

Turnen is een high impact sport met veel harde klappen op het lichaam door afzetten en landingen op vloer, balk en sprong. Vroeger traiden prepuberale meisjes al 30 uur per week op turntoestellen voor senioren. Deze trainingen waren veelal gericht op presteren tijdens aankomende wedstrijden. Voor presteren op langere termijn is echter een zachtere aanpak nodig. Wat zijn de mogelijkheden?

Verminderen van piekkrachten in de turnsport

Op zoek naar nieuwe wegen

**Stefan van Meurs,
Maurice Aarts &
Martin Nijkamp**

Gevolg van de klassieke aanpak was dat Nederlandse turnsters op een leeftijd van 13-14 jaar al heel goed waren. Regelmatig won de Nederlandse ploeg tijdens evenementen als het Europees Jeugd Olympisch Festival (EJOF) of het Jeugd EK een bronzen medaille, achter Rusland en Roemenië. Veelbelovend, zo leek het. Maar als je later terugkeek, bleek dit al de piek te zijn geweest in de topsportcarrière van deze turnsters. Door de vele harde piekmomenten veroorzaakte 'blessuretjes' gingen opspelen en niet meer weg, totdat de turnsters uiteindelijk helemaal stopten met hun sport.

Omslag

Een omslag in de aanpak bleek nodig. Weliswaar is vroegtijdige complexe motorische scholing in een vroege specialisatiesport als turnen een gegeven, maar omvangrijk trainen in harde toestelsituaties ten behoeve van wedstrijdresultaten op korte termijn is dat niet. Liever wat minder 'harde' trainingen en meer scholing en ontwikkeling in 'zachte' methodische situaties: op trampolines, met gordels en valkuilen. 'Soft turnen' dus (zie kader). Gezonder voor het lichaam, leuker voor de turnsters en uiteindelijk leidend tot een hoger prestatieniveau op seniorleeftijd.

Blessurepreventie

Het opbouwen van een hoge botdichtheid, die op latere leeftijd beschermt tegen osteoporose, is een van de voordelen van hoge impactkrachten tijdens prestatiesporten.¹ Deze hoge impactkrachten gaan echter ook gepaard met een verhoogd risico op blessures. Deze blessures kunnen zorgen voor een verhoogd risico op aandoeningen aan het spier-skeletstelsel en een afname van het prestatieniveau.² Het verlagen van het blessurerisico is daarom wenselijk in elke sportdiscipline.

Vierstappenmodel

Voor het ontwikkelen en evalueren van strategieën voor het verminderen van sportblessures wordt veelvuldig het vierstappenmodel van Van Mechelen et al.³ (zie figuur 1) gebruikt.^{4,5} Dit model geeft aan dat het voorkomen van sportblessures begint met het onderzoeken van het letsel in een bepaalde populatie (zie figuur 1 - stap A). De omvang van het blessureprobleem wordt weergegeven door een combinatie van de incidentie en de ernst ('severity') van de blessure. De *incidentie* is het aantal nieuwe blessures per tijdsduur. De *ernst* van de bles-

suren kan worden bepaald aan de hand van:

1. de aard van de blessure;
2. de duur van de blessure;
3. de verloren sporttijd (trainingen en wedstrijden);
4. de verloren werktijd (als de sporter door de blessure geheel of gedeeltelijk arbeidsongeschikt is);
5. permanente schade;
6. de kosten (o.a. voor medische en paramedische behandeling).

Nadat de omvang van het blessureprobleem is vastgesteld, moeten de ontstaansmechanismen en risicofactoren worden geïdentificeerd (stap B). Dit leidt vervolgens tot de ontwikkeling en validatie van strategieën voor letselpreventie (stap C). Tot slot dienen deze strategieën geëvalueerd te worden door het letsel in dezelfde populatie opnieuw te onderzoeken (stap D).

Bewustwording

In dit artikel wordt het model toegepast voor het ontwikkelen van een strategie voor blessurepreventie in de turnsport. We zullen ons hierbij in eerste instantie richten op de vrouwelijke gymnast. Het omgaan met de hoge piekkrachten

'Soft turnen'

Om de kinderlichamen te ontzien richt de Koninklijke Nederlandse Gymnastiek Unie (KNGU) zich sinds 2011 op de transitie van high impact naar meer low impact turnen. Wedstrijdregels voor turnsters tot 12 jaar veranderden en zachtere turntoestellen en -materialen deden hun intrede, zoals een zachtere balk, dempende matjes en een springtramp in plaats van de keiharde springplank. Het 'soft turnen' was geboren. Kernvraag bij het verder ontwikkelen van deze aanpak is steeds: hoe kunnen we de turnsport - maar ook andere prestatiesporten waarin hoge impactkrachten veel voorkomen - veilig(er) en verantwoord(er) maken voor jonge sporters?

die zich in de explosief-dynamische turnsport voordoen, is met name voor jeugdige turnsters problematisch. Door het onvolgroeide skelet heeft deze doelgroep bijvoorbeeld een verhoogd risico op groeischijsproblematiek.⁶⁻⁸

De ambitie van dit artikel is niet om een gouden standaard voor blessurepreventie bij explosief-dynamische sporten voor te schrijven, maar wel het creëren van bewustwording over de mogelijkheden, afwegingen en nieuwe wegen die ingeslagen zouden kunnen worden.

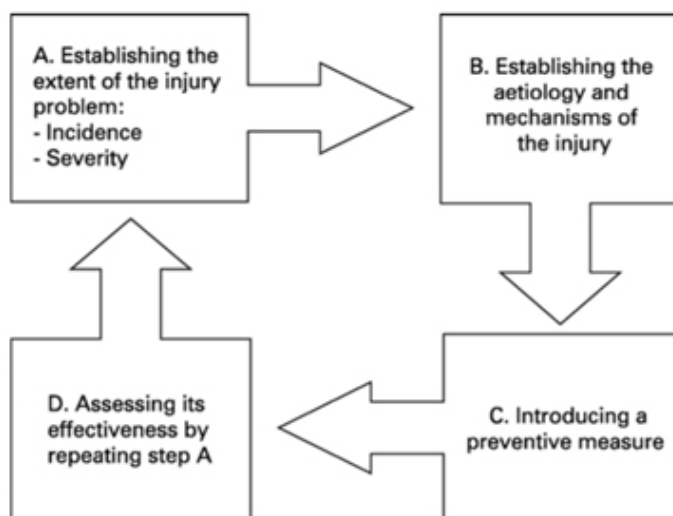
Incidentie en ernst

Richardson et al.⁹ (2017) beschreven

bij turnsters van het CTO Amsterdam een incidentie van 5,1 blessures per 1000 uur. Deze cijfers zijn echter gebaseerd op slechts 15 Nederlandse turnsters (leeftijd 14,0 ± 2,8 jaar), die gedurende één seizoen zijn gevolgd. In een literatuurstudie van Campbell et al.¹⁰ (2019) is aan de hand van 22 onderzoeken de incidentie bepaald bij wedstrijdturn(st)ers van verschillende niveaus. Deze varieert tussen de 1,0 en 3,7 blessures per gymnast per 1000 uur en is daarmee dus aanzienlijk lager dan volgens Richardson et al.⁹. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat het aantal geregistreerde blessures afhangt van de gehanteerde definitie van een blessure. Het grootste deel van de studies die door Campbell et al.¹⁰ werden geanalyseerd, gebruikten het missen of aanpassen van de training als blessuredefinitie, terwijl Richardson et al.⁹ zich baseren op een somscore van vier subjectieve beoordelingen.

De duur van de blessures is, gebaseerd op turners en turnsters, in 61% van de gevallen korter dan 7 dagen, terwijl 31% van de gevallen 8 tot 28 dagen duurt en slechts 8% langer dan 28 dagen.¹⁰

De meeste blessures bij de turnsters van het CTO Amsterdam⁹ kwamen voor aan de knie en de hiel. Campbell et al.¹⁰ concluderen dat de meeste blessures bij turnsters voorkomen aan het onderlichaam, terwijl in het turnen voor mannen de meeste blessures aan het boven-



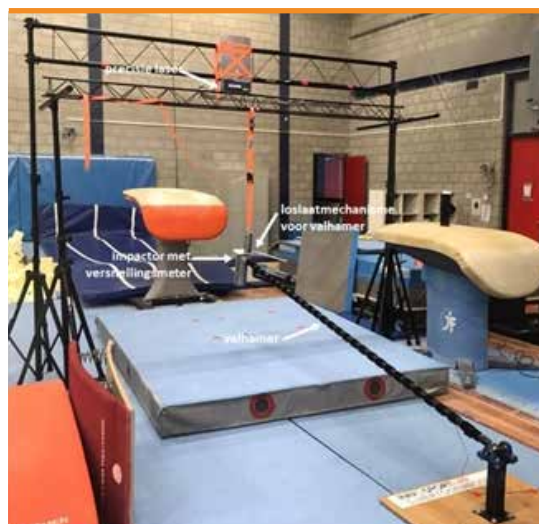
Figuur 1 | Vierstappenmodel van Van Mechelen et al.³ voor de aanpak van sportblessures. Zie tekst voor nadere toelichting.

lichaam plaatsvinden. Dit laatste is te verklaren door de verschillende toestellen voor beide groepen. Bij turnsters wordt op drie van de vier toestellen (balk, sprong en vloer) het onderlichaam het meest belast, terwijl bij turners juist het bovenlichaam op vier van de zes toestellen (brug, rekstok, ringen en voltige) het meeste te verduren krijgt. Het aantal hielblessures bij turnsters is dubbel zo hoog in vergelijking met basketbal of voetbal.⁹ Het onderlichaam verdient daarom aandacht bij het ontwikkelen van strategieën voor blessurepreventie bij turnsters. Bij turners zal de aandacht juist meer op het bovenlichaam moeten liggen. Het vinden van een passende preventiestrategie is afhankelijk van de aard van de sport en kan verschillen tussen groepen. In de turnsport blijkt onder meer het geslacht van invloed te zijn, maar mogelijk zijn in diverse sporten andere variabelen bepalend. Afhankelijk van de sportdiscipline dient daarom inzicht te worden verkregen in de factoren die het blessurerisico bepalen, om

gerichte preventiestrategieën te ontwikkelen en implementeren.

Krachtinwerking tijdens turnen

Turners worden tijdens trainingen en wedstrijden blootgesteld aan hoge krachten. Zo is de gemiddelde grondreactiekracht 2,4 keer het lichaamsgewicht tijdens de flik-flak¹¹ en kan de maximale grondreactiekracht oplopen tot 7,9 keer het lichaamsgewicht tijdens een *drop landing* of *rebound jump* bij bijvoorbeeld het onderdeel vloer.¹² Op deze manier kan de fysieke belasting die een turner kan verdragen overschreden worden, leidend tot overbelasting en een verhoogd blessurerisico. De meest voorkomende oorzaak voor het ontstaan van turnblessures is oppervlaktecontact.¹⁰ Gezien de hoge impactkrachten, zoals we eerder zagen, is dit niet verrassend.

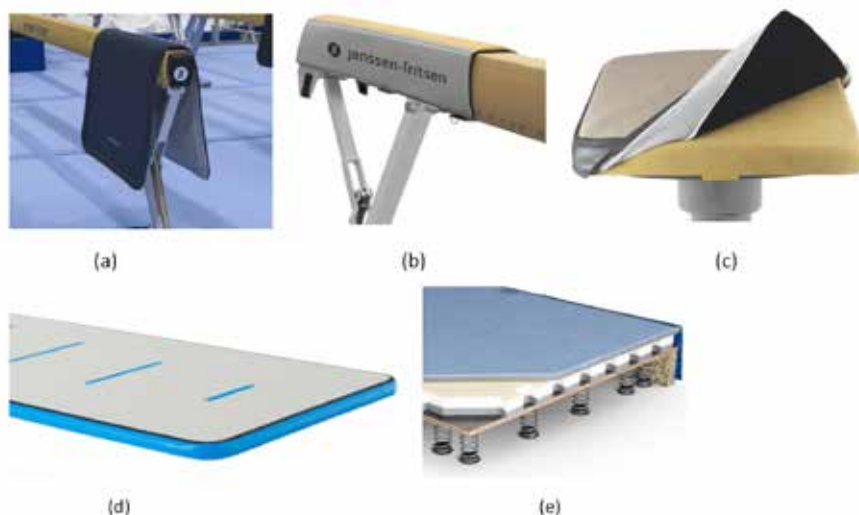


Figuur 3 | Meetopstelling van het valhamermeetstelsel met precisielaser (voor het controleren van de valsnelheid), impactor met versnellingsmeter en loslaatmechanisme voor het identiek en gecontroleerd laten vallen van de valhamer.

Het hoogste letselperscentage wordt gevonden bij het landen van een oefening. Omdat elke oefening minimaal één landing bevat (afsprong), ligt het voor de hand om dit onderdeel te includeren bij het ontwikkelen van een blessurepreventiestrategie in de turnsport. Niet voor niets vinden de meeste blessures plaats bij het onderdeel vloer¹⁰, waarschijnlijk door het grote aantal contactmomenten tijdens het afzetten en landen van sprongen. Door de hoge impactkrachten en het grote aantal contactmomenten tijdens turnen lijkt het reduceren van de impactkracht een passende strategie om de incidentie en ernst van turnblessures te verlagen. Bij het ontwikkelen van een strategie lijkt het belangrijk om zowel de verschillende fases van de oefening (zoals de afsprong) als de verschillende toestellen te betrekken.

Preventieve strategie

Zoals eerder beschreven ontwikkelt de KNGU sinds 2011 het concept 'soft turnen' om de incidentie en ernst van turnblessures terug te dringen. Hierbij wordt getracht de



Figuur 2 | Voorbeelden van dempende turnmaterialen die veel worden gebruikt in de trainingspraktijk en waarvan de dempingswaarde is onderzocht: (a) multimat, (b) beschermpadding voor evenwichtsbalk, (c) trainingsdek voor de Pegasas, (d) Airfloor 10 cm en (e) Apollo Antwerp turnvloer.

fysieke belasting in de jonge leeftijdscategorieën te reduceren door wedstrijdregels voor turnsters tot 12 jaar te veranderen ('geen dubbele salto's meer op vloer in wedstrijden') en te trainen met zachtere/dempende turntoestellen en -materialen. Omdat het onduidelijk is wat de dempingswaarde van veelgebruikte turnmaterialen of nieuwe turntoestellen is, zijn door het InnoSportLab 's-Hertogenbosch (ISLDB) in samenwerking met de KNGU en de turnmateriaal- en toestelfabrikanten Janssen-Fritsen en Airtrack Factory, meerdere impactonderzoeken uitgevoerd om de dempingswaarde vast te stellen (zie figuur 2).

De maximale impactkracht (F_{max}) werd gemeten door het gecontroleerd laten vallen van een valhamermeetsysteem, waarin een bekend valgewicht (impactor) met daarin een geavanceerde versnellingsmeter op een materiaal valt (zie figuur 3). Hierbij werd met een precisielaser de exacte impactsnelheid op het moment van contact gemeten. F_{max} was hierbij gedefinieerd als de hoogste kracht (in Newton) die werd uitgeoefend op het contactoppervlak en werd gemeten en vergeleken op verschillende turntoestellen met en zonder dempende materialen. De afname in F_{max} kon worden toegeschreven aan de dempende materialen. Naast F_{max} werden de maximale indrukking (Def_{max}) en de maximale terugkaatsing (Reb_{max}) gemeten, gedefinieerd als de grootste verplaatsing (in centimeters) van de impactor respectievelijk onder (indrukking) en boven (terugkaatsing) een gekalibreerd contactoppervlak. Airtrack vloerbanen worden in trainingen veel gebruikt voor het oefenen van sprongseries. Uit de resultaten (zie figuur 4) kon worden geconcludeerd dat het gebruik van een Airtrack vloerbaan van 10 cm dikte - die tijdens het onderzoek werd opgeblazen tot een druk van respectievelijk 155, 205 en 245 millibar (mbar) - leidde tot een gemiddelde afname van de F_{max} van respectie-

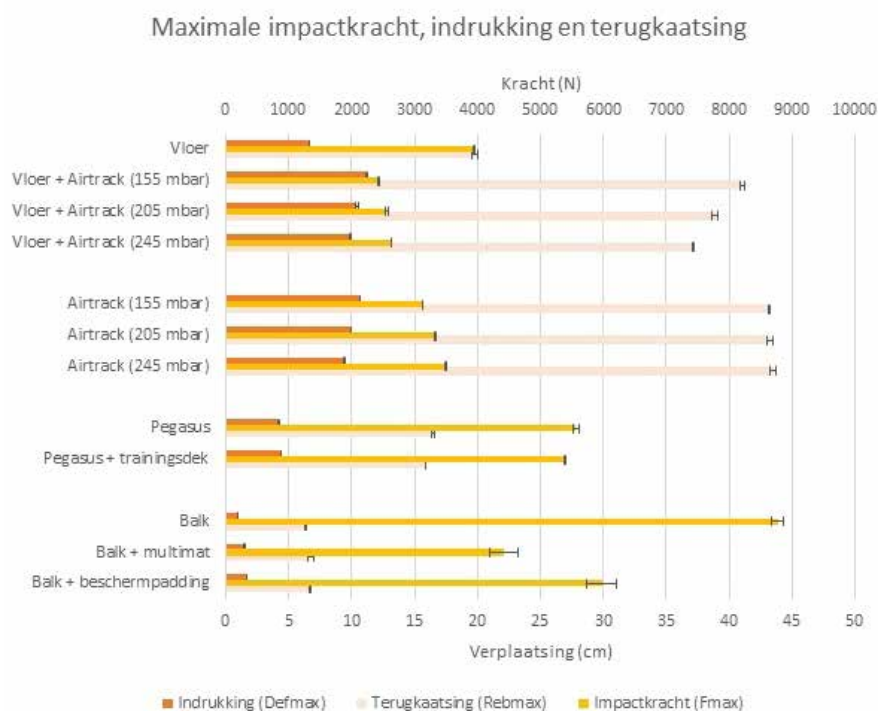
velijk 824 N (21%), 611 N (15%) en 450 N (11%) ten opzichte van de in turnwedstrijden veelgebruikte turnvloer (Apollo Antwerp). Als de Airtrack baan met de drie drukken (155, 205 en 245 mbar) bovenop de turnvloer werd gelegd, nam de F_{max} zelfs nog meer af: respectievelijk 1512 N (38%), 1392 N (35%) en 1320 N (33%) ten opzichte van de turnvloer. In beide situaties ('Airtrack' en 'Vloer+Airtrack') werd de afname van F_{max} kleiner als de Airtrack harder werd opgeblazen. Reb_{max} was voor alle situaties met de Airtrack baan beduidend groter (ongeveer het dubbele) ten opzichte van Reb_{max} van alleen de turnvloer (zie figuur 4).

Een trainingsdek dat om het standaarddek van het springtoestel Pegasus werd bevestigd, liet slechts een kleine afname in F_{max} van 159 N (3%) zien. Een vergelijkbaar resultaat werd gevonden voor een multimat op de vloer: een gemiddelde afname in F_{max} van 172 N (4%) ten opzichte van alleen de vloer. Er is bij gebruik van

deze materialen dus weliswaar sprake van een afname in F_{max} , maar deze is minimaal en naar alle waarschijnlijkheid niet praktisch relevant.

Wanneer een multimat of een beschermpadding werd gebruikt op de evenwichtsbalk bedroeg de gemiddelde afname in F_{max} respectievelijk 4426 N (50%) en 2893 N (33%). Gebruik van deze dempende materialen op de evenwichtsbalk zorgden dus wel voor een behoorlijke afname van F_{max} en daarmee de externe belasting op de turnster.

Op basis van de resultaten uit dit dempingsonderzoek kan worden geconcludeerd dat het gebruik van dempende materialen zorgt voor een afname in F_{max} , maar dat de grootte van deze afname sterk varieert, afhankelijk van het toestel en de eigenschappen van de dempende materialen. Ondanks de gevonden variatie in demping lijkt het gebruik van dempende materialen in algemene zin een effectieve strategie te zijn voor het reduceren van F_{max} bij turnen.



Figuur 4 | Gemiddelde (\pm standaarddeviatie) van de maximale impactkracht (F_{max}), indrukking (Def_{max}) en terugkaatsing (Reb_{max}) van verschillende turntoestellen met of zonder dempende materialen.

Zoeken naar nieuwe wegen

Het is duidelijk geworden dat het gebruik van dempende materialen in de turnsport de F_{max} kan reduceren. Het implementeren van nieuwe strategieën in de trainings- en wedstrijdpraktijk is echter niet altijd eenvoudig. Hieronder schetsen we een aantal afwegingen.

Gebruik van aanvullende dempende materialen

Hoge impactkrachten in de turnsport resulteren enerzijds in een verhoogd risico op groeischrijfblessures⁶, maar zorgen anderzijds voor een toename van de botdichtheid.¹⁴ Deze positieve adaptatie van het spier-skeletstelsel wordt mogelijk verminderd door gebruik van dempende materialen tijdens turntrainingen. Dit lijkt op het eerste gezicht echter geen doorslaggevend nadeel van een zachtere aanpak, omdat deze zou moeten leiden tot minder blessures en omdat door de dempende materialen een lagere botdichtheid volstaat.

Een andere afweging betreft de effecten van dempende materialen op de motorische aspecten van een oefening. De specificiteit van de training is minder, omdat de trainingsvorm verschilt van de wedstrijd situatie. De transfer van trainingsresultaten (met dempende materialen) naar prestatieverbetering in de wedstrijd situatie (zonder dempende materialen) zou onder druk kunnen komen. Er dient zich dus een tweestrijd aan tussen enerzijds het reduceren van de belasting en anderzijds het behoud van specificiteit. Van balkspecialiste Sanne Wevers (Olympisch kampioen in 2016) is bijvoorbeeld bekend dat zij - vanwege de veelheid aan pirouettes in haar balkoefening - geen fan is van een (te) zachte evenwichtsbalk. Aan de andere kant is men in de afgelopen decennia in de sportwetenschap en de trainingsleer genuanceerder gaan denken over specificiteit van training. Het toepassen van variatie in de hardheid van materialen zou prima kunnen passen in moderne

theorieën over motorisch leren¹⁵ (o.a. differentieel leren): de turn(st)er leert meer als zijn of haar motorische controlesysteem steeds wordt verrast, uitgedaagd en geprikkeld door een steeds iets andere context. Dit kan uiteindelijk ook de prestatie in de wedstrijd specifieke context verbeteren. Als je variatie kunt realiseren door ingrepen (met dempende materialen) die ook het aantal blessures doen afnemen, ontstaat een klassieke win-win situatie.

Een laatste gedachte: het implementeren van dempende materialen in de trainingssituatie is relatief eenvoudig en wordt (in de turnsport) ook veel gedaan. Maar als dempende materialen niet ook in de wedstrijd situatie worden toegestaan, neemt het risico op overbelasting in de wedstrijd situatie mogelijk juist toe.

Innovaties van sporttoestellen en -materialen

Gezien het bovenstaande ligt het voor de hand dat toestelfabrikanten door innovaties nieuwe of verbeterde sporttoestellen en -materialen gaan ontwikkelen, die minder piekkrachten toelaten en in wedstrijden toegepast

mogen worden. Een mooi voorbeeld (zie foto) van zo'n verbeterd turntoestel is de recent ontwikkelde Soft Touch wedstrijd evenwichtsbalk.¹⁶ Deze balk dempt door het toepassen van nieuwe materialen en een nieuw ontwerp de F_{max} aanzienlijk bij sprongen op de balk, terwijl de gewenste stabiliteit van het contactoppervlak (van belang voor de stabiliteit op de balk) intact blijft. Een zachte schokdemping met een stabiele toplaag dus. Omdat deze balk voldoet aan de strenge certificeringseisen voor maximale impactkracht, indrukking en terugkaatsing van de internationale gymnastiek federatie (FIG) was implementatie in zowel de wedstrijd als trainingssituatie een quick win. De vraag blijft echter of voor de toekomst nieuwe materiaalnormen niet nog meer winst kunnen opleveren voor het verlagen van blessurerisico's. Er zijn bijvoorbeeld veel ontwikkelingen gaande rondom luchtgevulde ('air') materialen binnen de gymnastische sporten. Vergelijkbare overwegingen spelen mogelijk ook bij andere high impact sporten een rol, zoals bijvoorbeeld bij atletiek, waar de hardheid van de baan per onder-



TeamNL turnster Eythora Thorsdottir op de nieuwe Soft Touch balk tijdens een wedstrijd. Foto: Carolien Visser | Dutch Gymnastics.

deel (sprint versus lange afstand) en situatie (training versus wedstrijd) zou kunnen worden aangepast.

Aanpassing van wedstrijdreglementen

Aanpassingen in de wedstrijd situatie kunnen dus plaatsvinden door innovaties van sporttoestellen en -materialen, maar ook door aanpassing van de wedstrijdreglementen. Om de trainings- en wedstrijdbelastings meer af te stemmen op de fysieke groei- en ontwikkelings-eigenschappen van (met name) jonge turnsters, zit de KNGU op dit moment in zo'n transitie. De leeftijd waarop turnsters senior worden, wordt twee jaar opgeschoven.¹⁷ Hiermee krijgen zij twee jaar meer ontwikkeltijd (van 16 naar 18 jaar) en wordt de seniorleeftijd ook gelijk getrokken met die van de mannen. Voor een complexe vroege specialisatiesport als turnen is dit erg belangrijk, omdat hiermee een geleidelijker opleidingstraject voor turnsters kan ontstaan, met minder (prestatie)druk op de korte termijn. Een positieve ontwikkeling, die mede gevoed wordt door de vernieuwing van de pedagogische visie van de KNGU.

Trainingsinhoudelijke aanpassingen

Een mogelijke oplossing voor het verminderen van de invloed van

piekkrachten kan ook dicht bij huis gevonden worden, door het hanteren van een 'graded exercise' aanpak van de trainingen. Daarbij worden in de periodisering trainingsinhoudelijke aanpassingen gedaan waarbij - afgestemd op leeftijd, verwerkingsvermogen en niveau van de sporter - geleidelijk het percentage 'zacht trainen' (met demping) afgebouwd wordt ten faveure van een geleidelijk toenemend percentage 'hard trainen' (zonder demping, gelijkend op de wedstrijd situatie).

Conclusie

Het vierstappenmodel van Van Mechelen et al.³ biedt houvast om blessurepreventieprogramma's in de sportpraktijk te ontwerpen en implementeren. Een mogelijke oplossing voor het verminderen van

de piekkrachten in de turnsport, om blessurerisico's bij jonge turnsters te verlagen, zou het verdergaand implementeren van het concept 'soft turnen' kunnen zijn, zowel in de trainings- als wedstrijd situatie. De introductie van de Soft Touch evenwichtsbalk is daarvan een mooi voorbeeld, omdat er bij dit toestel geen afname is van specificiteit en transfer van de training. Mogelijk is dit een voorbode van een verdere, structurele verandering van de turnsport, door aanpassing van de wedstrijdreglementen en de daarin toegestane turntoestellen en -materialen. Belangrijk is ook om na een interventie de incidentie en ernst van blessures opnieuw te onderzoeken, om zo het blessurepreventieprogramma te evalueren en waar nodig bij te stellen.

Over de auteurs

Stefan van Meurs is eigenaar van Performance Peaks (www.performancepeaks.nl) en als bewegingswetenschapper/data-analist werkzaam voor InnoSportLab 's-Hertogenbosch – Innovatie in gymnastische sporten.

Maurice Aarts is bewegingswetenschapper/labmanager van InnoSportLab 's-Hertogenbosch – Innovatie in gymnastische sporten (www.isldb.nl) en is daarnaast hogeschooldocent Bewegingswetenschappen bij de opleidingen ALO en Sportkunde van Fontys Sporthogeschool Eindhoven.

Martin Nijkamp is fysiotherapeut en productmanager Talentontwikkeling Turnen Dames voor de Koninklijke Nederlandse Gymnastiek Unie | Dutch Gymnastics (www.dutchgymnastics.nl).

1. Weaver CM et al. (2016). The National Osteoporosis Foundation's position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations. *Osteoporosis International*, 27 (4), 1281-1386.
2. Bradshaw EJ & Hume PA (2012). Biomechanical approaches to identify and quantify injury mechanisms and risk factors in women's artistic gymnastics. *Sports Biomechanics*, 11 (3), 324-341.
3. Mechelen W van, Hlobil H & Kemper HC (1992). Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. A review of concepts. *Sports Medicine*, 14 (2), 82-99.
4. Emery CA & Pasanen K (2019). Current trends in sport injury prevention. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 33 (1), 3-15.
5. Gouttebarger V et al. (2017). VolleyVeilig. Ontwikkeling en uitvoerbaarheid van een interventie ter preventie van volleybalblessures. *Sportgericht*, 71 (5), 16-19.
6. DiFiori JP, Caine DJ & Malina RM (2006). Wrist pain, distal radial physeal injury, and ulnar variance in the young gymnast. *American Journal of Sports Medicine*, 34 (5), 840-849.
7. Guerra MRV et al. (2016). Frequency of wrist growth plate injury in young gymnasts at a training center. *Acta Ortopedica Brasileira*, 24 (4), 204-207.
8. Kraan RB et al. (2019). Damage of the distal radial physis in young gymnasts: can three-dimensional assessment of physeal volume on MRI serve as a biomarker? *European Radiology*, 29 (11), 6364-6371.
9. Richardson A et al. (2017). High prevalence of self-reported injuries and illnesses in talented female athletes. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 3 (1), e000199.

10. Campbell RA et al. (2019). Injury epidemiology and risk factors in competitive artistic gymnasts: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 53 (17), 1056-1069.

11. Koh TJ, Grabner MD & Weiker GG (1992). Technique and ground reaction forces in the back handspring. *American Journal of Sports Medicine*, 20 (1), 61-66.

12. Simons C & Bradshaw EJ (2016). Do accelerometers mounted on the back provide a good estimate of impact loads in jumping and landing tasks? *Sports Biomechanics*, 15 (1), 76-88.

13. Brüggemann GP (2008). Biomechanical and biological limits in artistic gymnastics. *XXIV International Symposium on Biomechanics in Sports* (2005, Beijing, China), 15-24.

14. Faulkner R et al. (2003). Strength indices of the proximal femur and shaft in prepubertal female gymnasts. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35 (3), 513-518.

15. Beek PJ (2011). Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining. Motorisch leren: het belang van random variaties in de uitvoering (deel 5). *Sportgericht*, 65 (6), 30-35.

16. Janssen-Fritsen (2020). *Wedstrijdevenwichtsbalk 'Soft Touch'*, te raadplegen via <https://www.janssen-fritsen.nl/product-detail/evenwichtsbalk-soft-touch/>.

17. Koninklijke Nederlandse Gymnastiek Unie (2020). *Wedstrijdsysteem en oefenstof 2021 en verder*, te raadplegen via <https://dutchgymnastics.nl/trainers-en-coaches/wedstrijdzaken/wedstrijdsysteem-en-oefenstof-2021-en-verder>.