

*In verschillende trainingsmodellen voor kinderen en adolescenten wordt aangenomen dat er leeftijden zijn waarop zij extra gevoelig zijn voor bepaalde vormen van training. Is er echter wel wetenschappelijk bewijs voor het bestaan van deze zogeheten 'sensitieve periodes'?*

## **Sensitieve periodes in de training van kinderen en adolescenten** Bestaan ze wel?

**Bas Van Hooren**

Tijdens de ontwikkeling van kind naar volwassene vinden er sociale, emotionele, intellectuele en motorische veranderingen plaats. Het centrale zenuwstelsel ontwikkelt zich, de concentratie van verschillende hormonen verandert en er vinden veranderingen plaats in de structurele en mechanische eigenschappen van het spierpeescomplex.<sup>1-5</sup> Deze systemen ontwikkelen zich met verschillende snelheden en op een non-lineaire manier. Het verdwijnen van nauwelijks gebruikte connecties in de hersenen is bijvoorbeeld het prominentst op een jongere leeftijd, terwijl myelinisatie van de overgebleven connecties (de vorming van een soort isoleerlaag rond de zenuwcellen) voornamelijk later plaatsvindt, tot ver in de adolescentie.<sup>6,7</sup> Verder is er tijdens de puberteit bij jongens een vertienvoudiging van de testosteronproductie, waardoor er ook een grote toename van spiermassa is.<sup>1</sup> Volgens sommige wetenschappers en trainers zorgen deze ontwikkelingen voor het ontstaan van sensitieve periodes (ook wel 'windows of opportunity', 'periods of accelerated adaptation', 'training emphasis periods' of 'optimum periods' genoemd) waarin het lichaam extra gevoelig is voor bepaalde ervaringen. Hoe sterk is het wetenschappelijk bewijs voor deze denkwijze?

### **Cognitieve vaardigheden**

Dat er inderdaad periodes bestaan waarin versnelde ontwikkeling van bepaalde vaardigheden mogelijk is, werd eerder al bij dieren en recenter ook bij mensen aangetoond. Zo leren sommige zangvogels sneller nieuwe liedjes aan tijdens hun jeugd en neemt dit vermogen af naarmate ze volwassen worden.<sup>8</sup> Mensen leren talen<sup>9</sup> en muzikale ritmes<sup>10-12</sup> sneller en beter als ze er voor het begin van de puberteit (talen) of voor het zevende levensjaar (muziek) mee in aanraking komen. Ook bij mensen lijkt het leervermogen doorgaans af te nemen naarmate ze ouder worden. Eerder beginnen met leren is daarom waarschijnlijk beter.

### **Motorische basisfuncties**

Op basis van de sensitieve periodes bij cognitieve vaardigheden en de lichamelijke veranderingen die gepaard gaan met volwassen worden, hebben verschillende wetenschappers en trainers geopperd dat er ook sensitieve periodes zijn voor het trainen van motorische basisfuncties als 'kracht', 'snelheid' en 'uithoudingsvermogen'. Zo wordt in het Long Term Athlete Development (LTAD) model aangenomen dat de 'snelheid' bij jongens het beste getraind kan worden van 7-9 jaar en nog een keer van 13-16 jaar, terwijl

de aerobe capaciteit het beste getraind kan worden voordat de groeisnelheid piekt.<sup>13</sup> Het aanbieden van snelheids-training of aerobe training buiten deze sensitieve periodes zou leiden tot minder adaptaties en dus minder effect hebben.

Door sommige trainers worden deze sensitieve periodes overigens ook wel eens incorrect als *kritische* periodes geïnterpreteerd.<sup>14</sup> Het verschil is dat training buiten een kritische periode *helemaal geen* effect heeft, terwijl training buiten een sensitieve periode *minder* effect heeft.<sup>8</sup>

Er zijn verschillende redenen om te twijfelen aan het bestaan van sensitieve periodes voor het trainen van motorische basisfuncties. Later in dit artikel zullen deze redenen besproken worden. Eerst zullen echter enkele bestaande trainingsmodellen voor kinderen en adolescenten kort toegelicht worden.

### Modellen op basis van chronologische leeftijd

In oudere trainingsmodellen voor kinderen en adolescenten worden richtlijnen gegeven op basis van de chronologische leeftijd.<sup>15,16</sup> Het voornaamste probleem van deze richtlijnen is dat de biologische leeftijd van sporters met dezelfde chronologische leeftijd sterk kan verschillen. Deze biologische leeftijdsverschillen kunnen oplopen tot wel 5 jaar.<sup>17</sup> Zo kan de ene 15-jarige jongen al bijna klaar zijn met de groeisprint, terwijl deze bij een leeftijdsgenoot nog moet beginnen. De training zou voor beide sporters gedeeltelijk anders moeten zijn, maar de chronologische modellen maken hier geen onderscheid in. Latere modellen, zoals het LTAD model, proberen deze beperking te ondervangen door de richtlijnen specifiek te maken en ze gedeeltelijk te baseren op de biologische leeftijd.

### Het LTAD model

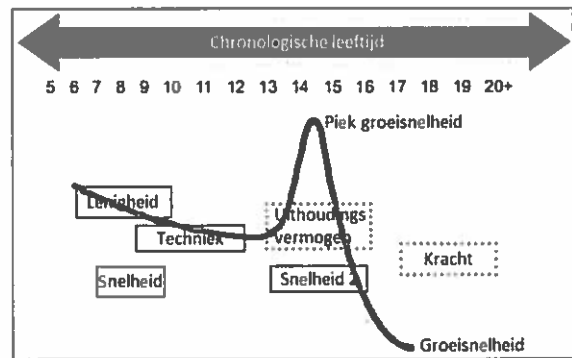
Het bekendste trainingsmodel voor kinderen en adolescenten is het LTAD

model van Balyi et al.<sup>13</sup> uit 2005. Dit model bevat zowel voor jongens als meisjes een aantal sensitieve periodes op basis van de biologische en chronologische leeftijd (zie figuur 1). Het model is gebaseerd op eerder ontwikkelde modellen in andere landen, trainingsmodellen voor specifieke sporten, gegevens uit het vroegere Oostblok en vooral ook op de praktijkervaring van coaches. In de publicatie uit 2005<sup>13</sup> wordt niet verwezen naar wetenschappelijke literatuur die het bestaan van sensitieve periodes ondersteunt.<sup>13,18</sup> In een latere update (2014) van het model ontbreekt dit wetenschappelijk bewijs nog steeds.<sup>19</sup>

Hoewel de sensitieve periodes in het LTAD model dus niet wetenschappelijk onderbouwd zijn, hebben verschillende (inter)nationale sportbonden het model gebruikt als basis voor hun sportspecifieke trainingsmodel voor kinderen en adolescenten.

### Hoeveel en welke training tijdens sensitieve periodes?

Een beperking van veel modellen waarin sensitieve periodes terugkomen is dat er niet of nauwelijks richtlijnen worden gegeven voor de hoeveelheid extra aandacht die zou moeten worden gegeven aan het trainen van de betreffende functie. Moet bijvoorbeeld één hele extra training per week in het kader staan van deze functie, of is het voldoende als er na de warming-up steeds kort aandacht aan wordt besteed? Ook wordt niet of nauwelijks vermeld hoe de training zou moeten worden vorm gegeven. Moet het uithoudingsvermogen tijdens een sensitieve periode bijvoorbeeld getraind worden door het uitvoeren van intervaltraining of juist vooral door lange duurtrainingen? En op welke intensiteit kan de inspanning dan het



Figuur 1. Sensitieve periodes voor jongens volgens Balyi et al.<sup>13</sup> De aerobe capaciteit kan volgens dit model het beste getraind worden voordat de groeisnelheid piekt, het aerobe vermogen wanneer de groeisnelheid weer afneemt en kracht 12-18 maanden na de piek in de groeisnelheid. De sensitieve periodes voor de andere motorische basisfuncties zijn gebaseerd op de chronologische leeftijd en zijn tussen 7-9 en 13-16 jaar voor snelheid, 9-12 jaar voor coördinatie/techniek en 6-10 jaar voor flexibiliteit.

beste worden uitgevoerd? Dit is van belang omdat uit onderzoek bijvoorbeeld blijkt dat kinderen bij training van het uithoudingsvermogen een hogere inspanningsintensiteit nodig hebben dan adolescenten om dezelfde trainingsadaptaties te bewerkstelligen.<sup>20,21</sup>

Een andere vraag waar de modellen niet of nauwelijks antwoord op geven is of de sensitieve periodes en de invulling hiervan verschillen voor sporters die al meer ervaring hebben. Een 17-jarige sporter die nauwelijks ervaring heeft met training kan bijvoorbeeld beter gemakkelijkere oefeningen uitvoeren dan een 13-jarige sporter met veel trainingservaring.<sup>17,22,23</sup>

Tot slot geven de modellen ook geen duidelijke informatie over de eventuele gevolgen van het *niet* extra trainen op een bepaalde functie tijdens de betreffende sensitieve periode. Leidt dit bijvoorbeeld tot het minder snel bereiken van een topniveau? Kan de 'gemiste kans' worden gecompenseerd door op latere leeftijd meer te trainen? Of is het topniveau na het niet of onvoldoende benutten van een sensitieve periode niet meer haalbaar?<sup>3,14</sup>

### **Een versnelde natuurlijke ontwikkeling is niet per definitie een sensitieve periode**

In sommige trainingsmodellen wordt wel verwezen naar wetenschappelijk 'bewijs' voor het bestaan van sensitieve periodes. Eén van de aangehaalde publicaties is een uitgebreid literatuuroverzicht uit 1999 van Viru et al.<sup>1</sup> waarin de ontwikkelingen van spieren, het neuromusculaire systeem, het cardiovasculaire systeem en het hormonale systeem bij kinderen en adolescenten wordt besproken. Daarnaast bespreken de auteurs cross-sectionele en longitudinale onderzoeken waarin is gekeken naar de snelheid waarmee motorische basisfuncties als kracht, snelheid en (aeroob) uithoudingsvermogen van nature toenemen op verschillende leeftijden.

Het is echter niet vanzelfsprekend dat een periode waarin een bepaalde motorische basisfunctie van nature een versnelde ontwikkeling vertoont ook de periode is waarin met training extra adaptaties bewerkstelligd kunnen worden. Hetzelfde geldt voor veranderingen in biologische systemen, zoals de sterk toegenomen productie van testosteron tijdens de puberteit bij jongens. Deze toename vertoont onomstreden een sterk verband met een toename in spiermassa en spierkracht, maar dit is geen direct bewijs voor het idee dat jongens in deze periode extra 'geschikt' zijn om te profiteren van krachttraining. Motorische vaardigheden zijn net als cognitieve vaardigheden het resultaat van een interactie tussen verschillende complexe systemen, met ieder een eigen ontwikkelingssnelheid. Daarom is het bijna onmogelijk om op basis van veranderingen in één of enkele van deze systemen iets te zeggen over het lichaam als geheel.<sup>18</sup>

### **Onderzoek naar de trainbaarheid van motorische basisfuncties**

Om te onderzoeken of er daadwerkelijk sensitieve periodes zijn waarin

door gerichte training extra adaptaties bewerkstelligd kunnen worden, zouden longitudinale onderzoeken moeten worden uitgevoerd waarin sporters van verschillende leeftijden vergeleken worden voor en na het uitvoeren van een identiek trainingsprogramma. De sporters met een bepaalde biologische leeftijd zouden dan met dezelfde training een duidelijk verhoogde trainingsadaptatie moeten hebben ten opzichte van de sporters met andere biologische leeftijden. Hierbij is het ook nog eens belangrijk om rekening te houden met een eventuele verminderde meeropbrengst bij sporters die al een hoger beginniveau hebben of meer ervaring hebben met sport.<sup>24,25</sup> Zulke goed gecontroleerde onderzoeken zijn er echter nauwelijks.

Er zijn echter wel verschillende minder goed gecontroleerde onderzoeken en meta-analyses gepubliceerd naar de trainbaarheid van verschillende motorische basisfuncties tijdens de ontwikkeling van kinderen en adolescenten. Deze onderzoeken kunnen ook inzicht geven in het bestaan van sensitieve periodes. Wat weten we op dit punt over de training van kracht, snelheid en uithoudingsvermogen?

### **Kracht**

In veel trainingsmodellen, inclusief het LTAD model, ligt de sensitieve periode voor kracht(training) na de groeispuurt. Krachttraining voor de groeispuurt werd vroeger zelfs afgeraden omdat het niet effectief zou zijn, de groei zou remmen en blessures zou opleveren. De gedachte dat krachttraining voor de groeispuurt niet of nauwelijks effectief is, komt voort uit het gegeven dat verschillende hormonen nog niet hetzelfde niveau hebben als bij adolescenten en volwassenen, waardoor minder snel spiermassa opgebouwd kan worden.<sup>17,26</sup> Inmiddels is echter duidelijk aangetoond<sup>5,17,26-28</sup> dat een adequaat (kracht)trainingsprogramma met de juiste begeleiding:

- de groei niet remt (en zelfs helpt om de botkwaliteit te verbeteren);
- nauwelijks blessures oplevert tijdens de training (zelfs minder blessures dan bij veel andere sportactiviteiten);
- blessurepreventief werkt;
- effectief is in het vergroten van de spierkracht en verbeteren van functionele sportprestaties.

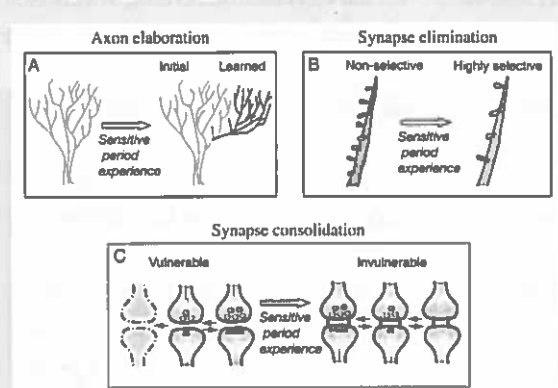
Hoewel de absolute toename in spiermassa en kracht doorgaans inderdaad groter is bij adolescenten, is de relatieve toename (percentuele verschillen ten opzichte van het startniveau) gelijk bij kinderen en adolescenten.<sup>17,24-26,29</sup>

De verklaring hiervoor is dat de krachttoename bij kinderen vooral door een verbeterde neurale aansturing en coördinatie komt, terwijl er bij adolescenten (en dan vooral bij mannen) daarnaast meer structurele en architecturale veranderingen in de spieren plaatsvinden.<sup>5,17,26,28</sup> Op basis van de grotere absolute toename in kracht bij adolescenten zou men kunnen denken dat krachttraining inderdaad pas het beste kan beginnen na de groeispuurt. Kracht is echter specifiek voor een motorische vaardigheid en draagt in veel sportsituaties alleen indirect bij aan de prestatie. Iemand die veel gewicht kan squatten is bijvoorbeeld niet direct ook sterk in de reactieve 1-benige afzet van een sprong. Kracht kan daarom beter niet als een losstaande motorische basisfunctie worden gezien en getraind.

Het is veel relevanter om te weten of er wellicht een sensitieve periode bestaat voor krachttraining om motorische vaardigheden als springen, hardlopen en werpen te verbeteren. Uit een recente meta-analyse blijkt dat kinderen grotere (ongeveer 50% meer) prestatieverbeteringen vertonen in deze motorische vaardigheden als gevolg van krachttraining dan adolescenten<sup>25</sup>, mogelijk omdat het neurale systeem nog zeer plastisch is en omdat het beginniveau lager is.<sup>15,20</sup> In een andere recente meta-analyse werd echter een

## Neurofysiologische achtergrond van sensitieve periodes

Volgens Knudsen<sup>8</sup> zijn 'sensitieve periodes' het gevolg van de veranderende eigenschappen van neurale circuits. Als een neurale circuit nog niet sterk geactiveerd is, zoals vroeg in de ontwikkeling, is het in een onstabiele staat en heeft het een voorkeur voor verandering. Het is daarbij op zoek naar en gevoelig voor een stabiel punt, een zogeheten 'attractor'. Het vinden van deze attractor kan vanuit een neurofysiologisch oogpunt verklaard worden door veranderingen in verschillende architecturale mechanismen (zie figuur 2).



Figuur 2A-C. Architecturale mechanismen die ten grondslag liggen aan plasticiteit van het zenuwstelsel. (A) Ontwikkeling van nieuwe neurale connecties, (B) verwijdering van ongebruikte synapsen, (C) versterking van de connectie tussen synapsen en een toename in het aantal neurotransmitters bij gebruikte synapsen (figuur overgenomen uit Knudsen<sup>8</sup>).

sterke en veelvuldige activatie van het circuit worden de exciterende en inhiberende invloeden veranderd en vindt het circuit een attractor. Vanaf dat moment is het minder gevoelig voor verandering en is de sensitieve periode voorbij. Weliswaar is het later vaak nog steeds mogelijk om een vaardigheid te trainen (met andere woorden: een attractor een nog stabielere positie te laten vinden) als de omgeving voldoende uitdaging biedt, maar dit kost veel energie.<sup>8</sup>

Als een neurale circuit niet sterk geactiveerd wordt, zal het na een tijdje zelf op zoek gaan naar een attractor door de inhiberende invloeden omlaag bij te stellen en te reageren op de input die het dan krijgt. Dit kan leiden tot het vinden van verkeerde attractors, die het blessurerisico vergroten. Zo kan onvoldoende training voor en tijdens de groeispurt bij vrouwen mogelijk leiden tot het ontwikkelen van afwijkende bewegingspatronen, doordat de groei niet altijd gepaard gaat met neuromusculaire adaptaties. Dit vergroot het risico op blessures.<sup>4,17,40-42</sup> Training kan helpen om betere bewegingspatronen te ontwikkelen, die vervolgens leiden tot minder blessures.<sup>17,42</sup>

trend gevonden voor grotere effecten bij adolescenten in vergelijking met kinderen.<sup>30</sup> Deze tegenstrijdige resultaten zijn mogelijk het gevolg van de andere onderzoeksofzet van de meta-analyses. Andere interessante bevindingen van de laatst genoemde meta-analyse waren dat krachttraining effectiever was wanneer deze werd uitgevoerd met vrije gewichten in plaats van apparaten en dat de effecten van krachttraining op sportspecifieke prestaties slechts klein waren.<sup>30</sup>

Deze bevindingen suggereren dat krachttraining zowel voor als na de groeispurt effectief kan zijn. Zolang men kracht niet ziet als een losstaande motorische basisfunctie is er geen duidelijk bewijs dat er een sensitieve periode is op een specifieke biologische of chronologische leeftijd.<sup>18</sup> Verschillende onderzoeken lijken er eerder op te wijzen dat het beter is om de factor kracht al op jongere leeftijd in de training te integreren, zodat optimaal gebruik kan worden gemaakt van de plasticiteit van het neurale systeem. Hierbij is het belangrijk om het lichaam van

de sporter de ruimte te geven om zelf naar de juiste coördinatie te zoeken, bijvoorbeeld door met vrije gewichten te trainen in plaats van met apparaten. Een coördinatieve aanpak is wellicht ook beter dan een aanpak die gericht is op een toename van kracht in geïsoleerde bewegingen.

### Snelheid

Volgens het LTAD model zijn er twee sensitieve periodes om snelheid te trainen (zie figuur 1). De eerste periode is bij zowel jongens als meisjes van 7-9 jaar en de tweede periode is van 11-13 jaar bij meisjes en van 13-16 jaar bij jongens.<sup>13</sup> Deze periodes zijn grotendeels gebaseerd op de lichamelijke veranderingen die plaatsvinden als gevolg van groei en rijping en de daarvoor veroorzaakte natuurlijke toename in snelheid.<sup>18</sup> Hierbij wordt aangenomen dat een door groei en rijping veroorzaakte versnelde toename er ook voor zorgt dat er versnelde adaptaties behaald kunnen worden met training. In verschillende onderzoeken is aangetoond dat zowel kinderen als

adolescenten hun snelheid (vaak geoperationaliseerd als de sprinttijd op een bepaalde afstand) kunnen verbeteren met training, al verschilt de effectiviteit wel per trainingsvorm.<sup>31-33</sup> Uit twee meta-analyses blijkt bijvoorbeeld dat krachttraining slechts een klein positief effect heeft op de snelheid en dat dit effect groter is voor kinderen dan voor adolescenten.<sup>25,30</sup> Mogelijk is het kleine effect van krachttraining het gevolg van onvoldoende taakspecificiteit, waarbij wordt aangenomen dat er een automatische transfer is van de krachttraining naar het sprinten. Het grotere effect bij kinderen komt mogelijk voort uit de grotere plasticiteit van het neurale systeem en uit hun lagere beginniveau, waardoor er simpelweg sneller adaptaties optreden. Een andere recente meta-analyse vond echter dat specifieke sprinttraining ook nauwelijks effect had op kinderen die jonger dan 13 waren, terwijl de effecten steeds groter werden bij oudere kinderen.<sup>33</sup> Ook bij snelheid lijkt er dus geen sterk bewijs te bestaan voor een sensitieve periode<sup>14</sup> en eerder beginnen met

trainen is ook hier waarschijnlijk beter. Omdat de snelheid bij kinderen waarschijnlijk vooral toeneemt door een verbeterde coördinatie<sup>18,31</sup> is het wellicht een goed idee om snelheids-training vanuit dit oogpunt te benaderen. Bij jonge kinderen moet er vooral aandacht worden besteedt aan het verbeteren van motorische basisfuncties door aanvankelijk simpele, maar gaandeweg steeds uitdagender oefeningen, zodat het kind zich competent voelt, maar zich ook niet verveelt. Hoe ouder het kind wordt, hoe meer de aandacht kan verschuiven naar coördinatief uitdagende vaardigheden zoals maximaal sprinten, om daarmee het neurale systeem te prikkelen tot het vinden van effectieve en efficiënte bewegingsoplossingen te vinden (zie kader op blz. 9).

### Uithoudingsvermogen

In de jaren '70 en '80 werd gedacht dat het uithoudingsvermogen nauwelijks of zelfs helemaal niet trainbaar was vóór de groeispurt.<sup>34</sup> Pas als de hormoonniveaus rond de groeispurt veranderden, zou training voor het uithoudingsvermogen effectief worden. Deze gedachtegang werd ondersteund door enkele onderzoeken en daarop gebaseerde reviews waarin geen significante verbeteringen van het uithoudingsvermogen bij jonge kinderen werden gevonden als gevolg van training.<sup>35</sup> In veel trainingsmodellen, inclusief het LTAD model, ligt de sensitieve periode voor het uithoudingsvermogen dan ook tijdens de groeispurt.<sup>13</sup>

Recenter is in verschillende onderzoeken en daarop gebaseerde meta-analyses echter aangetoond dat het uithoudingsvermogen (gemeten als de  $VO_2max$ ) wel degelijk verbeterd kan worden bij kinderen.<sup>21,35</sup> In sommige onderzoeken zijn de verbeteringen in de  $VO_2max$  groter na de groeispurt, terwijl in andere onderzoeken juist een grotere toename wordt gevonden

voor de groeispurt.<sup>3,18,20,36</sup> Armstrong et al.<sup>21</sup> vonden in hun review echter dat de toename van de  $VO_2max$  in onderzoeken waarin de trainingsintensiteit hoog genoeg was bijna hetzelfde was bij kinderen jonger dan 11 jaar (7,7%) en ouder dan 11 jaar (8,6%).

Het is overigens belangrijk om deze resultaten terughoudend te interpreteren, omdat de  $VO_2max$  lang niet alles zegt over het uithoudingsvermogen.<sup>36</sup> Zeker bij kinderen is het mogelijk dat de adaptaties vooral neuromusculair van aard zijn. Verder laten kinderen die al erg actief zijn door training mogelijk niet of nauwelijks een verdere verbetering van de  $VO_2max$  zien, maar mogelijk wel van andere parameters van het uithoudingsvermogen.<sup>21</sup>

Ondanks deze beperking is er geen duidelijk bewijs voor het bestaan van een sensitieve periode voor training van het uithoudingsvermogen.<sup>3,14,21</sup> Mogelijk dat de tegenstrijdige onderzoeksresultaten worden veroorzaakt door verschillen in beginniveau en trainingsopzet. In twee reviews werd namelijk geconcludeerd dat individuen met een lager beginniveau meer verbetering vertonen als gevolg van training.<sup>20,21</sup> Verder ontstaat er tijdens lichamelijke inspanning minder vermoeidheid bij kinderen dan bij volwassenen, omdat kinderen minder intensief kunnen bewegen. In combinatie met enkele andere fysiologische verschillen, zoals het sneller kunnen afvoeren van afvalstoffen, zorgt dit ervoor dat het herstel sneller plaatsvindt.<sup>37,38</sup> In vergelijking met adolescenten moeten kinderen daarom op een hogere intensiteit (> 85% van de maximale hartslag) en met kortere rustpauzes sporten om dezelfde trainingsadaptaties te bewerkstelligen<sup>20,21,39</sup>, al vond een recente meta-analyse dat een matige intensiteit (> 60% van de maximale hartslag) ook al voldoende was voor verbetering van de  $VO_2max$ .<sup>35</sup> Intensieve intervalinspanningen worden door kinderen vaak als leuker ervaren

en lijken meer op hun normale speelpatroon.<sup>40</sup> Omdat de adaptaties bij kinderen grotendeels neuromusculair van aard zijn, is het wellicht verstandig om de training ook met betrekking tot het uithoudingsvermogen vanuit een coördinatief oogpunt te benaderen door bijvoorbeeld de efficiëntie (running economy) van de beweging te verbeteren.

### Composite Youth Development model

Uit dit korte overzicht kunnen we concluderen dat er geen sterk bewijs is voor het bestaan van sensitieve periodes, waarin met training extra adaptaties bewerkstelligd kunnen worden. De motorische basisfuncties kunnen dus altijd getraind worden, al verschilt de effectiviteit wel per trainingmethode. In 2012 is het Youth Physical Development (YPD) model ontwikkeld en in 2015 is op basis hiervan een uitgebreider Composite Youth Development (CYD) model ontwikkeld. De auteurs van deze modellen erkennen dat er eigenlijk geen wetenschappelijk bewijs is voor het bestaan van sensitieve periodes. Daarom wordt er ook vanuit gegaan dat motorische basisfuncties altijd getraind kunnen worden, onafhankelijk van de biologische of chronologische leeftijd, al wordt er wel een nadruk gelegd op een aantal functies bij een bepaalde chronologische en biologische leeftijd (zie figuur 3).<sup>22,23</sup> Deze modellen zijn daarmee al een flinke vooruitgang ten opzichte van het LTAD model en bieden handige richtlijnen. Een nadeel van deze modellen is echter nog steeds, dat het totale bewegen (tot op zekere hoogte) wordt opgedeeld in losstaande motorische basisfuncties, die apart getraind kunnen of moeten worden. Zo wordt bij krachttraining vooral aandacht besteedt aan de toename in spierkracht, waarbij minder rekening wordt gehouden met de transfer van deze spierkracht naar de sportsituatie.



## Hoe nu verder?

De sensitieve periodes voor cognitieve functies als taal en muziek liggen vaak vroeg in de ontwikkeling. Er lijken geen sensitieve periodes te bestaan later tijdens de adolescentie, behalve voor complexere cognitieve functies zoals

worden door te variëren in de bewegingsomgeving, de bewegingstaak en de staat van het organisme (bijvoorbeeld door vermoeidheid). Op deze manier krijgt het lichaam de kans om te zoeken naar effectieve en efficiënte bewegingspatronen waarop later moei-

COMPOSITE YOUTH DEVELOPMENT (CYD) MODEL FOR MALES																						
CHRONOLOGICAL AGE (YEARS)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21+		
AGE PERIODS	EARLY CHILDHOOD				MIDDLE CHILDHOOD						ADOLESCENCE						ADULTHOOD					
MATURATIONAL STATUS	YEARS PRE-PHV										PHV						YEARS POST-PHV					
TALENT DEVELOPMENT	Investment Years				Sampling Years						Recreation Years						Specializing Years					
PSYCHO-SOCIAL DEVELOPMENT	Exploration and social interaction				Peer relationships, empowerment, self-esteem						Self-worth, self-confidence						Sport-specific psychological skills					
PHYSICAL DEVELOPMENT	← Motivation for lifetime engagement in sports and physical activity →																					
	FMS				FMS				FMS				FMS				FMS					
	SSS				SSS				SSS				SSS				SSS					
	Mobility				Mobility				Mobility				Mobility				Mobility					
	Agility				Agility				Agility				Agility				Agility					
	Speed				Speed				Speed				Speed				Speed					
	Power				Power				Power				Power				Power					
	Strength				Strength				Strength				Strength				Strength					
Hypertrophy				Hypertrophy				Hypertrophy				Hypertrophy				Hypertrophy						
Endurance & MC				Endurance & MC				Endurance & MC				Endurance & MC				Endurance & MC						

Figuur 3. Composite Youth Development model voor jongens. De lettergrootte verwijst naar het belang van het trainen van een vaardigheid. FMS = fundamentele bewegingen, MC = metabole conditionering, PHV = piek in de groeisprint, SSS = sport specifieke vaardigheden. (Overgenomen uit: Lloyd et al.<sup>23</sup>)

het geheugen en sociale processen.<sup>43,44</sup> De sensorische en motorische hersengebieden, zoals de primaire motorcortex, rijpen eerder dan veel andere hersenedelen.<sup>45,46</sup> Als er dus al sensitieve periodes voor motorische functies bestaan, dan liggen deze waarschijnlijk vroeg in de ontwikkeling. Het is belangrijk om vroeg te beginnen met het trainen van verschillende fundamentele bewegingspatronen en om daar steeds complexere vormen aan toe te voegen, zodat er optimaal gebruikt wordt gemaakt van de plasticiteit van het neurale systeem.<sup>22,47</sup> Zelfs bij driejarige kinderen zijn beweeginterventies al effectief in het verbeteren van fundamentele bewegingen.<sup>48</sup> Omdat er voor de groeisprint vooral neuromusculaire adaptaties optreden en minder structurele en fysiologische adaptaties, is het wellicht verstandig kinderen van deze leeftijd vooral coördinatief te laten trainen, gericht op het ontstaan en versterken van stabiele elementen in bewegingen (zie kader). Dit kan gedaan

lijkere bewegingspatronen 'gebouwd' kunnen worden.<sup>3,8,40,49-51</sup> In dit licht kan ook het voorkomen van vroege specialisatie worden gezien<sup>52</sup>: als een kind al vroeg in de ontwikkeling wordt gedwongen om te specialiseren in een sport zal het lichaam minder uitgedaagd worden om een breed scala aan effectieve en efficiënte bewegingspatronen te ontwikkelen. Onderzoek heeft bijvoorbeeld aangetoond dat kinderen die meer uren trainen voor één sport op coördinatie testen niet beter scoren dan kinderen die minder training uren doorbrengen in meerdere sporten.<sup>53</sup> Krachttraining met apparaten heeft een vergelijkbaar effect<sup>30</sup>: ook hier zal het lichaam minder uitgedaagd worden om zelf bewegoplossingen te vinden, waardoor er waarschijnlijk minder effectieve en efficiënte bewegingspatronen worden ontwikkeld.

## Conclusie

Vondsong is er geen sterk wetenschappelijk bewijs voor het bestaan

van sensitieve periodes voor het trainen van motorische basisfuncties tijdens de ontwikkeling van kinderen en adolescenten. Dit betekent niet dat dergelijke sensitieve periodes definitief niet bestaan, maar als ze al bestaan, dan liggen ze waarschijnlijk vroeg in de ontwikkeling.

Als het individu ouder wordt neemt het leervermogen langzaam af. Het is daarom belangrijk om vroeg in de ontwikkeling de nadruk te leggen op het ontwikkelen van fundamentele motorische vaardigheden waarop later complexere vaardigheden 'gebouwd' kunnen worden. De jonge sporter moet bij voorkeur met veel bewegingsvormen in aanraking komen om optimale bewegingspatronen te ontwikkelen. Een coördinatief en bewegingsaanpak waar bij getraind wordt op het vinden van stabiele elementen (attractors) binnen een beweging werkt hierbij mogelijk beter dan een aanpak die puur focust op het geïsoleerd trainen van motorische basisfuncties. Tot slot moet plezier in het bewegen altijd centraal staan bij het trainen van kinderen, dus met voldoende uitdaging om verveling te vermijden en voldoende succes om angst te voorkomen.

## Referenties

1. Viru A et al. (1999). Critical periods in the development of performance capacity during childhood and adolescence. *European Journal of Physical Education*, 4 (1), 75-119.
2. Low LK & Cheng HJ (2006). Axon pruning: an essential step underlying the developmental plasticity of neuronal connections. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B - Biological Sciences*, 361 (1473), 1531-1544.
3. Bailey R et al. (2010). Participant development in sport: An academic review. *Sports Coach UK*, 4, 1-134.
4. Quatman-Yates CC et al. (2012). A systematic review of sensorimotor function during adolescence: a developmental stage of increased motor awkwardness? *British Journal of Sports Medicine*, 46 (9), 649-655.
5. Legerlotz K et al. (2016). Physiological adaptations following resistance training in youth athletes - A narrative review. *Pediatric Exercise Science*, 28 (4), 1-39.
6. Vertes PE & Bullmore ET (2015). Annual

research review: Growth connectomics – the organization and reorganization of brain networks during normal and abnormal development. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 56 (3), 299-320.

7. Collin G & Heuvel MP van den (2013). The ontogeny of the human connectome: development and dynamic changes of brain connectivity across the life span. *Neuroscientist*, 19 (6), 616-628.

8. Knudsen EI (2004). Sensitive periods in the development of the brain and behavior. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16 (8), 1412-1425.

9. Balari S & Lorenzo G (2015). Should it stay or should it go? A critical reflection on the critical period for language. *Biolinguistics*, 9, 008-042.

10. Steele CJ et al. (2013). Early musical training and white-matter plasticity in the corpus callosum: evidence for a sensitive period. *Journal of Neuroscience*, 33 (3), 1282-1290.

11. Penhune VB (2011). Sensitive periods in human development: evidence from musical training. *Cortex*, 47 (9), 1126-1137.

12. Bailey JA & Penhune VB (2013). The relationship between the age of onset of musical training and rhythm synchronization performance: validation of sensitive period effects. *Frontiers of Neuroscience*, 7, 227.

13. Balyi I et al. (2005). Long term athlete development resource paper v2. Canadian Sport Centres, Vancouver, BC.

14. Ford P et al. (2012). Participant development in sport and physical activity: The impact of biological maturation. *European Journal of Sport Science*, 12 (6), 515-526.

15. Bloom BS & Sosniak LA (1985). *Developing talent in young people*. New York: Ballantine Books.

16. Côté J (1999). The influence of the family in the development of talent in sport. *Sport Psychology*, 13, 395-417.

17. Lloyd RS et al. (2014). Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 48 (7), 498-505.

18. Ford P et al. (2011). The long-term athlete development model: physiological evidence and application. *Journal of Sports Sciences*, 29 (4), 389-402.

19. Institute CS (2014). Canadian Sport for Life – Long-Term Athlete Development Resource Paper 2.0.

20. Baquet G et al. (2003). Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Medicine*, 33 (15), 1127-1143.

21. Armstrong N & Barker AR (2011). Endurance training and elite young athletes. In: Armstrong N & McManus AM (eds.), *The Elite Young Athlete*, pp. 59-83. Basel: Karger.

22. Lloyd RS & Oliver JL (2012). The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength & Conditioning Journal*, 34 (3), 61-72.

23. Lloyd RS et al. (2015). Long-term athletic development – part I: a pathway for all youth. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29 (5), 1439-1450.

24. Moran J et al. (2016). A meta-analysis of

maturation-related variation in adolescent boy athletes' adaptations to short-term resistance training. *Journal of Sports Sciences*, 1-11.

25. Behringer M et al. (2011). Effects of strength training on motor performance skills in children and adolescents: a meta-analysis. *Pediatric Exercise Science*, 23 (2), 186-206.

26. Faigenbaum AD et al. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the National Strength and Conditioning Association. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23 (5 Suppl), S60-79.

27. Faigenbaum AD & Myer GD (2010). Resistance training among young athletes: safety, efficacy and injury prevention effects. *British Journal of Sports Medicine*, 44 (1), 56-63.

28. Lloyd R et al. (2012). UKSCA position statement: Youth resistance training. *Professional Strength and Conditioning*, 26, 26-39.

29. Payne VG et al. (1997). Resistance training in children and youth: a meta-analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68 (1), 80-88.

30. Lesinski M et al. (2016). Effects and dose-response relationships of resistance training on physical performance in youth athletes: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50 (13), 781-795.

31. Oliver JL et al. (2013). Developing speed throughout childhood and adolescence: The role of growth, maturation and training. *Strength & Conditioning Journal*, 35 (3), 42-48.

32. Rumpf MC et al. (2012). Effect of different training methods on running sprint times in male youth. *Pediatric Exercise Science*, 24 (2), 170-186.

33. Moran J et al. (2016). Variation in responses to sprint training in male youth athletes: A meta-analysis. *International Journal of Sports Medicine*, Epub ahead of print.

34. Katch VL (1983). Physical conditioning of children. *Journal of Adolescent Health Care*, 3 (4), 241-246.

35. Carazo-Vargas P & Moncada-Jiménez J (2015). A meta-analysis on the effects of exercise training on the VO<sub>2</sub>max in children and adolescents. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 27, 184-187.

36. Matos N & Winsley RJ (2007). Trainability of young athletes and overtraining. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6 (3), 353-367.

37. Armstrong N et al. (2015). Muscle metabolism changes with age and maturation: How do they relate to youth sport performance? *British Journal of Sports Medicine*, 49 (13), 860-864.

38. Ratel S et al. (2006). Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. *Sports Medicine*, 36 (12), 1031-1065.

39. Oliver JL et al. (2011). Training elite child athletes: Promoting welfare and well-being. *Strength & Conditioning Journal*, 33 (4), 73-79.

40. Myer GD et al. (2015). Sixty minutes of what? A developing brain perspective for activating children with an integrative exercise approach. *British Journal of Sports Medicine*, 49 (23), 1510-1516.

41. Ford KR et al. (2010). Longitudinal sex differences during landing in knee abduction in

young athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42 (10), 1923-1931.

42. Myer GD et al. (2013). The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 41 (1), 203-215.

43. Fuhrmann D et al. (2015). Adolescence as a sensitive period of brain development. *Trends in Cognitive Sciences*, 19 (10), 558-566.

44. Dumontheil I (2016). Adolescent brain development. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 10, 39-44.

45. Gogtay N et al. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 101 (21), 8174-8179.

46. Shaw P et al. (2008). Neurodevelopmental trajectories of the human cerebral cortex. *Journal of Neuroscience*, 28 (14), 3586-3594.

47. Lloyd RS et al. (2013). Considerations for the development of agility during childhood and adolescence. *Strength & Conditioning Journal*, 35 (3), 2-11.

48. Veldman SLC et al. (2016). Efficacy of gross motor skill interventions in young children: an updated systematic review. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 2 (1).

49. Gallahue DL & Ozmun JC (2011). *Understanding motor development: infants, children, adolescents, adults*. McGraw-Hill Humanities, Social Sciences & World Languages.

50. Stiles J & Jernigan TL (2010). The basics of brain development. *Neuropsychology Review*, 20 (4), 327-348.

51. Myer GD et al. (2011). When to initiate integrative neuromuscular training to reduce sports-related injuries in youth? *Current Sports Medicine Reports*, 10 (3), 155.

52. Lloyd RS et al. (2016). National Strength and Conditioning Association position statement on Long-Term Athletic Development. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30 (6), 1491-1509.

53. Franssen J et al. (2012). Differences in physical fitness and gross motor coordination in boys aged 6-12 years specializing in one versus sampling more than one sport. *Journal of Sports Sciences*, 30 (4), 379-386.

#### Over de auteur

Bas Van Hooren heeft zijn bachelor behaald aan Fontys Sporthogeschool en zijn master bewegingswetenschappen aan de Universiteit van Maastricht. Hij is op freelance basis werkzaam als sportwetenschappelijk adviseur, fysieke trainer voor topsporters en topsporttalenten en is hij vaste medewerker van *Sportgericht*.

E-mail: [basvanhooren@hotmail.com](mailto:basvanhooren@hotmail.com)