

Full-contact vechtsporten en de effecten op de hersenen van kinderen en jongeren



Juni 2020

Lot Verburgh
Keri Mans

Over de auteurs

Dr. Lot Verburgh is gepromoveerd aan de Vrije Universiteit Amsterdam en is gespecialiseerd in de relatie tussen sport en de hersenen van kinderen en jongeren. Daarnaast werkte zij als onderzoeker en adviseur op het gebied van hersenletsel bij o.a. Ajax en de KNVB. Momenteel is Lot werkzaam in de gezondheidszorg bij adviesbureau Turner.

Keri Mans (Msc.) is afgestudeerd in de cognitieve neuropsychologie aan de Vrije Universiteit Amsterdam en werkt momenteel als onderzoeker voor het Imperial College Londen en als psycholoog

INHOUD

1. INLEIDING	4
2. POSITIEVE EFFECTEN VAN (VECHT)SPORT OP LICHAMELIJK, COGNITIEF EN SOCIAAL FUNCTIONEREN VAN KINDEREN EN JONGEREN	6
3. HET BEOEFENEN VAN CONTACTSPORT EN SPORT-GERELATEERD HERSENLETSEL	8
4. DE GEVOLGEN VAN SPORT-GERELATEERD HERSENLETSEL OP KORTE EN LANGE TERMIJN BIJ FULL-CONTACT SPORTERS	10
4.1 Full-contact vechtsporten en de effecten op de hersenen van volwassenen	11
4.2 Full-contact vechtsporten en de effecten op de hersenen van kinderen en jongeren	13
4.2.1 Wat zijn de effecten van stoten/trappen op het hoofd bij kinderen en jongeren die full-contact (vecht)sporten beoefenen?	14
4.2.2 Is er een relatie tussen de leeftijd waarop de sporter begon met vechtsporten (age of first exposure) en latere effecten op neurologisch, cognitief, motorisch vlak en/of gedrag?	15
5. ZIJN ER MAATREGELEN DIE HELPEN OM DE RISICO'S OP BLIJVENDE SCHADE TE VERKLEINEN?	17
5.1 Voorlichting	17
5.2 Diagnose en behandeling	17
5.3 Preventie	20
6. CONCLUSIE	23
7. LITERATUURLIJST	25

1. INLEIDING

Uit cijfers van het Mulier Instituut blijkt dat in 2015 bijna 100.000 mensen in Nederland aan (Oosterse) gevechtssporten deden, waaronder ook de full-contact sporten kickboksen en Mixed Martial Arts (MMA) vallen (Mulier Instituut, 2017). De populariteit neemt de laatste jaren toe, ook onder kinderen en jongeren, met name in de leeftijdsgroep van 12 tot 18 jaar. Naar schatting doen minimaal 50.000 kinderen, jongeren en jongvolwassenen tussen de 12 en 34 jaar aan kickboksen (Mulier Instituut, 2017).

In 2017 is de Nederlandse Vechtsport Autoriteit (VA) opgericht in opdracht van het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS). De VA is een toezichhoudende organisatie die zich specifiek richt op het reguleren van de zogenoemde ‘full-contact’ vechtsporten kickboksen, thaiboksen en MMA in Nederland. De VA heeft bij oprichting een aantal commissies opgericht met experts die gezamenlijk advies geven voor verdere regulering en optimalisering van de full-contact vechtsport in Nederland. Eind 2017 is de Nederlandse VA gestart met het gefaseerd invoeren van de maatregel om trappen en stoten naar het hoofd bij kinderen en jongeren tot 18 jaar te verbieden in wedstrijdverband.

Dit rapport beschrijft de achterliggende theoretische kaders van de (zowel positieve als negatieve) effecten van het beoefenen van full-contact vechtsporten op de hersenen en cognitief functioneren en de daaruit voortvloeiende beleidsmaatregelen van de VA om full-contact vechtsport in Nederland voor kinderen en jongeren zo veilig mogelijk te maken. Waar mogelijk wordt in dit rapport gerefereerd aan onderzoeken met deelnemers vanuit de VA-sporten kickboksen, thaiboksen en MMA, maar omdat deze sporten niet overal ter wereld in dezelfde mate worden beoefend (en daardoor minder onderzocht) als in Nederland, wordt er ook gebruik gemaakt van onderzoeken met deelnemers vanuit onder andere boksen en American Football. De bevindingen in deze rapportage kunnen vragen om opvolging en acties door de VA en/of de vechtsportbonden.

Het vraagstuk wordt belicht vanuit de medische- en sportwetenschap en neuropsychologie. De deelvragen die wij aan de orde stellen zijn:

- 1) Wat zijn de effecten van stoten/trappen op het hoofd bij kinderen en jongeren die full-contact (vecht)sporten beoefenen?
- 2) Is er een relatie tussen de leeftijd waarop de sporter begon met vechtsporten (age of first exposure) en latere effecten op neurologisch, cognitief, motorisch functioneren en/of gedrag?

- 3) Zijn er maatregelen die helpen om de risico's op blijvende schade op neurologisch, cognitief, motorisch functioneren en/of gedrag te verlagen? Wat kunnen we hierin leren vanuit andere landen?

2. POSITIEVE EFFECTEN VAN (VECHT)SPORT OP LICHAAMELIJK, COGNITIEF EN SOCIAAL FUNCTIONEREN VAN KINDEREN EN JONGEREN

Sport heeft bewezen positieve gezondheidseffecten. In lichamelijk opzicht is het beoefenen van sport bijvoorbeeld gunstig voor cardiovasculaire en musculaire fitheid en motorische ontwikkeling. Ook reduceert sport en beweging risico's op onder andere hart- en vaatziekten (overzichtsstudie Janssen & LeBlanc, 2010). Daarnaast is er steeds meer bewijs voor een positieve relatie tussen bewegen en cognitief functioneren bij kinderen en jongeren (overzichtsstudie Biddle et al., 2019). Dat wil zeggen dat meer beweging en fysieke fitheid samenhangt met betere prestatie op tests die cognitieve functies meten. Met cognitieve functies bedoelen we de mentale vermogens waarmee we kunnen interacteren met onze omgeving. Belangrijke cognitieve functies zijn geheugen, aandacht, taal, planning en initiëren, reguleren en controleren van gedrag (executief functioneren). Zo blijkt bijvoorbeeld dat kinderen met een goede conditie beter presteren op taken die informatieverwerkingssnelheid en executief functioneren meten (Chaddock et al., 2011). Ook presteren fitte kinderen gemiddeld iets beter op schoolse vaardigheden zoals rekenen (van der Niet et al., 2014). In de literatuur wordt gesuggereerd dat met name sport een belangrijke rol kan spelen in deze relatie, omdat deelname aan sportactiviteiten (zoals georganiseerde training of wedstrijden) zorgt voor een substantieel aandeel in de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid matig intensieve beweging. Zonder deelname aan sport of georganiseerde sportactiviteiten, wordt de in Nederland aanbevolen 60 minuten matig-intensieve beweging vaak niet gehaald (Wickel & Eisenmann, 2007).

Ook het beoefenen van vechtsporten kan voor kinderen en jongeren een positieve invloed hebben op lichamelijk en cognitief functioneren (Demorest & Koutures, 2018). Een extra bijkomstigheid zijn de mogelijk positieve effecten op het gedrag en de sociale omgeving van kinderen en jongeren die deze sporten beoefenen. Nuance hierover is echter op zijn plek. Een overzichtsstudie van Vertonghen en Theeboom (2010) laat zien dat er contrasterende beelden zijn bij de effecten van vechtsporten op sociaalpsychologische functies bij de algemene populatie en laten sommige studies zelfs negatieve resultaten zien zoals verhoogd antisociaal gedrag en agressie. Wel beschrijven zij de trend dat bij (mogelijkerwijs vooral kwetsbare) kinderen en jongeren deelname aan vechtsporten positief kan zijn op de sociaalpsychologische ontwikkeling, zoals een betere zelfregulatie (Lakes & Hoyt, 2004). Een recent Nederlands rapport van Lagendijk en Deelen (2018) laat zien dat het beoefenen van

vechtsport het risico op criminele ontwikkeling van kwetsbare jongeren kan verkleinen en goed is voor de sociaalpedagogische en opvoedkundige ontwikkeling. In dit rapport wordt ook verder uitgebreid stilgestaan bij de gezondheidswaarde en een sociaalpedagogische waarde die beoefenen van full-contact vechtsport kan bieden.

Sporten in competitief verband, waarbij lichamelijk contact plaatsvindt in trainings- of wedstrijdverband, kan echter ook risico's met zich meebrengen. Voorbeelden van deze contactsporten zijn, naast (full-contact) vechtsporten, rugby en het in de Verenigde Staten (VS) veel beoefende American Football. In de volgende hoofdstukken zal worden ingegaan op de effecten van stoten/trappen op het hoofd (bedoeld en onbedoeld) bij deze sporten.

3. HET BEOEFENEN VAN CONTACTSPORT EN SPORT-GERELATEERD HERSENLETSEL

Een onderzoek naar blessuregevoeligheid laat zien dat, vergeleken met andere contactsporten, boksen op zich niet een groter geheel risico op blessures met zich meebrengt (Gambrell, 2007, Mulier instituut 2017).

Boksen en de full-contact vechtsporten waar dit rapport zich specifiek op toespitst, moedigen echter directe slagen en trappen op het hoofd en gezicht aan, waardoor naast orthopedisch letsel, hersenschuddingen en ernstiger hersenletsel vaak voorkomen (Gambrell, 2007). De meest voorkomende verwondingen bij het boksen zijn aan het hoofd, het gezicht en de nek. Een onderzoek heeft aangetoond dat meer dan 70% van de verwondingen bij amateur- en professionele bokkers (gemiddelde leeftijd: 23,7 jaar) aan het hoofd was, waarbij een hersenschudding de meest voorkomende blessure (33%) was, gevolgd door open wonden / snijwonden (29%) en fracturen (19%) aan het hoofd. De wenkbrauw en neus waren andere veel voorkomende letselplaatsen (elk 19%; American Academy of Pediatrics, 2011).

Omdat de gevolgen ernstig en permanent kunnen zijn, blijft hersenletsel in de sport een aandachtsgebied van onderzoekers over de hele wereld. Omdat voor sport-gerelateerd hersenletsel in de literatuur en door de medische praktijk verschillende benamingen worden gehanteerd is het goed om hier even kort bij stil te staan. *Sport-gerelateerd hersenletsel* als term wordt vaak gebruikt in het sportonderzoek, net als *hersenschudding*, *hersenkneuzing* of het meer medische (*licht, mild of zwaar*) *traumatisch hersenletsel*, *commotio cerebri* en *contusio cerebri*.

Wat er met deze termen in het wetenschappelijk onderzoek bij contactsporten wordt bedoeld is een directe klap of trap op het hoofd, gezicht of nek, resulterend in een kortdurend effect op neurologisch functioneren (minuten tot uren), waarbij op klinisch niveau functionele storingen kunnen ontstaan, die tot maanden aanhouden. Hieronder vallen: lichamelijke klachten (zoals hoofdpijn, duizeligheid, lichtgevoeligheid), cognitieve problemen (zoals problemen met geheugen, langzame reactietijden), gedragsproblemen (zoals geïrriteerdheid), verstoord slaap-waakritme (zoals extreem veel slapen, slecht kunnen doorslapen; Almeida, Lorincz & Hashikawa, 2018). Hierbij hoeft niet altijd bewustzijns- of geheugenverlies (amnesie) op te treden. De hersteltijd is moeilijk te voorspellen en kan tot maanden duren. Wel is bekend dat de hoeveelheid klachten (bijvoorbeeld veel lichamelijke klachten de eerste 24 uur na het oplopen van het hersenletsel) en het aantal keren dat iemand eerder een hersenschudding heeft opgelopen voorspellend zijn voor herstel (Consensus statement on concussion in sport, 2016).

In de vechtsport komt door herhaalde stoten/trappen op het hoofd ook hersenletsel voor dat niet direct merkbaar is voor de vechtsporter zelf. Hij/zij ervaart nauwelijks tot geen symptomen zoals hoofdpijn, duizeligheid en desoriëntatie en de effecten voldoen niet aan de diagnostische criteria van een hersenschudding of traumatisch hersenletsel. Er ontstaat echter wel (langzaam) schade in de hersenen. Dit worden in de literatuur *subconcussive head impacts of repetitive head impacts (RHI)* genoemd.

Veel onderzoek bij kinderen en jongeren die contactsporten beoefenen, richt zich hierop, waarbij onderzoekers graag een "veilige" drempel willen identificeren die het functioneren op korte termijn en de ontwikkeling van de hersenen op lange termijn niet schaden. In dit rapport wordt sport-gerelateerd hersenletsel gebruikt als term, waarbij het kan gaan over hersenschuddingen, hersenkneuzingen, traumatisch hersenletsel en RHI (de herhaalde stoten/trappen op het hoofd die niet altijd direct tot merkbare klachten leiden). Belangrijk om te vermelden is dat knock-out gaan (bewustzijnsverlies) *geen* voorwaarde is voor een diagnose hersenschudding of het oplopen van ernstiger letsel zoals een hersenbloeding.

De schade die ontstaat in de hersenen bij sport-gerelateerd hersenletsel komt met name voort uit roterende impact op het hoofd (Tsushima et al., 2018). Bij een trap of stoot tegen het hoofd maakt het hoofd een sterk draaiende beweging. Deels kunnen de krachten die hierbij vrijkomen worden opgevangen door het lichaam. Dit gebeurt door het aanspannen van spieren in de nek en de romp wanneer de sporter de trap of klap aan ziet komen. Echter, ook in dat geval komt er nog veel kracht op de hersenen terecht. Er vindt dan axonale rotatie plaats, wat leidt tot axonaal letsel.

Dit betekent dat aan de binnenkant van de schedel, de hersenen een draaiende klap te verwerken krijgen. Met name de axonen (witte stof), die de verbindingen vormen tussen de zenuwcellen (de grijze stof) in de hersenen, kunnen hierbij worden geschaad ten gevolge van oprekking en draaien. De axonen zijn cruciaal voor informatieoverdracht in de hersenen en schade hieraan vormt dan ook een groot risico, met vertraagde en/of minder efficiënte informatieverwerking als gevolg.

Andere, gelukkig relatief zeldzame, vormen van hersen- en hoofdletsel zijn bloedingen tussen de hersenen en de schedel, schedelbreuken en vochtophopingen in de hersenen als gevolg van stoten en trappen op het hoofd. Echter, het is wel zo dat bij boksers een acute subdurale bloeding (een bloeding tussen de hersenen en de schedel) de meest voorkomende doodsoorzaak is (Miele, Bailes, Cantu, & Rabb, 2006), zoals ook in 2019 Patrick Day en Maxim Dadashev beide overkwam tijdens een gevecht.

4. DE GEVOLGEN VAN SPORT-GERELATEERD HERSENLETSEL OP KORTE EN LANGE TERMIJN BIJ FULL-CONTACT SPORTERS

Naar de korte en langetermijneffecten van vechtsporten en American Football op de hersenen wordt veel onderzoek gedaan. De aanleiding hiervoor is dat sinds de jaren '60 van de vorige eeuw steeds meer oud-topsporters chronische klachten rapporteerden op neurologisch, motorisch, cognitief en gedragsmatig vlak. De meeste onderzoeken worden/zijn uitgevoerd in de VS en betreffen (oud) bokkers, doordat boksen daar erg populair was afgelopen decennia.

Als we kijken naar de kortetermijneffecten van sport-gerelateerd hersenletsel op de cognitieve functies van adolescente sporters, zien we verminderde scores op geheugentaken en informatieverwerkingssnelheid en reactiesnelheid (Sim et al., 2008). Dit wordt ook gezien bij onderzoeken naar herhaalde impact op het hoofd (RHI zoals beschreven in het voorgaande hoofdstuk), ook direct na een training (Tsushima, Geling, Arnold & Oshiro, 2016.; Koerte et al., 2017). Bij veel vormen van sport-gerelateerd hersenletsel verdwijnen klachten op zowel lichamelijk als cognitief vlak vaak binnen enkele dagen tot weken, zeker wanneer op de juiste manier het 'return-to-play' protocol wordt gevolgd. Op een return-to-play protocol wordt in hoofdstuk 6 verder ingegaan.

De langetermijneffecten van sport-gerelateerd hersenletsel kunnen het dagelijks functioneren van sporters in de weg staan. Een vorm hiervan is het *post-concussioneel syndroom*, waarbij klachten als concentratieverlies, geheugenproblemen, hoofdpijn en lichtgevoeligheid gedurende lange tijd aanhouden, van maanden tot zelfs chronisch. Dit beperkt de sporter in alledaagse activiteiten zoals werk, autorijden en studeren. Dit komt ook voor bij mensen die herhaaldelijke hersenschuddingen hebben opgelopen, bijvoorbeeld door vallen, aanrijdingen of andere oorzaken van hoofd- of hersenletsel.

Een ander lange termijn gevolg bij full-contact sporters is de kans op Chronische Traumatische Encefalopathie (CTE), een aandoening die tot nu toe voornamelijk wordt gezien bij voormalig American Football-spelers en bokkers (McKee et al., 2016), maar ook recentelijk bij MMA (Lim et al., 2019). Boston University heeft een laboratorium waar specifiek onderzoek wordt gedaan naar de hersenen van overleden sporters die hun hersenen hebben gedoneerd. Deze onderzoeken laten zien dat bij degenen die sporten beoefenden waarbij regelmatig mild tot zwaar hersenletsel werd opgelopen, er een verhoogd risico bestaat op CTE. Dit ziektebeeld kan pas na overlijden officieel worden vastgesteld en laat in

de hersenen afwijkingen zien op structureel niveau: de witte stof (verbindingen tussen de zenuwcellen in de hersenen) is beschadigd en er zijn zwarte plekken te zien die duiden op schade aan de hersenen. Klinisch laat de aanloop naar deze ziekte vooral op gedragsmatig (bijvoorbeeld meer agressief en depressief gedrag) en cognitief vlak (bijvoorbeeld geheugenverlies) afwijkingen zien (Casson & Viano, 2019).

Er wordt gedacht dat CTE ontstaat door een combinatie van neuropathologische kenmerken aan het brein (degeneratie/afbraak van de hersenen, zoals ook bij de ziekte van Alzheimer voorkomt) en de opeenstapeling van herhaalde stoten (impact) op het hoofd zoals bij full-contact sporten vaak voorkomt (Kim et al., 2019). Momenteel is er nog weinig bekend over de risicofactoren voor het ontwikkelen van CTE. CTE wordt gezien als een 'eindstadium' waarop voormalig profsporters zoals American Football-spelers en boksers risico lopen het te ontwikkelen, maar wanneer en voor wie dit precies geldt, is nog onduidelijk. Het risico op CTE bij amateur full-contact sporters is nog onbekend.

Belangrijk om te benadrukken is dat, ook zonder de diagnose CTE, lichte tot milde motorische en cognitieve schade frequent voorkomt, zowel bij voormalig full-contact professionals als bij amateurvechters. Deze schade, met als mogelijke gevolgen een verminderd visueel en verbaal geheugen, trager reactievermogen en verstoorde motoriek, kan ook een beperkend en permanent effect hebben op het dagelijks functioneren van amateur en professioneel beoefenaars van vechtsporten.

4.1 Full-contact vechtsporten en de effecten op de hersenen van volwassenen

Afgelopen decennium is een aantal onderzoeken gedaan die specifiek gericht zijn op full-contact vechtsporten en de effecten op de hersenen. Deze onderzoeken zijn allemaal uitgevoerd bij volwassen (voormalig) professionele boksers, omdat alleen op deze manier de langetermijneffecten van impact op het hoofd kunnen worden onderzocht. De onderzoeken die zijn gedaan, zijn te verdelen in onderzoek naar structurele effecten op de hersenen (fysieke en zichtbare schade), cognitieve effecten (zoals geheugenproblemen en gedragsproblemen) en neurobiologische effecten (zoals verstoorde hormoonbalans).

Als we kijken naar structurele effecten, komen we onderzoeken tegen bij boksers en MMA-vechters, waarbij structurele schade (voornamelijk in de witte stof) zichtbaar is in één of meerdere hersengebieden (onder andere Bernick et al., 2015; Bernick et al., 2020; Mayer et al., 2015, Shin et al., 2014). De meest recente studie komt uit 2020, waarbij Bernick en zijn collega's actieve en gepensioneerde professionele boksers en MMA--vechters een aantal

jaren hebben gevolgd en middels Magnetic Resonance Imaging (MRI) hebben onderzocht. Zij vonden bij deze individuen, die te maken hebben (gehad) met herhaaldelijke impact op het hoofd, een vermindering in volume in een aantal hersengebieden, waaronder de thalamus, die onder andere belangrijk is voor motoriek.

Met betrekking tot cognitieve effecten van herhaalde stoten en trappen op het hoofd is ook aantal onderzoeken gedaan bij volwassenen, die erop wijzen dat bij (professionele) full-contact vechtsporters ook op cognitief vlak negatieve effecten meetbaar zijn. Stiller et al. (2014) hebben het verband tussen sparren en cognitief functioneren onderzocht bij 237 professionele bokkers. De resultaten laten zien dat er een negatief verband is tussen de hoeveelheid sparren en cognitieve prestaties. Oftewel: hoe meer uren er gespard was, hoe slechter de bokkers presteerden op taken die bijvoorbeeld informatieverwerkingssnelheid meten. Ook Wilde et al. (2016) lieten een negatief verband zien tussen het aantal jaren boksen (op recreatief of professioneel niveau) en scores op zowel geheugentaken als reactiesnelheidstaken.

Kim et al. (2019) hebben de relatie tussen cognitieve functies en GABA-niveaus in de hersenen onderzocht. GABA is een neurotransmitter (een stof die zorgt voor informatieoverdracht tussen hersencellen) die onder andere nodig is voor een goed geheugen en aandacht. De resultaten van deze studie laten zien dat de 20 professionele bokkers die zij hebben onderzocht (en hebben vergeleken met niet-contactsport sporters) verminderde GABA afgifte hebben in de hersenen en slechter scores op aandachts- en geheugentaken. Een ander onderzoek wijst er ook op dat door full-contact vechtsporten de hypofyse beschadigd kan raken. De hypofyse is een klier in de hersenen die hormonen produceert en afscheidt. Door schade hieraan wordt de afgifte van groeihormonen verstoord, wat uiteenlopende lichamelijk en psychische klachten tot gevolg heeft (Tanriverdi et al., 2007).

Kortom, een groeiend aantal onderzoeken bij volwassen full-contact vechtsporters laat zien dat het, vergeleken met niet-contact sporters, aannemelijk is dat herhaalde stoten en trappen op het hoofd kunnen zorgen voor afwijkingen in de hersenen die met moderne beeldvormende technieken (zoals MRI) zichtbaar zijn. Daarnaast scoren deze (oud-)vechtsporters minder goed op cognitieve tests voor onder andere het geheugen en informatiesnelheid, in vergelijking met leeftijdsgenoten.

Vanuit de huidige literatuur kan niet worden beantwoord of deze schade wellicht (in meer of mindere mate) kan herstellen en welke risicofactoren er precies zijn die een rol spelen bij de ernst van de klachten. Ook is het nog niet mogelijk om relatief eenvoudig via bepaalde

bloedwaarden te meten of, en in welke mate, iemand hersenletsel heeft opgelopen (Hunter, 2019).

4.2 Full-contact vechtsporten en de effecten op de hersenen van kinderen en jongeren

Zoals genoemd zijn bovenstaande onderzoeken allemaal uitgevoerd bij volwassen vechtsporters. Kwalitatief goed onderzoek doen naar de relatie tussen het beoefenen van vechtsport en de hersenen van kinderen en jongeren is complex. Dit komt omdat de vechtsportwereld uit diverse bonden bestaat waarbij het beleid en de regels uiteenlopen. Daarnaast zien we deze verschillen niet alleen binnen Nederland, maar ook met andere landen. Hierdoor is het vergelijken van onderzoeken moeilijk.

Afgelopen decennia is wel een groeiend aantal onderzoeken gedaan naar andere contactsporten zoals rugby, American Football en voetbal en de effecten hiervan op de hersenen van kinderen en jongeren. Dit is bij kinderen en jongeren erg belangrijk, omdat de hersenen nog volop in ontwikkeling zijn tot ver in de jongvolwassenheid (tot een jaar of 30; Teffer & Semendeferi, 2012). Hierdoor zijn de hersenen extra kwetsbaar voor hersenletsel en de consequenties hiervan.

Onderzoek naar hersenletsel bij (jonge) kinderen en adolescenten laat zien dat het verschil in de effecten van hersenletsel (niet door sport maar bijvoorbeeld door een val of ongeluk) tussen volwassenen en kinderen niet zozeer zit in de herstelfase op korte termijn, maar juist op de lange termijn (Konigs, 2016). Mogelijk verstoort het oplopen van (ernstig) hersenletsel tijdens de groei van de hersenen de ontwikkeling, waardoor op de langetermijneffecten zichtbaar zijn. Dit mechanisme zou vervolgens kunnen bijdragen aan het 'growing into deficit' fenomeen: door een vertraagde ontwikkeling bouwen kinderen een steeds groter wordende ontwikkelingsachterstand op die uiteindelijk leidt tot een beperking in het functioneren (Anderson, Spencer-Smith & Wood, 2011).

Of en in hoeverre dit een rol speelt bij het beoefenen van vechtsporten, waarbij vaak herhaalde stoten en trappen op het hoofd worden gegeven, wat kan leiden tot een opeenstapeling van veelvuldige kleinere schades in de hersenen, wordt in de eerste deelvraag hieronder verder behandeld.

4.2.1 Wat zijn de effecten van trappen/stoten op het hoofd bij kinderen en jongeren die full-contact (vecht)sporten beoefenen?

In het beantwoorden van deze vraag nemen we onderzoeken mee die (ook of uitsluitend) een onderzoekspopulatie omvatten van kinderen en jongeren die een andere full-contact ('collision sport' genoemd in de VS) beoefenen dan vechtsport, omdat die sporten groter zijn in de VS en er daardoor meer onderzoek naar wordt gedaan. Een voorbeeld hiervan is American Football en de variant Tackle Football, waarbij gemiddeld meer dan 200 herhaalde trappen/stoten op het hoofd per seizoen voorkomen (Alosco & Stern, 2019). Omdat er bij full-contact vechtsporten, zonder bescherming, bewust trappen en/of stoten op het hoofd van de tegenstander gegeven worden (in tegenstelling tot American Football), waarvoor punten worden toegekend en je zelfs de wedstrijd (het snelst) kan winnen door de tegenstander knock-out te slaan of trappen (onder andere kickboksen en MMA), wordt aangenomen dat bij full-contact vechtsporten de effecten op de hersenen minimaal gelijk in ernst zullen zijn als bij sporten zoals American Football.

In een recente overzichtsstudie beschrijven Alosco en & Stern (2019) het verband tussen herhaaldelijk hersenletsel bij full-contact sporten en cognitief functioneren op de korte- en lange termijn. Eén van de onderzoeken die ze beschrijven (Bahrami et al., 2016) laat zien dat na een jaar jeugd American Football spelen er een negatieve relatie zichtbaar was tussen het aantal keer impact op het hoofd en de dichtheid van witte stof in de hersenen bij 8 tot 13-jarigen. Onderzoek van Kuzminski et al. (2018) laat een vergelijkbaar resultaat zien bij jongeren met een gemiddelde leeftijd van 16 jaar, waarbij een negatieve relatie wordt gevonden tussen het aantal keer impact op het hoofd van dat seizoen en performance op een taak voor visueel geheugen.

Tegelijkertijd zijn er ook onderzoeken die geen relatie laten zien tussen het beoefenen van full-contact sporten (met name rugby en American Football) en langetermijneffecten zoals gedragsproblemen en verminderd cognitief functioneren (zie voor een overzichtsstudie Manley et al., 2017).

Wat echter niet ter discussie staat, is dat de hoeveelheid herhaaldelijke stoten op het hoofd en het aantal keren dat de klinische diagnose van een hersenschudding is gesteld, voorspellende factoren vormen voor de korte én langetermijneffecten op de hersenen. Deze effecten betreffen zowel schade op cognitief gebied als structurele schade die zichtbaar is in de hersenen. De aanname kan worden gedaan dat dit (zoals de regels in Nederland nu toelaten vanaf de jongvolwassenheid) vaker voorkomt bij (kick)boksen en MMA dan bij

bijvoorbeeld American Football, omdat er specifieke punten worden toegekend bij het trappen en slaan op het hoofd van de tegenstander (Seifert et al., 2018).

Het beoefenen van full-contact vechtsporten in de leeftijd waarop de hersenen in volle ontwikkeling zijn, kan extra nadelen opleveren omdat het sport-gerelateerde hersenletsel niet alleen beperkingen op het huidige functioneren geeft maar ook de algemene groei en ontwikkeling kan verstoren (Anderson, Spencer-Smith & Wood 2011). Een voorbeeld hiervan is het effect dat een hersenschudding kan hebben op het functioneren op school, waar kinderen en jongeren zich als gevolg van de hersenschudding minder goed kunnen concentreren en soms zelfs een tijd niet naar school kunnen vanwege duizeligheid en hoge prikkel- en lichtgevoeligheid.

Bij hersenletsel door full-contact vechtsporten is dus niet alleen een goed 'return-to-play' protocol nodig, maar is ook een 'return-to-school' protocol cruciaal om te zorgen dat het leren weer zo snel mogelijk opgepakt kan worden (Almeida, Lorincz & Hashikawa, 2018).

Concluderend wijzen recente onderzoeken bij kinderen en jongeren erop dat hoe meer stoten en/of trappen (impact) op het hoofd er plaatsvinden, hoe meer impact dit heeft op de hersenen en cognitieve functies zoals informatieverwerkingssnelheid en geheugen.

Er zijn echter nog onvoldoende onderzoeken gedaan, die zich bijvoorbeeld specifiek richten op kickboksen en MMA bij jeugdsporters, om conclusies te kunnen trekken over de korte en langetermijneffecten van deze veelvoudige impact op het hoofd bij jeugdigen. Ook is vanuit onderzoek nog onvoldoende duidelijk of en wanneer er (gedeeltelijk) herstel optreedt.

4.2.2 Is er een relatie tussen de leeftijd waarop de sporter begon met vechtsporten (age of first exposure) en latere effecten op neurologisch, cognitief, motorisch vlak en/of gedrag?

Onderzoek van Alosco en Stern (2019) aan de Boston University laat zien dat een aantal onderzoeken een verband aantoont tussen de *age of first exposure* (AFE) en neurologische en neuropsychologische functies. Met AFE wordt de leeftijd bedoeld waarop werd gestart met het beoefenen (vanaf recreatief niveau) van de betreffende sport. In een van de onderzoeken scoorden de onderzochte sporters die begonnen zijn met American Football onder de 12 jaar slechter op allerlei cognitieve tests dan degenen die na 12-jarige leeftijd begonnen. Ook was er verschil te zien in structurele schade in de hersenen bij degenen die voor en na 12-jarige leeftijd waren begonnen met American Football (zie onder andere Stamm et al., 2015; Schultz et al., 2019).

Dat AFE een belangrijke factor is bij eventuele negatieve langetermijneffecten heeft te maken met de verstoring van de ontwikkeling in de hersenen, die een cruciale groeispurt meemaken tussen het 12^e en 19^e levensjaar (Jernigan, Baaré, Stiles & Madsen, 2011).

De meest recente studie en het best vergelijkbaar met de onderzoekspopulatie van dit rapport, is van Bryant et al. (2019), waar zij hebben gekeken naar het effect van AFE op competitief vechten, op cognitief functioneren en op hersenstructuren. Zij vonden een negatief verband tussen AFE en een aantal hersenstructuren zoals de hippocampus (belangrijk voor het geheugen) en symptomen zoals verhoogde impulsiviteit en meer depressiviteit.

Ander recent grootschalig onderzoek naar meer dan 3000 full-contact jeugdsporters laat zien dat er op functioneel vlak (cognitieve prestaties zoals geheugen) geen relatie was met AFE op korte termijn. Zij noemen echter ook dat een relatie tussen vroeg beginnen met full-contact sporten zoals American Football en vechtsporten en de effecten op de cognitieve prestaties op lange termijn verder moet worden onderzocht. Het kan namelijk wel dat de schadelijke effecten pas later zichtbaar zijn, net als wordt gesuggereerd bij de in paragraaf 4.2.1 genoemde onderzoeken naar hersenletsel bij (jonge) kinderen (Caccese et al., 2020).

5. ZIJN ER MAATREGELEN DIE HELPEN OM DE RISICO'S OP BLIJVENDE SCHADE TE VERKLEINEN?

Goed onderzoek naar de doelgroep van dit rapport en full-contact vechtsport is nodig om meer te leren over de risico's op blijvende schade voor de ontwikkelende hersenen. Het uitvoeren van onderzoek hiernaar is echter moeilijk vanwege een selectie bias: enkel kinderen die er zelf voor kiezen de sport te beoefenen, kunnen worden geïnccludeerd; er kunnen geen kinderen worden gevraagd om (jarenlang) mee te doen aan dit type sport. Ook dient rekening te worden gehouden met potentiële versturende factoren die de resultaten van een dergelijk onderzoek positief of negatief kunnen beïnvloeden. Zoals eerder beschreven kan het bijvoorbeeld zo zijn dat kinderen al eerder een hersenschudding hebben opgelopen (ook bijvoorbeeld voordat ze zijn gaan kickboksen). Daarnaast speelt mogelijk ook het juist positieve effect van (vecht)sporten op cognitief functioneren mee (zoals beschreven in de inleiding van dit rapport). Met deze positieve effecten moet dus rekening worden gehouden wanneer er wetenschappelijk onderzoek wordt gedaan naar de negatieve effecten van herhaalde stoten/trappen op het hoofd.

Tenslotte is het moeilijk om de precieze aantallen van hersenletsel bij full-contact sporten in kaart te brengen, zeker bij jeugd en op recreatief niveau, omdat deze sporten op dit moment niet één systeem hanteren waarmee dit goed en vergelijkbaar kan worden bijgehouden. Het beste onderzoeksdesign zou zijn om drie groepen sporters (bijv. kickboksers, rugbyers en niet-contactsporters zoals zwemmers) te volgen al vanaf dat ze jonger zijn dan 12 jaar, om zo naar de korte en langetermijneffecten van herhaalde stoten op het hoofd en/of van ernstiger (traumatisch) hersenletsel te kijken op zowel cognitieve functies, psychosociaal functioneren, en schoolprestaties, als op afwijkingen die zichtbaar zijn in de hersenen.

Als we het hebben over maatregelen omtrent sport-gerelateerd hersenletsel bij Nederlandse kinderen en jongeren kunnen we kijken naar *voorlichting, diagnose & behandeling en preventie*. Deze perspectieven worden in de volgende paragrafen toegelicht.

5.1 Voorlichting

In Nederland is er afgelopen decennium een aantal beleidsmaatregelen getroffen en zijn er overheids campagnes geweest rondom bewustwording van hersenletsel ten gevolge van sport. Sinds 2014 is ook de hoofdletselapp beschikbaar, die ontwikkeld is door de samenwerkende

partijen: Nederlandse Hersenstichting, NOC*NSF, KNVB, KNHB, Sportzorg.nl, Het Nederlandse Rode Kruis en het Ministerie van VWS.

Hierin is ook het internationale SCAT5 protocol verwerkt, die in paragraaf 5.2 wordt toegelicht. Ook in het voetbal wordt er vanuit de KNVB meer aandacht aan geschonken; zo heeft de KNVB in 2018 een hersenschudding-poli opgezet.

Ouders en coaches van jonge vechtsporters moeten goed worden voorgelicht in het herkennen van symptomen van sport-gerelateerd hersenletsel, waarbij ze leren de ernst van de situatie in te schatten. Dit is met name belangrijk omdat kinderen en jongeren die full-contact vechtsporten beoefenen dit veelal doen op een recreatief niveau en minder toegang hebben tot medisch professionals en hierin opgeleide of ervaren trainers en coaches.

5.2 Diagnose en behandeling

De diagnose van sport-gerelateerd hersenletsel is relatief lastig te stellen, vergeleken met andere sportblessures, door de variatie aan symptomen die zichtbaar en onzichtbaar kunnen zijn. Zoals eerder benoemd is het belangrijk dat knock-out gaan (bewustzijnsverlies) *geen* voorwaarde is voor een diagnose hersenschudding of oplopen van ernstiger hersenletsel zoals een bloeding. Hersenletsel kan (ook) ontstaan door een trap of klap op het hoofd of in de nekregio, waarbij de sporter in meer of mindere mate een diversiteit aan lichamelijke (bijvoorbeeld hoofdpijn, duizeligheid), cognitieve (bijvoorbeeld geheugenverlies) en/of gedragsmatige (bijvoorbeeld geïrriteerdheid) symptomen kan ervaren.

Afhankelijk van het type hersenletsel kan schade in de hersenen worden gezien met behulp van hersenscans (zoals beschreven in paragraaf 4.1). Voor een individuele diagnose bij een vechtsporter ná het oplopen van het mogelijke hersenletsel is deze schade echter vaak niet goed te zien op scans, zeker wanneer er geen ‘nulmeting’ is gedaan om mee te vergelijken. Een dergelijke nulmeting kan bijvoorbeeld een hersenscan zijn die is uitgevoerd toen de sporter gezond was, bijvoorbeeld aan het begin van het seizoen (Rivara et al., 2020).

Het voorspellen van het verloop van een hersenschudding en/of het ontstaan van langdurige (cognitieve, gedragsmatige of lichamelijke) klachten is nog niet goed mogelijk. Er wordt wel veel onderzoek naar gedaan, bijvoorbeeld met een complexe variant van een MRI scan (*diffusion tensor imaging* genoemd) of middels bepaalde bloedwaarden zoals SB100.

Omdat diagnostiek complex is en ook de risicofactoren nog niet helemaal duidelijk zijn, kunnen voor behandeling van sport-gerelateerd hersenletsel momenteel het beste de richtlijn en de protocollen vanuit Zürich (Zwitserland), worden gehanteerd (Consensus

statement on concussion in sport, McCrory et al., 2016). Deze richtlijnen bestaan uit adviezen wanneer iemand van het veld/uit de ring moet worden gehaald, hoe je zo snel mogelijk kan inschatten of iemand een hersenschudding heeft en wat voor (medische) begeleiding vervolgens nodig is. Een belangrijk aspect is ook de begeleiding naar 'return-to-play'. Hoe zorgvuldiger dit wordt toegepast, hoe kleiner de kans vervolgens is op herhaalde hersenschudding kort na de eerste hersenschudding, en hoe kleiner de kans op lang aanhoudende klachten.

Volgens dit return-to-play protocol (zie ook Almeida, Lorincz & Hashikawa, 2018) moet de sporter onmiddellijk stoppen met deelname aan de training of wedstrijd als de scheidsrechter of begeleiding zich zorgen maakt over potentieel hersenletsel en mag hij of zij pas weer deelnemen bij goedkeuring door een medisch zorgverlener. Dit vergt zorgvuldige scholing van de scheidsrechter, begeleiding en zorgverlener. Eventueel moet aanvullende evaluatie worden uitgevoerd, bij voorkeur in een rustige omgeving. Het gaat hier om een snelle maar zorgvuldige scan op het ontstaan van het letsel en bepaling van bewustzijn, geheugenverlies, lichamelijke en cognitieve symptomen. De Sport Concussion Assessment Tool (SCAT) is ontwikkeld en gevalideerd als een relatief snelle test voor sportgerelateerd hersenletsel, die ongeveer 10-15 minuten duurt. De meest recente versie, de SCAT5, bevat de Glasgow Coma-schaal, een lichamelijke symptomenchecklist, een cognitieve en een neurologische screening en vragen over de voorgeschiedenis van de sporter. De diagnostische gevoeligheid en de specificiteit van de SCAT5 nemen af met de tijd, waarmee deze 3 tot 5 weken na het oplopen van het hersenletsel niet langer nuttig is bij diagnosestelling en het maken van beslissingen rondom herstel. Voor monitoring van hersteltijd is de uitgebreide SCAT5-symptoomchecklist een goed hulpmiddel, waarbij hogere scores langer herstel voorspellen.

In de eerste fase na het oplopen van hersenletsel moet de sporter worden geïnstrueerd om cognitieve inspanning te voorkomen en lichamelijke activiteiten te vermijden die symptomen verergeren.

Gebaseerd op toenemend bewijs dat actief herstel bevorderlijk is, kan er vervolgens, zodra symptomen zoals hoofdpijn en duizeligheid gedurende 24 uur of langer afwezig zijn, worden gestart met een return-to-play protocol. Hierbij wordt de lichamelijke inspanning (op basis van hartslag en type training, zoals conditietraining of krachttraining) stapsgewijs weer opgebouwd. Een gedetailleerd protocol specifiek voor full-contact vechtsporten bij volwassenen is te vinden in de publicatie van Nalepa et al. (2017).

Bij ernstiger letsel aan de schedel (o.a. schedelbreuk) of hersenen (o.a. hersenbloeding, zwellingen) dan het hierboven bedoelde (mildere) sport-gerelateerd hersenletsel door knock-out en/of herhaalde stoten op het hoofd, moet door een ervaren team medici worden bepaald of en wanneer de sporter weer kan deelnemen aan vechtsporten.

Wat naast het evalueren van symptomen met de SCAT5-symptoomchecklist een bij volwassenen zinvolle methode is, is neuropsychologisch onderzoek. Er worden dan op baseline niveau, wanneer de (vecht)sporter gezond is (een nulmeting), allerlei cognitieve tests gedaan, die worden herhaald wanneer er sprake is van hersenletsel. Op die manier kan het verschil in functioneren op individueel niveau goed worden vastgesteld en kan de sporter goed terug naar het veld/de ring worden begeleid. Bij een neuropsychologisch onderzoek worden uitvoerige tests gedaan waarbij belangrijke cognitieve functies worden gemeten zoals reactiesnelheid, visueel geheugen en informatieverwerkingssnelheid. Dit zijn cognitieve functies die vaak verstoord zijn bij hersenletsel. Het is belangrijk (zeker bij topsporters, omdat zij vaak goed presteren op dit soort tests) dat iemand wordt vergeleken met zijn eigen scores van wanneer hij/zij gezond is. Voor diagnose en monitoring van sport-gerelateerd hersenletsel bij kinderen en jongeren is een neuropsychologisch onderzoek echter waarschijnlijk niet zinvol, omdat hun hersenen en cognitieve functies zo snel ontwikkelen dat een herhaald onderzoek na het oplopen van hersenletsel altijd vertekend zal zijn omdat de kinderen zelf ontwikkeld zijn in de tussenliggende tijd en daardoor waarschijnlijk beter scoren op de tests (Almeida, Lorincz & Hashikawa, 2018).

Samenvattend, omdat klachten na het oplopen van hersenletsel soms weken tot maanden kunnen aanhouden, is het belangrijk dat de begeleiding goed is, zeker bij kinderen en jongeren waarbij de hersenen volop in ontwikkeling zijn. Bij juiste herkenning en begeleiding van hersenletsel kan (grotendeels en afhankelijk van de ernst van het letsel) worden voorkomen dat een sporter een ontwikkelingsachterstand oploopt. Ook kan bij juiste begeleiding met een passend protocol de sporter vaak eerder weer fit worden verklaard om weer volledig te sporten, omdat beide uitersten (zowel te weinig doen/te veel rust als te snel weer met zware inspanning starten) negatief effect kunnen hebben op het optimale herstel.

5.3 Preventie

Eind 2017 is de Nederlandse Vechtsportautoriteit (VA) gestart met het gefaseerd invoeren van de maatregel om trappen en slaan op het hoofd bij kinderen en jongeren tot 18 jaar te verbieden in wedstrijdverband.

Deze regels zijn niet alleen vanwege gezondheidsredenen ingesteld, maar ook om een geheel verbod op full-contact vechtsporten te voorkomen. In diverse landen (o.a. Zweden, IJsland,

Noorwegen) is full-contact vechtsporten voor jeugd verboden en ook in de VS en Canada wordt steeds meer gepleit voor een algeheel verbod op het beoefenen van onder andere boksen door kinderen en jongeren (onder andere American Academy of Pediatrics, Canadian Pediatric Society, 2011; Wells, 2015).

In de VS en Canada heeft een aantal onderzoeken gemonitord wat de effecten waren van nieuwe maatregelen (bijvoorbeeld het verbod op 'bodychecks') op het voorkomen van sport-gerelateerd hersenletsel bij onder andere American Football en rugby voor kinderen. Deze onderzoeken lieten over het algemeen een afname zien van het aantal hersenschuddingen bij de sporters, maar een enkele keer wordt ook juist vaker een hersenschudding gerapporteerd. Eén van de nieuwe maatregelen was dat een sporter pas weer terug mag keren in wedstrijdverband wanneer hij/zij door een arts is goedgekeurd. Door deze maatregel moet het protocol verplicht worden gevolgd, wat voor de onderzoekers het stijgende aantal hersenschuddingen verklaart (Waltzman & Sarmiento, 2019).

Het documenteren van individuele en sport-specifieke risicofactoren wordt vaak gebruikt als een eerste stap in de richting van de ontwikkeling van preventiemaatregelen. Daarnaast kan als preventieve maatregel een aantal dagen trainings- en wedstrijdverbod (per discipline) worden opgelegd om herhaald hersenletsel vlak na het eerste te voorkomen. In diverse landen gelden hiervoor verschillende termijnen. In Nederland geldt momenteel voor kickboksen en MMA 8 weken voor 'knock-out hersenletsel (KOH)' en 6 weken voor 'technisch knock-out hersenletsel (TKOH)'. Er zijn geen onderzoeken bekend die zich specifiek op kinderen en jongeren richten en de effectiviteit van deze termijnen evalueren.

Wat betreft hoofdbescherming als preventie voor hersenletsel is er kennis vanuit het boksen, waar enkele decennia (tussen 1984 en 2016) hoofdbescherming verplicht is geweest. Uit onderzoek bleek echter dat het dragen van de verplichte hoofdkap schijnveiligheid opleverde en er juist meer gevechten werden beëindigd door hoofdletsel (Loosemore, 2017).

De voornaamste redenen die hiervoor door onderzoekers werden genoemd zijn:

- a) de hoofdkap beperkt het zicht van de vechter, waardoor hij/zij juist vaker stoten op het hoofd krijgt;
- b) de hoofdkap biedt geen bescherming tegen axonaal/rotatieletsel, omdat de bescherming niet aan de zij- en onderkant van het hoofd zit (dat zou de ademweg beperken);
- c) de hoofdkap biedt alleen bescherming tegen frontale stoten door de bescherming op het voorhoofd, maar daar wordt niet zo snel hersenletsel of een KO door opgelopen en;
- d) de sporters nemen meer risico doordat het dragen van de kap veiliger voelt.

Wel biedt een hoofdkap bescherming tegen aangezichtsletsel (wonden zoals een open wenkbrauw).

6. CONCLUSIE

Er is voldoende wetenschappelijk bewijs dat herhaalde impact op het hoofd kan leiden tot tijdelijke, maar ook permanente schade aan de hersenen. In de vechtsport komt door herhaalde stoten en/of trappen op het hoofd ook hersenletsel voor dat niet direct merkbaar is voor de vechtsporter zelf. Hij of zij ervaart nauwelijks tot geen symptomen zoals hoofdpijn, duizeligheid en desoriëntatie en de effecten voldoen niet aan de diagnostische criteria van een hersenschudding of traumatisch hersenletsel. Er ontstaat echter wel (langzaam) schade in de hersenen door de opeenstapeling van de impact van trappen/stoten. Onderzoek bij volwassen (voormalig) vechtsporters laat zelfs zien dat 20 tot 50% chronische schade aan de hersenen heeft, variërend van lichte geheugenproblemen tot het zeer ernstige CTE (Seifert et al., 2015).

Het is belangrijk om te benadrukken dat deelname aan sport tijdens de kindertijd en adolescentie enorme voordelen heeft op zowel fitheid en de ontwikkeling van de motoriek, als op zelfvertrouwen en sociale vaardigheden. De full-contact vechtsporten die onder de VA vallen brengen echter ook (in verschillende gradaties zoals uitgebreid beschreven in dit rapport) risico op hersenletsel met zich mee. Voor deze sporten is de afweging tussen deelname aan sport voor kinderen en jongeren en het risico op hersenletsel op de korte- en lange termijn moeilijk vanwege de kwetsbaarheid van de hersenen, die nog volop in ontwikkeling zijn. Advies hierover vereist een combinatie van wetenschappelijke informatie en praktische haalbaarheid binnen de Nederlandse context.

Internationaal gezien willen bonden, beleidsmakers en onderzoekers graag een "veilige" drempel identificeren die het functioneren op korte termijn en de ontwikkeling van de hersenen op lange termijn niet schaden door het beoefenen van full-contact vechtsporten. Dit is bij kinderen en jongeren uitermate belangrijk, omdat de hersenen nog volop in ontwikkeling zijn.

Dit rapport beschrijft de achterliggende theoretische kaders van de (zowel positieve als negatieve) effecten van het beoefenen van full-contact vechtsporten op de hersenen en cognitief functioneren van kinderen en jongeren. De aanleiding hiervoor is de door de VA gefaseerde invoering van de maatregel om trappen en stoten naar het hoofd bij kinderen en jongeren tot 18 jaar te verbieden in wedstrijdverband.

Deze maatregelen in Nederland van het niet trappen en/of stoten naar het hoofd tot 18 jaar worden ondersteund door de wetenschappelijke literatuur, die de korte- en langetermijneffecten van full-contact (vecht)sporten op de hersenen bij volwassenen en in mindere mate bij kinderen en jongeren beschrijft.

Wanneer wordt gestart met trainen en wedstrijden in sporten waarbij (vanaf 18 jaar) stoten en trappen naar het hoofd centraal staat, is het belangrijk dat de juiste medische begeleiding aanwezig is bij organiserende partijen van toernooien en wedstrijden. Hierbij is het tevens van belang dat er voorafgaand een nauwkeurige medische keuring wordt uitgevoerd en dat de juiste protocollen worden aangehouden/nageleefd indien hersenletsel wordt opgelopen.

7. LITERATUURLIJST

Almeida, A. A., Lorincz, M. T., & Hashikawa, A. N. (2018). Recent Advances in Pediatric Concussion and Mild Traumatic Brain Injury. *Pediatric Clinics of North America*, 65(6), 1151–1166. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2018.07.006>

Alosco, M. L., & Stern, R. A. (2019). Youth Exposure to Repetitive Head Impacts From Tackle Football and Long-term Neurologic Outcomes: A Review of the Literature, Knowledge Gaps and Future Directions, and Societal and Clinical Implications. *Seminars in Pediatric Neurology*, 30, 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.spen.2019.03.016>

American Academy Of Pediatric Cs, Council On Sports Medicine And Fitness, Canadian Paediatric Society, Healthy Active Living And Sports Medicine Committee. (2011). Boxing Participation by Children and Adolescents. *Pediatrics*, 128(3), 617–623. <https://doi.org/10.1542/peds.2011-1165>

Anderson, V., Spencer-Smith, M., & Wood, A. (2011). Do children really recover better? Neurobehavioural plasticity after early brain insult. *Brain*, 134(8), 2197–2221.

Bahrami, N., Sharma, D., Rosenthal, S., Davenport, E. M., Urban, J. E., Wagner, B., Jung, Y., Vaughan, C. G., Gioia, G. A., Stitzel, J. D., Whitlow, C. T., & Maldjian, J. A. (2016). Subconcussive Head Impact Exposure and White Matter Tract Changes over a Single Season of Youth Football. *Radiology*, 281(3), 919–926. <https://doi.org/10.1148/radiol.2016160564>

Bernick, C., Banks, S. J., Shin, W., Obuchowski, N., Butler, S., Noback, M., Phillips, M., Lowe, M., Jones, S., & Modic, M. (2015). Repeated head trauma is associated with smaller thalamic volumes and slower processing speed: The Professional Fighters' Brain Health Study. *Br J Sports Med*, 49(15), 1007–1011.

Bernick, C., Shan, G., Zetterberg, H., Banks, S., Mishra, V. R., Bekris, L., Leverenz, J. B., & Blennow, K. (2020). Longitudinal change in regional brain volumes with exposure to repetitive head impacts. *Neurology*, 94(3), e232–e240. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000008817>

Biddle, S. J. H., Ciaccioni, S., Thomas, G., & Vergeer, I. (2019). Physical activity and mental health in children and adolescents: An updated review of reviews and an analysis of causality. *Psychology of Sport and Exercise*, 42, 146–155. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.08.011>

Bryant, B. R., Narapareddy, B. R., Bray, M. J. C., Richey, L. N., Krieg, A., Shan, G., Peters, M. E., & Bernick, C. B. (2019). The effect of age of first exposure to competitive fighting on

cognitive and other neuropsychiatric symptoms and brain volume. *International Review of Psychiatry*, 32(1), 89–95. <https://doi.org/10.1080/09540261.2019.1665501>

Caccese, J. B., Bodt, B. A., Iverson, G. L., Kaminski, T. W., Bryk, K., Oldham, J., Broglio, S. P., McCrea, M., McAllister, T., & Buckley, T. A. (2020). Estimated age of first exposure to contact sports and neurocognitive, psychological, and physical outcomes in healthy NCAA collegiate athletes: A cohort study. *Sports Medicine*, 1–16.

Casson, I. R., & Viano, D. C. (2019). Long-Term Neurological Consequences Related to Boxing and American Football: A Review of the Literature. *Journal of Alzheimer's Disease*, 69(4), 935–952. <https://doi.org/10.3233/JAD-190115>

Chaddock, L., Pontifex, M. B., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2011). A Review of the Relation of Aerobic Fitness and Physical Activity to Brain Structure and Function in Children. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17(6), 975–985. <https://doi.org/10.1017/S1355617711000567>

Demorest, R. A., Koutures, C., & COUNCIL ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS. (2016). Youth Participation and Injury Risk in Martial Arts. *PEDIATRICS*, 138(6), e20163022–e20163022. <https://doi.org/10.1542/peds.2016-3022>

Mulier Instituut Elling, A. H. F., Schootemeijer, S., & van den Dool, R. (2017). *Cijfers over Vechtsport: Een inventariserende studie naar beoefening, aanbod, evenementen en veiligheid van full-contact vechtsporten in Nederland*.

Gambrell, R. C. (2007). *Boxing: Medical Care In and Out of the Ring*. *Current Sports Medicine Reports* 2007, 6:317–3215.

Hunter, L. E., Branch, C. A., & Lipton, M. L. (2019). The neurobiological effects of repetitive head impacts in collision sports. *Neurobiology of Disease*, 123, 122–126.

Janssen, I., & LeBlanc, A. G. (2010). *RSevyieswtematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth*. 16.

Jernigan, T. L., Baaré, W. F. C., Stiles, J., & Madsen, K. S. (2011). Postnatal brain development: Structural imaging of dynamic neurodevelopmental processes. *Progress in Brain Research*, 189, 77–92. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53884-0.00019-1>

Kim, G. H., Kang, I., Jeong, H., Park, S., Hong, H., Kim, J., Kim, J. Y., Edden, R. A. E., Lyoo, I. K., & Yoon, S. (2019). Low Prefrontal GABA Levels Are Associated With Poor Cognitive Functions in Professional Boxers. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 193. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00193>

- Koerte, I. K., Nichols, E., Tripodis, Y., Schultz, V., Lehner, S., Igbino, R., Chuang, A. Z., Mayinger, M., Klier, E. M., Muehlmann, M., Kaufmann, D., Lepage, C., Heinen, F., Schulte-Körne, G., Zafonte, R., Shenton, M. E., & Sereno, A. B. (2017). Impaired Cognitive Performance in Youth Athletes Exposed to Repetitive Head Impacts. *Journal of Neurotrauma*, 34(16), 2389–2395. <https://doi.org/10.1089/neu.2016.4960>
- Konigs, M. (2016). *Traumatic brain injury in children: Impact on Brain Structure, Neurocognition & Behavior*. <https://research.vu.nl/en/publications/traumatic-brain-injury-in-children-impact-on-brain-structure-neur>
- Kuzminski, S. J., Clark, M. D., Fraser, M. A., Haswell, C. C., Morey, R. A., Liu, C., Choudhury, K. R., Guskiewicz, K. M., & Petrella, J. R. (2018). White matter changes related to subconcussive impact frequency during a single season of high school football. *American Journal of Neuroradiology*, 39(2), 245–251.
- Lagendijk E., & Deelen, I., (2018). *Waard om te vechten*.
- Lakes, K. D., & Hoyt, W. T. (2004). Promoting self-regulation through school-based martial arts training. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 25(3), 283–302.
- Lim, L., Ho, R., & Ho, C. (2019). Dangers of Mixed Martial Arts in the Development of Chronic Traumatic Encephalopathy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(2), 254. <https://doi.org/10.3390/ijerph16020254>
- Loosemore, M. P., Butler, C. F., Khadri, A., McDonagh, D., Patel, V. A., & Bailes, J. E. (2017). Use of Head Guards in AIBA Boxing Tournaments—A Cross-Sectional Observational Study. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 27(1), 86-88.
- Manley, G., Gardner, A. J., Schneider, K. J., Guskiewicz, K. M., Bailes, J., Cantu, R. C., Castellani, R. J., Turner, M., Jordan, B. D., Randolph, C., Dvořák, J., Hayden, K. A., Tator, C. H., McCrory, P., & Iverson, G. L. (2017). A systematic review of potential long-term effects of sport-related concussion. *British Journal of Sports Medicine*, 51(12), 969–977. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097791>
- Mayer, A. R., Ling, J. M., Dodd, A. B., Gasparovic, C., Klimaj, S. D., & Meier, T. B. (2015). A Longitudinal Assessment of Structural and Chemical Alterations in Mixed Martial Arts Fighters. *Journal of Neurotrauma*, 32(22), 1759–1767. <https://doi.org/10.1089/neu.2014.3833>
- McCrory, P., Meeuwisse, W., Dvorak, J., Aubry, M., Bailes, J., Broglio, S., Cantu, R. C., Cassidy, D., Echemendia, R. J., Castellani, R. J., Davis, G. A., Ellenbogen, R., Emery, C., Engebreetsen, L., Feddermann-Demont, N., Giza, C. C., Guskiewicz, K. M., Herring, S.,

- Iverson, G. L., ... Vos, P. E. (2017). Consensus statement on concussion in sport—The 5th international conference on concussion in sport held in Berlin, October 2016. *British Journal of Sports Medicine*, bjsports-2017-097699. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097699>
- McKee, A. C., Cairns, N. J., Dickson, D. W., Folkerth, R. D., Dirk Keene, C., Litvan, I., Perl, D. P., Stein, T. D., Vonsattel, J.-P., Stewart, W., Tripodis, Y., Cray, J. F., Bieniek, K. F., Dams-O'Connor, K., Alvarez, V. E., Gordon, W. A., & the TBI/CTE group. (2016). The first NINDS/NIBIB consensus meeting to define neuropathological criteria for the diagnosis of chronic traumatic encephalopathy. *Acta Neuropathologica*, 131(1), 75–86. <https://doi.org/10.1007/s00401-015-1515-z>
- Miele, V. J., Bailes, J. E., Cantu, R. C., & Rabb, C. H. (2006). Subdural hematomas in boxing: the spectrum of consequences. *Neurosurgical focus*, 21(4), 1-6.
- Nalepa, B., Alexander, A., Schodrof, S., Bernick, C., & Pardini, J. (2017). Fighting to keep a sport safe: Toward a structured and sport-specific return to play protocol. *The Physician and Sportsmedicine*, 1–6. <https://doi.org/10.1080/00913847.2017.1288544>
- Rivara, F. P., Tennyson, R., Mills, B., Browd, S. R., Emery, C. A., Gioia, G., Giza, C. C., Herring, S., Janz, K. F., LaBella, C., Valovich McLeod, T., Meehan, W., Patricios, J., & for the Four Corners Youth Consortium. (2020). Consensus Statement on Sports-Related Concussions in Youth Sports Using a Modified Delphi Approach. *JAMA Pediatrics*, 174(1), 79. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2019.4006>
- Schultz, V., Stern, R. A., Tripodis, Y., Stamm, J., Wrobel, P., Lepage, C., Weir, I., Guenette, J. P., Chua, A., Alosco, M. L., Baugh, C. M., Fritts, N. G., Martin, B. M., Chaisson, C. E., Coleman, M. J., Lin, A. P., Pasternak, O., Shenton, M. E., & Koerte, I. K. (2018). Age at First Exposure to Repetitive Head Impacts Is Associated with Smaller Thalamic Volumes in Former Professional American Football Players. *Journal of Neurotrauma*, 35(2), 278–285. <https://doi.org/10.1089/neu.2017.5145>
- Seifert, T., Bernick, C., Jordan, B., Alessi, A., Davidson, J., Cantu, R., Giza, C., Goodman, M., & Benjamin, J. (2015). Determining brain fitness to fight: Has the time come? *The Physician and Sportsmedicine*, 43(4), 395–402. <https://doi.org/10.1080/00913847.2015.1081551>
- Shin, W., Mahmoud, S. Y., Sakaie, K., Banks, S. J., Lowe, M. J., Phillips, M., Modic, M. T., & Bernick, C. (2014). Diffusion measures indicate fight exposure–related damage to cerebral white matter in boxers and mixed martial arts fighters. *American Journal of Neuroradiology*, 35(2), 285–290.

- Sim, A., Terryberry-Spohr, L., & Wilson, K. R. (2008). Prolonged recovery of memory functioning after mild traumatic brain injury in adolescent athletes. *Journal of Neurosurgery*, 108(3), 511–516. <https://doi.org/10.3171/JNS/2008/108/3/0511>
- Stamm, J. M., Koerte, I. K., Muehlmann, M., Pasternak, O., Bourlas, A. P., Baugh, C. M., Giwerc, M. Y., Zhu, A., Coleman, M. J., Bouix, S., Fritts, N. G., Martin, B. M., Chaisson, C., McClean, M. D., Lin, A. P., Cantu, R. C., Tripodis, Y., Stern, R. A., & Shenton, M. E. (2015). Age at First Exposure to Football Is Associated with Altered Corpus Callosum White Matter Microstructure in Former Professional Football Players. *Journal of Neurotrauma*, 32(22), 1768–1776. <https://doi.org/10.1089/neu.2014.3822>
- Stiller, J. W., Yu, S. S., Brenner, L. A., Langenberg, P., Scrofani, P., Pannella, P., Hsu, E. B., Roberts, D. W., Monsell, R. M. T., Binks, S. W., Guzman, A., & Postolache, T. T. (2014). Sparring and Neurological Function in Professional Boxers. *Frontiers in Public Health*, 2. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00069>
- Tanriverdi, F., Unluhizarci, K., Coksevim, B., Selcuklu, A., Casanueva, F. F., & Kelestimur, F. (2007). Kickboxing sport as a new cause of traumatic brain injury-mediated hypopituitarism. *Clinical Endocrinology*, 66(3), 360–366. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2265.2006.02737.x>
- Teffer, K., & Semendeferi, K. (2012). Human prefrontal cortex: evolution, development, and pathology. In *Progress in brain research* (Vol. 195, pp. 191-218). Elsevier.
- Tsushima, W. T., Geling, O., Arnold, M., & Oshiro, R. (2016). Are There Subconcussive Neuropsychological Effects in Youth Sports? An Exploratory Study of High- and Low-Contact Sports. *Applied Neuropsychology. Child*, 5(2), 149–155. <https://doi.org/10.1080/21622965.2015.1052813>
- van der Niet, A. G., Hartman, E., Smith, J., & Visscher, C. (2014). Modeling relationships between physical fitness, executive functioning, and academic achievement in primary school children. *Psychology of Sport and Exercise*, 15(4), 319–325. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2014.02.010>
- Vertonghen, J., & Theeboom, M. (2010). The Social-Psychological Outcomes of Martial Arts Practise Among Youth: A Review. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(4), 528–537.
- Waltzman, D., & Sarmiento, K. (2019). What the research says about concussion risk factors and prevention strategies for youth sports: A scoping review of six commonly played sports. *Journal of Safety Research*, 68, 157–172. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2018.11.005>

Wells, J. J. (2015). Youth Mixed Martial Arts: Time to Regulate. *Clinical Pediatrics*, 54(3), 282–282. <https://doi.org/10.1177/0009922814540041>

Wickel, E. E., & Eisenmann, J. C. (2007). Contribution of Youth Sport to Total Daily Physical Activity among 6- to 12-yr-old Boys: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(9), 1493–1500. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318093f56a>

Wilde, E. A., Hunter, J. V., Li, X., Amador, C., Hanten, G., Newsome, M. R., Wu, T. C., McCauley, S. R., Vogt, G. S., Chu, Z. D., Biekman, B., & Levin, H. S. (2016). Chronic Effects of Boxing: Diffusion Tensor Imaging and Cognitive Findings. *Journal of Neurotrauma*, 33(7), 672–680. <https://doi.org/10.1089/neu.2015.4035>