sports participants have been based on natural selection methods and talent identification was carried out by coaches using their own intuition and competitors' performances in comparison with other competitors of the same age group. These methods are limited and not in accordance with scientists' findings that the identification of talented competitors should be determined by scientific and norm based selection methods. A sport where talent identification in South Africa is presently performed in an unscientific manner is swimming. A comprehensive study of available literature indicated that there is sufficient literature about successful, grown swimmers, but little research has been focussed on young swimmers. Research on this subject is very important because of the fact that talent identification of young swimmers can enhance the prospect of reaching maximum potential and direct them into the specific event/s for which they are physically and physiologically qualified.

It is against this background that the necessity for a good, scientifically based protocol for the talent identification of young swimmers is established. Such a protocol must enclose all relevant motor-, physiological-, kinanthropometric-, stroking characteristics- and psychological performance determinants that are of importance in the pursue of swimming success. Such a study would however be too comprehensive for the purpose of an article and therefore it was decided that this study would only focus on the kinanthropometric

determinants of 50- and 100m- short distance crawl swimming. According to research literature the final talent identification phase should be conducted on boys 14 years of age and older. It is for this reason that a decision was made to focus on 14-year-old boys. The stability of these kinanthropometric determinants in regard to growth and heredity (genetic composition) must be established.

The aim of this study was thus to determine which kinanthropometric variables, with consideration of growth- and genetic stability of these determinants, are pointed out by literature as possible talent identification determinants of 50- and 100m crawl stroke swimming performance of 14-year-old boys.

The kinanthropometric variables that underlie the swimming success by young children were identified through a survey of available literature. A kinanthropometric profile was compiled for the gender through a thorough research of literature. The effect of growth on the kinanthropometric variables after the age of 14 years was also researched in the literature. The process of determining the stability of identified kinanthropometric variables was further carried out by researching the heritability of the different, identified kinanthropometric variables.

Results indicated that it is possible to determine which kinanthropometric variables, with consideration of growth- and genetic stability of these determinants, are pointed out by literature as possible talent identification determinants of 50- and 100m crawl stroke swimming performance of 14-year-old boys. Twenty-three kinanthropometric determinants of 50- and 100m swimming success were identified for 14-year-old-boys. The most important kinanthropometric determinants were long lower limbs, feet- and thigh lengths, a high leg-length-index and a big feet surface-area. Over and above that, successful young boy swimmers are also characterize by long upper limb lengths, hand lengths and big handsurface-areas. A long arm length in relation with body stature as well as a high brachial index, muscle mass percentage, lean body mass, body volume, wide shoulders in relation to hips, transverse chest breadth, biceps and head circumferences and sitting height can also distinguish successful young swimmers from less successful swimmers. It has also been shown that a long body stature gives a swimmer advantage when it comes to short distance swimming performances.

These results make it possible for coaches and sport scientists to use the kinanthropometric determinants identified and to categorise their young swimmers in talented and less talented swimmers. Unfortunately more comprehensive and multi-factorial studies need to be conducted to identify all relevant short distance crawl performance determinants.

## VERWYSINGS

- ACKLAND, T.R. & MAZZA, J.C. (1994). Introduction. In J.E.L Carter; T.R. Ackland; J.C. Mazza & W.D. Ross, (Eds.). *Kinanthropometry in aquatic sports* (viii-x). Champaign, IL: Human Kinetics.
- ARELLANO, R.; BROWN, P.; CAPPAERT, J. & NELSON, R.C. (1994). Analysis of 50-, 100- and 200-m freestyle swimmers at the 1992 Olympic Games. *Journal of Applied Biomechanics*, 10(2): 189-199.
- BEUNEN, G. & MALINA, R.M. (1988). Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent spurt. In K.B. Pandolf (Ed.). *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 16: 503-540.

- BLANKSBY, B.A.; BLOOMFIELD, J.; PONCHARD, M. & ACKLAND, T.R. (1986). The relationship between anatomical characteristics and swimming performance in state age-group championship competitors. *Journal of Swimming Research*, 2(2): 30-36.
- BLOOMFIELD, J. & SIGERSETH, P.O. (1965). Anatomical and physiological differences between sprint and middle distance swimmers and university level. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 5(2): 76-81.
- BLOOMFIELD, J.; ACKLAND, T.R. & ELLIOTT, B.C. (1994). *Applied anatomy and biomechanics in sport*. Melbourne: Blackwell Scientific Publications.
- BLOOMFIELD, J.; BLANKSBY, B.A. & ACKLAND, T. (1983). Anatomical profiles of Australian junior swimmers. *The Australian Journal of Sport Sciences*, 3(2): 14-20.
- BLOOMFIELD, J.; BLANKSBY, B.A. & ACKLAND, T.R. (1994). Morphological and physiological growth of competitive swimmers and non-competitors through adolescence. In B.A. Blanksby; J. Bloomfield; T.R. Ackland; B.C. Elliott & A.R. Morton (Eds.). *Athletics, growth and development in children* (91-109). Langhorne (Australia): Harwood Academic Publishers.
- BOUCHARD, C. & LORTIE, G. (1984). Heredity and endurance performance. *Sports Medicine*, 1(1): 38-64.
- BOUCHARD, C.; MALINA, R.M. & PERUSSE, L. (1997). *Genetics of fitness and physical performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- BROOKS, G.A. & FAHEY, T.D. (1985). *Exercise physiology: Human bioenergetics and its applications*. New York, NJ: McMillan.
- BULGAKOVA, N.S. & VORONCOV, A.R. (1978). How to predict talent in swimmers using longitudinal studies. *Teoriza y Praktika*, 7: 37-40.
- CAMERON, N.; TANNER, J.M. & WHITEHOUSE, R.H. (1982). A longitudinal analysis of growth of limb segments in adolescence. *Annals of Human Biology*, 9: 211-220.
- CAPPAERT, M.J.; PEASE, D.L. & TROUP, J.P. (1995). Three dimensional analysis of the men 100m freestyle during the 1992 Olympic Games. *Journal of Applied Biomechanics*, 11(1): 103-112.
- CARTER, J.E.L. & HEATH, B.H. (1990). *Somatotyping - development and applications*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- CARTER, J.E.L. & MARFELL-JONES, M.J. (1994). Somatotypes. In J.E.L. Carter; T.R. Ackland; J.C. Mazza & W.D. Ross (Eds.). *Kinanthropometry in aquatic sports* (55-82). Champaign, IL: Human Kinetics.
- CARTER, J.E.L. (1984). Somatotypes of Olympic athletes from 1948 to 1976. In J.E.L. Carter (Ed.). *Physical structure of Olympic athletes, part II. Kinanthropometry of Olympic athletes* (80-109). Basel: S. Karger.
- CHATARD, J.C.; LAVOIE, J.M. & LACOUR, J.R. (1990). Analysis of determinants of swimming economy in front crawl. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 61(1-2): 88-92.
- CHATARD, J.C.; LAVOIE, J.M. & LACOUR, J.R. (1991). Energy cost of front-crawl swimming in women. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 63(1): 12-16.
- CLARYS, J.P.; JISKOOT, J.; RIJKEN, H. & BROUWER, P.J. (1974). Total resistance in water and its relation to body form. In R.C. Nelson & C.A. Morehouse (Eds.). *Biomechanics IV* (187-196). Baltimore, MD: University Park Press.
- COETZEE, B. (2000). Bepaling van talentidentifiseringsdeterminante vir kruitwemprestasies by kinders: 'n Kinantropometrie model. Ongepubliseerde M.Sc.-tesis. Potchefstroom: PU vir CHO.
- COLWIN, C.M. (1992). *Swimming into the 21st century*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- CONLEY, D.S.; CURETON, K.J.; DENGEL, D.R. & WEYAND, P.G. (1991). Validation of the 12-min swim as a field test of peak aerobic power in young men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(6): 766-773.

- COSTILL, D.L.; KOVALESKI, J.; PORTER, D.; FIELDING, R. & KIND, D. (1985). Energy expenditure during front crawl swimming: Predicting success in middle distance events. *International Journal of Sports Medicine*, 6: 266-270.
- 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* (102-137). Champaign, IL: Human Kinetics.
- EVELETH, P.B. (1978). Difference between populations in body shape of children and adolescents. *American Journal of Physical Anthropology*, 49: 373-382.
- FURST, D.M. & HARDMAN, J.S. (1988). The iceberg profile and young competitive swimmers. *Perceptual and Motor Skills*, 67: 478.
- GRIMSTON, S.K. & HAY, J.G. (1986). Relationship among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(1): 60-68.
- GUALDI-RUSSO, E. & GRAZIANI, I. (1993). Anthropometric somatotype of Italian sport participants. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 33(3): 282-291.
- HAWLEY, J.A.; WILLIAMS, M.M.; VICKOVIC, M.M. & HANDCOCK, P.J. (1992). Muscle power predicts freestyle swimming performance. *British Journal of Sports Medicine*, 26(3): 151-155.
- HAY, J.G. & GUIMARAES, A.C.S. (1983). A quantitative look at swimming biomechanics. *Swimming Technique*, 20(2): 11-12, 14-21.
- HOWE, J.A.; DAVIDSON, J.W. & SLOBODA, J.A. (1997). *Innate talents: reality of myth?* Cambridge: Cambridge University Press.
- JIANG, J. (1993). How to select potential Olympic swimmers. *American Swimming Magazine*, Feb/Mar.: 14-18.
- JIANYU, W. (1994). A feel for the water. *Swimming Technique*: 30(4): 16-17, Feb/Apr.
- KLIKA, R.J. & THORLAND, W.G. (1994). Physiological determinants of sprint swimming performance in children and young adults. *Pediatric Exercise Science*, 6: 59-68.
- LAVOIE, J.M. & MONTPETIT, R.R. (1986). Applied physiology of swimming. *Sports Medicine*, 3: 165-189.
- LIU, N.Y.; PLOWMAN, S.A. & WELLS, C.L. (1989). Somatotypes of premenarcheal athletes and non-athletes. *Human Biology*, 61:227-247.
- LUCACIA, L. (1996). *Talent identification in swimming*. New Westminster: Lidia Lucaciu.
- MAGLISCHO, E.W. (1993). *Swimming even faster*. Mountain View, CA: Mayfield.
- MALINA, R.M. & BOUCHARD C. (1991). *Growth, maturation, and physical activity*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- MAZZA, J.C.; ACKLAND, T.R.; BACH, T.M. & COSOLITO, P. (1994). Absolute body size. In J.E.L. Carter; T.R. Ackland; J.C. Mazza & W.D. Ross (Eds.). *Kinanthropometry in aquatic sports* (15-54). Champaign, IL: Human Kinetics.
- MCARDLE, W.D.; KATCH, F.I. & KATCH, V.L. (1996). *Exercise physiology* (4<sup>th</sup> ed.). Baltimore, MD: Williams & Wilkins.
- MEYER, C. DU P.; CAMPBELL, B. & VAN JAARSVELD, S. (1986). *Swimming manual for teacher and physical education students*. Potchefstroom: Institute for Leisure Studies (PU for CHE).
- NATIONAL SPORTS COUNCIL (1994). *NSC strategic viewpoint on South African Sport: Vision for Sport*. Johannesburg: South African National Sports Congress.
- NORTON, K.I.; OLDS, T.S.; OLIVE, S.C. & CRAIG, N.P. (1996). Anthropometry and sports performance. In K.L. Norton & T.S. Olds (Eds.). *Anthropometrica: A textbook of body measurements for sports and health courses* (287-364). Marrickville, NSW: Southwood Press.
- O'SHEA, P. (1996). *Quantum strength and power training*. Corvallis, OR: Patrick's Books.
- PIENAAR, A.E. (2000). *Perseptueel-Motoriese leer: Teorie en praktyk*. Potchefstroom: PU vir CHO.



- PREECE, M.A. & BAINES, M.J. (1978). A new family of mathematical models describing the human growth curve. *Annals of Human Biology*, 5: 1-24.
- RÉGNIER, G.; SALMELA, J. & RUSSEL, S.J. (1993). Talent detection and development in sport. In R.N. Singer; M. Murphey & L.K. Tennant (Eds.). *Handbook of research on sport psychology* (290-313). New York, NJ: MacMillan.
- ROSS, W.D.; LEAHY, R.M.; MAZZA, J.C. & DRINKWATER, D.T. (1994). Relative body size. In J.E.L. Carter; T.R. Ackland; J.C. Mazza & W.D. Ross (Eds.). *Kinanthropometry in aquatic sports* (83-101). Champaign, IL: Human Kinetics.
- SARIS, W.H.M.; NOORDELOOS, A.M.; RINGNALDA, B.E.M.; VAN'THOF, M.A. & BINKHORST, R.A. (1985). Reference values for aerobic power of healthy 4 to 18 year old Dutch children: Preliminary results. In R.A. Binkhorst; H.C.G. Kemper & W.H.M. Saris (Eds.). *Children and exercise* (151-160). 11<sup>th</sup> Congress on Pediatric Work Physiology, 1983, Papendal, The Netherlands. Champaign, IL: Human Kinetics.
- SIDERS, W.A.; LUKASKI, H.C. & BOLONCHUK, W.W. (1993). Relationships among swimming performance, body composition and somatotype in competitive collegiate swimmers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 33(2): 161-171.
- TANNER, J.M.; WHITEHOUSE, R.H.; MARUBINI, E. & RESELE, F. (1976). The adolescent growth spurt of boys and girls of the Harpenden Growth Study. *Annals of Human Biology*, 3: 109-126.
- VAN ROSSUM, J. (1997). *The voice of experts: The role of innate athletic abilities according to coaches and athletes*. Amsterdam: Vrije Universiteit.
- WILMORE, J.H. & COSTILL, D.L. (1994). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- WOODMAN, L. (1985). Talent identification - Is competition enough? *Sports Coach*, 9(1): 49-57.