

'N LITERATUUROORSIG VAN PLIOMETRIE AS 'N OEFENINGSTEGNIEK

Ben COETZEE

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

ABSTRACT

The purpose of this review study was to give a literature overview of the definition of plyometrics to explain the physiological principles that underlie plyometric training, to analyse the literature of the past six years so as to determine the effects of plyometric and combined programmes on a wide variety of performance components and finally, to give exercise guidelines for compiling and presenting plyometric programmes. The available literature that pertains to plyometric training and programmes was analysed under two categories, namely: firstly, studies (11) that dealt with the effects of plyometric programmes and exercises; and secondly, studies (9) that dealt with the effects of combined plyometric programmes and exercises. The results demonstrated that plyometric programmes have a significantly positive effect on explosive power, flight time and maximal isotonic and isometric leg muscle strength, average leg muscle endurance, isokinetic peak torque of the leg and shoulder musculature, range of ankle motion, speed, electrical muscle activity, ground contact time during sprinting activities and the amortization time during execution of plyometric exercises. Studies of combined plyometric programmes concluded that these programmes have a significantly more beneficial effect on leg explosive power, flight and ground time between jumps, running economy, adductor muscle activity area, mean and peak, golf club speed and driving distance, 3 km running time, respiratory exchange ratio, maximal isometric strength, maximal voluntary muscle contraction values, volley-ball spike execution, proprioception, kinaesthesia, time to peak torque, amortization time and torque decrement of the shoulder musculature and hamstring peak torque than sport specific or non plyometric programmes alone. Some of these last-mentioned benefits can possibly help improve the sport performances of volley-ball players, long distance and tumbler athletes and of golfers.

Key words: Plyometrics; Plyometric training; Explosive power; Stretch-shortening cycle; Physiology; Effects; Guidelines.

INLEIDING

Pliometrie is 'n besonder populêre oefeningstegniek (Faccioni, 2004) wat deur afrigters en oefenkundiges gebruik word om spoed (Pettitt, 1999), eksplosiewe kraguitset (Potach & Chu, 2000; Bender, 2002), eksplosiewe reaktiwiteit (Archer, 2004) en eksentriese beheer tydens dinamiese bewegings te ontwikkel (Prentice, 2003). Die term pliometrie is 'n gekombineerde term wat volgens die literatuur afgelei is van twee Griekse woorde, naamlik: *pleythyein* (wat beteken "om te verhoog") en *metric* (wat beteken "om te meet" of "meer te maak") (Dintiman & Ward, 2003; Santana, 2004). Die woord "pliometrie" beteken dus om te meet en om te

verbeter (Bompa, 1994), of volgens Chu (1998) 'n "meetbare verhoging" mee te bring. Pliometrie kan dus die beste beskryf word as "eksplosiewe-reaktiewe" kragoefeninge (Santana, 2004) of enige oefening waartydens 'n spier aanvanklik eksentries belaaï word voordat 'n konsentriese kontrakisie volg (Bender, 2002; Kibler, 2002).

Die woord pliometrie het vir die eerste keer gedurende die sestigerjare in die literatuur voorgekom (Gambetta, 2002). Sekere bronne beweer egter dat die tegniek reeds so vër terug as in die twintiger- en dertigerjare deur baan- en veldatlete in Oos- en Noord-Europa gebruik is as deel van hul weerstandswerk gedurende die lang winters (Bompa, 1994). Verhoshanski word beskou as een van die vroeë pioniers en navorsers van pliometrie (Bompa, 1994; Dintiman & Ward, 2003) en het een van die eerste artikels, getitel "Perspectives in the improvement of speed-strength preparation of jumpers" in die veld van pliometrie gepubliseer (Verhoshanski, 1966). Verskeie navorsingsartikels en boeke wat die pliometrie-oefeningstegniek ondersoek het, het hierna gevolg, waaronder net 'n paar genoem word: Wilt (1975), Mann (1981), Radcliffe en Farentinos (1985), Bompa (1994), Lyttle *et al.* (1996), Chu (1998), Radcliffe en Farentinos (1999), Moss (2002) en Gardiner (2004).

Die aantal studies wat in die veld van pliometrie gedoen is, het in die afgelope ses jaar omtrent vervierdubbel. Op grond van die groter navorsingsuitset met betrekking tot pliometrie, kan dit as 'n belangrike navorsingsveld beskou word. Dit is in die lig van die belangrikheid wat navorsers aan pliometrie heg, dat die kort literatuuroorsig ten aanvang gegee word. Die doel van die literatuuroorsig is eerstens, om die beskikbare literatuur van die afgelope ses jaar (2000-2005) krities te ontleed met betrekking tot die navorsingsontwerp, die aard van pliometrieprogramme wat gevolg is sowel as die bevindinge rakende die effek van dié tipe programme op die fisieke en motoriese komponente; en tweedens om aanbevelings met betrekking tot die aanbieding van 'n pliometrie-oefeningsprogram voor te lê.

METODE VAN ONDERSOEK

Rekenaarsoektogte is deur middel van die SportDiscus, Medline, Academic Research, Academic Search Premier en MasterFile Premier databasisse uitgevoer. Die MetaCrawler-internetsoekenjin is ook gedurende die literatuursoektogte ingespan. Vanweë die omvang van navorsingsliteratuur is besluit om slegs van die afgelope ses jaar (2000-2005) se literatuur gebruik te maak en ook slegs van literatuur waarin volwassenes ($\bar{X} \geq 18$ jaar) as proefpersone gebruik is. Voorts is net studies ingesluit wat ondersoek ingestel het na die invloed van pliometriese of gekombineerde pliometriese oefeninge/oefeningsessies. Sleutelwoorde wat tydens die soektogte gebruik is, het onder andere die volgende ingesluit: "plyometrics", "plyometric training", "explosive power" en "stretch-shortening cycle".

Vanweë die wye verskeidenheid studies wat oor die pliometrie-onderwerp opgespoor is, is die studies gekategoriseer op grond van die spesifieke oefeningsingrepe wat daarin nagevors is. Die kategorieë sien soos volg daar uit: studies wat slegs gebruik gemaak het van 'n pliometrieprogram-ingreep (Fatouras *et al.*, 2000; Jamurtas *et al.*, 2000; Rimmer & Sleivert, 2000; Vossen *et al.*, 2000; McLaughlin, 2001; Miller *et al.*, 2002; Luebbers *et al.*, 2003; Masamoto *et al.*, 2003; Robinson *et al.*, 2004; Toumi *et al.*, 2004; Schulte-Edelmann *et al.*, 2005) en studies wat 'n kombinasie van pliometrie en ander oefeningsingrepe gebruik het (Maffiuletti, 2002; Swanik *et al.*, 2002; Boerio *et al.*, 2003; Spurrus *et al.*, 2003; Turner *et al.*,

2003; Chimera *et al.*, 2004; Fletcher & Hartwell, 2004; Wilkerson *et al.*, 2004; McCurdy *et al.*, 2005).

Vervolgens word die fisiologiese beginsels wat pliometrie onderlê, weergegee om daardeur die leser in staat te stel om die bespreking wat later volg, te verstaan.

FISIOLOGIESE BEGINSELS WAT PLIOMETRIE ONDERLÊ

Die fisiologiese beginsels wat pliometrie onderlê, kan deur middel van 'n paar voorgestelde modelle beskryf word. Die modelle sowel as die beskrywing van elk word vervolgens kortliks weergegee.

Die Meganiese model

Potach en Chu (2000) het in hulle werk onder andere bogenoemde model weergegee ter verklaring van pliometrie-oefeninge. Die series-elastiese komponent (SEK) in die spier speel 'n belangrike rol in die beskrywing van dié model. Die SEK van die spier bestaan uit die spiergedeeltes wat nie kontrakteer as 'n spier teen lading saamtrek nie (Guyton & Hall, 2000) en sluit 'n aktiewe gedeelte (kruisbruggies) en 'n passiewe gedeelte (tendons) in (Chu, 1998; Shunten, in De-Doncker *et al.*, 2003). Gedurende die uitvoering van pliometrie-oefeninge word die SEK deur middel van eksentriese spieraksies gestrek namate die oefening 'n aanvang neem (Potach & Chu, 2000). Die strekking van die SEK lei daartoe dat elasties potensiele energie gestoor word (McDermott, 2000; Gambetta, 2002). Sportlui is byvoorbeeld geneig om hul bene effens te buig net voor die uitvoering van 'n vertikale sprong. Die skielike verlaging in die swaartepunt van die liggaam bring mee dat die betrokke spiere vinnig in strekking (eksentriese kontrakisie) gebring word (Sports Fitness Advisor, 2001). Sportlui poog om direk na afloop van 'n eksentriese kontrakisie, die spier konsentries saam te trek om sodoende gebruik te maak van die gestoorde elasties potensiele energie en 'n hoër eksplosiewe kraguitset te lewer (Radcliffe & Farentinos, 1999; Potach & Chu, 2000). Die elastiese energie sal egter in die vorm van hitte verlore gaan indien die konsentriese kontrakisie nie direk na afloop van die eksentriese kontrakisiefase volg nie (Potach & Chu, 2000).

Die Neurofisiologiese model

Die miostatiese strekrefleks vorm die basis van die neurofisiologiese model (Potach & Chu, 2000). Een van die spesiale reseptors wat 'n permanente rol tydens die voorkoms van die miostatiese strekrefleks speel, is die spierspoele (McArdle *et al.*, 2001). Tydens die uitvoering van byvoorbeeld 'n pliometrie-oefening soos die "chest pass" word die spierspoele geaktiveer deur die betrokke spiere (pectoralis major en triceps brachii) vinnig in strekking te bring deur die arms onmiddellik na die bors terug te trek wanneer die medisynabal gevang word. Wanneer die pectoralis major en triceps brachii vinnig in strekking gebring word, word die spierspoele wat parallel met die spiervesels lê, gestrek. Die gevolg hiervan is dat die reseptore geaktiveer word en dat die frekwensie van impulse wat deur die afferente senuweevesels geleidelik word, in direkte verhouding tot die strekkingsnelheid verhoog (Alter, 2004). Die reflekssein veroorsaak 'n spierkontrakisie van die geaktiveerde spiere (pectoralis major en triceps brachii in hierdie geval) en bring mee dat die konsentriese fase van die "chest pass" versterk word (Dintiman & Ward, 2003).

Strekings-verkortingsiklus-model

Die herhaalde sekvensies van eksentriese kontraksies (strekking) wat konsentriese eksplousiewe kragaksies vooraf gaan, staan bekend as die strekking-verkortingsiklus (SVS) (Komi, 2003). Die SVS maak gebruik van die energiestoringskapasiteit van die SEK en stimulasie van die strekrefleks om 'n maksimale verhoging in spierspanning in die kortste moontlike tyd mee te bring (Potach & Chu, 2000). Volgens Komi (2003) kan 'n effektiewe SVS slegs bewerkstellig word as die volgende fundamentele voorwaardes nagekom word: ten eerste moet 'n tydsberekende preaktivering van die spiere voor aanvang van die eksentriese fase voorkom; ten tweede moet 'n kort en vinnige eksentriese fase volg en ten laaste moet 'n onmiddellike oorskakeling ('n kort vertraging) van die eksentriese na die konsentriese fase plaasvind.

Die bespreking is vervolgens daarop gemik om 'n oorsig te gee van die beskikbare pliometrie-literatuur van die afgelope ses jaar, die aard van pliometrieprogramme wat in die artikels gebruik is sowel as die effek wat dié tipe programme op 'n verskeidenheid faktore kan hê.

BEVINDINGE EN BESPREKING

Twintig studies, wat tussen 2000 en 2005 gepubliseer is en handel oor pliometrie en pliometrie-oefeninge, is geïdentifiseer. Die titel, outeurs en metode van elk van laasgenoemde artikels word in tabelvorm (Tabelle 1 en 2) op grond van die geïdentifiseerde kategorieë weergegee.

TABEL 1. OPSOMMING VAN LITERATUUR WAT HANDEL OOR DIE EFFEK VAN 'N PLIOMETRIEPROGRAM-INGREEP OP 'N VERSKEIDENHEID FISIEKE EN MOTORIESE KOMPONENTE

Outeur/s, datum en titel van publikasie	Aantal, geslag en ouderdom (jaar) van proefpersone	Programingreep	Duur frekwensie van ingreep
Fatouros <i>et al.</i> (2000) Evaluering van pliometriese in-oefening, weerstandswerk, en hul kombinasie op vertikalesprong-prestasie en beenkrag	41 Mans 20.70 ± 1.96	Om te bepaal wat die effek is van: → Groep A: pliometrie-oefening ("squat"-spronge, spronge oor bakens en bankies, herhaalde trippel-spronge, enkel- of dubbelbeen, alternerende been-, diepte- en boksspronge) → Groep B: weerstandsoefening ("barbell squats, leg presses, leg curls" en "standing calf raises" vir eerste 8 weke en "jump squats, cleans, snatches" en "push presses" vir laaste 4 weke) → Groep C: pliometrie- en weerstandsoefening → Groep D: Geen oefening nie op vertikalesprong-prestasie (VSP), meganiese eksplousiewe krag (MEK), (Vertikalesprong-toets van Bosco <i>et al.</i> (1983)), vlugtyd sowel	12 weke 3 x per week

Outeur/s, datum en titel van publikasie	Aantal, geslag en ouderdom (jaar) van proefpersone	Programingreep	Duur en frekwensie van ingreep
Jamurtas <i>et al.</i> (2000) Effekte van pliometrie-oefening op spierseerheid en plasmakreatien-kinase-vlakke en 'n vergelyking tussen eksentriese en konsentriese oefening	24 Mans 22.17 ± 0.67	as maksimale beenspierkrag (1RM "squat" en "leg press") Om te bepaal wat die effek is van: → Groep A: 6 x 16 repetisies (reps) van pliometrie-oefeninge (val- en kantspronge) wat teen 70% van die maksimale spronghoogte plaasvind → Groep B: 6 x 16 reps van eksentriese beenekstensies en kuitoplif-oefeninge wat teen 70% van die 1RM plaasvind Groep C: 6 x 6 reps van konsentriese beenekstensies en kuitoplif-oefeninge wat teen 70% van die 1RM plaasvind op die vertraagdevoorkoms-spieerseerheid (VVSS) en plasma-kreatienkinase (KK)-vlakke is. Voorts om die herhaalde effek van die bogenoemde oefeningsmodaliteite op VVSS en KK-vlakke na 6 weke te bepaal.	2 sessies 6 weke uitmekaar
Rimmer & Sleivert (2000) Effekte van 'n pliometrie-intervensieprogram op naelprestasie	26 Mans 24.17 ± 4.00	Om te bepaal wat die effek is van: → Groep A: 5 x 8 reps naelspesifieke pliometrie-oefeninge (2-5 per sessie) → Groep B: 5 reps van maksimale inspanning naelloop-oefeninge (2-5 per sessie) → Groep C: Geen oefeninge nie op 10- en 40 m-naeltye en grondkontaktyd.	8 weke 2 x 'n week vir 7 weke en 1 x 'n week vir 1 week (15 sessies)
Vossen <i>et al.</i> (2000) Vergelyking van dinamiese opstote- en pliometriese opstote-oefeninge op bolyf eksplo-siewe krag en krag	35 Dames 17.35 ± 2.10	Om te bepaal wat die effek is van: → Groep A: 'n dinamiese opstote-oefeningsprogram (DOP) (3-4 x 10-12 reps) → Groep B: 'n pliometriese opstote-oefeningsprogram (POP) (3-4 x 10-12 reps) op die afstand van 'n sittende, 2-hande, medisynebal-stoot en die maksimale gewig van 'n 1 repetisie, 2-hande, borsstoot-oefening.	6 weke 3 x 'n week (18 sessies)
Vossen <i>et al.</i> (2000) Vergelyking van dinamiese opstote- en pliometriese opstote-oefeninge op bolyf eksplo-siewe krag en krag	35 Dames 17.35 ± 2.10	Om te bepaal wat die effek is van: → Groep A: 'n dinamiese opstote-oefeningsprogram (DOP) (3-4 x 10-12 reps) → Groep B: 'n pliometriese opstote-oefeningsprogram (POP) (3-4 x 10-12 reps) op die afstand van 'n sittende, 2-hande, medisynebal-stoot	6 weke 3 x 'n week (18 sessies)

		en die maksimale gewig van 'n 1 repetisie, 2-hande, borsstoot-oefening.	
McLaughlin (2001) 'n Vergelyking tussen twee inoefeningsprogramme en die effek daarvan op die uitputtings-ratios van dames	25 Dames 18-35	Om te bepaal wat die effek is van: → Groep A: 3-4 x 4-5 reps pliometrie-oefeninge (3 boks-spronge) → Groep B: 3 x 10 reps weerstandsoefeninge ("squats", "leg presses" en "hamstring curls") teen 70% van 1RM → Groep C: Geen oefening nie op die beenspier-uitputtingsratio tydens die uitvoering van herhaalde vertikale spronge.	10 weke
Miller <i>et al.</i> (2002) Vergelykings van land gebaseerde en water gebaseerde pliometrie-programme gedurende 'n 8-weke-oefeningsperiode	40 Mans en Dames 22.17 ± 3.87	Om te bepaal wat die effek is van: → Groep A: 'n land gebaseerde pliometrie-program van 3-5 oefeninge (80-120 voetkontakte/sessies) → Groep B: 'n water gebaseerde pliometrie-program van 3-5 oefeninge (80-120 voetkontakte/sessies) → Groep C: Geen oefening nie → op die spierseerheid, vertikalesprong-eksplosiewe krag, spiereksplosiewe krag (Margaria-Kalamen), isokinetiese onder- en bobeen piek wringkrag en bewegingsomvang van die enkel en knie.	8 weke 2 x per week
Luebbers <i>et al.</i> (2003) Effekte van pliometrie-oefening en herstel op vertikalesprong-prestasies en anaërobiese eksplosiewe krag	38 Mans 21.55 ± 2.35	Om te bepaal wat die effek is van: → Groep A: pliometrie-oefeninge (vertikale spronge, huppelspronge, wye spronge en dieptespronge) vir 4 weke en 'n 4-weke-rusperiode onderskeidelik → Groep B: pliometrie-oefeninge (vertikale spronge, huppel-spronge, wye spronge en dieptespronge) vir 7 weke en 'n 4-weke-rusperiode, onderskeidelik op vertikalesprong-hoogte (VSH), vertikalesprong-eksplosiewe krag (VSE) en anaërobiese eksplosiewe krag (AE) (Margaria-Kalamen trappe-toets).	4 en 7 weke van pliometrie, onderskeidelik en 4 weke van herstel 3 x per week
Masamoto <i>et al.</i> (2003) Die akute effek van pliometrie-oefeninge op maksimale "squat"-prestasie (1RM) by mansatlete	12 Mans 20.50 ± 1.40	Om te bepaal wat die akute effek is van: → Sessie 1: progressiewe ladingsverhoging tot en met 1RM-vasstelling → Sessie 2: 3 dubbelbeenintrek-spronge (DIS) 30 sek voor aanvang van die 1RM-bepaling → Sessie 3: 2 dieptespronge (DS) 30	3 weke 1 x per week

Outeur/s, datum en titel van publikasie	Aantal, geslag en ouderdom (jaar) van proefpersone	Programingreep	Duur en frekwensie van ingreep
Robinson <i>et al.</i> (2004) Die effek van land-teenoor water-gebaseerde pliometrie op krag, piekkrag, snelheid en spierseerheid by dames	31 Dames 20.2 ± 0.30	sek voor aanvang van die 1RM-bepaling op maksimale “squat”-prestaties. Om te bepaal wat die effek is van: → Groep A: 3-5 x 10-20 reps van land-gebaseerde pliometrie (10 drills) Groep B: 3-5 x 10-20 reps van water-gebaseerde pliometrie (10 drills) op piek eksplousiewe kraguitset (vertikale sprong), piek isokinetiese wringkrag (kniefleksie en –ekstensie), maksimale spoed (40 m-naeltoets) en spierseerheid.	8 weke 3 x per week
Toumi <i>et al.</i> (2004) Effekte van eksentriese fase-spoed van pliometrie-oefening op die vertikale sprong	30 Mans 19-22	Om te bepaal wat die effek is van: → Groep A: 90°-kniefleksie-ekstensie-oefeninge wat teen 0.4 m/sek uitgevoer word (6 x 10 reps teen 70% van 1RM) → Groep B: 90°-kniefleksie-ekstensie-oefeninge wat teen 0.2 m/sek uitgevoer word (6 x 10 reps teen 70% van 1RM) → Groep C: Geen oefening nie op maksimale isometriese krag (“leg press”), maksimale konsentriese krag (“leg press”), eksplousiewe krag, springhoogte en maksimale spoed tydens “squat”- (SS) en teenbeweging-spronge (TBS) sowel as op elektromiografie (EMG) van die vastus medialis (VM), lateralis (VL) en biceps femoris (BF).	8 weke 4 x per week
Schulte-Edelmann <i>et al.</i> (2005) Die effekte van pliometriese oefening op die posterior skouer en elmboog	28 Mans en dames Kollege-ouderdom	Om te bepaal wat die effek is van: → Groep A: 'n pliometrieprogram (3 x 10-15 reps van “retro-plyo” skoueradduksie/-fleksie/elmboogfleksie en skouer-abduksie/-ekstensie-/elmboogekstensie-oefeninge met 'n 1 kg-Plyoball) → Groep B: geen program → op piek isokinetiese interne en eksterne skouerrotasie, elmboogfleksie en –ekstensie-wringkrag sowel as piek eksplousiewe skouer- en elmboogkrag ('n geslote-kinetiese-	6 weke 2 x per week

ketting-boonste-ledemaat-
stabiliteitstoets).

TABEL 2. OPSOMMING VAN LITERATUUR WAT HANDEL OOR DIE EFFEK VAN GEKOMBINEERDE PLIOMETRIEPROGRAMME ('N KOMBINASIE VAN PLIOMETRIE EN ANDER OEFENINGSTEGNIEKE) OP 'N VERSKEIDENHEID FISIEKE EN MOTORIESE KOMPONENTE

Outeur/s, datum en titel van publikasie	Aantal, geslag en ouderdom (jaar) van proefpersone	Programingreep	Duur en frekwensie van ingreep
Maffiuletti (2002) Die effek van gekombineerde elektromio-stimulasie (EMS) en pliometrie-inoefening op vertikale spronghoogte	20 Mans 21.80 ± 2.80	Om te bepaal wat die effek is van: → Groep A: 'n vlugbalprogram → Groep B: 'n gekombineerde vlugbal-elektromiostimulasie (EMS) (48 reps van knie-ekstensies en 30 reps van plantaarleksies)-pliometrie-program (5 x 10 vertikalesprong-repetisies) op maksimale knie-ekstensor- en plantaarleksor-krag sowel as vertikale sprongvermoë.	4 weke 3 x per week = 12 sessies
Swanik <i>et al.</i> (2002) Die effekte van skouer-pliometriese oefeninge op die proprioepsie en geselekteerde spierprestasi-eienskappe	24 Dames 20.00 ± 1.10	Om te bepaal wat die effek is van: → Groep A: 'n gekombineerde swem- (6 x per week), weerstands- (3 x per week) en funksionele program (2 x per week) → Groep B: 'n gekombineerde swem- (6 x per week), weerstands- (3 x per week), funksionele (2 x per week) en pliometrie-program (3 x 15 reps trampolien, medisynbal en elastiese bande-oefeninge (2 x per week)) op die skouer-interne roteerders se proprioepsie, kinestesis en geselekteerde spierprestasi-eienskappe. →	6 weke 2 x per week
Boerio <i>et al.</i> (2003) Effekte van vier weke van pliometrie-oefening op tuimelatlete se eksplosiewe kraguitset	6 Mans en Dames 18.33 ± 3.09	Om te bepaal wat die effek is van: → 'n spesifieke 4-weke lange gekombineerde pliometrie-, weerstands- en tuimelprogram → op springprestasies, vloerkontaktyd gedurende 'n spesifieke drilroetine en eksplosiewe kraglewering.	4 weke pliometrie- en weerstands-program: 3 x per week = 12 sessies tuimel-program: 5 x per week
Spurrs <i>et al.</i> (2003) Die effek van pliometrie-oefening of langafstand-hardloopprestasie	17 Mans 25.00 ± 4.00	Om te bepaal wat die effek is van: → Groep A: 'n normale hardlopkondisionerings- sowel as pliometrie-program (2-3 x 10 reps van "squat"-, splitskêr-, dubbelbeen, alternerende-been-,	6 weke (2 x per week vir 1 ^{ste} drie weke en 3 x per week vir die 2 ^{de} drie weke)

Outeur/s, datum en titel van publikasie	Aantal, geslag en ouderdom (jaar) van proefpersone	Programingreep	Duur en frekwensie van ingreep
Turner <i>et al.</i> (2003) Verbetering in hardloopekonomie na 6 weke van pliometrie-oefeninge	18 Mans en Dames 29.0 ± 7.0	<p>enkelbeen-, diepte-, dubbelbeen-hekkie- en enkelbeen-hekkie-spronge)</p> <p>→ Groep B: 'n normale hardlooptoets-kondisionerings-program op onderbeen-muskulotendineuse styfheid (MTS), maksimale isometriese krag (MIK), tempo van kragontwikkeling (TK), 5-sprongafstandtoets (5ST), teenbewegingsprong (TBS)-hoogte, respiratoriese uitrustings tempo (R), VO₂maks, laktaatdrempel (LD) en 3 km-hardlooptyd.</p> <p>Om te bepaal wat die effek is van:</p> <p>→ Groep A: 'n gekombineerde algemene hardlooptoets-kondisionerings-program sowel as pliometrie-oefeninge (dubbelbeen-vertikale spronge, enkelbeen-vertikale spronge met dubbelbeenlanding, herhalende dubbelbeen-vertikale spronge, herhalende split-“squat”-spronge en submaksimale dubbelbeen-spronge op 'n gekantelde oppervlakte)</p> <p>Groep B: 'n algemene hardlooptoets-kondisionerings-program op hardloopekonomie, VO₂maks, springvermoë en –effektiwiteit.</p>	6 weke (pliometrie = 3 x 'n week)
Chimera <i>et al.</i> (2004) Effekte van pliometrie-oefening op die spieraktiveringstrategieë en prestasies van dames-atlete	20 Dames 18-22	<p>Om te bepaal wat die effek is van:</p> <p>→ Groep A: 'n gekombineerde weerstands-, sokker-/hokkie- en pliometrie-oefeningsprogram (4-5 spronge/sessies, 2 x 30-70 reps, 30 sek rus tussen stelle en 2 min rus tussen oefeninge) van ses weke</p> <p>→ Groep B: 'n gekombineerde weerstands- en sokker-/hokkie-oefeningsprogram van ses weke op elektromiografie (EMG) van die vastus medialis, lateralis, mediale en laterale hampese, heupabduktors sowel as –adduktors (tydens die voorbereidings- en reaktiewe fase van valspronge), vertikale spronghoogte (VSH) en hardloopspoed (HS) (tydens die 40-jaart-toets) van vroue sokker- en</p>	6 weke Pliometrie: 2 x per week Sokker- en hokkie-oefening-sessies: 3 x per week Weerstandswerk: 2 x per week

veldhokkiespelers.			
Fletcher en Hartwell (2004) Die effek van 'n 8-weke gekom-bineerde gewigte- en pliometrie-oefeningsprogram op gholfdryf-prestasie.	11 Mans 29.00 ± 7.40	Om te bepaal wat die effek is van: → Groep A: 'n normale gholf- sowel as losgewig-weerstands- (9 oefeninge van 3 x 6-8 reps) en pliometrie-medisynebalprogram (4 medisynebal-oefeninge van 3 x 8 reps) → Groep B: 'n normale gholfprogram wat hoofsaaklik uit aërobiese en ligte masjienweerstand-werk bestaan op gholfdryfprestasie (gholfstokspoed (GSS) en dryfafstand (DA)).	8 weke 2 x per week
Wilkerson <i>et al.</i> (2004) Neuromuskulêre veranderinge in dames, Kollege-atlete as gevolg van 'n pliometrie-spring-oefenings-program	19 Dames 19.0 ± 1.25	Om te bepaal wat die effek is van: → Groep A: 'n preiseisoen-basketbal kondisionerings-program wat uit gestruktureerde, progressiewe pliometrie-oefeninge, strekking en isotoniese versterkingsoefeninge bestaan → Groep B: 'n preiseisoen-basketbal kondisionerings-program wat uit periodiese, ongestruktureerde pliometrie-oefeninge, strekking en isotoniese versterkingsoefeninge bestaan op die veranderinge in isokinetiese quadriceps en hampese piek wringkrag (kniefleksie/-ekstensie van 15 reps teen 60°/sek en 15 reps teen 300°/sek), voorwaartse “lunge”-afstand, impakindeks, kontaktyd en kragimpuls tydens die voorwaartse-afstaptoets sowel as toetsduur, gemiddelde spoed, eksplosiewe krag en vertikale posisie van die liggaamskern tydens die T-patroon ratsheidsdril.	6 weke
Outeur/s, datum en titel van publikasie	Aantal, geslag en ouderdom (jaar) van proefpersone	Programingreep	Duur en frekwensie van ingreep
McCurdy <i>et al.</i> (2005) Die effekte van korttermyn unilaterale en bilaterale onderlyf-weerstandsin-oefening op die metings van krag en eksplosiewe krag	38 Mans en Dames 20.74 ± 2.60	Om te bepaal wat die effek is van: → Groep A: Unilaterale of gedeeltelike unilaterale ondersteuningsoefeninge (UOO) wat bestaan uit unilaterale “squats”, “lunges” of opstappe (3 x 15 reps teen 50% van 1RM wat progresseer na 6 x 5 reps teen 87% van 1RM) sowel as unilaterale pliometrie-oefeninge (“pogo”-spronge en teenbeweging-vertikale spronge wat progresseer vanaf 3 x 5 reps na 3 x 15 reps van week 3 na 8)	8 weke (weerstand- -program) 2 x per week 5 Weke (pliometrie) 2 x per week

→ **Groep B:** Bilaterale ondersteunings-oefeninge (BOO) wat bestaan uit bilaterale “squats” en “front squats” en bilaterale pliometrie-oefeninge (“pogo”-spronge en teenbeweging-vertikale spronge wat progresseer vanaf 3 x 5 reps na 3 x 15 reps van week 3 na 8) op bi- (BK) en unilaterale krag (UK) (bi- en unilaterale “squat”), springhoogte (SH), gemiddelde absolute (GAE) en relatiewe eksplosiewe krag (RE) (bi- en unilaterale teenbeweging vertikale sprong) en unilaterale eksplosiewe krag (UE) (Margaria-Kalamen trapklimtoets).

Die effek van 'n pliometrie-program-ingreep op 'n verskeidenheid fisieke en motoriese komponente

Uit die literatuurbevindinge van nege artikels wat bestudeer is, blyk dit duidelik dat pliometrie-programme of –sessies wel tot betekenisvolle verhogings ($p < 0.05$) in eksplosiewe beenkrag (vertikale sprong-, Margaria-Kalamen-, squat- en teenbewegingsprong-prestasies) en bolyfkrags (medisynebalstoot- en borsstootoefeningafstande), meganiese eksplosiewe krag, vlugtyd sowel as maksimale beenspierkrag tydens 1RM-weerstandsoefeninge, maksimale isometrieuse beenekstensiekrag, gemiddelde beenspieruitputtingstempo, isokinetiese onder-, bobeen en skouer-eksterne-rotator piek wringkrags, enkelbewegingsomvang, spoed oor 10 m en 40 m en EMG van die vastus medialis sowel as lateralis lei. Laasgenoemde programme kan moontlik ook tot 'n verkorte grondkontaktyd tydens naelaktiwiteite lei. Die duur van die amortisasiefase tydens die uitvoering van pliometrie-oefeninge kan ook deur middel van 'n pliometrie-program betekenisvol ($p < 0.05$) verkort word, mits die eksentriese fase van die pliometrie-oefeninge versnel word (Toumi *et al.*, 2004). Luebbers *et al.* (2003) se studie het egter teenstrydige bevindinge na vore gebring. Hulle het bevind dat 'n 4-weke lange pliometrie-program van drie maal per week tot betekenisvolle afnames ($p < 0.05$) in vertikale spronghoogte (VSH) en eksplosiewe krag (VSE) gelei het. Die VSH en VSE het egter betekenisvol verbeter na 'n 4-weke-rusperiode wat na die pliometrie-program plaasgevind het.

'n Verdere ontleding van die literatuur dui daarop dat pliometrie-programme voordeliger is met betrekking tot die verhoging in medisynebalstoot- en borsstootoefening-afstande sowel as beenspieruitputtingstempo in vergelyking met 'n dinamiese en weerstandsoefening-program onderskeidelik. Navorsing toon ook dat 'n naelspesifieke pliometrie-program soortgelyke oefeningsvoordele inhou as 'n standaard naelloop-program (Rimmer & Sleivert, 2000) en dat 'n water-gebaseerde pliometrie-program soortgelyke of selfs beter resultate kan oplewer (hoër bewegingsomvangverbetering en minder spierseerheid) as 'n land-gebaseerde pliometrie-program (Miller *et al.*, 2002; Robinson *et al.*, 2004).

Pliometrie-programme en –oefeninge het nie alleen 'n positiewe chroniese effek op sekere fisieke en motoriese komponente nie, maar kan ook 'n akute effek op sekere komponente hê. In hierdie verband het Jamurtas *et al.* (2000) bevind dat vertraagdevoorkoms-spierseerheid soortgelyk is by kandidate na afloop van pliometrie- en eksentriese weerstandsoefeninge, maar

dat dit ook betekenisvol hoër ($p < 0.05$) is as by kandidate wat slegs konsentriese weerstandsoefeninge gedoen het. Navorsing toon ook dat die uitvoering van een pliometrie-oefening (dieptesprong) 30 sek voor aanvang van 'n 1RM-bepaling 'n betekenisvolle positiewe, akute effek ($p < 0.05$) op die maksimale kraguitset van mansatlete kan hê (Masamoto *et al.*, 2003).

Die effek van 'n gekombineerde pliometrie-program-ingreep ('n kombinasie van pliometrie en ander oefeningstegnieke) op 'n verskeidenheid fisieke en motoriese komponente

Die vraag wat egter ontstaan, is of pliometrie wel in samehang met ander tipes oefeninge of oefeningsprogramme gebruik kan word en of die effek daarvan beter is as wanneer dit afsonderlik van ander oefeningstegnieke gebruik word? Tien artikels waarin 'n kombinasie van pliometrie- en weerstands-, elektrostimulasie-, vlugbal-, swem-, funksionele, tuimel-, hardloopkondisionerings-, sokker-/hokkie-, gholf- en basketbal-kondisioneringsprogramme ondersoek is, is geïdentifiseer en sal in die volgende gedeelte aandag geniet.

Die studie van Fatouras *et al.* (2000) het aangedui dat 'n kombinasie van pliometrie- en weerstandsoefeninge veel meer effektief is vir die verbetering van vertikale sprongprestasie, meganiese eksplosiewe krag en vlugtyd as slegs 'n weerstands- of pliometrie-program. 'n Studie deur McCurdy *et al.* (2005), waarin 'n gekombineerde unilaterale en bilaterale weerstands- en pliometrie-program onderskeidelik met mekaar vergelyk is, dui daarop dat die programme ooreenstemmende voordele met betrekking tot verhogings in uni- en bilaterale krag en eksplosiewe krag inhou, alhoewel 'n unilaterale program meer effektief is om unilaterale springhoogte en relatiewe eksplosiewe krag te verhoog.

In die studies van Spurrs *et al.* (2003) en Turner *et al.* (2003), is die invloed van 'n sportspesifieke program en dié van 'n sportspesifieke en pliometrie-program gekombineer ondersoek. Beide hierdie artikels het getoon dat 'n gekombineerde program meer effektief is om sekere komponente te verbeter as wat 'n sportspesifieke program alleen is. In die verband het Spurrs *et al.* (2003) daarop gewys dat 'n gekombineerde hardloopkondisionerings- en pliometrie-program wel tot betekenisvolle verbetering ($p < 0.05$) ten opsigte van teenbewegingspronghoogte, 5-sprongafstand, 3 km-hardlooptyd, respiratoriese uitrustings tempo, onderbeenmuskulotendineuse styfheid vir beide bene by 'n 75%-lading en maksimale isometriese krag lei vergeleke met 'n hardloopkondisioneringsprogram wat geen veranderinge in laasgenoemde veranderlikes tot gevolg het nie. Turner *et al.* (2003) het in hulle studie bevind dat hardloopekonomie wel betekenisvol meer verbeter ($p < 0.05$) by atlete wat pliometrie-oefeninge by hulle hardlooppogram incorporeer, vergeleke met atlete wat dit nie doen nie.

Vergelykende studies waarin gekombineerde sportspesifieke (sokker, hokkie, gholf), weerstands- en pliometrie-programme met gekombineerde programme wat nie pliometrie-oefeninge incorporeer nie, vergelyk is, toon die volgende: Gekombineerde pliometrie-programme is veel meer effektief ten opsigte van die verhoging van die heupadduktorspier se aktiveringsarea, gemiddeld- en piek- sowel as spieraktiveringspatrone tydens die voorbereidingsfase van valsprong (Chimera *et al.*, 2004), gholfstokspoed en dryfafstand (Fletcher & Hartwell, 2004) as wat gekombineerde programme is wat nie pliometrie-oefeninge bevat nie. Soortgelyke resultate het ook voorgekom met betrekking tot vergelykings wat getref is tussen kombinasieprogramme wat uit sportspesifieke (vlugbal, swem, basketbal),

elektromiostimulasie, weerstands-, funksionele, strekkings- en pliometrie-oefeninge bestaan het en programme wat nie pliometrie-oefeninge bevat het nie. Die gekombineerde pliometrie-programme was telkens meer effektief met betrekking tot die verbetering van spronghoogtes, maksimale willekeurige spierkontraksiewaardes, mokerhou-waardes (Maffiuletti, 2002), proprioepsie, kinestesis, tyd tot piek wringkrag, amortisasietyd, wringkragafnames van die skouer-interne roteerders (Swanik *et al.*, 2002) en hampese piek wringkrag (Wilkerson *et al.*, 2004) as wat gekombineerde programme alleen was. Boerio *et al.* (2003) het in hul studie 'n ondersoek geloods na die invloed van 'n gekombineerde pliometrie-tuimelprogram op 'n verskeidenheid faktore. Betekenisvolle verbeteringe ($p < 0.05$ tot 0.001) het voorgekom wat betref gestandaardiseerde sowel as sportspesifieke spronge, spoed (soos bepaal deur middel van voetkontaktyd) en eksplousiewe kraglewering van tuimelatlete.

Bogenoemde studies dui dus daarop dat gekombineerde sportspesifieke programme wat pliometrie-oefeninge bevat, moontlik tot verbeteringe in verskeie sportspesifieke komponente kan lei. Dit blyk voorts dat dié verbeteringe moontlik tot beter sportprestasies in die volgende sportsoorte kan lei: vlugbal (Maffiuletti, 2002), langafstand-hardloop (Spurrs *et al.*, 2003; Turner *et al.*, 2003), tuimel (Boerio *et al.*, 2003) en gholf (Fletcher & Hartwell, 2004). Heelwat van die geïdentifiseerde studies dui ook op die belangrikheid van gekombineerde pliometrie-programme om die risiko vir beserings te verminder. So byvoorbeeld het Chimera *et al.* (2004) bevind dat die neuromuskulêre aanpassings in die heupadduktor-spiere tydens laasgenoemde programme van so 'n aard is dat dit die funksionele kniestabiliteit van dameshokkie- en sokkerspelers verhoog. Wilkerson *et al.* (2004) het voorts aangedui dat die hampese/quadriceps-ratio van damesbasketbal-spelers deur deelname aan 'n gekombineerde pliometrie-program verhoog kan word en dat dit moontlik kan bydra tot verbeterde spring-ladingsmeganika en verminderde kniebeserings.

Moontlike redes vir die voordelige effek/te van 'n pliometriepogram-ingreep of gekombineerde pliometrie-program-ingreep op 'n verskeidenheid fisieke en motoriese komponente

Laasgenoemde bevindinge is dus alles 'n aanduiding daarvan dat 'n groot aantal motoriese en fisieke komponente deur die gebruik van pliometrie-oefeninge betekenisvol verhoog kan word. Clark en Wallace (2003), sowel as Wilkerson *et al.* (2004), noem in hierdie verband dat laasgenoemde voordele vanweë pliometrie moontlik voorkom vanweë verhoogde neuromuskulêre effektiwiteit, selfs in die gevalle waar morfologiese aanpassings afwesig is. Genoemde veranderinge wat neuromuskulêre effektiwiteit tot gevolg het, is neuromuskulêresisteem-veranderinge wat 'n individu in staat stel om meer beheer oor die kontrakterende agoniste en sinergiste uit te voer en sodoende die sentrale senuweesisteem in staat stel om meer "outonoom" te funksioneer (Wilk & Voight, 1993). In aansluiting hierby het Swanik *et al.* (2002) tot die gevolgtrekking gekom dat proprioepsie en kinestesis van gewigte verbeter as gevolg van pliometrie-oefeninge en dat dit ook moontlik beter neuromuskulêre effektiwiteit tot gevolg kan hê. Volgens McLaughlin (2001) neem uitputtingstyd toe vanweë die hoë motoriese eenheidsaktivering en gekoördineerde senuwee-impulsvrystelling wat plaasvind as gevolg van pliometrie-oefeninge.

Die literatuur maak egter ook melding van perifere veranderinge wat weens deelname aan 'n pliometrie-program kan voorkom. So byvoorbeeld het Potteiger *et al.* (1999) tot die gevolgtrekking gekom dat pliometrie-oefeninge van agt weke lank tot 'n 7.8%-toename in die

veselarea van die geaktiveerde vinnig saamtrenkbare spiervesels (VSS) kan lei. Dit kan ook moontlik daarop dui dat 'n verhoging in die aktivering van die fasiëse motoriese eenhede na afloop van deelname aan 'n pliometrie-program voorkom, aangesien VSS motoriese eenhede meer spiervesels bevat en as gevolg van dié kenmerk meer krag kan lewer (Wilmore & Costill, 2004). Nog 'n perifere verandering wat na afloop van 'n pliometrie-program voorkom, is 'n verhoging in die onderbeen-muskulotendineuse styfheid (Spurrs *et al.*, 2003). Volgens Wilson *et al.* (1994) kan 'n minder elastiese muskulotendineuse eenheid moontlik eksplosiewekrag-produksie fasiliteer deur die kontraktiese element se vermoë om krag te lewer, te verhoog. Die kragverhogingsvermoë van die kontraktiese element kom voor vanweë 'n kombinasie van 'n toename in die lengte en tempo van verkorting sowel as 'n toename in die aanvanklike kragoordraging van dié element. In teenstelling hiermee ondersteun Hutchinson *et al.* (1998) die hipotese dat pliometrie-oefeninge eerder as gevolg van die kognitiewe leereffek tot verhoogde oefeningsprestasies lei as wat dit vanweë motoriese veranderinge in die perifere weefsel tot beter prestasies lei.

Oefeningsriglyne wat van belang is in 'n pliometrie-program

Teen die voorafgaande agtergrond volg 'n bespreking van die oefeningsriglyne wat in 'n pliometrie-program gevolg moet word. Uit laasgenoemde literatuurbevindinge is dit duidelik dat die duur van pliometrie-programme so kort as drie weke of so lank as 12 weke kan wees. Die frekwensie van dié programme wissel tussen twee en vier keer 'n week, wat ook volgens die literatuur aanvaarbaar is vanweë 'n optimale herstelperiode (48-72 uur) wat tussen opeenvolgende pliometriesessies voorkom (Potach & Chu, 2000; Potach, 2004). Die aantal oefeninge wat in hierdie programme gebruik word, wissel tussen een en 10. Die stelle pliometrie-oefeninge wat gebruik word, lê tussen twee, en ses alhoewel ander literatuur ook melding daarvan maak dat stelle tussen ses en 10 ook aanvaarbaar is (Radcliffe & Farentinos, 1999). In gevalle waar repetisies wel in bogenoemde literatuur genoem word, wissel dit tussen vyf en 20 repetisies per oefening. Die volume van pliometrie-oefeninge word deur kenners uitgedruk as die aantal voetkontakte per oefeningsessie of afstand per oefeningstel vir onderlyf-pliometrie-oefeninge terwyl dit vir bolyf-pliometrie-oefeninge uitgedruk word as die aantal gooie of vangaksies per oefeningsessie (Potach, 2004). Die volumeriglyne word vasgestel op grond van die deelnemer se pliometrie-oefeningervaring, met beginners wat tussen 80 tot 100, intermediêre deelnemers wat tussen 100 tot 120 en gevorderde deelnemers wat tussen 120 en 140 voetkontakte per sessie moet uitvoer (Potach & Chu, 2000). Die geïdentifiseerde literatuur het egter nie melding gemaak van die rusperiodes wat tussen verskillende pliometrie-oefeninge en -stelle tydens die ingreepperiodes gegeld het nie. Literatuur beveel wel aan dat rusperiodes tussen stelle of groeperinge van meervoudige oefeninge moet wissel tussen 45 sekondes en 60 sekondes (Chu, 1998) of tussen twee en drie minute (Potach & Chu, 2000). Rus kan selfs tussen repetisies op vyf tot 10 sekondes gestel word (Potach & Chu, 2000). Die algemene riglyn wat egter geld, is dat 'n werks-tot-rusverhouding van 1:5 tot 1:10 gehandhaaf moet word (Chu, 1998; Potach, 2004).

Aspekte wat in ag geneem moet word met die interpretering van dié bevindinge

Verskeie leemtes bestaan met betrekking tot die literatuur wat in dié literatuuroorsig aandag geniet het en sal vervolgens bespreek word. Wat die literatuur oor die effekte van 'n pliometrie-program-ingreep op 'n verskeidenheid fisieke en motoriese komponente betref, handel die meerderheid (agt uit 11 artikels) van die literatuur (Fatouras *et al.*, 2000; Jamurtas *et al.*, 2000; Vossen *et al.*, 2000; McLaughlin, 2001; Miller *et al.*, 2002; Luebbbers *et al.*, 2003;

Toumi *et al.*, 2004; Schulte-Edelmann *et al.*, 2005) oor sedentêre of matig aktiewe individue en slegs drie artikels oor sportlui (Rimmer & Sleivert, 2000; Masamoto *et al.*, 2003; Robinson *et al.*, 2004). Dit is dus baie moeilik om die bevindinge van dié artikels te veralgemeen na die sportdeelnemende populasie. In teenstelling hiermee het slegs een (uit nege) van die artikels (McCurdy *et al.*, 2005) wat handel oor die effek van 'n gekombineerde pliometrieprogram-ingreep op 'n verskeidenheid fisieke en motoriese komponente nie hul navorsing op sportlui gedoen nie. Dié bevindinge wat dus uit dié laasgenoemde artikels na vore kom, sal dus meer effektief tot die sportdeelnemende populasie veralgemeen kan word.

'n Verdere leemte wat geïdentifiseer is by die genoemde studies, is dat kontrolegroepe nie in alle gevalle gebruik is nie. Ses van die studies (Vossen *et al.*, 2000; Luebbbers *et al.*, 2003; Masamoto *et al.*, 2003; Spurrs *et al.*, 2003; Robinson *et al.*, 2004; McCurdy *et al.*, 2005) het nie van kontrolegroepe gebruik gemaak nie. Volgens Altman (1999) is dit noodsaaklik om 'n kontrolegroep waarteen vergelykings getoets kan word in die studie-ontwerp in te sluit, aangesien dit die gevolgtrekkings wat vanaf die resultate gemaak word, versterk. Sommige studies (Fatouras *et al.*, 2000; Jamurtas *et al.*, 2000; Boerio *et al.*, 2003; Turner *et al.*, 2003; Chimera *et al.*, 2004; Fletcher & Hartwell, 2004) het ook nie van gewoondmakings- en/of opwarmingsessies voor aanvang van toetsing gebruik gemaak nie. Die interne geldigheid van dié studieresultate kan hierdeur benadeel word aangesien proefpersone moontlik vanweë die aanleerproses beter resultate behaal het en nie vanweë die pliometrie-ingreep nie (Thomas *et al.*, 2005).

Volgens Potach en Chu (2000) duur meeste pliometrieprogramme ongeveer 6-10 weke. Luebbbers *et al.* (2003) wys eger daarop dat 'n pliometrieprogram van vier weke tot neuromuskulêre aanpassings mag lei alhoewel hul ook voorstel dat 'n programduur van sewe weke eerder gevolg moet word. Dit kan dus aanvaar word dat pliometrieprogramme wat korter as ses tot sewe weke duur nie so effektief vir die verbetering van verskillende fisieke en motoriese komponente sal wees nie. In dié verband het drie van die geïdentifiseerde studies van 'n vier-week pliometrieprogramtydperk gebruik gemaak (Maffiuletti *et al.*, 2002; Boerio *et al.*, 2003; Luebbbers *et al.*, 2003) terwyl een studie van 'n vyf-week tydperk gebruik gemaak het (McCurdy *et al.*, 2005). 'n Langer programtydperk sou moontlik meer effektief gewees het om veranderinge en aanpassings in verskillende fisieke en motoriese komponente mee te bring.

Sommige van die navorsers het voorts van besonder klein groepgroottes gebruik gemaak in hul navorsing. So byvoorbeeld het Masamoto *et al.* (2003) slegs van 12 proefpersone gebruik gemaak, terwyl Boerio *et al.* (2003) van ses en Fletcher en Hartwell (2004) van 11 proefpersone gebruik gemaak het. Slegs een van dié geïdentifiseerde studies (Fletcher & Hartwell, 2004) het aangedui dat die groepgrootte voor aanvang van die studie deur middel van 'n statistiese formule bepaal is. Klein groepgroottes kon die mate van betekenisvolheid van verskille tussen groepe beïnvloed het. Groepgroottes moet dus voor aanvang van studies statisties vasgestel word om sodoende te verseker dat die korrekte aantal proefpersone per groep gekies word om daardeur betekenisvolheid van resultate te verseker.

Laastens kom leemtes voor wat betref die beskrywing van die metodologie en oefeningsingrepe wat in elke studie gebruik is. In dié verband het 14 (Fatouras *et al.*, 2000; Rimmer & Sleivert, 2000; Vossen *et al.*, 2000; McLaughlin, 2001; Miller *et al.*, 2002; Swanik *et al.*, 2002; Spurrs *et al.*, 2003; Turner *et al.*, 2003; Fletcher & Hartwell, 2004; Robinson *et al.*

al., 2004; Toumi *et al.*, 2004; Wilkerson *et al.*, 2004; McCurdy *et al.*, 2005; Schulte-Edelmann *et al.*, 2005) van die geïdentifiseerde studies geen melding gemaak van die rusperiodes wat tussen stelle en oefeninge gehandhaaf is nie. Sekere studies het ook geen aanduiding gegee van die spesifieke oefeninge (Boerio *et al.*, 2003; Fletcher & Hartwell, 2004; Robinson *et al.*, 2004; Wilkerson *et al.*, 2004) of oefeningsvolgorde (Fatouras *et al.*, 2000; Fletcher & Hartwell, 2004; Robinson *et al.*, 2004; Wilkerson *et al.*, 2004) wat tydens die ingreeppeperiode gebruik is nie. Ten spyte van die feit dat pliometriestudies in die algemeen handel oor die effek van 'n vier- tot 12-week lange pliometrie-ingreep, het sommige navorsers (Vossen *et al.*, 2000; Maffiuletti *et al.*, 2002; Luebbbers *et al.*, 2003; Fletcher & Hartwell, 2004; Wilkerson *et al.*, 2004) geen aanduiding gegee van die progressie wat tydens die ingreeppeperiode gevolg is nie. Hierbenewens word daar sekere gevalle nie verwys na die spesifieke oefeningsvolume (Miller *et al.*, 2002; Luebbbers *et al.*, 2003; Fletcher & Hartwell, 2004; Wilkerson *et al.*, 2004) of -intensiteit (Rimmer & Sleivert, 2000; Chimera *et al.*, 2004; Fletcher & Hartwell, 2004; Robinson *et al.*, 2004; Wilkerson *et al.*, 2004) wat gebruik is. Dit is egter belangrik dat alle oefeningsveranderlikes en metodologiese kwessies in studies van hierdie aard vervat moet wees om die leser in staat te stel om vergelykings tussen verskillende studieresultate te maak en die effektiwiteit van verskillende tipe pliometrieprogramme te bepaal

SAMEVATTING, GEVOLGTREKKINGS EN AANBEVELINGS

Uit bogenoemde is dit duidelik dat pliometrie 'n ou oefeningstegniek is wat reeds in die vroeë negetiende eeu onder baan- en veldatlete in Oos- en Noord-Europa gebruik is. Dit is egter 'n oefeningstegniek wat veral in die afgelope aantal jare baie aandag onder afrigters, sportwetenskaplikes en sportlui begin geniet het. Die fisiologiese beginsels wat pliometrie onderlê, word aan die hand van die Meganiese, die Neurofisiologiese en die Streckings-verkortingsiklus-model beskryf. Pliometrie word deur dié modelle beskryf as 'n oefening waartydens die spier wat by die oefening betrokke is, vinnig in strekking gebring word deur van 'n eksentriese kontraksie (eksentriese fase) gebruik te maak. Dit lei daartoe dat die spierspoele geaktiveer word en dat 'n reflekssein wat van die grysstof in die rugmurg kom (amortisasiefase) 'n spierkontraksie van die geaktiveerde spier meebring (konsentriese fase). Dit, tesame met die vrystelling van die gestoorde elastiese potensiële energie, bring mee dat die konsentriese fase van die oefening versterk word.

Die literatuur bevat 'n hele aantal artikels wat die pliometrie-oefeningstegniek by sportlui en ander persone ondersoek het. Studies wat slegs gebruik gemaak het van 'n pliometrie-program-ingreep (9), toon duidelik dat pliometrie-oefeninge en -programme betekenisvolle, voordelige chroniese en akute verandering in 'n groot verskeidenheid oefeningsvoordele oor 'n relatief kort tydperk (3-12 weke) kan meebring. Die langtermyn-oefeningsvoordele wat na vore gekom het, sluit die volgende in: verhoogde ekspllosiewe been- (vertikale sprong-, squat-, teenbeweging-sprong- en Margaria-Kalamen-prestasies) en bolyfkrag (medisynebalstoot- en borsstoot-oefeningsprestasies), meganiese ekspllosiewe krag, vlugtyd sowel as maksimale isotoniese beenspierkrag (IRM-weerstandsoefeninge) en isometriese beenkrag (beenkstensie), gemiddelde beenspieruitputtingstempo, onder- en bobeen sowel as skouer piek wringkrag, enkelbewegingsomvang, spoed oor 10 m en 40 m en EMG van die vastus medialis en lateralis. Voorts lei pliometrieprogramme tot 'n verkorte grondkontaktyd tydens naelaktiwiteite en 'n verkorte amortisasiefase tydens die uitvoering van pliometrie-oefeninge. Hierbenewens het studies oor die akute effekte van pliometrie-oefeninge bevind dat 'n

pliometrie-oefening voor aanvang van 'n 1RM-bepaling wel 'n betekenisvolle positiewe effek op die 1RM-waarde kan hê en dat die mate van spierseerheid wat na afloop van 'n pliometrie-oefening ervaar word, dieselfde is as na afloop van eksentriese weerstandsoefeninge. Wat tipes pliometrieprogramme betref, toon die literatuur dat water gebaseerde pliometrieprogramme soortgelyke of selfs beter resultate oplewer as land gebaseerde pliometrieprogramme.

Pliometrie blyk egter 'n meer effektiewe oefeningstegniek te wees met betrekking tot die oefeningsvoordele wat dit tot gevolg het, vergeleke met ander oefeningstegnieke (dinamiese en weerstandsoefeningsprogram). Studies oor gekombineerde pliometrie- en sportspesifieke programme het tot die gevolgtrekking gekom dat dié programme 'n betekenisvol voordeliger effek het op been eksplosiewe krag (vertikale sprong-, teenbeweging-sprong- en 5-hop springprestasies), vlug- en kontaktyd tussen spronge, hardloopekonomie, adduktorspier-aktiwiteitsarea, gemiddelde en piek gedurende die voorbereidingsfase van valspronge, gholfstokspoed en dryfafstand, 3 km-hardlooptyd, respiratoriese uitruilingstempo, maksimale isometriese krag, maksimale willekeurige spierkontraksiewaardes, vlugbal-mokerhou, proprioepsie, kinestesis, tyd tot piek wringkrag, amortisasietyd en wringkragafname van die skouer-spiere asook hampese piek wringkrag, as sportspesifieke of nie-pliometriese programme alleen. Sommige laasgenoemde voordele weens gekombineerde pliometrie-oefeningsprogramme kan ook moontlik daartoe bydra om die sportprestasies van vlugbalspelers, langafstand- en tuimelatlete sowel as gholfspelers te verbeter.

Die oefeningsvoordele en verhoogde sportprestasies wat vanweë pliometrie-oefeninge verkry kan word, kan verklaar word aan die hand van verhoogde neuromuskulêre effektiwiteit, die toename in die VSS, 'n ooreenstemmende verhoging in die aktivering van die fasiëse motoriese eenhede, 'n verhoging in die muskulotendineuse styfheid en die kognitiewe leereffek wat plaasvind.

Die oefeningsriglyne vir pliometrieprogramme wat in genoemde en ander literatuur voorkom, kan as volg opgesom word: Die duur van die programme wissel tussen drie en 12 weke; die frekwensie tussen twee tot vier keer per week; die aantal oefeninge tussen een en 10; die aantal stelle tussen twee en 10; die repetisies tussen vyf en 20; die volumeriglyne vir beginners - 80 tot 100, intermediêre deelnemers - 100 tot 120 en gevorderde deelnemers - 120 en 140 voetkontakte per sessie; die rus tussen oefeninge tussen 45 en 60 sekondes of tussen 2 en 3 minute met 'n werks-tot-rusverhouding van 1:5 tot 1:10 wat gehandhaaf moet word.

'n Hele aantal leemtes is egter uit die tabelgenoemde studies geïdentifiseer, waaronder die feit dat nege uit die twintig geïdentifiseerde artikels nie oor sportlui handel nie maar oor sedentêre of matig aktiewe individue. Dit is dus moeilik om al die bevindinge van dié artikels te veralgemeen na die sportdeelnemende populasie. Voorts het ses van die studies nie van kontrolegroepe in hul navorsing gebruik gemaak nie. Dié leemte bring mee dat die resultate in 'n groot aantal van genoemde studies nie volledig aan die hand van die oefeningsingreep verklaar kan word nie. Sommige studies het nie van gewoondmaking- en/of opwarmingsessies voor aanvang van die toetsing gebruik gemaak nie. Dit kon moontlik daartoe gelei het dat die aanleerproses die studieresultate beïnvloed het en die interne geldigheid van dié studies benadeel het. Vier studies het van 'n korter programduur as wat voorgestel word, gebruik gemaak. Die effektiwiteit van sulke programme wat betref hul invloed op die fisieke en motoriese komponente van proefpersone kan dus bevraagteken word. Slegs een studie het van

'n statistiese tegniek gebruik gemaak om die groepgroottes vas te stel. Drie studies het van 12 of minder proefpersone gebruik gemaak. Klein groepgroottes kon die mate van betekenisvolheid van verskille tussen groepe beïnvloed het. Laastens kom leemtes voor wat betref die beskrywing van die metodologie en oefeningsingrepe wat in elke studie gebruik is.

SUMMARY

A literature review of plyometrics as an exercise technique

Plyometrics is a very popular training technique that is used by many coaches and training experts to improve speed, explosive power output, explosive reactivity and eccentric muscle control during dynamic movements. The purposes of this literature review study was, firstly to critically analyse the available literature of the past six years (2000-2005) with regard to the research design of each study, the nature of the plyometric programmes which were used as well as the findings with regard to the effects of these types of programmes on a wide variety of physical and motor performance components and secondly, to provide guidelines for presenting plyometric programmes. Computer searches were conducted by means of the SportDiscus, Medline, Academic Research, Academic Search Premier and MasterFile Premier Databases as well as the MetaCrawler internet search engine. Only studies in which the subjects were 18 years and older were included. Studies were divided into two categories, namely: studies (11) that dealt with the different effects of plyometric programmes and exercises; and secondly, studies (9) that dealt with the different effects of combined plyometric programmes and exercises.

The results of the first category of articles clearly indicated that plyometric programmes have a significant positive chronic effect on explosive power (vertical jumping, Margaria-Kalamen, squat and counter movement jumping, medicine ball put and chest press performance), flight time and maximal isotonic and isometric leg muscle strength (1RM squat and leg press), average leg muscle endurance (during repeated vertical jumps), isokinetic peak torque of the legs and shoulder, range of ankle motion, speed (over 10 and 40 m) and electrical muscle activity. Furthermore, plyometric programmes also seem to significantly decrease ground contact time during sprinting activities and the amortization time during execution of plyometric exercises. The acute effects of plyometric programmes include a significant increase in the 1RM leg strength and the delayed onset of muscle soreness. In terms of the different types of plyometric programmes, research has shown that aquatic plyometric programmes provide the same or even more performance enhancement benefits than land plyometric programmes.

Studies of combined plyometric and sport specific programmes concluded that these programmes have a significantly more beneficial effect on leg explosive power (vertical jump, counter jump and 5-bound jump performance), flight and ground time between jumps, running economy, adductor muscle activity area, mean and peak during the preparatory phase of the drop jump, golf club speed and driving distance, 3 km running time, respiratory exchange ratio, maximal isometric strength, maximal voluntary muscle contraction values, volley-ball spike execution, proprioception, kinaesthesia, time to peak torque, amortization time, torque decrement of the shoulder musculature and hamstring peak torque than sport specific or non plyometric programmes alone. Some of these last-mentioned benefits can possibly help improve the sport performances of volley-ball players, long distance and tumbler athletes as well as golfers.

The benefits of plyometrics seem to lie in the fact that it may promote changes within the neuromuscular system that enhances neuromuscular efficiency. A cognitive learning effect and increase in the fibre area of type II muscle fibres can also occur due to plyometric training.

The exercise guidelines and variables that are recommended for scientific plyometric programmes can be summarised as follows: the duration of these programmes must vary between three and 12 weeks; the frequency between two to four times a week; the amount of exercises between one and 10, the amount of sets between two and 10; the volume guidelines for beginners 80 to 100, intermediate participants 100 to 120 and advanced participants 120 to 140 foot contacts per session; and a 45 to 60 sec or 2 to 3 min rest period between exercises with a work-rest ratio of 1:5 to 1:10 that must be maintained.

Certain shortcomings were, however, identified from the plyometric research articles that were investigated. Nine out of the possible twenty articles did not use athletes as their research population but sedentary or moderate active individuals. Furthermore, six of the studies did not utilize control groups in their research. Some of the studies also did not use familiarization and/or warm-up sessions prior to measurement of the physical and motor performance components. In certain instances very short plyometric training periods were used which may have been less effective in inducing positive changes in different physical and motor performance components. Also, the small group sizes in three of the identified studies could have negatively influenced the degree of statistical significant differences between the groups of subjects. Lastly, in a lot of cases researchers fail to give a thorough description of all the methodology and exercise intervention information that are necessary.

VERWYSINGS

- ALTER, M.J. (2004). *Science of flexibility* (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- ALTMAN, D.G. (1999). *Practical statistics for medical research*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- ARCHER, L. (2004). "Plyometrics training." *Fredys Fitness Zone*.
[<http://www.fredysnet.com/id15.html>]. Datum van gebruik, 7 Julie 2005.
- BENDER, C. (2002). "Plyometrics." *Weights Net*.
[<http://www.weightsnet.com/Docs/plyometrics.html#what>]. Datum van gebruik, 8 Julie 2005.
- BOERIO, D.; MAFFIULETTI, N.A. & BEMBEN, M.G. (2003). Effects of four weeks plyometric training on tumbler athletes power output. In USA Gymnastics (Ed.), *Science in Gymnastics Symposium: gymnastics excellence through education* (1-12). Anaheim, CA: USA Gymnastics.
- BOMPA, T.O. (1994). *Power training for sport: plyometrics for maximum power development*. Oakvill, NY: Mosaic Press.
- CHU, D.A. (1998). *Jumping into plyometrics* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- CHIMERA, N.J.; SWANIK, K.A.; SWANIK, C.B. & STRAUB, S.J. (2004). Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. *Journal of Athletic Training*, 39(1): 24-31, Jan/Mar.
- CLARK, M.A. & WALLACE, T.W.A. (2003). *The scientific and clinical application of elastic resistance: plyometric training with elastic resistance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- DE-DONCKER, L.; PICQUET, F.; PETIT, J. & FALEMPIN, M. (2003). Effects of hypodynamia-hypokinesia on the muscle spindle discharges of rat soleus muscle. *Journal of Neurophysiology*, 89(6): 3000-3007, June.

- DINTIMAN, G.B. & WARD, B. (2003). *Sports speed* (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- FACCIONI, A. (2004). Plyometrics. *Faccioni: speed and conditioning consultancy*. [<http://www.faccioni.com/Reviews/plyometrics.htm>]. Datum van gebruik, 7 Julie 2005.
- FATOURAS, I.G.; JAMURTAS, A.Z.; LEONTSINI, D.; TAXILDARIS, K.; AGGELOUSIS, N.; KOSTOPOULOS, N. & BUCKENMEYER, P. (2000). Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4): 470-476, Nov.
- FLETCHER, I.M. & HARTWELL, M. (2004). Effect of an 8-week combined weights and plyometrics training program on golf drive performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1): 59-62, Feb.
- GAMBETTA, V. (2002). Plyometrics: Myths and Misconceptions. Gambetta.com. [<http://www.gambetta.com/noticia.php?id=15&SesID=1611b4c326dc23398a62ce532fab0cdb>]. Datum van gebruik, 7 Julie 2005.
- GARDINER, P. (2004). Plyometrics for young people. *Sports coach*, 26(4): 34-36.
- GUYTON, A.E. & HALL, J.E. (2000). *The textbook of medical physiology* (5th ed.). Philadelphia, PA: W.B. Saunders.
- HUTCHINSON, M.R.; TREMAIN, L.; CHRISTIANSEN, J. & BEITZEL, J. (1998). Improving leaping ability in elite rhythmic gymnasts. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(10): 1543-1547, Oct.
- JAMURTAS, A.Z.; FATOUROS, I.G.; BUCKENMEYER, P.; KOKKINIDIS, E.; TAXILDARIS, K.; KAMBAS, A. & KYRIAZIS, G. (2000). Effects of plyometric exercise on muscle soreness and plasma creatine kinase levels and its comparison with eccentric and concentric exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(1): 68-74, Feb.
- KETEYIAN, S. (2004). Popularity of plyometrics exercise expands to less seasoned athletes. *The Detroit News*. [<http://www.detroitnews.com/2004/fitness/0408/29/h04-245508.htm>]. Datum van gebruik, 8 Julie 2005.
- KIBLER, D. (2002). Plyometrics for advanced skating performance. Inline Skating Newsletter Article. [<http://www.getrolling.com/orbit/plyometrics.html>]. Datum van gebruik, 8 Julie 2005.
- KOMI, P.V. (2003). Stretch Shortening Cycle. In P.V. Komi; The International Federation of Sports Medicine & IOC Medical Commission (Eds.), *Strength and power in sport* (2nd ed.) (184-202). Melbourne, Australia: Blackwell Scientific Publications.
- LYTTLE, A.D.; WILSON, G.J. & OSTROWSKI, K.J. (1996). Enhancing performance: maximal power versus combined weights and plyometrics training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(3): 173-179, Aug.
- LUEBBERS, P.E.; POTTEIGER, J.A.; JULVER, M.W.; THYFAULT, J.P.; CARPER, M.J. & LOCKWOOD, R.H. (2003). Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(3): 704-709, Aug.
- MAFFIULETTI, N.A. (2002). Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(10): 1638-1644, Oct.
- MANN, R. (1981). Plyometrics. *Track and Field Quarterly Review*, 81(4): 55-57, Winter.
- MASAMOTO, N.; LARSON, R.; GATES, T. & FAIGENBAUM, A. (2003). Acute effects of plyometric exercise on maximum squat performance in male athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1): 68-71, Feb.
- McARDLE, D.M.; KATCH, F.I. & KATCH, V.L. (2001). *Exercise physiology: energy, nutrition and human performance* (5th ed.). Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins.

- McCURDY, K.W.; LANGFORD, G.A.; DOSCHER, M.W.; WILEY, L.P. & MALLARD, K.G. (2005). The effects of short-term unilateral and bilateral lower-body resistance training on measures of strength and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1): 9-15, Feb.
- McDERMOTT, M. (2000). Plyometric training. The International Coaches Association. [<http://www.theica.com/SessionsMcDermot.html>]. Datum van gebruik, 6 Julie 2005.
- McLAUGHLIN, E.J. (2001). A comparison between two training programs and their effects on fatigue rates in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1): 25-29, Feb.
- MOSS, D. (2002). XC-running: plyometrics improve distance running times. *Physical Education Digest*, 19(1): 5-6, Fall.
- MILLER, M.G.; BERRY, D.C.; BULLARD, S. & GILDERS, R. (2002). Comparisons of land-based and aquatic-based plyometric programs during an 8-week training period. *Journal of Sport Rehabilitation*, 11(4): 268-283, Nov.
- PETTIT, R. (1999). The role of plyometrics in the scope of periodized training model. *Journal of Performance Enhancement*, 1(1): 11-20.
- POTACH, D.H. (2004). Plyometric and speed training. In R.W. Earle & T.R. Baechle (Eds.), *NSCA's essentials of personal training* (425-444). Champaign, IL: Human Kinetics.
- POTACH, D.H. & CHU, D.A. (2000). Plyometric training. In T.R. Baechle & R.W. Earle (Eds.), *Essentials of strength training and conditioning* (427-440). Champaign, IL: Human Kinetics.
- POTTEIGER, J.A.; LOCKWOOD, R.H.; HAUB, M.D.; DOLEZAL, B.A.; ALMUZAINI, K.S.; SCHROEDER, J.M. & ZEBAS, C.J. (1999). Muscle power and fibre characteristics following 8 weeks of plyometric training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(3): 275-279, Aug.
- PRENTICE, W.E. (2003). *Arnheim's principles of athletic training: a competency-based approach* (11th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- RADCLIFFE, J.C. & FARENTINOS, R.C. (1985). *Plyometrics: explosive power training* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- RADCLIFFE, J.C. & FARENTINOS, R.C. (1999). *High-powered plyometrics*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- RIMMER, E. & SLEIVERT, G. (2000). Effects of a plyometrics intervention program on sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(3): 295-301, Aug.
- ROBINSON, L.E.; DEVOR, S.T.; MERRICK, M.A. & BUCKWORTH, J. (2004). The effects of land vs. aquatic plyometrics on power, torque, velocity, and muscle soreness in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1): 84-91, Feb.
- SANTANA, J.C. (2004). Plyometric training articles. Perform better. [http://test.performbetter.com/catalog/matriarch/MultiPiecePage.asp_Q_PageID_E_104_A_PageName_E_plyometricsarticles]. Datum van gebruik, 6 Julie 2005.
- SCHULTE-EDELMANN, J.A.; DAVIES, G.J.; KERNOZEK, T.W. & GERBERDING, E.D. (2005). The effects of plyometric training of the posterior shoulder and elbow. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1): 129-134, Feb.
- SPORTS FITNESS ADVISOR (2001). Plyometric...the number 1 method for developing sport specific power. Sports Fitness Advisor. [<http://www.sport-fitness-advisor.com/plyometrics.html>]. Datum van gebruik, 7 Julie 2005.
- SPURRS, R.W.; MURPHY, A.J. & WATSFORD, M.L. (2003). The effect of plyometric training on distance running performance. *European Journal of Applied Physiology*, 89(1): 1-7, Mar.
- SWANIK, K.A.; LEPHART, S.M.; SWANIK, C.B.; LEPHART, S.P.; STONE, D.A. & FU, F.H. (2002). The effects of shoulder plyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 11(6): 579-586, Nov-Dec.

- THOMAS, J.R.; NELSON, J.K. & SILVERMAN, S.J. (2005). *Research methods in physical activity* (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- TOUMI, H.; BEST, T.M.; MARTIN, A.; F'GUYER, S. & POUMARAT, G. (2004). Effects of eccentric phase velocity of plyometric training on the vertical jump. *International Journal of Sports Medicine*, 25(5): 391-398, Jul.
- TURNER, A.M.; OWINGS, M. & SCHWANE, J.A. (2003). Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1): 60-67, Feb.
- VERHOSHANSKI, V. (1966). Perspectives in the improvement of speed-strength preparation of jumpers. *Review of Soviet Physical Education and Sports*, 4(2): 28-29.
- VOSSSEN, J.F.; KRAMER, J.F.; BURKE, D.G. & VOSSSEN, D.P. (2000). Comparison of dynamic push-up training and plyometric push-up training on upper-body power and strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(3): 248-253, Aug.
- WILK, K.E. & VOIGHT, M. (1993). *The athletic shoulder*. New York, NY: Churchill Livingstone.
- WILKERSON, G.B.; COLSTON, M.A.; SHORTT, N.I.; NEAL, K.L.; HOEWISCHER, P.E. & PIXLEY, J.J. (2004). Neuromuscular changes in female collegiate athletes resulting from a plyometric jump-training program. *Journal of Athletic Training*, 39(1): 17-23, Jan/Mar.
- WILMORE, J.H. & COSTILL, D.L. (2004). *Physiology of sport and exercise* (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- WILSON G.J.; MURPHY, A.J. & PRYOR, J.F. (1994). Musculotendinous stiffness: its relationship to eccentric, isometric, and concentric performance. *Journal of Applied Physiology*, 76: 2714-2719, June.
- WILT, F. (1975). Plyometrics: what it is, how it works. *Athletic Journal*, 55(9): 89-90.

Mnr. Ben Coetzee: Skool vir Biokinetika, Rekreasie en Sportwetenskap and FNB High Performance Institute of Sport, Noordwes-Universiteit, Potchefstroomkampus, Potchefstroom 2520, Republiek van Suid-Afrika. Tel. +27(0)18-299 1803 (w), +27(0)18-293 3401 (h), Faks.: +27(0)18-299 4622, E-pos: 10090053@nwu.ac.za

(Vakredakteur: Me. R.E. Venter)