

Krachtraining bij gezonde kinderen

Literatuurstudie D.M. Keeseberg, Dr. T. Takken, P.J.M. Helders

DOEL: De literatuurstudie heeft als doel vast te stellen welke invloed krachtraining heeft op de spierkracht van gezonde kinderen tussen de zes en achttien jaar en welke risico's aan dergelijke training verbonden zijn. **MATERIAAL EN METHODE:** Studies over krachtraining bij kinderen (zes tot achttien jaar) zijn op systematische wijze verzameld in elektronische databases. De studies zijn na selectie op in- en exclusiecriteria opgenomen in de literatuurstudie. **RESULTATEN:** In de elektronische databases werden 265 studies gevonden, waarvan 26 studies werden meegenomen in onderhavig onderzoek. Deze studies bezaten een beperkte bewijskracht. De studies lieten bij prepuberale kinderen een krachtstoename tussen de 14 en 30 % zien waarschijnlijk op basis van een verbeterde neuromusculaire activatie. Kinderen in de puberale fase lieten een grotere krachtstoename zien tussen 15 en 50 % wat verklaard kan worden door de fysiologische aanwezigheid van anabole hormonen. Krachtraining lijkt geen onnodige risico's op blessures en negatieve invloed op de lengtegroei tot gevolg te hebben. **CONCLUSIE:** De beschikbare literatuur laat ondanks de tekortkomingen zien dat krachtraining bij gezonde kinderen tussen zes tot achttien jaar een toename van de spierkracht geeft. Met preventieve maatregelen kan de krachtraining als veilig worden beschouwd.

OBJECTIVES: Purpose of this review was to ascertain the increase in strength and risks of strength training for healthy children between six and eighteen years old. **METHODS:** Electronic databases were searched for individual studies on strength training for children between the ages of six and eighteen years. Prior to analysis the articles were screened for inclusion and exclusion criteria. **RESULTS:** The literature search yielded 265 articles in the electronic databases of which 26 articles were included. All papers had a low or moderate level of evidence. Strength training in prepuberal children resulted in an increase in muscle strength of 14 to 30 % probably due to an improved neuromuscular activation. In puberal children strength training resulted in a higher strength gain of 15 to 50 % probably because of the presence of anabolic hormones. Strength training does not seem to adversely affect growth or contribute to unnecessary risks for injury. **CONCLUSIONS:** The available evidence suggests that strength training can improve muscle strength in healthy children between six and eighteen years old.

The training can be considered safe for children when preventative recommendations are followed.

Inleiding

In geïndustrialiseerde landen worden kinderen vanwege hun toenemende inactiviteit en gebrek aan regelmatige sportbeoefening geadviseerd frequent een sport te beoefenen om het uithoudingsvermogen en de spierkracht te vergroten [1-3]. De toename van het activiteiten- en fitheidsniveau vormt een belangrijk doel onder gezondheidsorganisaties in verband met de mogelijke gezondheidsvoordelen op de lange termijn voor kinderen, zoals het verminderen van cardiovasculaire aandoeningen en diabetes [1, 4].

In de kinderfysiotherapie zijn behandelingen waarbij krachttraining een onderdeel vormt ontwikkeld voor kinderen met obesitas, neurologische en respiratoire aandoeningen [2, 5-8]. Bij kinderen en jongeren die topsport bedrijven wordt krachttraining gebruikt om op een hoger niveau te kunnen presteren en ter voorkoming van blessures [9]. De hoge eisen die aan de jeugdige sporter gesteld worden, vertalen zich onder andere in frequentere trainingen, hogere intensiteit van trainingen en krachttraining [9].

Faigenbaum et al. definiëren krachttraining als volgt: “het gebruik van progressieve weerstand om iemand zijn bekwaamheid om kracht aan te wenden of te weerstaan tijdens dynamische bewegingen te vergroten” [10]. Bij de krachttraining kan gebruik gemaakt worden van diverse modaliteiten zoals losse gewichten, lichaamsgewicht, apparatuur met hydraulische weerstand en elastische banden [3].

Krachttraining is in studies gedetailleerd beschreven bij gezonde volwassenen, waarbij de effectiviteit en de risico's van de training bekend zijn [11,12]. De gezondheidsvoordelen ten aanzien van cardiopulmonale aandoeningen, diabetes en osteoporose door krachttraining zijn bij volwassenen aangetoond [12]. De resultaten voor volwassenen kunnen echter niet gegeneraliseerd worden naar kinderen door de verschillen in interne factoren (o.a. ontwikkeling van

inspanningscapaciteit) en externe factoren (verschillen in niveau van dagelijkse activiteiten) [13].

In deze literatuurstudie is wegens het verschil in hormonale status voor en na de puberteit onderscheid gemaakt tussen kinderen in de prepuberale en kinderen in de puberale fase [9]. De veranderingen worden onderverdeeld in de “vijf stadia van puberteit” volgens Tanner [14]. De toename van hormonen (o.a. groeihormoon, oestrogeen en testosteron) is zichtbaar door de verandering van de secundaire geslachtskenmerken tijdens de puberteit [14]. Hormonale veranderingen zorgen voor verandering in de lichaamssamenstelling, versnelling van de lengtegroei en toename van de botdichtheid en spiermassa [9, 14, 15]. Zowel bij jongens als bij meisjes neemt vanaf de puberteit de vetmassa en de vetvrije massa toe [9]. De veranderingen in de hormoonhuishouding hebben daarom invloed op de inspannings- en functionele capaciteit en op de stofwisseling van de kinderen [9, 13, 14, 16].

De behoefte aan kennis over krachttraining voor gezonde kinderen, naar aanleiding van de toenemende inactiviteit en gebrek aan regelmatige sportbeoefening, staat in contrast met onduidelijkheden over de trainingsparameters en risico's van krachttraining bij kinderen. Het laatste decennium is er dan ook in toenemende mate interesse bij wetenschappers en behandelaars in de toepassing en de veiligheid van krachttraining bij gezonde kinderen [17, 18]. Met kennis over de trainingsleer en de risico's van krachttraining bij kinderen kan op verantwoorde wijze krachttraining aan de gezonde populatie geboden worden. Behandelaars (kinderfysiotherapeuten, kinderartsen, sportartsen, docenten lichamelijke opvoeding e.d.) zullen hiermee mogelijk een bijdrage kunnen leveren aan de preventie van inactiviteit-gerelateerde ziekten van deze generatie op latere leeftijd [1, 11]. De kennis omtrent krachttraining kan ook voor fysiotherapeuten als basis dienen bij de verdere ontwikkeling van krachttrainingsprogramma's voor kinderen met (chronische) aandoeningen.

De literatuurstudie heeft als doel vast te stellen welke effect krachtraining heeft op de spierkracht van gezonde kinderen tussen de zes en achttien jaar en welke potentiële nadelige effecten aan krachtraining verbonden zijn.

Materiaal en Methode

De literatuur is gezocht in de volgende elektronische databases tot oktober 2006: MEDLINE (vanaf 1966), EMBASE (vanaf 1980), CINAHL (Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature) (vanaf 1984) en PEDro (vanaf 1981).

Bij het zoeken naar de literatuur zijn de zoektermen “children”, “adolescents” en “kids” gebruikt. Deze zoektermen zijn in diverse samenstellingen gecombineerd met de termen: “resistance training”, “progressive resistance training”, “strength training” en “functional strength training”.

Selectiecriteria

Na het vinden van de literatuur in de elektronische databases is geselecteerd op de in- en exclusiecriteria (zie tabel 1). Daarna werden de artikelen gelezen en nogmaals beoordeeld op de in- en exclusiecriteria.

Voor inclusie (tabel 1) moest de studie betrekking hebben op gezonde kinderen van zes tot achttien jaar. De leeftijd moest expliciet in het artikel vermeld staan.

Tabel 1. In- en exclusiecriteria

Inclusie:

- gezonde kinderen
- leeftijd; zes tot achttien jaar oud

Exclusie:

- aanwezige aandoeningen (Cerebrale Parese, Kanker, Obesitas etc.)
- supplementen en/of steroïdengebruik
- bodybuilding, gewichtheffen en/of powerliften
- topsport

Studies over krachttraining bij kinderen met een aandoening als Cerebrale Parese, Kanker, syndroom van Down en Obesitas werden geëxcludeerd voor dit onderzoek (zie tabel 1). Effectstudies waarin supplementen en/of anabole steroïden werden gebruikt vallen buiten beschouwing van deze literatuurstudie vanwege de potentiële interactie van deze middelen op de toename in spierkracht naast de training. Studies over bodybuilding, gewichtheffen en powerliften werden uitgesloten van inclusie, omdat dit andere sporten betreffen dan krachttraining [17, 19]. Tot slot werden studies geëxcludeerd wanneer er vermeld stond dat de kinderen topsport beoefenden of de krachttraining gebruikten ter verbetering van de prestatie van een topsport.

Er werd een sensitieve zoekopdracht uitgevoerd, waarbij alle onderzoeksdesigns werden geïnccludeerd. Met name voor het onderwerp risico's bij krachttraining werden kwalitatief onderzoek, case study's/reports, en reviews opgenomen voor de literatuurstudie. In de sensitieve zoekopdracht is ervoor gekozen deze studie te beperken tot de Nederlandse en de Engelse taal.

Voor het vergroten van de interne validiteit werden alle geïnccludeerde studies beoordeeld op hun bewijskracht [41]. Het toewijzen van het niveau van de bewijskracht werd gedaan volgens het classificatiesysteem van de 'American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine' (AACPD) zoals vermeld in tabel 2 [41].

Tabel 2. Levels of evidence for studies (AAPDM) [41]

<i>Level</i>	<i>Intervention (Group) studies</i>
I	Systematic review of randomized controlled trials (RCT's) Large RCT's (with narrow confidence intervals; n > 100)
II	Smaller RCT's (with wider confidence intervals; n < 100) Systematic reviews of cohort studies 'Outcome research' (very large ecological studies)
III	Cohort studies (must have concurrent control group) Systematic reviews of case-control studies
IV	Case Series Cohort Study without concurrent control group (e.g. with historical control group) Case-control study
V	Expert opinion Case study or report Bench research Expert opinion based on theory or physiological research Common sense/anecdotes

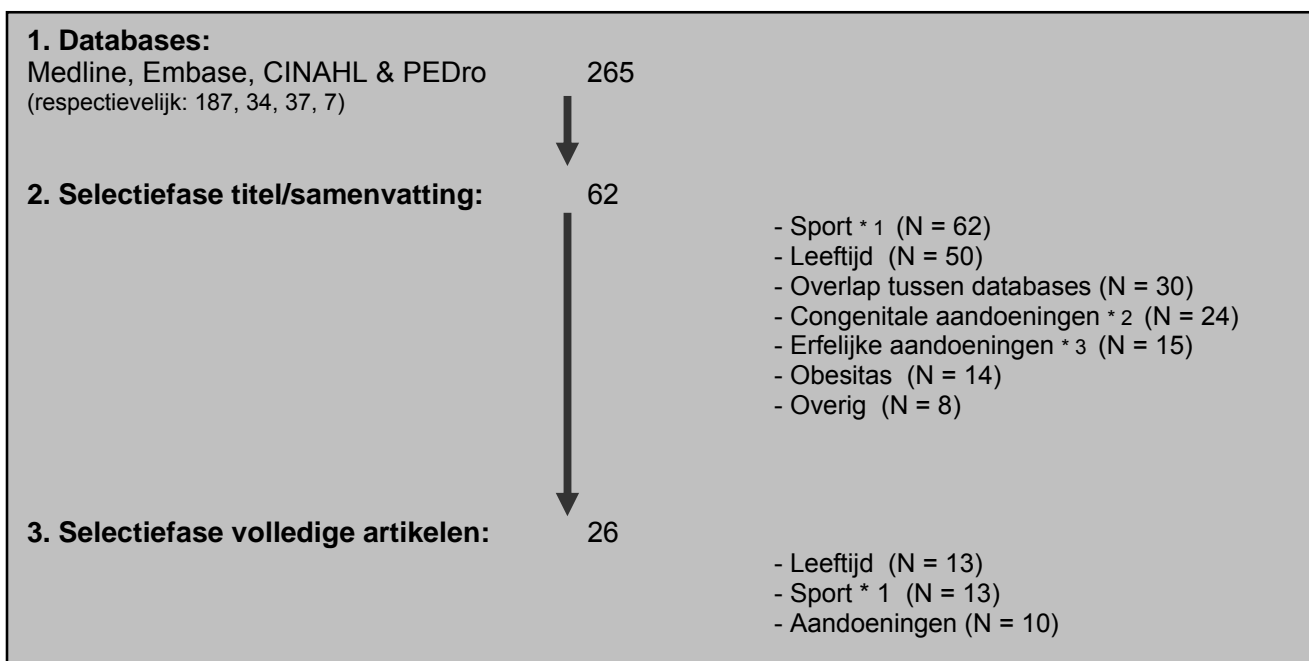
Niveau I volgens het classificatiesysteem geeft de sterkste bewijskracht en levert daarmee vrijwel definitief bewijs [41]. Studies geclassificeerd op niveau II produceren een twijfelachtige conclusie en de niveau's III en IV suggereren slechts een effect [41]. Er zal geen conclusie getrokken worden uit een studie beoordeeld op niveau V volgens het classificatiesysteem [41].

Resultaten

Literatuurverzameling

In de elektronische databases werden in totaal 265 verwijzingen gevonden (zie tabel 3). Van deze verwijzingen bleven na de eerste selectiefase op basis van de titel en het abstract 62 artikelen over.

Tabel 3. Stroomdiagram van zoekstrategie



- * 1 Sport: topsport, gewichtheffen, powerliften of krachttraining in combinatie met andere sport
- * 2 Congenitale aandoeningen zoals: Cerebrale Parese
- * 3 Erfelijke aandoeningen zoals: Syndroom van Down

Bij de selectie op de titel en de samenvatting werden artikelen geëxcludeerd in verband met voorkomende aandoeningen, andere sportactiviteiten, overlap tussen de databases en de leeftijd van de populatie (zie tabel 3).

In de tweede selectiefase werden na het lezen van de volledige artikelen, 13 artikelen geëxcludeerd vanwege de leeftijd van de populatie, het toepassen van gewichtheffen/powerliften (N = 13) of de aanwezigheid van aandoeningen (N =

10). Na beide fases van de selectie werden uiteindelijk 26 artikelen definitief geïnccludeerd in deze literatuurstudie.

Na inclusie werd de bewijskracht beoordeeld middels het AACPDm classificatiesysteem (zie tabel 6). De gemiddelde score van de 26 studies bedroeg 2,9 (schaal 1 – 5) wat laag te noemen is gezien de schaal van het classificatiesysteem. Geen van de studies voldeed aan niveau I. In elf van de 26 studies (42 %) werd voldaan aan niveau II. Studies op de niveau's III en IV werden respectievelijk zes (23 %) en negen (35 %) keer gescoord. Geen van de studies kreeg een score V waardoor alle geïnccludeerde studies inhoudelijk beoordeeld konden worden.

Prepuberale fase

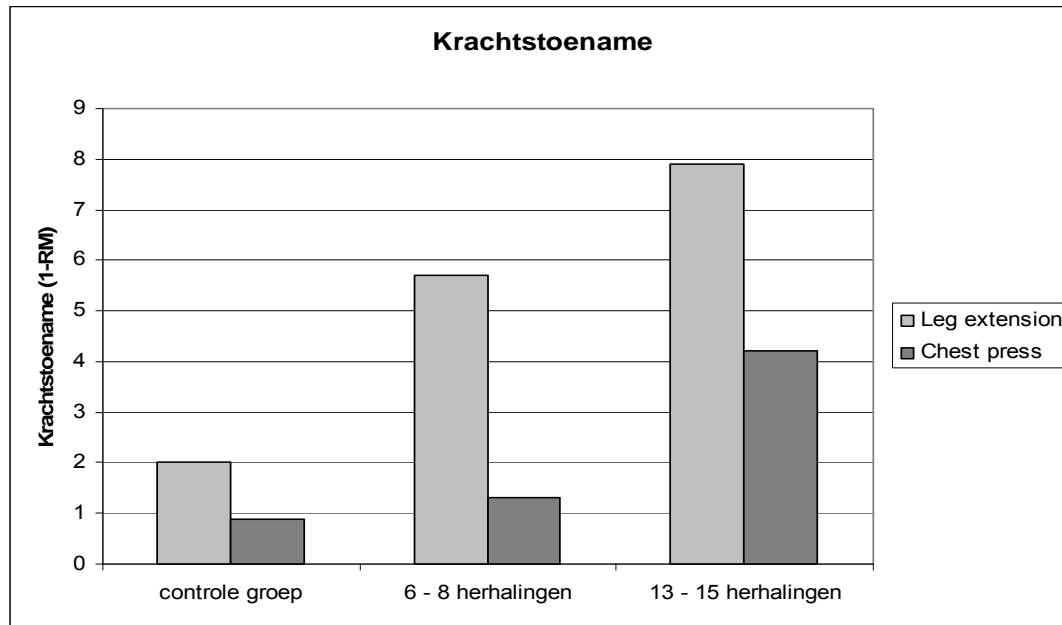
Faigenbaum et al. bestudeerden het effect van 8 weken krachttraining bij 55 kinderen (21 meisjes) en vonden dat bij een trainingsfrequentie van twee maal per week een grotere krachtstoename (1-RM¹) bereikt werd dan bij een trainingsfrequentie van één maal per week [20]. Beide groepen hadden twaalf oefeningen, met 10 -15 herhalingen en één set² per oefening [20]. De groep met de trainingsfrequentie van twee maal per week liet een statistisch significant ($p < 0,05$) grotere krachtstoename zien dan de groep met de trainingsfrequentie van één maal per week (respectievelijk: 11,5 en 4,4 % voor 'chest press'; 24,7 en 14,2 % voor 'leg press') [20].

Faigenbaum et al. bestudeerden in een andere studie bij 11 meisjes en 32 jongens (gemiddelde leeftijd: 8,2 jaar, range 5,2 – 11,8 jaar) het effect van trainingsintensiteit op de toename in spierkracht. De kinderen werden verdeeld over drie groepen: de controlegroep, de groep die trainde met een hoge intensiteit en een groep die trainde met een lage intensiteit van de krachttraining (zie figuur 1) [21]. De twee trainingsgroepen (hoge intensiteit en lage intensiteit) trainden voor het onderzoek acht weken lang twee maal per week [21]. De krachttraining bestond uit verschillende 11 oefeningen. Elke oefening bestond uit

¹ 1-RM: (maximale krachttest) de weerstand die maximaal één maal overwonnen kan worden

² Set: een groep van herhalingen die gescheiden wordt door korte pauzes

1 set van 13 – 15 herhalingen. De krachttraining met lage intensiteit bleek significant ($p < 0,05$) meer krachtstoename (40.9 %) tot gevolg te hebben dan de hoge intensiteit krachttraining met 6 – 8 herhalingen (31,0 % toename) [21].



Figuur 1. Krachtstoename van trainingsprotocol van acht weken met verschillende intensiteit [21]

In de studie van Pikosky et al. werd door elf jongens en meisjes ($8,6 \pm 1,1$ jaar) zes weken lang, twee maal per week met negen krachtsoefeningen (2 sets van 15 herhalingen) getraind [4]. De spierkracht werd na zes weken opnieuw gemeten met de 1-RM test, en zij bleek bij de 'chest press' en 'leg extension' oefeningen met respectievelijk 10 % en 73 % te zijn toegenomen [4]. Er werden geen significante verschillen waargenomen van het vetpercentage, het gewicht en de vetvrije massa voor en na de zes weken krachttraining [4].

In een effectstudie met elf jongens en vier meisjes (7 – 12 jaar) werd met een vijftal oefeningen acht weken lang twee maal per week de spierkracht getraind [22]. De oefeningen werden uitgevoerd met twee tot drie sets en zes herhalingen [22]. Na acht weken werd een significante ($p < 0,05$) toename van de spierkracht gemeten met de 6-RM test bij de 'leg extension' (53,5 %) en de 'chest press'

(41,1 %). In de acht daarop volgende weken zonder training nam de spierkracht af (respectievelijk 28,1 en 19,3 %) tot een vergelijkbare waarde van de controlegroep [22]. De krachttraining moet gecontinueerd worden om de effecten vast te houden bij kinderen [22].

In een experimentele studie van Ramsay et al. trairden 13 jongens (9 – 11 jaar) 20 weken lang drie maal per week spierkracht [24]. Uit het onderzoek blijkt een gemiddelde toename van 29 % op de gemeten spierkracht (o.a. 'bench press' en 'leg press') [24]. De toename van de spierkracht kwam gedeeltelijk overeen met de toename van de motor unit³ activiteit (MUA) [24]. Met gecomputeriseerde tomografie (CT-scan) werd bij de prepuberale jongens geen toename van de spieromvang geconstateerd [24].

In een gerandomiseerde effectstudie met 16 kinderen (8 jongens en 8 meisjes) bleek in de trainingsgroep, ten opzichte van de controlegroep, een significante toename van isotone kracht⁴ (22,6 %), isokinetische kracht⁵ (27,8 %) en integrated electromyographic activity (IEMG⁶) amplitude (16,8 %) [25]. De controlegroep liet geen toename zien van spierkracht of IEMG, zodat er geconcludeerd werd dat de krachtstoename mede door spieractivatie zou kunnen komen. De gemeten krachtstoename kwam echter niet overeen met de toename van de MUA [25].

In een studie van Halin et al. was bij vijftien jongens (10,5 jaar \pm 0,9) en twaalf jonge mannen (21,5 jaar \pm 4,5) door EMG-metingen vastgesteld dat bij een 28 seconde durende maximale contractie meer type II motor units ingeschakeld worden bij jonge mannen. Het uitblijven van lactaatvorming bij jongens in de prepuberale fase kan hiermee verklaard worden [26]. Door meer aansturing van type II motor units kan een grotere kracht ontwikkeld worden [26]. De jongens konden minder kracht leveren dan de jonge mannen ook na correctie voor de fysiologische dwarsdoorsnede van de spier (biceps brachii) [26].

³ Motor unit: een motorisch neuron met alle spiervezels die het innerveerd

⁴ Isotone kracht: contractie van de spier met constante spierspanning

⁵ Isokinetische kracht: contractie van de spier met constante snelheid

⁶ IEMG: maat voor neuromusculaire adaptie

De meest recente 'Position Statement' (2001) opgesteld door de 'American Academy of Pediatrics' over krachttraining bij kinderen, stelde dat krachttraining dient te beginnen met een lage intensiteit (15 herhalingen) en 1 tot 2 sets totdat een goede techniek is aangeleerd [23]. Voor een correcte uitvoering dient de oefening langzaam uitgevoerd te worden over het volledige bewegingstraject [23].

Voor de review van Falk et al. zijn in de databases Medline en SportDiscus 28 gerandomiseerde studies gevonden [17]. Van de 28 studies is in drie studies (N = 50) geen significante krachtstoename gemeten [17]. In deze drie studies werd gebruik gemaakt van lage intensiteit krachtstraining toe te passen (> 15 herhalingen per set) [17]. Bij de overige 25 studies (totaal N = 635) is een significante krachtstoename gemeten [17]. Voor de analyse waren uiteindelijk slechts 10 studies (N = 314) geïnccludeerd vanwege het voldoen aan alle criteria voor de meta-analyse [17]. In de 10 studies bleek ten opzichte van de controle groepen een significante krachtstoename van 13,7 – 29,6 % met een gemiddelde effectgrootte (effectsize = ES) van 0,57 (SD = 0,12) [17]. De twee studies met de hoogste ES en daarmee de grootste toename van spierkracht gebruikten beide een protocol van acht weken met een trainingsfrequentie van twee tot drie maal per week [17]. De studies van Faigenbaum et al. (ES 2,71) en Sailors en Berg et al. (ES 1,44) pasten beiden drie sets toe per oefening op 75 % van de behaalde 1-RM [17].

Puberale fase/adolescenten

In het onderzoek van Blimkie et al. werd bij 36 meisjes (14 – 18 jaar) 26 weken lang drie maal per week met dertien oefeningen en vier sets per oefening (10 – 12 herhalingen) de spierkracht getraind (zie tabel 4) [27]. In de eerste 13 weken werd een toename van de spierkracht gevonden van 15 – 50 % [27]. In de 13 daarop volgende weken werd met de 1-RM test een beduidend kleinere toename van de spierkracht (2 %) waargenomen [27]. Na de initiële 13 weken is er dus duidelijk sprake van een verminderde meeropbrengst.

Tabel 4. Trainingsparameters [4, 20-23, 27]

	Prepuberaal	Puberaal
Frequentie (per week)	2 – 3	3
Sets	1 – 2	2 - 4
Intensiteit (% van 1-RM)	60 - 70 %	60 - 70 %
Herhalingen	12 -15	10 - 15

Lillegard et al. voerden een effectstudie uit met 91 kinderen die volgens de “vijf Tanner stadia van puberteit” verdeeld werden in twee groepen te weten: prepuberaal en vroeg puberaal [28]. Lillegard et al beschreven dat op twee van de vier testen voor de spierkracht statistisch significant ($p < 0,05$) beter gescoord werd door mannen in vergelijking met vrouwen na een krachtrainingsperiode van 12 weken [28]. De grotere krachtstoename in de puberale fase in vergelijking met de prepuberale fase werd met name verklaard door de aanwezigheid van anabole hormonen en ten dele door de theorie van neuromusculaire activatie [28]. Bij kinderen in de puberale fase werd volgens de literatuur geen relatie aangetoond tussen de musculaire hypertrofie en de toename van kracht zoals gezien bij volwassenen [28].

In een studie uitgevoerd door Guy et al. werd gevonden dat kinderen na de puberale fase meer toename van kracht lieten zien door krachtraining in vergelijking met kinderen in de prepuberale fase [29]. De toename van kracht bij de kinderen in de puberale fase ging gepaard met een toename van de spieromvang [29].

Door Faigenbaum et al. werden aanbevelingen gedaan over het verhogen van de intensiteit van de training. [30] In deze literatuurstudie werd gesteld dat het verhogen van de weerstand tijdens de krachtraining dient te gebeuren in stappen van 5 – 10 % per keer [30].

Hass et al. beschreven in een literatuurstudie van experimentele studies en richtlijnen dat kinderen tot 18 jaar tussen de 20 en 40 minuten krachtraining

dienen uit te voeren [1]. Volgens de studie moet de krachttraining twee tot drie maal per week herhaald worden in een ruimte met professionele supervisie [1].

Transfer van kracht naar sportprestatie

Lee et al. voerden een effectstudie uit naar de invloed van krachttraining en plyometrische oefeningen*⁷ (complexe training) op de sportprestatie (spronghoogte, basketbal gooien en sprintprestatie) [31]. In deze studie hebben 54 jongens (leeftijd $12,3 \pm 0,3$ jaar) gedurende twaalf weken drie maal per week geïsoleerde krachttraining en plyometrische oefeningen uitgevoerd [31]. De 40-meter sprint, basketbalgooien en spronghoogte lieten een lage gemiddelde toename zien van de prestatie (4,4 %) die gepaard ging met een spierkrachtstoename van 24,3 – 71,4 % afhankelijk van de spiergroep [31].

In studies van Stratton et al., Blimkie et al. en Haff et al. werden drie maal dezelfde effectstudies aangehaald. De drie effectstudies hebben gekeken naar de invloed van krachttraining op de sportprestatie bij kinderen [18, 32, 33]. In de effectstudies van Ainsworth et al. (1970), Blanksby & Gregor (1981) en Nielsen et al. (1980) werd geen omschrijving gegeven van de krachttraining [18, 32, 33]. Ainsworth et al. (1970) vonden bij het 100 yard (91,44 meter) zwemmen geen significante toename van de zwemsnelheid bij jongens en meisjes (7 – 17 jaar) door korte termijn isometrische krachttraining*⁸ [18, 32, 33]. De krachttraining in deze studie had ook geen significante toename van de spierkracht tot gevolg. [18, 32, 33] Doordat de krachttraining onvoldoende krachtstoename bereikte, kon geen uitspraak gedaan worden over de invloed van de krachttraining op de zwemsnelheid [18, 32, 33]. In onderzoek van Blanksby & Gregor (1981) werden toename van kracht en zwemsnelheid (100 yard) bereikt bij jongens en meisjes door krachttraining [18, 32, 33]. Nielsen et al. (1980) vonden een significante toename van zowel kracht als de verticale sprongprestatie bij prepuberale meisjes na een korte periode van isometrische knie extensie krachttraining [18, 32, 33]. Weltman et al. (1986) rapporteren ook een toename van de

⁷ Plyometrie: type oefeningen voor het ontwikkelen van spier 'power' door explosieve bewegingen

⁸ Isometrisch: aanspannen van de spier zonder beweging tot gevolg

sprongprestatie door isokinetische krachttraining van veertien weken bij prepuberale jongens [18, 32, 33].

Er zijn dus aanwijzingen in de literatuur dat krachttraining de sportprestatie van gezonde kinderen kan verbeteren.

Veiligheid en groei

Mazur et al. beschreven in een literatuurstudie de aard en oorzaken van trauma's door krachttraining. De schade aan de epifysairschijven door krachttraining bij kinderen lijkt te berusten op een aantal case reports uit de jaren zeventig [34]. In de case reports zijn schade aan de epifysairschijven van de pols en apofyse van de wervelkolom beschreven ten gevolge van krachttraining zonder supervisie [34]. In case reports geschreven door Browne et al. en Francobandiera et al. was sprake van gewichtheffen, powerliften en trainen met minimale supervisie [34]. Behalve in deze case reports werden geen verdere studies gevonden die verband toonden tussen risico's op het ontstaan van schade aan de epifysairschijven en krachttraining [34].

Lipp et al. stelden dat fracturen van de apofyse voorkomen in 15 % van het totaal aantal fracturen bij pre- en puberale kinderen [35]. Tien procent van de fracturen aan de apofyse waren daarvan sportgerelateerd (voetbal, skieën en krachttraining) [35].

Blimkie et al. beschreven in een literatuurstudie dat krachttraining geen invloed heeft op de lengtegroei van het kind [33]. Twee studies van Siegel et al. en Weltman et al. beschreven de lengte van de kinderen voor en na een krachttrainingsperiode van twintig weken [33]. Beide studies lieten na twintig weken krachttraining geen significant verschil in lengtegroei zien ten opzichte van de controlegroep [33].

De bruikbaarheid van de maximale kracht test (1-RM) is onderzocht bij 32 meisjes en 64 jongens ($9,3 \pm 1,6$ jaar) voor het ontstaan van spierpijnklachten en trauma's [36]. Er werden geen trauma's of ernstige spierpijn gerapporteerd na het uitvoeren van de 1-RM test tijdens het onderzoek [36].

In een literatuurstudie van Naughton et al. werd geconcludeerd dat hoge intensiteit krachttraining kan leiden tot een groter risico op microtraumata van de metafyse, het subchondrale weefsel (osteochondrosis dissecans) en de spierpees unit [9]. Supervisie van de krachttraining is daarom noodzakelijk in de periode van de snelste groei en ontwikkeling van het kind [9].

Goldberg et al. wijzen op de risico's van microtraumata bij kinderen in de (post) puberale fase door krachttraining [19]. De incidentie van de (micro)traumata is vooralsnog onbekend [19].

Falk et al. rapporteren in een onderzoek een kleiner aantal blessures onder kinderen in de puberale fase tijdens krachttraining in vergelijking met sporten als rugby, voetbal en tennis [17]. In de literatuur worden voornamelijk blessures ten gevolge van gewichtheffen, powerliften en training zonder supervisie gerapporteerd [17]. Hierbij dient gerealiseerd te worden dat gewichtheffen en powerliften andere sporten zijn en niet toegepast hoeven te worden als onderdeel van de reguliere krachttraining bij kinderen [17].

Door Blimkie et al. en Faigenbaum et al. worden aanbevelingen gedaan over hoe de veiligheid van krachttraining bij kinderen is te vergroten (zie tabel 5) [30, 33]. Deze experts beschrijven dit op basis van ervaring met krachttraining bij kinderen in de praktijk en ervaring opgedaan tijdens diverse studies [30, 33].

Tabel 5. Veiligheidsbevorderende maatregelen ter voorkoming van blessures

- Medische controle
- Professionele supervisie
- Warming up / Cooling down (5 – 10 minuten)
- Oefenen van een goede techniek
- Veilige apparatuur
- Leer jongeren de risico's van krachttraining
- Includeer buik- en rugspier versterkende oefeningen
- Voorkom competitie tijdens de krachttraining

Faigenbaum et al. adviseerde een (sport)medische controle uit te voeren voor aanvang van een krachttrainingprogramma bij kinderen [37]. Deze (sport)medische controle werd niet inhoudelijk verder beschreven [37]. Indien er

geen gezondheidsproblemen bekend zijn of verwacht worden is medische controle niet noodzakelijk volgens Faigenbaum et al. [37]. De training dient gestart te worden met een warming-up en beëindigd te worden met een cooling-down [37]. De meeste krachttrainingsapparatuur gebruikt voor volwassenen is niet goed in te stellen voor het lichaam van het kind [37]. De begeleider/coach dient de apparatuur aan de hand van dit criterium te selecteren op geschiktheid [37].

Holly et al. adviseerden supervisie gedurende de krachttraining om de veiligheid van de training te kunnen garanderen [38]. Het kind moet mentaal en emotioneel voldoende ontwikkeld zijn om in de training te kunnen participeren [38]. Holly et al. geven verder voor de kinderen als criterium: het kunnen opvolgen van aanwijzingen en regels [38].

- Tabel 6 -

Discussie

Deze literatuurstudie is het resultaat van een systematisch uitgevoerde zoektocht naar literatuur in medische en paramedische databases. Voor de literatuurstudie werden 26 artikelen definitief geïnccludeerd. De artikelen bestonden uit effectstudies (10), literatuurstudies (14), één position statement en één kwalitatief onderzoek. Ondanks de lage scores voor de bewijskracht volgens het AACPDm classificatiesysteem wijzen vrijwel alle studies op een toename van de spierkracht door krachttraining. Geen van de studies rapporteerden ernstige bijeffecten van deze trainingsvorm, daarom kan krachttraining als een veilige trainingsvorm worden gezien bij gezonde kinderen. Opvallend bij het scoren van het niveau van de bewijskracht is het ontbreken van gerandomiseerde effectstudies met een grote populatie ($N > 100$). Veel van de studies zijn van kleine omvang met een matige kwaliteit.

In de gevonden studies wordt de spierkracht gemeten met de 1-RM test. De 1-RM test kan als veilig worden beschouwd bij geprotocolleerd gebruik [36]. Mijn inziens is de validiteit en betrouwbaarheid (test-hertest betrouwbaarheid en inter-

en intrabeoordelaars betrouwbaarheid) van de 1-RM test bij kinderen echter niet onderzocht.

De toename van de spierkracht bij kinderen in de prepuberale fase komt slechts voor een deel overeen met de toename van de motor unit activiteit en 'neuromusculaire activatie' gemeten met EMG [24-26]. Door het gedeeltelijk overeenkomen van de neuromusculaire activatie met de spierkrachtstoename en de afwezigheid van hormonen als testosteron blijft de krachtstoename voor kinderen in de prepuberale fase nog voor een deel onverklaard [24-26].

Er is in de zoektocht voor deze studie één effectstudie gevonden over krachttraining bij kinderen in de puberale fase [27]. In deze korte termijn effectstudie bij gezonde puberale kinderen is nog geen hypertrofie van de musculatuur vastgesteld [27]. De grotere toename van de spierkracht ten opzichte van de prepuberale kinderen kan daarom onvoldoende verklaard worden [27].

Nog onvoldoende is aangetoond welk effect krachttraining heeft op de sportprestaties bij gezonde kinderen door het kleine aantal gevonden experimentele studies [18, 31-33].

Krachttraining lijkt voor kinderen in de pre- en puberale fase veilig, indien veiligheidsmaatregelen in acht worden genomen [17, 23, 34]. De veiligheid wordt in de gevonden studies gebaseerd op de meningen van experts en rapporten met cijfers van incidentie over sportgerelateerde fractures en blessures.

Uit deze literatuurstudie kan niet geconcludeerd worden dat de lengtegroei niet beïnvloed wordt, omdat de langst durende cohortstudie twintig weken bedroeg. [33] Het lijkt aan te raden de jongeren die krachttraining beoefenen enkele jaren te volgen om hier uitsluitsel over te kunnen geven.

Conclusie

Ondanks de beperkte bewijskracht lijkt het er op dat gezonde kinderen tussen de zes en achttien jaar hun spierkracht kunnen verbeteren door krachttraining. Wanneer een aantal preventieve maatregelen in acht worden genomen, kan krachttraining als een veilige trainingsmodaliteit worden beschouwd. Na

afronding van het literatuuronderzoek lijkt het aan te raden het theoretisch construct wat betreft krachttraining bij kinderen in de prepuberale fase verder te onderzoeken. Uit de huidige literatuur wordt tevens onvoldoende duidelijk of bij kinderen in de puberale fase sprake is van hypertrofie en in welke mate de lichaamssamenstelling, de sportprestaties en de functies van het dagelijkse leven bij kinderen en jongeren positief worden beïnvloed.

Literatuurlijst

1. Hass C.J., Feigenbaum M.S., Franklin B.A., Prescription of resistance training for healthy populations. *Sports Med*, 2001. 31(14): p. 953-964.
2. LeBlanc C., Bar-Or O., Healthy active living for children and youth. *Paediatr Child Health*, 2002. 7(5): p. 339-345.
3. Faigenbaum A.D., Milliken L.A., Westcott W.L., Youth strength training; A guide for fitness professionals from the American Council on Exercise. 2005.
4. Pikosky M., Faigenbaum A.D., Westcott W.L., Rodriguez N., Effects of resistance training on protein utilization in healthy children. *Med Sci Sports Exerc*, 2002. 34(5): p. 820-827.
5. Yu C.C., Sung R.Y., So R.C., Lui K.C., Lau W., Lam P.K., Lau E.M., Effects of strength training on body composition and bone mineral content in children who are obese. *J Strength Cond Res*, 2005. 19(3): p. 667 - 672.
6. Pippenger W.S., Scalzitti D.A., What are the effects, if any, of lower-extremity strength training on gait in children with cerebral palsy? *Physical Therapy*, 2004. 84(9): p. 849 - 858.
7. Orenstein D.M., Hovell M.F., Mulvihill M., Keating K.K., Hofstetter C.R., Kelsey S., Morris K., Nixon P.A., Strength vs aerobic training in children with cystic fibrosis: a randomized controlled trial. *Chest*, 2004. 126(4): p. 1204 - 1214.
8. Faigenbaum A.D., Ed D., Micheli L.J., Youth strength training; Current comment. *Sports Medicine Bulletin*, 1998. 32(2): p. 28-29.
9. Naughton G., Farpour-Lambert N.J., Carlson J., Bradney M., van Praagh E., Physiological issues surrounding the performance of adolescent athletes. *Sports Med*, 2000. 30(5): p. 309-325.

10. Faigenbaum A.D., Bradley D.F., Strength training for the young athlete Orthop Phys Ther Clin North Am, 1988. 7: p. 1059-1516.
11. Payne V.G., Morrow J.R.Jr., Johnson L., Dalton S.N., Resistance training in children and youth: a meta-analysis. Res Q Exerc Sport, 1997. 68(1): p. 80-88.
12. Taylor N.F., Dodd K.J., Damiano D.L., Progressive resistance exercise in Physical Therapy: A summary of systematic reviews. Physical Therapy, 2005. 85(11): p. 1208-1223.
13. Rowland T.W., Children's exercise physiology, ed. Champaign. 2004, Illinois: Human Kinetics.
14. Tanner J.M., Foetus into man. 1978: Exeter: A. Wheaton & Co. Ltd.
15. Henneman E, Olson C.B., Relations between structure and function in the design of skeletal muscles. J Neurophysiol, 1965. 28: p. 581.
16. Koeppen B.M., Stanton B.A., Physiology. fourth edition ed. 1998.
17. Falk B., Tenenbaum G., The effectiveness of resistance training in children, in Sports Med. 1996. p. 176-186.
18. Haff G.G., Roundtable discussion: Youth resistance training. Nat Strength & Con Association, 2003. 25(1): p. 49-64.
19. Goldberg B., Harris S.S., Landry G.L., Risser W.L., Nelson M.A., Strength training, weight and power lifting, and body building by children and adolescents. Pediatrics, 1990. 86(5): p. 801-803.
20. Faigenbaum A.D., Milliken L.A., Loud R.L., Burak B.T., Doherty C.L., Westcott W.L., Comparison of 1 and 2 days per week of strength training in children. Res Q Exerc Sport, 2002. 73(4): p. 416-424.
21. Faigenbaum A.D., Westcott W.L., LaRosa Loud R., Long C., The effects of different resistance training protocols on muscular strength and endurance development in children. Pediatrics, 1999. 104(1): p. 1-7.
22. Faigenbaum A.D., Westcott W.L., Micheli L.J., The effects of strength training and detraining on children. J Strength Cond Res, 1996. 10(2): p. 109-114.
23. Washington R.L., Bernhardt D.T., Strength training by children and adolescents. Pediatrics, 2001. 107(6): p. 1470-1472.

24. Ramsay J.A., Blimkie C.J., Smith K., Garner S., MacDougall J.D., Sale D.G., Strength training effects in prepubescent boys. *Med Sci Sports Exerc*, 1990. 22(5): p. 605-614.
25. Ozmun J.C., Mikesky A.E., Surburg P.R., Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training. *Med Sci Sports Exerc*, 1994. 26(4): p. 510-514.
26. Halin R., Germain P., Bercier S., Kapitaniak B., Buttelli O., Neuromuscular response of young boys versus men during sustained maximal contraction. *Med Sci Sports Exerc*, 2003. 35(6): p. 1042-1048.
27. Blimkie C.J.R., Rice S., Webber C.E., Martin J., Levy D., Gordon C.L., Effects of resistance training on bone mineral content and density in adolescent females. *Can J Physiol Pharmacol*, 1996. 74(1025-1033).
28. Lillegard W.A., Brown E.W., Wilson D.J., Henderson R., Lewis E., Efficacy of strength training in prepubescent to early postpubescent males and females: effects of gender and maturity. *Pediatr Rehabil*, 1997. 1(3): p. 147-157.
29. Guy J.A., Micheli L.J., Strength training for children and adolescents. *J Am Acad Orthop Surg*, 2001. 9: p. 29-36.
30. Faigenbaum A.D., Strength training for children and adolescents. *Clin Sports Med*, 2000. 19(4): p. 593-619.
31. Lee I., Sleaf M., Tolfrey K., The effect of a complex training and detraining programme on selected strength and power variables in early pubertal boys. *Journal of Sports Sciences*, 2006. 24(9): p. 987 - 997.
32. Stratton G., Jones M., Fox K.R., Tolfrey K., Harris J., Maffulli N., Lee M., Frostick S.P., Bases position statement on guidelines for resistance exercise in young people. *J Sports Sci*, 2004. 22(4): p. 383-390.
33. Blimkie C.J.R., Resistance training during preadolescence. *Sports Med*, 1993. 15(6): p. 389-407.
34. Mazur L.J., Yetman R.J., Risser W.L., Weight-training injuries. *Sports Medicine*, 1993. 16(1): p. 57-63.
35. Lipp E.J., Athletic physicial injury in children and adolescents. *Orthop Nurs*, 1998. 17(2): p. 17-22.

36. Faigenbaum A.D., Milliken L.A., Westcott W.L., Maximal Strength testing in healthy children. *J Strength Cond Res*, 2003. 17(1): p. 162-166.
37. Faigenbaum A.D., Kraemer W.J., Cahill B., Youth resistance training: position statement paper and literature review. *Strength Cond*, 1996. 18(6): p. 62-76.
38. Holly J.B., Glow K.M., Strength training for children and adolescents *The physician and sportsmedicine*, 2003. 31(9): p. 1-9.
39. Faigenbaum A.D., Zaichkowsky L.D., Westcott W.K., The effect of a twice-a-week strength training program on children. *Pediatr Exerc Sci*, 1993. 5(4): p. 339-346.
40. Faigenbaum A.D., Ed D., Youth resistance training. *Research Digest*, 2003. 4(3): p. 1-8.
41. Lannin N., Scheinberg A., Clark K., AACPDM systematic review of the effectiveness of therapy for children with cerebral palsy after botulinum toxin A injections. *Dev Med Child Neurol*, 2006. 48: p. 533-539