

De invloed van zware trainingen op de ontwikkeling van het skelet van kinderen en jonge adolescenten.

Ronald Schwebig

HU, Faculteit Gezondheidszorg, Instituut voor Bewegingsstudies, Opleiding Fysiotherapie
maart 2008

Samenvatting

Doelstelling: Nagaan wat de effecten zijn van zware trainingen op de ontwikkelingen van het skelet van kinderen en jonge adolescenten.

Achtergrond: Participatie van jongeren in westerse sportcultuur is een algemeen bekend verschijnsel. Deelname en prestaties zijn vaak alles beheersend. Hierdoor dienen prestaties en gezondheid tegenstrijdige belangen en kunnen zware trainingen skeletale groeistoornissen veroorzaken.

Methode: Via medische bibliotheken en databanken, Pubmed, Pedro, Scholargoogle en Cochrane is naar is er naar artikelen gezocht omtrent dit onderwerp. Uiteindelijk zijn er 9 geschikt gevonden en gebruikt voor dit artikel.

Conclusie:

Uit de gevonden literatuur blijkt dat zware training een positieve invloed op de botaanmaak kan hebben. Er is echter ook aangetoond dat zeer zware maximaalkrachttraining en zware, repetatieve vormen van belasting kunnen leiden tot epifysairbeschadigingen.

Inleiding

Participatie aan sport is een algemeen verschijnsel binnen de westerse cultuur. In deze cultuur nemen kinderen op jonge leeftijd deel aan sport. Trainingsprogramma's van tegenwoordig zijn veelzijdig en stellen hoge eisen aan het lichaam. Naast het aantal nodige uren aan de sport zelf heeft een sporter vaak te maken met aanvullende cardio- en krachttrainingsprogramma's. Van een sporter wordt verwacht in minder tijd, op hogere niveaus en met moeilijkere skills succesvol te participeren. De snelle professionalisering en technische ontwikkeling van sporten hebben er toe bijgedragen dat sporters zich al op jonge leeftijd specialiseren op één sport die ze gedurende het hele jaar door beoefenen. Hierbij horen in sommige takken van sport trainingsweken van twintig trainingsuren per week of meer.

Wanneer een sporter geblesseerd raakt, worden de blessures vaak met behulp van fysiotherapie behandeld. De basis van de moderne fysiotherapeutisch behandelingen ligt in de oefentherapie en is gebaseerd op fysieke trainingen waarbij krachttraining een veel gebruikt middel is. Een voorbeeld hiervan is de rehaboom. "De rehaboom" is een revalidatiemodel waarbij stap voor stap de grondmotorische eigenschappen (snelheid, kracht en uithoudingsvermogen) uitgewerkt zijn in relatie tot alle grondvormen van bewegen. Bindweefselherstel en moderne trainingsleer zoals toegepast in de topsport dienen als uitgangspunten. De gedachte hierachter is dat het lichaam op basis van natuurlijke herstelprocessen van beschadigd bindweefsel geleidelijk aan belastbaarheid wint. Hierbij wordt bij jongeren die aan topsport doen ook op hypertrofie en maximaalkracht getraind.

Naast de sociale, fysieke en psychische componenten van regelmatig sporten is sinds enkele jaren ook voor kinderen het cosmetische aspect steeds belangrijker geworden. Kinderen en jongeren hebben al op vrij jonge leeftijd een idee hoe zij eruit zouden willen zien en daar haakt de commercie gretig op in. Dit is niet alleen te zien in topsport en revalidatie maar ook binnen

sportscholen. Waar echter vaak geen of weinig rekening mee wordt gehouden, is de tolerantie van het zich nog te ontwikkelende lichaam ten aanzien van deze continue zware tot zeer zware mechanische belasting. Net als de rest van het menselijk lichaam adapteert ook het skelet. De kracht van het bot staat in directe relatie tot de maximale mechanische belasting waaraan het skelet in het algemeen dagelijks leven wordt blootgesteld. Dit principe werd door Harold Frost in het Uthmaniyah Paradigm of Skeletal Physiology (1960) beschreven als het Mechanostat model. Met name de epifyse schijven, de groeischijven die verantwoordelijk zijn voor lengtegroei in de extremiteiten en de wervelkolom, zijn kwetsbaar voor acute en chronische overbelasting. Worden deze beschadigd, dan kan dit leiden tot een verstoring van het lengtegroei proces. Naarmate het lichaam meer rijpt, zal ook de relatie tussen de weefselstructuur en de kracht die dit kan absorberen, veranderen. Het leveren van topprestaties en de daarbij horende zware trainingen op jonge leeftijd heeft geleid tot de volgende vraagstelling: *Wat is het effect van zware lichamelijke belasting op de botontwikkeling van kinderen en jonge adolescenten?*

Methode

Zoekstrategie: er werd gebruik gemaakt van elektronische databanken, CINAHL, PUBMED, Medline, Cochrane Library, EMBASE, PEDro, Google Science, Google Scholar, Medline en SPORTdiscus, Wiley Interscience. Daarnaast de Medische Bibliotheek in Utrecht en Amsterdam. Zoektermen: "growth plate, physis, epiphysis, physeal, athletic injuries, sports injury, injuries, youth, children, adolescents, weight training, resistance training, bone mass, growth, lean body mass, muscle mass en puberty.

Inclusiecriteria: Nederlandse, Engelse of Duitse literatuur, niet ouder dan 7 jaar. De deelnemers moesten de pre-, of vroegpuberale leeftijd hebben waarbij de secundaire geslachtskenmerken nog niet volledig waren gerijpt.

Exclusiecriteria: isometrische trainingsprogramma's, deelnemers die ouder waren dan de hierboven genoemde leeftijdsgroep.

Zoekresultaten en niveau van de artikelen:

- | | |
|-------------------------------|---|
| • Systematic Review: | 2 |
| • Randomised Control Trials: | 1 |
| • Crosssectional Cohort study | 1 |
| • Retrospectief Cohort study: | 1 |
| • Case Series: | 1 |

Resultaten

Malina R. M. et al. (2006) schreven in 2006 een systematische review over de effecten van weerstandstrainingprogramma's op de groei, rijping en het voorkomen van blessures bij kinderen en jonge adolescenten. Het stuk onderzocht 22 artikelen met betrekking tot de invloed van krachttraining op de groei en rijping en maakte daarbij gebruik van twee eerder gepubliceerde reviews en twee meta-analyses. Dit betroffen studies waarbij de protocollen niet gebaseerd waren op isometrische trainingsschema's of gebruik maakten van jonge topsporters. Van de onderzochte trainingsprogramma's werd er in 8 onderzoeken 2x per week getraind. In 12 trainingsprotocollen werd er 3x per week getraind en waren de dagen ertussenin rustdagen. De protocolduur varieerde tussen 6 weken tot 21 maanden waarbij de meeste protocollen 8 tot 12 weken duurden. In 12 programma's werd gebruikt gemaakt van isotonische krachtapparatuur en 8 protocollen maakten gebruik van vrije gewichten. Met betrekking tot de toename van kracht bleek de doelgroep een significante toename in spierkracht te ontwikkelen tijdens de periode van training. Een studie gaf aan dat de krachtontwikkeling verwaarloosbaar was. Twee meta-analyses rapporteerden een verbetering van spierkracht van 57% en 75%. Tijdens de onderzoeken werden interindividuele verschillen niet gerapporteerd en er werd ook geen rekening mee gehouden. Het vergelijken van de resultaten van de verschillende onderzoeken blijft echter lastig door de grote variaties in

kwiteit van de trainingen (o.a. frequentie, intensiteit en duur van de trainingen), verschillen tussen de proefpersonen en analytische protocollen (R.M. Malina, 2006). Drie van het totaal aantal onderzochte weerstandstrainingsprogramma's maakten na een periode van 8-12 weken trainen gebruik van een aftrainperiode van 8 weken waarin geen gebruik mocht worden gemaakt van weerstandstrainingen. Een van de protocollen maakte gebruik van een controle groep van 6 jongens (9-11 jaar), die gedurende dezelfde periode aan onderhoudstrainingen deden (1 d/wk, 5-6 herhalingen/oefening, 75%-85% van de 1 repetition maximum (1RM is het maximale gewicht dat 1 à 2x over het gehele bewegings traject kan worden gelift)). Bij zowel de onderzoek.- als de controlegroep was een daling van spierkracht te zien. Uit de hier onder weergegeven diagrammen fig.1 is te zien dat de onderzochte trainingsprogramma's geen invloed hebben gehad op zowel de lengtegroei als het gewicht van de deelnemers.

De conclusies van dit onderzoek waren dat weerstandstrainingsprogramma's bij kinderen en jonge adolescenten gedurende twee tot drie keer per week tot significante krachtstoename leidden, dat de gewonnen kracht verloren ging tijdens een periode van aftraining en dat programma's geen invloed hadden op de groei en rijping van het skelet van de onderzochte doelgroep.

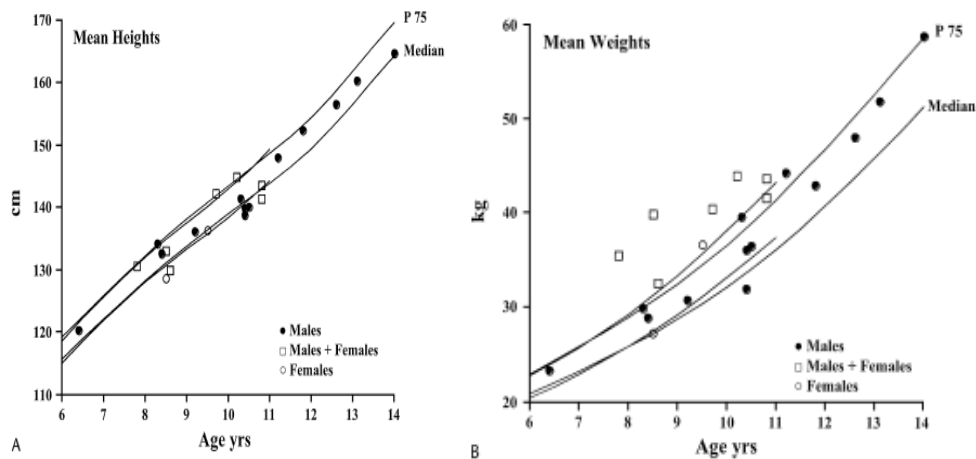


Fig.1 Uit: Clin J Sport Med 2006 Malina, R.M Leefstijd jongens: Grafiek A weergave gemiddelde gewicht en grafiek B weergave gemiddelde lengte van de deelnemers aan de verschillende weerstandstrainingsprogramma's (jongens 6- 14 jaar, meisjes 6-11 jaar)

			Experimentele (E) groep			Controle (C) groep			
Referenties	Duur	Geslacht	Leeftijd (jaren)	Lengte (cm)	Gewicht (kg)	Leeftijd (jaren)	Lengte (cm)	Gewicht (kg)	Groei status begin programma
Vrijens et al	8 wk	♂	10.5	+ 1.3	+ 0.6				
Weltman et al	14 wk	♂	8.2 *	+ 2.0	+ 1.6		+ 0.9	+0.6	E is langer en zwaarder dan C; groter vet %
Sailors and Berg	8 wk	♂	12.6*	+ 1.6	+ 0.5		+ 1.8	+2.0	E is langer en zwaarder dan C; mesomorf
Siegel et al.	12 wk	♂	8.4 8.5	+1.5 +1.4	+ 0.3 + 0.7	8.6 8.4	+ 0.5 + 1.0	+0.8	
Ramsay et al	20 wk	♂	10.5	+ 0.7	+ 1.6	10.8	+ 0.2	+0.2	
Faigenbaum et al	8 wk	♂♀	10.8	+ 2.2	+ 0.6	9.9	+ 2.0	+1.4	E is langer en ouder dan C
Faigenbaum et al	8 wk	♂♀	10.8	+ 1.1	+ 0.9	10.0	+ 1.1	+0.8	E is langer en ouder dan C
Sadres et al	21 mnd	♂	9.1** 2	+ 3.6 + 6.1	+ 3.4 + 3.6	9.4	+ 4.1 + 5.2	+2.0 +3.3	
Pikosky et al	6 wk	♂♀	8.6	+ 1.0	+ 1.1				

Fig. 2 Overzichtsschema data deelnemers Uit: Clin J Sport Med 2006 Malina, R.M.

* Gemiddelde leeftijd experimentele en controle groep gecombineerd

** Bovenste getal verwijst naar het 1^e jaar van het onderzoek het onderste getal naar het 2^e jaar van het onderzoek.

Faigenbaum A.D. et al. (2003) onderzochten de veiligheid en de praktische toepasbaarheid van maximaalkrachttesten, de zogenoemde 1RM-testen, bij kinderen. In dit onderzoek participeerden 64 jongens en 32 meisjes tussen de 6.2 en 12.3 jaar oud (gemiddelde leeftijd 9.3 ± 1.6) zonder ervaring met krachttraining. Tijdens een introductietraining leerden de kinderen op de juiste wijze de oefeningen uit te voeren op de door hen gekozen combinatie van krachttrainingsapparatuur. 41 deelnemers kozen de seated of de standing chestpress en leg extention. 55 deelnemers kozen uit de seated chest- en leg press (1 jongen had orthopedische beperkingen).



Fig. 3a



Fig. 3b



Fig. 3c

Fig 3. Voorbeelden gebruikte krachttrainingsapparatuur: vlnr. Leg extension-machine, leg press- machine (illustratie: www.eigenkracht.nl), seated chest press (illustratie: www.changingshape.com)

	Meisjes N = 32	Jongens N = 64	P
Leeftijd	9.7 ± 1.7 jr	9.0 ± 1.6 jr	0.06
Lengte	140.9 ± 11.6 cm	135.7 ± 9.8 cm	0.02
Gewicht	40.8 ± 13.1 kg	37.1 ± 10.6 kg	0.14

Fig. 4 Beschrijving biomedische data per geslacht

	Meisjes	Jongens
Leg press (kg)	60.2 ± 19.8 kg	59.2 ± 19.3 kg
Leg extension (kg)	19.3 ± 7.3 kg	17.8 ± 7.9 kg
Standing chest press (kg)	24.0 ± 5.7 kg	24.6 ± 7.7 kg
Seated chest press (kg)	22.0 ± 6.5 kg	20.5 ± 5.9 kg

Fig. 5: 1 RM resultaten per geslacht

Uit: Journal of Strength and Conditioning Research 2003 Faigenbaum A.D

Waardes zijn uitgedrukt in gemiddelde ± standaard deviaties.

Voorafgaande aan de 1RM-test voerden de deelnemers een serie van 6 herhalingen met een relatief licht en daarna een serie van 3 herhalingen met een relatief zware gewicht. Het 1RM werd bepaald als het maximale gewicht dat over de full range of motion op de juiste wijze kon worden getild. Na elke geslaagde poging werd het gewicht verhoogd met 0.5 tot 2.3 kg. Een test werd beëindigd na twee mislukte pogingen om een gewicht conform de regels te liften met een minimale rustperiode van 2 minuten tussen de pogingen. Gedurende het onderzoek zijn geen blessure opgetreden, was er geen sprake van ernstige spierpijn, was er geen significant verschil tussen meisjes en jongens en konden de deelnemers de testprocedure goed doorstaan. De gegevens uit dit onderzoek bevestigden de bevindingen uit kleinschaligere onderzoeken. Er konden echter geen conclusies getrokken worden met betrekking tot acute spierbeschadiging op subklinisch niveau, chronisch effecten op het botweefsel en de botgroei. Daarnaast konden er geen uitspraken gedaan worden over de veiligheid van testen met vrije gewichten en of halters.

Caine D. et al (2006) hebben onderzoek gedaan naar de relatie tussen kracht, trauma's en groeischijfbreuken. Dit review omvatte 95 artikelen die groeischijfbreuken nader onderzochten. Een groot deel van de bestudeerde literatuur met betrekking tot dit onderwerp bestond uit casereports. In dit review werd een onderscheid gemaakt tussen epifysairfracturen die ontstaan door acute overbelasting en epifysairfracturen die het gevolg zijn van chronische overbelasting. Beide soorten fracturen werden beoordeeld aan hand van het Salter and Harris classificatiesysteem (fig 3). Hierbij wordt een verdeling is gemaakt van I tot en met IV. De prognose van type I en II is goed. Bij een type III fractuur is de prognose redelijk zolang de bloedtoevoer niet verstoord is. Type IV fracturen hebben een slechte prognose wanneer de breuk niet goed gezet wordt. Type V is een relatief zeldzame irreversibele fractuur waarbij de groeiplaat kapot gedrukt wordt.

Casereports met betrekking tot acute epifysairfracturen betroffen voornamelijk jonge mannelijke sporters en sporten waarbij er sprake was van een grote hoeveelheid kinetische energie, dwz sporten waarbij de atleten tijdens het beoefenen van hun sport hoge snelheden ontwikkelen. American football was de meest voorkomende sport. In slechts 8 van de 50 studies werden als gevolg van dergelijke fracturen groeistoornissen vermeld. De leeftijd van deze sporters lag tussen de 13 en 17 jaar.

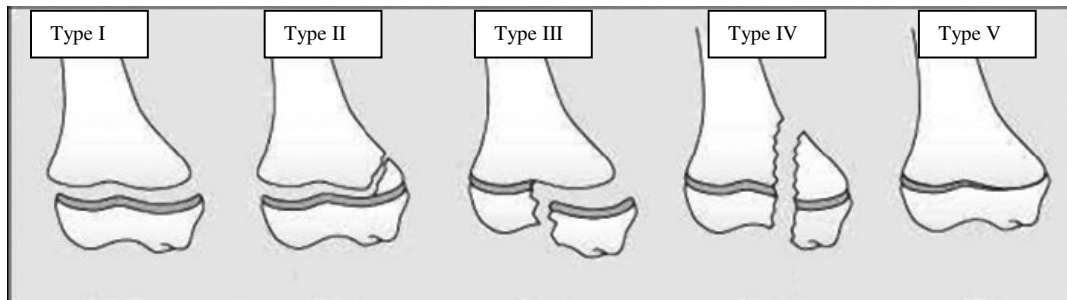


Fig. 6 Salter-Harris classificatiesysteem

Br. J. Sports Med 2006 Caine D: Salter-Harris classificatiesysteem beschrijft epifysairfracturen. (Illustraties: Kevin Short)

Study	No of subjects	Age (years)	Activity	Radiographic changes
Cahill ¹¹²	1 M	15.5	Long distance running	Widening of proximal tibial growth plate with metaphyseal bone separation
Percy ¹¹³	1 M	16	Long distance running	Widening of first metatarsal growth plate with metaphyseal separation
Godshall ¹¹⁴	2 M	14.5	Running during basketball or football training	Widening and a loss of normal architecture of the distal femoral growth plate
Weber ¹¹⁵	1 M	15	Tennis	Widening of the distal femoral growth plate with metaphyseal bone separation
Liebling ¹¹⁶	1 M	13	Baseball (catcher)	Physal widening and metaphyseal irregularity in parts of the proximal tibia and distal parts of the femurs
Wall ¹¹⁷	1 F	11	Gymnastics	Knee MRI revealed severe widening of the proximal tibial growth plate
Wall ¹¹⁸	18 M/F	11.3	Soccer, baseball, football	Mild growth plate widening in two cases, although all subjects had chronic ankle pain and tenderness to palpation localised to the distal tibial/fibular growth plates
Sato ¹¹⁹	1 F	13	Basketball	Premature closure of the lateral side of the right proximal tibial growth plate
Nanni ¹²⁰	1 M	15	Rugby ball kicking	Wide separation of the proximal tibial epiphysis, asymmetrically affecting the medial side more than the lateral side
Laor ¹²¹	6 (3M; 3F)	12.3	Basketball, football place kicking, gymnastics, tennis, soccer, football	MRI findings showing widening of the distal femoral and/or proximal tibial growth plates

The sex of the patients is indicated: M, male; F, female.
MRI, Magnetic resonance imaging.

Fig. 7 Pathologische veranderingen epifysairschijven van onderste extremiteiten bij jonge sporters

Uit: Br. J. Sports Med 2006 Caine D M = male, F = female.

Johnson, J. N. et al. (2005) beschrijven in een casetudie 5 casus van niet werpgerelateerde sporten waarbij sprake was epifysiolyse van het proximale deel van het caput humerus bij adolescente atleten. De pijnklachten deden zich bij alle 5 patiënten ter hoogte van het proximale deel van het caput humerus voor.

Casus 1 betrof een 15 jarige zwemmer met pijn in zijn rechter schouder tijdens het zwemmen van de vrije en de vlinderslag op wedstrijdtempo. Beeldmateriaal liet een epifysiolyse van 2 mm zien.

Na een periode van 4 weken volledig rust van de bovenste extremiteiten (3 maanden na het ontstaan van de symptomen) was de jongen weer klachtenvrij.

Casus 2 beschreef een 13 jarige volleybalspeelster met klachten aan haar linker schouder na twee weken service-trainingskamp. De klachten traden alleen tijdens bovenhandse bewegingen op, zoals tijdens het serveren, spiken en blocken. Beeldmateriaal liet een epifysiolyse van 5 mm van het proximale deel van het caput humerus zien. Na een periode van 6 weken, waarin zij geen bovenhandse activiteiten mocht uitvoeren, kon zij geleidelijk weer beginnen met het opbouwen van het serveren, spiken en blocken. 3 maanden na het ontstaan van haar klachten was zij weer volledig hersteld.

Casus 3 betrof een 11 jarige wedstrijdzwemmer die aan het einde van het wedstrijdsseizoen pijn kreeg tijdens het zwemmen van de vrije slag op wedstrijdtempo. Er bleek in het glenohumerale gewricht een epifysiolyse te zijn. Na een periode van 6 weken, waarin hij op een lage intensiteit pijnvrij zwom, was hij weer klachten vrij.

Casus 4 beschreef een 12 jarige zwemster die tijdens het touwklimmen, een nieuw onderdeel van haar droogkrachttrainingsprogramma, last begon te krijgen van het anteriore proximale deel van het caput humerus van haar linkerschouder. Onderzoek liet een epifysiolyse van 3 mm van de linker epifyse zien. De sportster werden alle activiteiten met betrekking tot zwemmen met pijn, agressieve krachttraining en impacttraining afgeraden. 2 weken na dit advies was de verwijding dicht en 8 weken na het eerste onderzoek was zij pijnvrij.

Casus 5 betrof een 14 jarige triatleet met pijn lateraal aan zijn rechter schouder die erger werd na een 3 daags zwemtoernooi. De pijn ontstond voornamelijk tijdens het rugcrawlzwemmen op wedstrijdtempo. Tijdens het zwemmen op een lage intensiteit had de jongen geen last. Palpatie van de schouderregio was gevoelig en beeldmateriaal liet een epifysiolyse zien van 3 mm. De patient mocht blijven zwemmen op geleide van pijn. 12 weken na het ontstaan van de klachten was de atleet weer pijnvrij.

De conclusie van dit onderzoek was dat sporten waarbij sprake is van krachtmomenten op het glenohumerale gewricht gedurende intensieve trainingen op wedstrijdniveau kan leiden tot stressfracturen bij jonge sporters omdat bij hen de kracht en controle ontbreekt om het schoudergewricht te stabiliseren.

	Sport	Oorzaak	Diagnose	Therapie	Effect
Casus 1	Zwemmen	Overbelasting	Epifysiolyse van 2 mm in schoudergewricht	6 wk volledige rust	Na 3 mnd klachtenvrij
Casus 2	Volleybal	Overbelasting door service trainingskamp	Epifysiolyse van 5 mm in het schoudergewricht	6 wk geen bovenhands bewegingen	Na 3 mnd klachtenvrij
Casus 3	Zwemmen	Repetatieve overbelasting	Epifysiolise	Rust 6 wk	Pijnvrij en consolidatie van fractuur
Casus 4	Zwemmen	Verzwarend trainingsschema touwklimmen	3 mm epifysiolyse schouder L	2 wk rust, geen agressieve krachttraining + impact training	Na 2 wk consolidatie fractuur Na 8 wk pijnvrij
Casus 5	Triatlon	3 daags zwemtoernooi	Epifysiolyse van 3mm schouder R	Activiteiten op geleide van pijn.	12 wk relatieve rust

Fig. 8 Schema beschreven casuïstiek.

Uit: Shoulder Clinical Journal Sports Medicine 2006 Johnson JN

Hochhzer, T. et al. (2004) onderzochten van 1994 tot 2004 de röntgenopnames van niet traumatische epifysairfracturen bij adolescente topsportklimmers. Indien er klinische verdenking was van abnormaliteiten werden aanvullend MRI opnames gemaakt. Inclusiecriteria voor dit onderzoek waren klimmers die aan maximaal vingerkrachttraining aan het campusbord met dubbele dyno deden. De klimmer klimt hierbij puur op hand- en armkracht aan een overhangend bord klimt en daarbij tijdens deze klim twee dubbele sprongen moeten worden uitgevoerd. De gemiddelde leeftijd van de sporters lag rond de 14.5 (± 0.9) jaar. Het betrof 23 jongens en 1 meisje. Bij 8 kinderen (33%) bestonden de symptomen nog niet zo lang en was de blessure nog in een vroeg stadium. Echter bij 16 (67%) bestonden de klachten al langere tijd. Alle MRI beeldopnames lieten een epifysairbreuk zien van de dorsale zijde van de basis van de middelste phalanx van de vingers. Bij 20 patiënten was er sprake van een Salter-Harris III fractuur en 4 adolescenten vertoonden een Salter-Harris type II epifysiolyse. Bij patiënten waarbij er sprake was van recent ongemak, (1- 4 weken) werd de vinger voor 3 weken in een splint geïmmobiliseerd waarna het klimmen pas hervat mocht worden na volledige consolidatie van de fractuur (na 4 tot 6 maanden). Bij patiënten waarbij de blessure langer dan 4 weken bestond, werd alleen functionele therapie toegepast. O.a. stressvermindering, oefentherapie met behulp van Thera-Band Hand Exerciser, kryotherapie, nonsteroidal anti-inflammatoire drugs en ointmentverband medicatie en een rustperiode van 4-6 maanden. De conclusie van de onderzoekers was dat maximale powertraining in deze categorie klimmers vermeden dient te worden om zo epifysairschade aan de handen te voorkomen. Chronische pijn in de vingers bij jonge fanatieke klimmers moet uitgebreid worden onderzocht.

Leeftijd	Geslacht	Klimniveau (UIAA)(US)	Locatie	Therapie	MRI	Resultaat
13	M	8+(5.11d)	PIP D4	Functioneel	Dorsal S-H III	Complete genezing
15	M	7 (5.10d)	PIP D4	Functioneel	Dorsal S-H III	Complete genezing
13	M	7+(5.11a)	PIP D3	Functioneel	Dorsal S-H III	Onbekend
13	M	8- (5.11b)	PIP D4	Splint	Dorsal S-H III	Incongruent
14	M	9- (5.12c)	PIP D4	Functioneel	Dorsal S-H III	Licht incongruentie
15	M	10 (5.13d)	PIP D4	Functioneel	Dorsal S-H III	Onbekend
15	M	9 (5.12d)	PIP D4	Functioneel	Dorsal S-H III	Onbekend
15	M	9-(5.12c)	PIP D4	Splint	Dorsal S-H III	Onbekend
15	M	7+(5.11a)	PIP D4	Functioneel	Dorsal S-H III	Lichte incongruentie
14	M	8 (5.11c)	PIP D3	Functioneel	Dorsal S-H III	Onbekend
15	M	8- (5.11c)	PIP D4	Functioneel	Dorsal S-H III	Onbekend
16	M	9- (5.12c)	PIP D4	Functioneel	Dorsal S-H III	Onbekend
13	M	7+(5.11a)	PIP D4	Functioneel	Dorsal S-H III	Lichte incongruentie
14	M	8 (5.11c)	PIP D4	Functioneel	Dorsal S-H III	Incongruentie
15	M	10 (5.13b)	PIP D3	Functioneel	Dorsalulnair S-H III	Deformiteit
15	M	8- (5.11b)	PIP D2	Functioneel	Dorsal S-H III	Torsie deformatie
15	M	7 (5.10d)	PIP D4	Functioneel	Dorsal S-H III	Onbekend
15	M	8- (5.11b)	PIP D4	Splint	Dorsal S-H III	Complete genezing
15	M	10- (5.13c)	PIP D4	Functioneel	Dorsal S-H III	Complete genezing
14	M	9- (5.12c)	PIP D4	Functioneel	Dorsal S-H III	Complete genezing
16	M	9- (5.12c)	PIP D3	Functioneel	Dorsal S-H III	Complete genezing
16	M	8- (5.11b)	PIP D3	Functioneel	Dorsal S-H II	Complete genezing
14	V	8 (5.11c)	PIP D3	Functioneel	Dorsal S-H II	Complete genezing
13	M	9- (5.12c)	PIP D4	Functioneel	Dorsal S-H II	Complete genezing

Fig. 9 Overzichtsschema deelnemers

Uit: Wilderness and Environmental Medicine 2005 Hochholzer T; M = man; V = vrouw; PIP proximale interphalanx gewricht; D = digitus; L = links; R = rechts, S-H = Salter-Harris

Rautava, E. et al (2004) onderzochten de gevolgen van reductie van lichamelijke activiteit op de hoeveelheid botmassa bij 142 adolescente meisjes. In een follow-up werd lichamelijke activiteit geassocieerd met een verhoging van de hoeveelheid botmineralen en de botdichtheid. Tijdens de beginmeting waren de meisjes tussen de 9 en 15 jaar oud. Groei- en ontwikkelingsstadia werden met behulp van het Tanner classificatiesysteem, net als de hoeveelheid lichamelijke beweging, de

inname van calcium en vitamine, opgenomen in het onderzoek. Het Tanner classificatiesysteem is een niet invasieve manier om de rijping van het kind vast te stellen. Er bestaan 5 Tanner-ontwikkelingsfasen waarbij de secundaire geslachtskenmerken, de borsten (meisjes), genitalien (jongens) en de hoeveel schaamhaar (zowel jongens als meisjes) uitgewerkt zijn in diagrammen. Tanner Fase I heet de prepuberale fase, de II^{de} en III^{de} heten de puberale fase, fase IV wordt de adolescenten fase genoemd en in fase V wordt dit volgroeid genoemd.

De hoeveelheid botmineralen in de lumbale wervelkolom van de lichamelijk actieve groep was 1.69 g (3%, $p=0,021$) en in het collum femur 0,14 g (4.6%)($p=0,015$) toegenomen ten opzichte van die vrouwen die in de voorgaande 4 vier jaren minder waren gaan bewegen.

Vincente-Rodrigues, G. et al. (2004) deden gedurende drie jaar onderzoek naar de invloed van sport op veranderingen in de anthropometrische gegevens bij prepuberale jongens. Dwz, de hoeveelheid spiermassa, vet, het totale lichaams gewicht en de botdichtheid. De selectie van de deelnemers vond plaats op basis van de hoeveelheid lichamelijke activiteiten in hun normale dagelijkse leven. De onderzoeksgroep bestond uit 26 lichamelijk actieve jongens; de controlegroep uit 16 niet actieve jongens. Deze laatste groep diende als controlegroep. Alle deelnemers waren prepuberaal (gemiddelde leeftijd 9.4 ± 0.3 jaar). Op het tijdstip van de baselinemeting en 3.3 jaar later waren de anthropometrische gegevens en de Tannerstatus van de deelnemers vergelijkbaar. Aan het begin van het experiment bevonden de deelnemers zich in Tannerfase I en II en aan het einde van het experiment in fase III en IV. De activiteiten van de onderzoeksgroep gedurende een week bestond uit de verplichte 80-90 minuten durende lessen lichamelijke opvoeding, 3 x 1 uur extra curriculaire deelname aan sport en daarnaast af en toe gedurende het weekend deelname aan competitiewedstrijden. Bij de controlegroep bleef de lichamelijke activiteit beperkt tot de verplichte 80-90 minuten lichamelijke opvoeding. De veranderingen van de botdichtheid, botmineraalcomponenten, vet- en spiermassa werden met behulp van röntgenopnames absorptiometrie gemeten.

Exclusiecriteria waren: aanwezigheid van chronische aandoeningen die een beperkende invloed konden hebben op het fysieke functioneren en het gebruik van medicatie die invloed had op het skelet.

De teamtrainingen duurden een uur. De inhoud bestond in het algemeen uit warming-up van 10 minuten, oefenpartijtjes met een lage intensiteit en stretching en daarna 10-25 minuten oefenen van sportspecifieke technische vaardigheden (schieten, grooien, dribbelen, springen en rennen) met grote positieve en negatieve versnellingen. (versnellen en afremmen tijdens de training) Een training werd afgesloten met een partijtje van zijn of haar sport van 20 tot 30 minuten. Gedurende het grootste deel van de training ontstonden er grote comprimerende, buigende en scheurende krachten. Dit soort krachten zorgt ervoor dat het skelet zich aanpast en sterker wordt door vergroting van botdichtheid en botmassa.

De effecten van lichamelijke activiteit op de botgesteldheid, de hoeveelheid botmineralen en de botdichtheid van het femur, waren bij de doelgroep twee keer zo groot als bij de controlegroep. De grootste correlatie werd gevonden tussen toename in de botmassa van het femur en de vergroting van spiermassa. (BMC $r = 0,67$ en BMD $r = 0,67$ beide met een $p < 0,001$).

BMC staat voor bone mineral content (hoeveel botmineralen). BMD staat voor bone mineral density (dichtheid van de hoeveelheid botmineralen).

	Basismetings		Na 20 maanden	
	Actieve jongens N = 26	Controle groep N = 16	Actieve jongens N = 26	Controle groep N = 16
Leeftijd	9.3 (1.7)	9.5 (1.0)	12.7 (1.9)	12.7 (0.8)
Lengte	136.5 (10.8)	136.8 (6.0)	156 (13.9)	158.6 (9.0)
BMI (kg)	31.9 (7.6)	32.3 (6.5)	47.1 (12.7)	49.3 (10.4)
Totale BMC (g)	1045 (268.4)	987.7(148.9)	1654.1 (515.1)	1570.6 (206.6)
Totale BMD (uitgedrukt in g/cm ²)	0.854 (0.07)	0.835 (0.07)	0.969 (0.1)	0.927 (0.07)
Magere massa = spiermassa (kg)	23.9 (4.6)	23.1 (1.8)	35.5 (9.5)	35.4 (5.0)
Vet massa (kg)	6.5 (3.8)	6.6 (3.9)	9.4 (4.7)	11.0 (7.8)
Ca ²⁺	1574.2 (662.5)	1457.9(538.0)	806.8 (365.5)	830.6 (278.2)

Fig 10 Overzichtsschema van de hoeveelheid botmineralen, de botdichtheid en inname van de dagelijkse hoeveelheid calcium bij de onderzoeksdeelnemers. Uit: Br. J. Sports Med. 2005 Vicente-Rodriguez G

Kerry J. MacKelvie et al. (2001) onderzochten gedurende twee jaar de effecten van een drie keer wekelijks high impact oefencircuit. De deelnemers, 179 meisjes, met een leeftijd tussen de 8.8-11.7 jaar, waren van verschillende etnische afkomst. Veertien vrijwillig participerende scholen waarvan de kinderen afkomstig waren, werden gerandomiseerd verdeeld in een oefen- en een controlegroep. De oefengroep bestond uit 87 en de controlegroep uit 92 meisjes. Na het eerste jaar bleven er in de oefengroep 34 in de controlegroep 46 meisjes over. Redenen van uitval van deelnemers: de school of de begeleidende docent trokken zich terug, verhuizing van een leerling of een leerling voldeed niet meer aan de inclusiecriteria. Uiteindelijk volbrachten 32 meisjes van de oefengroep en 43 meisjes van de controlegroep het onderzoek. De baselinemeting en de metingen na 20 maanden waren er geen verschillen in lichaamssamenstelling of in lichaamsgrootte. Het oefenprogramma van de onderzoeksgroep bestond uit 5 verschillende vormen van sprongen waarbij er tussen de 3.5 tot 5x het lichaamsgewicht moest worden opgevangen, afhankelijk van de sprong die de proefpersoon aan het uitvoeren was. Dit high-impact-oefencircuit duurde tussen de 10 tot 12 minuten en werd 2x per week als een vast onderdeel van de reguliere lessen bewegingsonderwijs en tijdens een andere les gegeven. De controlegroep volgde uitsluitend het reguliere programma van het vak lichamelijke opvoeding. Gedurende een periode tot 10 weken moesten de meisjes 3 moeilijkheidsgraden overbruggen. Daarbij boekten zij een progressie van 50 naar 100 sprongen per sessie. Na 10 weken was er een significante grotere toename bij de oefengroep van de hoeveelheid botmineralen en de botdichtheid van de lendewervels (41.7% tegenover 38.0%) dan bij de controlegroep. Bij het collum femur was dit 24.8% versus 20.2%. Hieruit werd geconcludeerd dat een highimpact-training geïmplementeerd in het basisschoolcurriculum gedurende een periode van 2 schooljaar een substantiële toename in de hoeveelheid botmineralen en vergroting van de botdichtheid te weeg zou kunnen brengen.

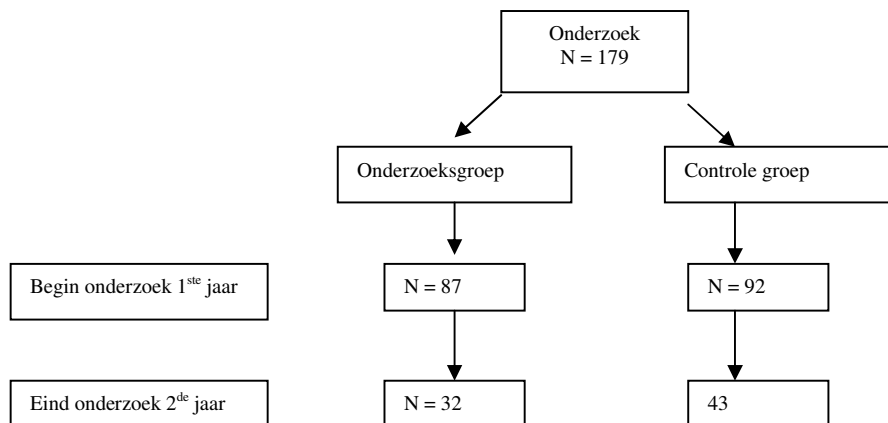


Fig. 11 Stroomdiagram onderzoeksdeelname
Uit: MacKelvie KJ J. Bone 2003

	Baseline		After 3.3 years	
	Controle	Δ (95% CI) *	Interventie	Δ (95% CI) *
	N = 43		N = 32	
	Baseline (SD)		Baseline (SD)	
TB BMC (g)	1120 (220)	333 (310 - 356)	1008 (192)	359 (332-386)
LS gebied (cm ²)	39.7 (4.4)	7.3 (6.7- 8.0)	37.4 (5.5)	7.5 (6.7-8.2)
LS BMC (g)	26.5 (5.7)	9.3 (8.4 -10.1)	22.5 (4.5)	10.9 (9.9-11.9) ‡
PF gebied (cm ²)	23.5 (3.1)	5.3 (5.0 - 5.7)	22.4 (3.3)	5.3 (4.9-5.7)
PF BMC (g)	16.5 (4.0)	6.7 (6.3-7.1)	14.8 (3.3)	6.8 (6.3-7.3)
FN gebied (cm ²)	4.2 (0.3)	0.35 (0.29-0.41)	4.1 (0.4)	0.42 (0.34 -0.49)
FN BMC (g)	2.8 (0.5)	0.55 (0.48-0.61)	2.5 (0.5)	0.66 (0.58-0.73) ‡
TR gebied (cm ²)	5.8 (1.3)	2.1 (1.9-2.2)	5.3 (1.3)	1.9 (1.7-2.1)
TR BMC (g)	3.2 (1.1)	1.9 (1.8-2.1)	2.8 (0.9)	1.8 (1.6-19)

Fig. 12 Weergave hoeveelheid botmineralen, botdichtheid en inname van dagelijkse hoeveelheid calcium gedurende de onderzoeksperiode.

Uit: MacKelvie KJ et al J Bone 2003;

Δ = verschil; CI = reproduceerbaarheid ; SD = standaard deviatie; TB = total bone weergegeven in BMC; LS= lumbar spinel; FN = femoral neck; PF = proximal femur; TR = trochateric subregions.

* aanpassing voor de baseline van de botwaarden, baseline lengte, uiteindelijke Tanner stadium, verandering in lengte en gemiddelde lichamelijke activiteit.

‡ verandering is significant groter in de interventie groep (P <0.05).

Conclusie

Op basis van de besproken artikelen kan de vraagstelling “Wat is het effect van zware lichamelijke belasting op de botontwikkeling van kinderen en jonge adolescenten” beantwoord worden. Uit de besproken artikelen blijkt dat zware training een positieve invloed heeft op de botaanmaak. Zowel de hoeveelheid botmineralen als de botdichtheid neemt toe. Er is echter ook aangetoond dat zeer zware maximaal krachttraining en zware, langdurige repetatieve vormen van belasting kunnen leiden tot epifysairbeschadigingen waardoor de groei verstoord kan worden.

Discusie

Lichamelijke training heeft invloed op de ontwikkeling van kinderen. Er zijn echter nog veel onduidelijkheden in verband de belastbaarheid van jongeren in zowel maximale zin als met betrekking tot de tijdsduur. Er zijn voldoende onderzoeken die ondersteunen dat zogenaamde high impact sporten, zoals turnen, hinkstapspringen (athletiek) powerlifting en racquet sports, grote positieve invloed uitoefenen op botmodelleren. In de onderzoeken van Rodrigues et al.(2001) en van MacKelvie et al. (2004) werden de positieve effecten van high-impact-oefencircuittrainingen op de botaanmaak beschreven. Het betrof hier verschillende

oefenprogramma's die speciaal waren ontworpen om de vraagstelling van het onderzoek te kunnen beantwoorden. De vraag blijft in hoe verre deze oefenprogramma's in de praktijk toepasbaar zijn en welk programma verdient de voorkeur. In het artikel van Malina et al. (2006) wordt aangegeven dat de krachttraining geen invloed heeft op de groei en rijping van kinderen en jonge adolescenten en dat vergelijken van de verschillende onderzoeken moeilijk is omdat deze te veel onderling verschillen. Daarnaast waren de onderzochte protocollen van korte duur waren er weinig deelnemers per instructeur. Interessant zou zijn om te kijken of de resultaten van dit review nog steeds toepasbaar zijn wanneer er wordt afgeweken van de hierboven genoemde randvoorwaarden.

Caine et al. (2006) en Vincente-Rodrigues, G. et al. (2005) schreven in hun onderzoeken dat groeischrijfafwijkingen kunnen ontstaan door zowel acute als repetatieve langdurige overbelasting.

Volgens het onderzoek van Faigenbaum et al. (2003) zouden maximaalkrachttesten veilig zijn voor kinderen en jonge adolescenten. Uit het onderzoek echter blijkt dat het om een éénmalige momentopname gaat. Zijn resultaten ook toepasbaar op jongeren die regelmatig getest worden? Zoals beschreven in de inleiding maakt ook de fysiotherapie veel gebruik van krachttraining tijdens het behandelen van sportblessures. Hierbij komen gedurende het revalidatieproces ook de zwaarste vormen van krachttraining kijken. Uit de resultaten van het onderzoek van Hochhzer, T. et al. (2004) naar maximaalkrachttraining op regelmatige basis blijkt dat dit ernstig gevolgen kan hebben voor de het lichaam van kinderen en adolescenten.

Om meer inzicht te krijgen in mogelijke effecten van zware trainingen op het botweefsel van kinderen en adolescenten zou er meer en langduriger onderzoek gedaan moeten worden naar de effecten van moderne trainingsprogramma's bij recreanten en topsporters.

Referenties:

- Barmada A; Gaynor T; Mubarak SJ: Premature closure following distal tibia physeal fractures. *J Pediatric Orthop* 2003; 23:737-739
- Caine D; DiFiori J, Maffulli N: Physeal injuries in children's and youth sports: reasons for concern? *Br. J. Sports Med* 2006; 40:749-760
- Caine D; Knutzen K; Howe W; Keeler L; Sheppard L; Henrichs D; Fast J: A three-year epidemiological study of injuries affecting young female gymnasts. *Physical Therapy in Sport* 2003; 10-23
- Drescher WR; Falliner A; Zantop T; Oehlert K; Petersen W en Hassenpflug J: Little league shoulder syndrome in an adolescent cricket player *Br. J. Sports Med* 2004; 38; 14-15
- Faigenbaum AD; Laurie A; Milliken en Westscott WL: Maximal Strength Testing in Healthy Children *Journal of Strength and Conditioning Research* 2003; 17(1); 132-166
- Faigenbaum AD; Milliken LA; LaRosa Loud R; Burak BT; Dorethy CL; Westscott WL: Comparison of 1 and 2 Days Per Week of Strength Training in Children. *Research Quarterly of Exercise and Sport* 2002; 73;4-416-424
- Faigenbaum AD; LaRosa Loud R; O'Connell J; Glover S; O'Connell J en Westscott WL: Effects of Different Resistance Training Protocols on Upper-Body Strength and Endurance Development in Children. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2001; 15(4); 459-465
- Faigenbaum AD, EdD; Westscott WL, PhD, LaRosa Loud R, BS; Long C: The Effects of Different Resistance Training Protocols on Muscular Strength and Endurance Development in Children
- *PEDIEATRICS* 1999;104;1
- Flachsmann R, ME; Broom ND, PhD; Hardy AE, MB,ChB; and Moltschaniwskyj G, MSc. Why Is The Adolescent Joint Particularly Susceptible to Osteochondral Shear Fractures? *Clinical Orthopaedics and related research*. 2000; 381:212-221
- Johnson JN, MD; Houchin G: Adolescent Athlete's Shoulder *Clinical Journal Sports Medicine* 2006;16:84-86
- Gustavsson A; Olsson T; Nordström P: Rapid Loss of Bone Mineral Density of the Femoral Neck After Cessation of Ice Hockey Training: A 6-year Longitudinal Study in Males. *Journal of bone and mineral research*.2003; 18:1964-1969
- Hochholzer T, MD; Schöffle VR, MD; Epiphyseal Fractures of the Finger Middle Joints In Young Sport Climbers *Wilderness en Environment Medicine* 2005;16: 139-142
- Lalonde KA, MD; Merv Letts, MD: Traumatic growth arrest of the distal tibia: a clinical and radiographic review. *Can J Surg*; 2005; 48;2;144-147
- Laor T; Wall EJ; Louis P, Vu: Physeal Widening in the Knee Due to Stress Injury in Child Athletes. *American Journal of Roentgenology* 2006;186;1260-1264
- McKay HA; MacLean L; Petit M; MacKelvie- O'Brien K; Janssen P; Beck T en Khan KM: "Bounce at the Bell": a novel program of short bouts of exercise improves proximal femur bone mass in early pubertal children *Br. J. Sports Med*. 2005;39;521-526
- MacKelvie KJ, PhD; Petit MA; Khan KM, Beck TJ en McKay HA: Bone mass and structure are enhanced following a 2-year randomised controlled trial of exercise in prepubertal boys. *J. Bone* 2003-12-017
- MacKelvie KJ, PhD; Khan KM, PhD en McKay HA: Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? A systematic review. *Br J Sports Med* 2002-36-250-257
- MacKelvie KJ, PhD; Khan KM, PhD; Petit MA, PhD; Janssen PA, PhD en McKay HA, PhD: A School-Based Exercise Intervention Elicits Substantial Bone Health Benefits: A 2-Years Randomized Controlled Trial in Girls *Paediatrics* 2003;112;447-452
- Maffulli N, MD, MS, PhD, FRCS (Orth); Epiphyseal Injuries of the Proximal Phalanx of the Hallux. *Clinical Journal of Sports Medicine* 2001;11;121-123

- Maffulli N; Bruns W: Injury in young athletes. *Eur J Pediatric* 2000 159:59-63
- Malina RM, Ph.D: Weight Training in Youth-Growth, Maturation, and Safety: An Evidence-Based Review *Clinical Journal Sports Medicine* 2006;16: 478-487:
- Nanni M; Butt S; Mansour R;Muthukumar T; Cassar-Pullicino VN; Roberts A: Stress-induced Salter-Harris I growthplate injury of the proximal tibia: first report. *Skeletal Radio*; 2005; 34; 405-410
- Nurmi-Lawton JA; Baxter-Jones AD; Mirwald RL; Bishop JA; Taylor P; Cooper C en New SA: Evidence of Sustained Skeletal Benefits From Impact-Loading Exercise in Young Females: A 3-Years Longitudinal Study. *JOURNAL OF BONES AND MINERAL RESEARCH* 2004;19; 314-322
- Pietrobelli A; Faith MS; Wang J; Bramiblla P; Chiumello G and. Heymsfield SB: Association of lean tissue and fat mass with bone mineral content in children and adolescents. *Obesity research* 2002; 10:56-60
- Rauch F; Bailey DA; Baxter-Jones A; Mirwald R and Faulkner R: The ‘muscle-bone unit’ during the puberal growth spurt. *Bone*. 2004;01:771-775
- Rautava E; Lehtonen-Veromaa M; Kautianen H; Kajander S; Heinonen OJ; Viikari J; Möttönen T: The reduction of physical activity reflects on the bone mass among young females: a follow-up study of 142 adolescent girls *Osteoporos Int* 2007;18;915-922
- Ricci AR, D.O.; Mason DE, M.D: Little League Shoulder: Case Report and Literature Review *Del Medical Journal* 2004; 76;1
- Samsani SR; Chell J: A complex distal femoral epiphyseal injury with a Hoffa’s fracture. *Injury* 20004; 35; 825-827
- Vicente-Rodriguez G; Ara I; Perez-Gomez J, Dorado C en Calbet JAL: Muscular development and physical activity as major determinants of femoral bone mass acquisition during growth *Br. J. Sports Med* 2005;39;611-616
- Vicente-Rodriguez G; Jemenez-Ramirez J; Ara I; Serrano Sanchez JA; Dorado C en Calbet JAL: Enhanced bone mass and physical fitness in prepubescent footballers. *Bone* 2003; 33; 853-859
- Whan A; Breidahl W; Janes G: MRI of Trapped Periosteum in a Proximal Tibial Physeal Injury of a Pediatric Patient. *American Journal of Roentgenology* 2003; 181; 1397-1399-0361

Aantal woorden exclusief de referenties 4867 Inclusief de referenties 5748