

Afstudeerwerkstuk

Gepaste richtlijnen binnen American football om het risico op chronisch traumatische encefalopathie te verkleinen



Auteur: Emma van Garderen

Aeres Hogeschool Almere

Afstudeerwerkstuk

Gepaste richtlijnen binnen American football om het risico op chronisch traumatische encefalopathie te verkleinen

Een literatuurstudie die antwoord zal geven op de vraag: Welke richtlijnen zouden voor het beoefenen van American football minimaal verplicht moeten worden gesteld in verband met de geconstateerde prevalentie van chronisch traumatische encefalopathie onder oud National Football League (NFL) spelers?

Naam: Emma van Garderen

Opleiding: Toegepaste Biologie

Major: Biologie, Voeding en Gezondheid

Plaats en datum: Juni, Almere

Naam afstudeerdocent: Yolanda Maas



DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Voorwoord

Voor u bevindt ligt het afstudeerwerkstuk 'Gepaste richtlijnen binnen American football om het risico op chronisch traumatische encefalopathie te verkleinen.' Dit afstudeerwerkstuk is geschreven in het kader van mijn afstuderen aan de opleiding Biologie, Voeding en Gezondheid aan de Aeres Hogeschool Almere. Van februari 2020 tot juni 2020 ben ik bezig geweest met het onderzoek en het schrijven van mijn scriptie.

Tijdens dit proces stond mijn afstudeerbegeleider, Yolanda Maas, altijd voor mij klaar. Bij deze wil ik u graag bedanken voor de begeleiding en ondersteuning tijdens het gehele proces. Daarnaast wil ik mijn medestudenten en mijn ouders bedanken voor het vaker effectief kunnen sparren en het ontvangen van feedback over dit werkstuk.

Ik hoop dat u dit afstudeerwerkstuk even interessant zal vinden om te lezen als hoe interessant ik het heb gevonden om te schrijven.

Emma van Garderen

Almere, 8 juni 2020

Samenvatting

Inleiding | Sportgerelateerde hersenschuddingen zijn een epidemie binnen de contactsporten, met name binnen American football. De neurodegeneratieve ziekte Chronisch Traumatische Encefalopathie (CTE) wordt veroorzaakt door herhaaldelijk opgelopen hersenschuddingen. Met een toenemende incidentie van sportgerelateerde hersenschuddingen moet een manier worden gevonden om de ontwikkeling van CTE te voorkomen of vertragen. Daarom is het doel van dit onderzoek is om een antwoord te vinden op de hoofdvraag: 'Welke richtlijnen zouden voor het beoefenen van American football minimaal verplicht moeten worden gesteld in verband met de geconstateerde prevalentie van CTE onder oud National Football League (NFL) spelers?'

Methode | Dit onderzoek betreft een literatuuronderzoek. Vooraf opgestelde zoekcombinaties zijn ingevoerd in verschillende databanken. De geselecteerde literatuur moest voldoen aan een aantal inclusiecriteria. De gebruikte onderzoeken zijn systematisch weergegeven in een bronnenmatrix. De drie deelvragen zijn: 1 Welke richtlijnen worden momenteel wereldwijd gehanteerd om hersenletsel te voorkomen bij contactsporten in het algemeen en bij American football in het bijzonder? 2 Welke symptomen met betrekking tot chronisch traumatische encefalopathie kunnen er worden gesignaleerd tijdens de periode waarin er actief American football wordt gespeeld? en 3 Hoe hangt de kans op het ontwikkelen van chronisch traumatische encefalopathie samen met factoren als de instroomleeftijd, het niveau waarop en het aantal jaar dat American football wordt beoefend?

Resultaten | Uit 600 resultaten die zijn beoordeeld op de relevantie via de titels en abstracts, zijn uiteindelijk 31 onderzoeken die antwoord geven op de deelvragen volledig geanalyseerd. De belangrijkste resultaten uit deze analyse zijn dat: 1 Richtlijnen om hersenletsel te voorkomen zijn beperkt. Er wordt voornamelijk slechts naar de richtlijnen voor de omgang van het oplopen van een hersenletsel. 2 De symptomen van chronisch traumatische encefalopathie vertonen zich pas enkele jaren na het laatst opgelopen hersenletsel. Verbeteringen in het voorkomen van chronisch traumatische encefalopathie kan daarom niet op korte termijn worden gemeten. Het is daarom van belang om hersenschuddingen te voorkomen. 3 De instroomleeftijd bij American football is van invloed op het eerder vertonen van symptomen van chronisch traumatische encefalopathie. De instroomleeftijd voor het twaalfde jaar resulteert in een hogere kans van het ontwikkelen van symptomen van chronisch traumatische encefalopathie.

Conclusie | Hersenschuddingen zijn de meest beïnvloedbare oorzaak van het ontwikkelen van CTE. Om deze reden moeten het oplopen van hersenschuddingen worden voorkomen.

Aanbevelingen | Er moet voorlichting over hersenschuddingen worden gegeven aan individuele spelers en ouders. Cursussen over hersenschuddingen moeten met certificering als voorwaarde worden gesteld aan trainers en coaches. De diagnose en behandeling van simpele hersenschuddingen moet worden uitgevoerd door een deskundige c.q. onafhankelijk verpleegkundige gespecialiseerd in hersenletsel. De spelregels van American football moeten worden verscherpt. Sancties moeten worden opgelegd voor het niet naleven van de return to play richtlijnen. American football moet worden verboden voor kinderen onder de leeftijd van twaalf jaar. Binnen teams en bij de indeling van competitie dient te worden geselecteerd op fysieke volwassenheid. Daarnaast moeten de jaarlijkse aanpassingen van de spelregels van American football worden gemonitord en de effectiviteit van de preventie van hersenschuddingen zou moeten worden onderzocht net zoals andere factoren die het ontwikkelen van CTE beïnvloeden. Hiervoor is longitudinaal vervolg onderzoek nodig.

Abstract

Introduction | Sports related concussions are considered an epidemic within contact sports, particularly in American football. The neurodegenerative disease Chronic Traumatic Encephalopathy (CTE) is the result of repeated concussions. An increasing incidence of sports related concussions requires new methods to prevent the development of CTE and possibly delay the onset of CTE. The purpose of this research is to provide answers to the main research question: 'What are the minimum guidelines in American Football required to deal with the confirmed prevalence of CTE in former National Football League (NFL) players?'.

Method | This research investigated existing literature. Predetermined queries have been used to search various databases. Selected literature had to satisfy a number of inclusion criteria. The studies used are systematically shown in a source matrix. The three sub-questions are: 1 What guidelines are currently used worldwide to prevent brain injuries in contact sports in general and in American football in particular? 2 What symptoms of chronic traumatic encephalopathy can be identified during the period when active American football is being played? and 3 How is the likelihood of developing chronic traumatic encephalopathy related to factors such as the starting age, the level and number of years that American football is practiced?

Results | Of the 600 results that were assessed for relevance via the titles and abstracts, 31 studies that answer the sub-questions were ultimately fully analysed. The main results of this analysis are that: 1 Guidelines to prevent brain injuries are limited. The main focus is on guidelines for dealing with already occurred concussions. 2 The symptoms of chronic traumatic encephalopathy appear later, a few years after the last occurrence of a concussion. Therefore, improvements in the incidence of chronic traumatic encephalopathy cannot be measured in the short term. It is therefore important to focus on preventing concussions. 3 The starting age in American football influences the earlier development of symptoms of chronic traumatic encephalopathy. A starting age before twelve years of age results in a significant higher chance of developing symptoms of chronic traumatic encephalopathy later in life.

Conclusion | Concussions are the most influenceable cause of developing CTE. For this reason, concussions should be prevented.

Recommendations | Information about concussions should be given to individual players and parents. Brain injury prevention courses should be made compulsory for trainers and coaches through certification. The diagnosis and treatment of simple concussions must be carried out by an expert or independent nurse specialised in brain injuries. The rules of American football need to be tightened up. Penalties must be imposed for failure to comply with the return to play guidelines. American football should be banned for children under the age of twelve. Players should be selected on the basis of physical maturity for both teams and competitions. In addition, the effect of annual rule changes of American Football should be monitored and its effectiveness for the prevention of concussions investigated together with other factors influencing CTE. This requires further longitudinal research.

Inhoud

Voorwoord	3
Samenvatting	4
Abstract	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Begrippenlijst	7
Hoofdstuk 1 Inleiding	8
Hoofdvraag	9
Deelvragen	9
Leeswijzer	10
Hoofdstuk 2 Onderzoeksmethode	11
2.1 Databanken	11
2.2 Inclusie- en exclusiecriteria	11
2.3 Zoektermen	12
2.4 Selectie literatuur	12
2.5 Analyse literatuur	12
Hoofdstuk 3 Resultaten	14
3.1 Richtlijnen omtrent hersenletsel in contactsporten	15
3.2 Symptomen van CTE bij het spelen van American football	18
3.3 De kans op het ontwikkelen van CTE in relatie tot instroomleeftijd, het niveau waarop en het aantal jaar dat American football wordt beoefend	20
Hoofdstuk 4 Discussie	22
4.1 Richtlijnen omtrent hersenletsel in contactsporten	22
4.2 Symptomen van CTE bij het spelen van American football	23
4.3 De kans op het ontwikkelen van CTE in relatie tot instroomleeftijd, het niveau waarop en het aantal jaar dat American football wordt beoefend	23
4.4 Reflectie op proces en methode	23
Hoofdstuk 5 Conclusies en aanbevelingen	25
5.1 Conclusie	25
Deelvraag 1.	25
Deelvraag 2.	25
Deelvraag 3.	26
5.2 Aanbevelingen	27
Bronnenlijst	29

Begrippenlijst

Traumatisch hersenletsel	Hersenletsel ontstaat bij schade aan de hersenen als gevolg van een ongeval (trauma) zoals een klap op het hoofd. De aanduiding licht/middelzwaar/ernstig hersenletsel is afhankelijk van hoeveel schade er is opgelopen in de hersenen.
Hersenschudding	Een hersenschudding is een licht traumatisch hersenletsel waarbij er geen schade aan de hersenen zichtbaar is.
NFL	De professionele competitie van Amerika van American football wordt National Football League (NFL) genoemd.
Post- mortem	Na overlijden, na de dood.
Incidentie	De incidentie is het relatieve aantal nieuwe gevallen van een ziekte per tijdseenheid binnen een specifieke populatie.
Prevalentie	De prevalentie is het voorkomen van het aantal bestaande gevallen van een ziekte op een bepaald moment in de bevolking.
CTE	Chronisch Traumatische Encefalopathie.

Hoofdstuk 1 Inleiding

Licht traumatisch hersenletsel, zoals een hersenschudding, vormt een groot probleem voor de gezondheid van beoefenaars van contactsporten. Onder contactsport wordt een sport verstaan waarbij lichamelijk contact noodzakelijk is. Voorbeelden hiervan zijn: boksen, rugby, taekwondo, karate, American football en voetbal. Het spelen van contactsporten verhoogt het risico op hersenschuddingen door bijvoorbeeld tackelen, onderlinge botsingen, trappen, klappen op het hoofd en het koppen van een bal (Yadikar et al., 2019). Sportgerelateerde hersenschuddingen worden tegenwoordig gezien als een epidemie binnen contactsporten, met een toename aan incidenten (Noble & Hesdorffer, 2013). Een van de oorzaken hiervan is een toenemende professionaliteit binnen contactsporten op jongere leeftijd, met als gevolg dat contactsport langer wordt beoefend. Hierdoor is er een grotere groep sporters die een verhoogd risico op hersenletsel heeft (Kriz, 2015).

In Amerika lopen ruim 300.000 Amerikanen per jaar sportgerelateerde hersenschuddingen op. Sportgerelateerde hersenschuddingen betreffen voornamelijk contactsporten maar komen ook voor bij sporten waarbij geen contact noodzakelijk is. Hersenschuddingen veroorzaken symptomen als hoofdpijn, duizeligheid, problemen in de balans, lichtgevoeligheid, sufheid, concentratieproblemen en andere cognitieve problemen (Guskiewicz et al., 2013, Vijverberg, Pijnenburg, Scheltens, & Pijnenburg, 2019). Deze symptomen worden regelmatig over het hoofd gezien. De meerderheid van alle hersenletsels zijn erg licht (81 -92%) en worden niet herkend (Noble & Hesdorffer, 2013). De hersenschuddingen die geen medische hulp vereisen, zijn in deze cijfers buiten beschouwing gelaten. De werkelijke incidentie ligt dus waarschijnlijk vele malen hoger (Plass et al., 2019). Naar schatting is er in werkelijkheid sprake van tussen de 1.6 en 3.8 miljoen Amerikanen met sportgerelateerde hersenschuddingen (Langlois, Rutland-Brown, & Wald., 2006).

Er is hierbij gekeken naar de Amerikaanse cijfers gezien de hoge bewustwording in Amerika omtrent het risico van contactsporten. Dit heeft te maken met de rechtszaak, die loopt sinds 2011, van 4500 oud-American-football spelers tegen de National Football League (NFL), de hoogste competitie van American football in Amerika. Deze rechtszaak ging om oud-footballspelers die compensatie eisten van de NFL voor hersenletsel dat is opgelopen tijdens het spelen van American football. De NFL zou niet genoeg gewaarschuwd hebben voor de risico's en te weinig maatregelen hebben genomen om het risico te verkleinen. De rechtszaak heeft veel media aandacht gekregen. Het resultaat van deze rechtszaak was een schikking ten bedrage van 500 miljoen Amerikaanse dollars. Gezien de grote rechtszaak is men in Amerika veel gedegen onderzoek gaan doen naar hersenletsel binnen American football (Weinmeyer, 2014).

Traumatisch hersenletsel wordt veroorzaakt door een harde klap tegen het hoofd of het lichaam. Wanneer er geen schade zichtbaar is aan de hersenen na een harde klap, wordt deze hersenschudding ook wel licht traumatisch hersenletsel genoemd. Hoewel er geen schade zichtbaar is, zijn de lange termijn gevolgen van herhaaldelijk oplopen van hersenschuddingen en de kans op blijvend hersenletsel groot. Wanneer een sporter herhaaldelijk schade aan de hersenen oploopt kan Chronische Traumatische Encefalopathie (CTE) zich in het brein ontwikkelen (Gavett, Stern & McKee, 2011). Het is niet bekend of een enkele hersenschudding bijdraagt aan de ontwikkeling van CTE (Lakhan, Kirchgessner, 2012). CTE is een chronische hersenziekte waarbij de structuur van neuronen in de hersenen veranderen (Yadikar et al., 2019). Deze veranderingen beginnen centraal maar breiden zich geleidelijk uit tot wijdverbreide hersengebieden. Waar de CTE is gelokaliseerd in de hersenen en hoever het is uitgebreid is de leidraad voor de vier verschillende stadia van CTE. Dit is gevonden bij het onderzoeken van het hersenweefsel. Hersenweefsel kan pas na het overlijden van een persoon op deze wijze worden onderzocht. Dit is tevens de reden dat CTE pas definitief kan worden gediagnosticeerd na overlijden (McKee, et al., 2015).

Onderzoek suggereert dat gedrags- en persoonlijkheidsveranderingen zoals depressie, apathie, prikkelbaarheid, suïcidaliteit en impulsiviteit deel uitmaken van het klinische spectrum van alle stadia van CTE (Gavett, Stern & McKee, 2011). Gepensioneerde National Football League (NFL) spelers tonen vaker deze symptomen dan de algemene bevolking. Onderzoek naar depressiviteit bij NFL-spelers laat zien dat gepensioneerde NFL-spelers even vaak depressief zijn als een gemiddeld persoon. Echter ervaren NFL-spelers vaker een levenslange geschiedenis van depressieve symptomen in tegenstelling tot de controlegroep in deze studie (Weir, Jackson, & Sonnega, 2009).

Football spelers die in Amerika in het hoger onderwijs (college) spelen hebben de meeste sportgerelateerde hersenschuddingen. 55% van alle sportgerelateerde hersenschuddingen tijdens de 'college'-jaren is ontstaan tijdens het spelen van American football (Hootman et al. 2007). Onderzoek naar de incidentie van CTE in voormalig American football spelers suggereert dat er een verband is tussen CTE en het eerder beoefenen van American football (Mez et al., 2017).

Uit hetzelfde onderzoek is gebleken dat van de 202 overleden American football spelers er, 177 post-mortem zijn gediagnostiseerd met CTE (Mez et al., 2017). Deze personen waarvan de hersenen onderzocht zijn, hebben allen op verschillende niveaus American football beoefend. Bij het hoogste niveau van American football genaamd de NFL is het percentage spelers dat is gediagnostiseerd met CTE vele malen hoger dan wat gevonden is bij lagere niveaus in het bovengenoemde onderzoek. Van de 202 onderzochte hersenen zijn er 111 van voormalig NFL-spelers die zijn gedoneerd voor onderzoek naar CTE. Van deze groep van 111 is er in 110 hersenen CTE aangetoond (Mez et al., 2017).

Deze scriptie wordt in de eerste plaats geschreven voor personen die betrokken zijn bij het opstellen van de richtlijnen voor American football, in Amerika of elders waar dit type contactsporten beoefend wordt. Daarnaast is het onderzoek bedoeld om geïnteresseerden te informeren over de risico's met betrekking tot CTE als gevolg van het beoefenen van American football op alle niveaus. Gekozen is om in het kader van deze scriptie uitsluitend te richten op de hersenziekte CTE vanwege de gevonden hoge post-mortem prevalentie bij ex-beoefenaars van deze sport. Studies naar preventie van CTE tijdens het spelen van American football ontbreken tot op heden. Om die reden richt dit onderzoek zich op de volgende hoofdvraag:

Hoofdvraag

Welke richtlijnen zouden voor het beoefenen van American football minimaal verplicht moeten worden gesteld in verband met de geconstateerde prevalentie van CTE onder oud NFL-spelers?

Deelvragen

1. Welke richtlijnen worden momenteel wereldwijd gehanteerd om hersenletsel te voorkomen bij contactsporten in het algemeen en bij American football in het bijzonder?
2. Welke symptomen met betrekking tot chronisch traumatische encefalopathie kunnen er worden gesignaleerd tijdens de periode waarin er actief American football wordt gespeeld?
3. Hoe hangt de kans op het ontwikkelen van chronisch traumatische encefalopathie samen met factoren als de instroomleeftijd, het niveau waarop en het aantal jaar dat American football wordt beoefend?

Met het beantwoorden van de hoofdvraag is het doel om een aantal bestaande richtlijnen aan te passen, en waar mogelijk nieuwe richtlijnen te verplichten ter bevordering van de veiligheid van beoefening van American football. De kans op het krijgen van hersenletsel en daarbij de kans op het ontwikkelen van CTE bij spelers kan hierdoor verkleinen of mogelijk zelfs voorkomen worden.

Leeswijzer

In de inleiding is het onderwerp van deze afstudeerscriptie beschreven en de relevantie ervan toegelicht. Hoofdstuk 2 gaat in op de methode, die gebruikt is om dit onderzoek uit te voeren. De resultaten worden vervolgens in hoofdstuk 3 per deelvraag gegeven. In de discussie, hoofdstuk 4, volgt een kritische terugblik op het onderzoek en de resultaten. Vervolgens worden de deelvragen en de hoofdvraag beantwoord in de conclusie, waarna tot slot aanbevelingen worden gedaan voor eventueel vervolgonderzoek.

Hoofdstuk 2 Onderzoeksmethode

Om de hoofd- en deelvragen van dit onderzoek te beantwoorden, is gebruik gemaakt van literatuuronderzoek. Dit hoofdstuk beschrijft waar de literatuur is verzameld, de gehanteerde in- en exclusiecriteria, welke zoektermen zijn gebruikt en hoe de literatuur is geselecteerd en vervolgens geanalyseerd.

2.1 Databanken

Voor het vinden van literatuur zijn de volgende wetenschappelijke databanken gebruikt: Google Scholar, Science Direct en Springer. Google Scholar biedt de mogelijkheid bronnen te zoeken in een grote hoeveelheid (recent) uitgebrachte internationale wetenschappelijke literatuur, die echter niet allemaal volledig toegankelijk (open acces) zijn. De databanken Science Direct en Springer bieden via de mediatheek van Aeres Hogeschool dan vaak wel deze toegang tot volledige publicaties. De via Google Scholar gevonden titels zonder open acces of geen volledig online beschikbaar artikel via Science Direct of Springer zijn niet meegenomen in dit onderzoek. Deze databanken bieden de mogelijkheid om zoekresultaten te filteren op basis van de vooraf vastgestelde in- en exclusiecriteria genoemd in paragraaf 2.2. Naast wetenschappelijke databanken zijn ook de sites van Concussion Foundation en de Hersenstichting geraadpleegd. De databanken van deze organisaties zijn geraadpleegd wegens de daar aanwezige hoeveelheid kennis over CTE.

2.2 Inclusie- en exclusiecriteria

Om relevante en bruikbare bronnen te filteren zijn er een aantal in- en exclusiecriteria opgesteld in tabel 1.

Tabel 1. Inclusie- en exclusiecriteria

Inclusiecriteria	Exclusiecriteria
Bronnen in de tijdsperiode van 2000 tot 2020.	Bronnen voor het jaar 2000. In uiterste gevallen is hiervoor een uitzondering gemaakt. De uitzondering is afhankelijk van het belang van de informatie uit de bron.
Er is uitsluitend geselecteerd op Engelstalige bronnen.	Bronnen in overige talen zijn uitgesloten.
De onderzoeken zijn peer-reviewed.	Onderzoeken die niet peer-reviewed zijn.
Gezondheidsrisico's van CTE waarvan de oorzaak sport gerelateerd is.	Andere oorzaken die effect hebben op de degeneratie van de hersenen.
De bronnen moeten betrouwbaar zijn. De betrouwbaarheid is beoordeeld a.d.h.v. deskundigheid van de auteur, organisatie of uitgeverij die de informatie heeft gepubliceerd.	De auteur/organisatie van een artikel mag i.v.m. de betrouwbaarheid van een bron geen eigen belang hebben bij het uitbrengen van het onderzoek.
-----	Artikelen waar geen toegang tot mogelijk was via de gebruikte databanken Science Direct en Springer, die beschikbaar zijn via de mediatheek van de Aeres Hogeschool, zijn uitgesloten

2.3 Zoektermen

Om de juiste literatuur in de databanken te vinden is gebruik gemaakt van zoektermen te zien in tabel 2. De zoektermen borgen de relevantie van de literatuur doordat de termen zorgvuldig voorafgaand aan het onderzoek zijn vastgesteld als “geschikt” om antwoord te geven op een van de deelvragen. De zoektermen zijn gecombineerd met gebruikmaking van Booleaanse zoekstrategie. Door de Booleaans operatoren AND en OR worden specifieke zoekresultaten getoond die beide termen bevatten (Aeres Hogeschool, 2017).

Tabel 2. Zoektermen

Deelvraag	Zoektermen	Combinaties
Welke richtlijnen worden momenteel wereldwijd gehanteerd om hersenletsel te voorkomen bij contactsporten in het algemeen en bij American football in het bijzonder?	• American football • Guidelines • Contact sports • Collision sport • High impact sport • Sport related problems • prevention	- American football AND Guidelines - (Contactsports OR collision sport OR high impact sport) AND (guidelines OR sport related problems OR prevention)
Welke symptomen met betrekking tot chronisch traumatische encefalopathie kunnen er worden gesignaleerd tijdens de periode waarin er actief American football wordt gespeeld?	• Chronic traumatic Encephalopathy (CTE) • Symptoms • Spectrum • Neuropathological changes • American football	- Chronic traumatic Encephalopathy AND (symptoms OR spectrum OR neuropathological changes) AND American football
Hoe hangt de kans op het ontwikkelen van chronisch traumatische encefalopathie samen met factoren als de instroomleeftijd, het niveau waarop en het aantal jaar dat American football wordt beoefend?	• Chronic traumatic Encephalopathy (CTE) • American football • Age of first exposure • Professional • Years of playing	- CTE AND American football AND (age of first exposure OR professional OR Years of playing)

2.4 Selectie literatuur

Uit alle bronnen die resulteren uit het literatuuronderzoek op basis van de zoektermen en combinatie van zoektermen wordt vervolgens een selectie gemaakt. Allereerst worden de eerste 50 bronnen die op relevantie zijn gefilterd, geselecteerd per gebruikte databank. Vervolgens zijn al deze bronnen bekeken op titel en abstract. Bij voldoende geachte relevantie, is vervolgens het gehele artikel gelezen.

2.5 Analyse literatuur

Tot slot heeft er een analyse van de uit bovenstaande selectie overgebleven publicaties plaatsgevonden. Alle relevante informatie die is gevonden bij het lezen van de gehele bron is verwerkt in een bronnenmatrix, zie tabel 3. De bronnen matrix bestaat uit vijf kolommen. Hierin

wordt in de eerste kolom de bron volgens de APA-richtlijnen genoteerd. In de tweede kolom kan de claim die het onderzoek onderbouwt worden gevonden. De belangrijkste termen en bevindingen zijn opgenomen in respectievelijk de derde en vierde kolom. In de vijfde kolom wordt de digital object identifier (doi) van het artikel vermeld, wat het internet adres is waarop het artikel kan worden teruggevonden. De laatste kolom laat zien in welke deelvraag of deelvragen de bron kan worden gebruikt. Deze bronnenmatrix is bedoeld om een compact overzicht te geven van de geschikte bronnen en hun bruikbaarheid bij het beantwoorden van de verschillende deelvragen.

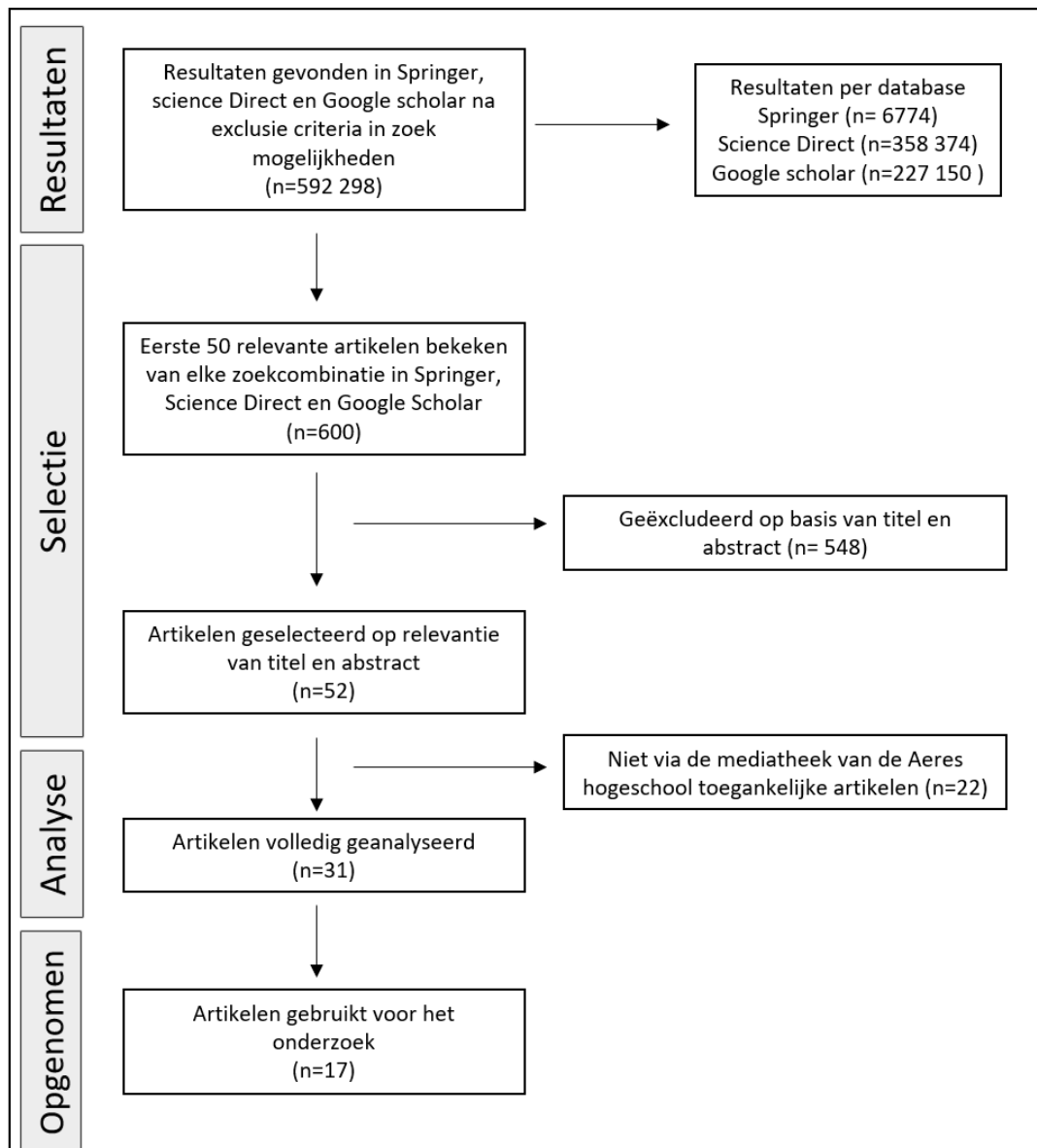
Tabel 3. Bronnenmatrix

Bron (APA)	Claim	Belangrijkste termen	Belangrijkste bevindingen	Doi	Deelvra(a)g(en) (1,2,3)
-	-	-	-	-	-

Met de informatie uit de bronnenmatrix kunnen de deelvragen beantwoord gaan worden in hoofdstuk 3 “Resultaten”. Alle hiervoor gebruikte bronnen zijn tevens in de bronnenlijst terug te vinden.

Hoofdstuk 3 Resultaten

Voor de selectie van literatuur voor de resultaten, zijn de zoekcombinaties 'American football AND guidelines', 'contactsports OR collisionsport OR high impact sport AND guidelines OR sport related problems OR prevention' 'Chronic traumatic encephalopathy AND symptoms OR spectrum OR neuropathological changes AND American football' en 'CTE AND American football AND age of first exposure OR professional OR Years of playing' gezocht in de gebruikte databanken (Springer, Science Direct & Google Scholar). Het proces van de literatuurselectie is weergegeven in een stroomdiagram (Figuur 1). Van de gevonden bronnen zijn 31 artikelen integraal geanalyseerd waarvan de resultaten van uiteindelijk 17 zijn weergegeven in dit hoofdstuk in de vorm van een verhalende samenvatting.



Figuur 1. Stroomdiagram gevonden resultaten

3.1 Richtlijnen omtrent hersenletsel in contactsporten

Er is onderzocht welke richtlijnen er zijn omtrent het voorkomen van hersenletsel in contactsporten. In de geselecteerde literatuur zijn drie soorten richtlijnen naar voren gekomen, die van invloed zijn op het minimaliseren van hersenletsel in sport. Deze categorieën zijn: 1) beschermende uitrusting voor het lichaam, 2) preventieve maatregelen door middel van veranderingen in spelregels bij American football en 3) richtlijnen omtrent het terugkeren naar de sportactiviteiten na een hersenschudding.

3.1.1. Beschermende uitrusting voor het lichaam tijdens sport

Binnen contactsporten wordt er gebruik gemaakt van beschermingsmiddelen voor het lichaam tegen blessures. Voor bescherming tegen het oplopen van hersenletsel is een helm verplicht. Een beschermende helm vertraagt de snelheid van de botsing tegen het hoofd, hierdoor wordt de abrupte klap van de botsing tussen de schedel en de hersenen opgevangen. Om deze redenen verminderen beschermende helmen de kans op ernstig traumatisch hersenletsel. Uit meerdere onderzoeken is gebleken dat hoewel de helmen een beschermende werking hebben bij ernstig hersenletsel, er geen significant bewijs is dat helmen afdoende bescherming bieden tegen hersenschuddingen. Daarnaast zorgt een helm mentaal ook voor een vals gevoel van veiligheid. Dit kan resulteren in een gevaarlijkere manier van aanvallen (Daneshvar et al., 2011).

Mondbitjes zijn tijdens het beoefenen van American football verplicht omdat de bitjes tand- en orofaciaal letsel voorkomen. Er wordt gesuggereerd dat mondbitjes zouden kunnen helpen bij het opvangen van de kracht van een botsing, waardoor de grootte van de impact op de hersenen zou worden verminderd. Zowel bij onderzoeken onder American footballspelers als basketbal-, ijshockey-, rugby- en voetballspelers is geen significant effect gevonden over de relatie tussen het dragen van een mond bitje en hersenschuddingen. In het onderzoek dat onder ijshockey spelers werd gedaan is wel een verschil gevonden in de mate van de hersenschuddingen. Echter was ook dit verschil niet significant. (Daneshvar et al., 2011)

3.1.2. Preventieve maatregelen door middel van veranderingen in spelregels

Over preventieve maatregelen van contactsporten was er in de geanalyseerde wetenschappelijke artikelen geen informatie beschikbaar. Een veelvoorkomende conclusie van de geanalyseerde artikelen is dat er een gebrek is aan preventieve maatregelen ten behoeve van het verminderen of voorkomen van hersenschuddingen binnen contactsporten (Lakhan & Kirchgessner, 2012; Patel, Shivdasani, & Baker, 2005; Kriz, 2015). Om de informatie over preventieve maatregelen bij American football toch te achterhalen is de officiële website van de NFL geraadpleegd. Binnen de NFL worden de spelregels jaarlijks aangepast om de veiligheid te vergroten en de impact van botsingen te verminderen. Het gaat hierbij om regels die de kans op het oplopen van een hersenschudding, door de botsingen met hoofd/nek en schouders, te verkleinen. Zo zijn in 2017 de verlengingstijden van een gelijkspel verkort van vijftien minuten naar tien minuten. Deze regelwijziging zou de veiligheid van de spelers vergroten. In 2018 is er een regel gemaakt voor alle spelers in het veld dat contact niet mag worden geïnitieerd met het hoofd. In 2019 is het vormen van een lichamelijke blokkade in de dode hoek van een persoon, waardoor een speler zich niet kan verdedigen, niet meer toegestaan. Tot slot zijn er in 2019 de regels opgesteld, rondom aanvallend contact met het hoofd, schouder of onderarm bij een verdediger, verscherpt (NFL, 2019). Deze aanpassingen aan of toevoegingen van regels zouden in de preventieve sfeer moeten bijdragen om hersenschuddingen in American football terug te dringen. Er zijn verder geen wetenschappelijke evaluaties gevonden over het resultaat van deze wijzigingen van spelregels binnen American football.

2.1.3. Richtlijnen omtrent het terugkeren naar de sportactiviteiten na een hersenschudding
Naast de preventieve aanpassingen die er zijn gedaan door de spelregels te veranderen binnen American football zijn er ook regels opgesteld voor de omgang met hersenschuddingen en het terugkeren naar sportactiviteiten. De belangrijkste regels voor het omgaan met een hersenschudding zijn de Return to play (RTP) richtlijnen. Deze richtlijnen zijn opgesteld om te zorgen dat sporters weer op een veilige manier kunnen sporten na een hersenschudding.

Er zijn een meerdere RTP richtlijnen gevonden in de literatuur selectie: De American Academy of Neurology (AAN) richtlijnen, het Cantu system, het Colorado system en de Prague richtlijnen. Hoewel dit allemaal verschillende richtlijnen zijn, hebben zij allen tot doel sporters te beschermen tegen vroegtijdig hervatting van sportactiviteiten, dus als er nog sprake is van symptomen en/of klachten bij de sporter. Dit gebeurt op een stapsgewijze manier door eerst lichte oefeningen uit te voeren tot de contactsport weer volledig kan worden uitgeoefend (zie tabel 4, RTP richtlijnen). Deze richtlijnen gelden voor alle sporten waarbij een hersenschudding is opgelopen.

De meest recent opgestelde richtlijnen die uit de geselecteerde literatuur kwamen, zijn de Prague richtlijnen (Yard & Comstock, 2009). In tabel 4 is te zien dat er twee categorieën binnen de Prague richtlijnen zijn; richtlijnen in het geval van simpele hersenschuddingen en richtlijnen in het geval van complexe hersenschuddingen. Hier wordt benoemd dat bij simpele hersenschuddingen stapsgewijs kan worden toegewerkt naar terugkeer naar de wedstrijd. Bij complexe hersenschuddingen wordt altijd geadviseerd contact op te nemen met gespecialiseerde arts.

Tabel 4. Prague richtlijnen voor terugkeer naar sportactiviteiten na een hersenschudding (Yard & Comstock, 2019)

Mate van de hersenschudding	RTP richtlijnen
Prague Simpel: - Symptomen verdwijnen binnen 7 tot 10 dagen Complex: - Aanhoudende symptomen - Bewustzijn voor langer dan 1 minuut verloren - Langdurige cognitieve deficiënties - Sporter heeft meerdere hersenschuddingen gehad	Geen terugkeer naar sport op dezelfde dag Speler mag niet alleen worden gelaten Regelmatige controle op symptomen Speler moet medisch worden geëvalueerd Wanneer een speler symptomen van een hersenschudding opmerkt, zal de speler de vorige stap waarbij zich geen symptomen hebben voorgedaan minimaal 24 uur moeten herhalen. Stap 1) Geen activiteit, volledig rust Stap 2) Lichte oefeningen (wandelen, etc.) Stap 3) Sport specifieke oefeningen, weerstandtrainingen Stap 4) Contactloze trainingsoefeningen Stap 5) Volledige contact training na medische goedkeuring Stap 6) Wedstrijden Complexe gevallen moeten ten allen tijde door een gespecialiseerde arts worden behandeld. Revalidatie zal langer duren.

Het vaststellen van een hersenschudding blijkt lastig te zijn (King et al., 2014). De symptomen moeten door de sporters zelf worden gesignaleerd en uitgesproken. Een onderzoek heeft aangetoond dat bij een Canadees football team 45% van de spelers symptomen van een

hersenschudding had en 19% van hen zich realiseerde een hersenschudding te hebben (Echemendia & Julian, 2001). In een ander onderzoek werd geconstateerd dat bijna een derde van de sporters die zichzelf beoordeelden als symptoomvrij faalde in een of meer neurocognitieve tests. Sporters zijn vaak niet accuraat of eerlijk in de beoordeling en het aangeven van symptomen. Dit komt onder meer door het graag willen spelen en de druk van de coach en/ of ouders (Collins, et al., 2013; Kemp et al., 2016). Over het algemeen worden de RTP richtlijnen (zie tabel 4) gebruikt door de trainers van een sportteam. Vaak hebben deze trainers echter niet de bevoegdheid om spelers uit het spel te houden en zijn zij niet medisch getraind. Ook voelen naast sporters zelf ook de trainers de druk van coaches, ouders en spelers om de sporter eerder te laten sporten dan de RTP richtlijnen adviseren. Het onderzoek van (Yard & Comstock, 2009) toont aan dat 40.5% van sporters met een hersenschudding de RTP richtlijnen niet aanhouden en eerder terugkeren in de sport. In een vijftal onderzoeken wordt geadviseerd om sporters, ouders, coaches en trainers meer te informeren en onderwijzen over alle aspecten van een hersenschudding en het belang van het naleven van de richtlijnen. Naast de moeilijkheden die worden ondervonden bij het vaststellen en herkennen van een hersenschudding is er geen wetenschappelijk bewijs over de effecten van het toepassen van de RTP richtlijnen bij kinderen en jongeren.

3.2 Symptomen van CTE bij het spelen van American football

De reeks van symptomen die kenmerkend zijn voor CTE worden in een aantal onderzoeken verschillend beschreven. De symptomen waar in deze artikelen over wordt gesproken, vertonen zich vaak een paar jaar tot jaren na het laatst opgelopen hersenletsel. Er waren dus geen CTE symptomen te herkennen tijdens het spelen van American football. Gaetz et al. (2017) beschrijft vier verschillende artikelen waarin de symptomen van CTE worden beschreven, waarbij het eerste onderzoek van Omalu et al. (2005) waarnaar wordt verwezen aangeeft dat de symptomen van CTE progressief zijn. Bij de eerste symptomen van CTE treedt er verslechtering van het geheugen op, veelal gevolgd door een verstoring van effectiviteit van executieve functies zoals het regelen, controleren en beheren van cognitieve processen. Daarnaast is er een achteruitgang in functioneren op sociaal en/of beroeps vlak. Dementie komt vaker voor in een later stadium.

In hetzelfde artikel wordt verwezen naar het tweede artikel, wat het klinisch spectrum van CTE in drie stadia verdeeld (Galgano, Cantu & Chin, 2016). Het eerste stadium kenmerkt zich door stemmingsstoornissen zoals depressie en psychotische symptomen zoals hallucineren. Het tweede stadium kenmerkt zich door sociale instabiliteit, grillig gedrag, geheugenverlies en tekenen van Parkinson. Het laatste stadium laat vooral veel algemeen cognitieve dysfunctie, dementie, spraak- en loopafwijkingen of volledige Parkinson zien.

Het derde onderzoek van Montenegro et al. (2014) haalt de neuropathologische diagnose en klinische diagnose uit elkaar, aangezien het niet mogelijk is om CTE te diagnosticeren tijdens het leven. De klinische diagnose wordt het Chronisch Traumatisch Encefalopathie Syndroom (TES) genoemd. Om gediagnostiseerd te worden met dit syndroom moet er minimaal sprake zijn van één klinisch kenmerk en twee kenmerken die het klinische kenmerk ondersteunen. De klinische kenmerken zijn: problemen met cognitie, problemen in gedrag en de stemming van een persoon (overdreven verdrietig, depressief en/of hopeloos). De ondersteunende kenmerken zijn 1) impulsiviteit, 2) ongerustheid, 3) lusteloosheid, 4) paranoia, 5) suïcidaal, 6) hoofdpijn, 7) motorische moeilijkheden in het lichaam, 8) gedocumenteerde achteruitgang van functioneren. Het blijkt wel mogelijk om een indicatie te krijgen of er van CTE sprake kan zijn door een klinische diagnose van TES te stellen.

In het vierde onderzoek waar naar wordt verwezen beschrijven Mahar, Alosco & McKee (2017) de klinische symptomen in relatie tot de pathofysiologische veranderingen in de hersenen. De klinische symptomen bestaan uit de volgende vier categorieën: cognitieve problemen, gedragsproblemen, stemmingsproblemen en motorische achteruitgang. Jongere patiënten vertonen meer gedrags- en/of stemmingsstoornissen. Oudere patiënten vertonen vooral cognitieve dysfunctie die overlappen met andere cognitieve stoornissen zoals alzheimer.

De symptomen van CTE die in deze vier artikelen genoemd worden zijn allemaal cognitieve, gedrags- en stemmingsproblemen waarbij in veel artikelen wordt gemeld dat een progressie naar dementie en/of Parkinson kan ontstaan. CTE wordt veroorzaakt door het oplopen van hersenschuddingen o.a. tijdens het beoefenen van American football. Terwijl de ontwikkeling van CTE zelf niet kan worden gemeten in de hersenen, kunnen de symptomen van hersenschuddingen wel worden gesignaleerd. In tabel 5 worden de symptomen weergegeven van hersenschuddingen. De symptomen van een hersenschudding zoals hoofdpijn en geheugenverlies komen overeen met de symptomen genoemd in de onderzoeken van Galgano et al. (2016) en Montenegro et al. (2014).

Tabel 5. Symptomen bij een hersenschudding (Kerr et al., 2016)

Migraine	Cognitief	Neuropsychiatrisch	Slaap
Duizeligheid	Geheugenverlies	Overmatig uitbundig	Slapeloosheid
Hoofdpijn	Concentratie problemen	Overmatig prikkelbaar	
Misselijk/overgeven	Desoriëntatie		
Oorsuizen	Verlies van bewustzijn		
Verlies van evenwicht	Sufheid		
Verstoord gezichtsvermogen			
Gevoelig voor licht en geluid			

3.3 De kans op het ontwikkelen van CTE in relatie tot instroomleeftijd, het niveau waarop en het aantal jaar dat American football wordt beoefend

Er is onderzocht of de instroomleeftijd, het niveau en de duur van het spelen van American football van invloed zijn op het ontwikkelen van CTE.

3.3.1. De instroomleeftijd

Met instroomleeftijd wordt de leeftijd bedoeld waarbij de eerste blootstelling aan een sport plaatsvindt. Een kind mag beginnen met het beoefenen van American football wanneer hij/zij vijf jaar oud is. De hersenen zijn nog vol in ontwikkeling met een piekperiode tussen de negen en twaalf jaar oud. Gedurende deze leeftijd worden er veel mijlpalen bereikt zoals de maximale omvang van de hersenen (Alosco & Stern, 2019).

De instroomleeftijd wordt niet geassocieerd met de pathologische ernst van CTE. De instroomleeftijd heeft wel invloed op wanneer symptomen zich voordoen gedurende het leven. Elk jaar eerder dat een deelnemer is begonnen met het beoefenen van American football, voorspelt het 2,44 jaar eerder optreden van de eerste cognitieve symptomen en het 2,5 jaar eerder optreden van de eerste gedrags-/stemmingssymptomen. Voor kinderen die met American football begonnen voor hun twaalfde levensjaar wordt voorspeld dat de eerste symptomen van cognitieve en gedrags- en stemmingssymptomen respectievelijk 13,39 jaar en 13,28 jaar eerder worden vertoond dan wanneer zij na hun twaalfde levensjaar zijn begonnen met het beoefenen van American football (Alosco, et al., 2018).

Alosco, et al. (2017) hebben de relatie tussen de instroomleeftijd van American football en cognitieve-, gedrags- en stemmingsproblemen onderzocht binnen een groep van 214 oud-footballspelers. Uit deze studie is gebleken dat spelers die voor hun twaalfde begonnen met American football twee keer zoveel kans hebben op het ontwikkelen van stoornissen zoals gedragsstoornissen, apathie en verstoring van uitvoerende functies als plannen en organiseren. Daarnaast loopt deze groep drie keer zoveel kans op een verhoogde depressiescore vergeleken met spelers die op twaalfjarige leeftijd of ouder zijn begonnen met het beoefenen van American football (Alosco, et al., 2017).

Een veel voorkomende factor waarin leeftijd ook meespeelt zijn de selectieprocedures. Sportorganisaties selecteren sporters vaak op leeftijd of talent, hierdoor ontstaan groepen of teams waar een aantal jaar verschil tussen de spelers in een team kan zitten. Een tienjarige getalenteerde speler met veel potentie zou in een team kunnen worden geplaatst met twaalfjarige spelers. Door op leeftijd of talent te selecteren kan er veel variabiliteit tussen adolescenten zijn in fysieke volwassenheid. Verschil in grootte en kracht bij een botsing tussen spelers kan leiden tot een verhoogde impact voor de fysiek kleinere, minder krachtige speler, waardoor meer kans bestaat om hersenletsel op te lopen (Johnson, 2012; Kriz 2015).

3.3.2. Niveau en duur van het spelen

Bij de geselecteerde literatuur zijn geen onderzoeken gevonden over de invloed van het niveau waarop en het aantal jaar dat American football wordt gespeeld in relatie tot het ontwikkelen van CTE. Wel vinden sommige structurele en functionele veranderingen in de hersenen als gevolg van herhaaldelijk hersenletsel al plaats na deelname aan één seizoen American football (Alosco & Stern, 2019).

Mez et al, (2017) hebben onderzoek gedaan naar de neuropathologische en klinische symptomen van overleden American football spelers van alle verschillende niveaus. In dit onderzoek is geconcludeerd dat er een verband is tussen eerdere deelname aan American football en CTE. De doelgroep van dit onderzoek is de Amerikaanse competitie van American football. In Amerika is sport verbonden aan school; de middelbare scholen en het hogere onderwijs organiseren sport. In Amerika

zijn er wel sportclubs maar deze zijn enkel na het afronden van onderwijs en in vakanties actief. De verschillende competitie niveaus tussen scholen zijn in dit onderzoek niet meegenomen. Er is naar voren gekomen dat behalve bij het spelen van American football tijdens de basisschool-periode, in iedere leeftijdsfase (vanaf de middelbare-schoolperiode elk niveau van American football spelen tot en met het professionele niveau) het ontwikkelen van CTE tot gevolg kan hebben. Uit de resultaten bleek dat bij 177 van in totaal 202 overleden hersendonoren CTE werd gediagnostiseerd. (zie ook tabel 6). Deze groep overleden spelers speelde gemiddeld 15.1 jaar. In tabel 6 staan deze 202 hersendonoren ingedeeld naar het hoogste niveau waarop American football is beoefend.

Tabel 6. Aantallen hersendonoren per speelniveau en de aantallen en percentages met CTE gediagnostiseerde spelers per categorie (Mez et al, 2017)

Speel niveau	202 overleden hersendonoren	177 met CTE gediagnostiseerde spelers	Percentage gediagnostiseerd
Basisschool	2	0	-
Middelbare school	14	3	21%
Hoger onderwijs	53	48	91%
Semiprofessioneel	14	9	64%
Canadese football league	8	7	88%
National football league (US)	111	110	99%

Hoofdstuk 4 Discussie

Het doel van deze literatuurstudie is om tot een aantal onderbouwde aanpassingen van de huidige richtlijnen, en/of nieuwe richtlijnen aan te reiken waarmee de veiligheid van het uitvoeren van de contactsport American football wordt bevorderd. Het achterliggende idee is dat de kans op het krijgen van hersenletsel en de daarmee gepaard gaande kans op het ontwikkelen van CTE bij American football spelers door deze aangepaste en nieuwe richtlijnen te verplichten verkleind of zelfs voorkomen wordt. Om dit doel te bereiken is de hoofdvraag gesteld: 'Welke richtlijnen zouden voor het beoefenen van American football minimaal verplicht moeten worden gesteld in verband met de geconstateerde prevalentie van CTE onder oud NFL-spelers?'. Deze wordt beantwoord door het weergeven van de gevonden resultaten op een drietal deelvragen. In dit hoofdstuk wordt kritisch teruggekeken op de uitvoer en de resultaten van dit literatuuronderzoek.

4.1 Richtlijnen omtrent hersenletsel in contactsporten

Uit de resultaten kunnen drie soorten richtlijnen worden gevonden die invloed hebben op hersenletsel. Ten aanzien van deze drie categorieën kan het volgende worden opgemerkt in de context van deze studie.

- 1) Richtlijnen omtrent lichamelijke bescherming, zoals de verplichting van helmen en/of mondbitjes tegen catastrofale hoofd-, nek-, en orofaciaal letsel. De resultaten over de lichamelijke bescherming binnen sporten zijn voornamelijk gebaseerd op een review van Daneshvar et al. (2011). In dit review wordt onderzocht wat de toegevoegde waarde van helmen en mond-bitjes zijn en of deze materialen ook kunnen worden gebruikt om hersenschuddingen binnen verschillende sporten, zoals contactsporten, te voorkomen. In de onderzoeken die zijn beschreven in het review worden studies gebruikt die niet gerandomiseerd zijn. De groepen binnen de gebruikte onderzoeken zijn niet representatief voor alle contactsporten. Het randomiseren van studies omtrent veiligheid kan ethische limitaties kennen. Hoe ethisch verantwoord zou het zijn om een controle groep bijvoorbeeld geen lichamelijke bescherming te laten dragen.
- 2) Preventieve richtlijnen binnen het beoefenen van American football om hersenletsel te voorkomen. In de gevonden literatuur zijn geen preventieve richtlijnen voor contactsporten gevonden. Een van de redenen hiervan zou kunnen zijn dat niet de juiste zoektermen zijn gebruikt. Omdat er geen wetenschappelijke literatuur werd gevonden is de officiële site van de NFL geraadpleegd. Deze bron gaf voldoende informatie. Een vervolgonderzoek zou een exploratief onderzoek kunnen zijn naar de preventieve maatregelen van meerdere contactsporten.
- 3) Return to play richtlijnen om sporters na het oplopen van een hersenletsel voor te bereiden om weer te kunnen sporten.
In de geselecteerde literatuur zijn veel onderzoeken gevonden over de omgang met hersenletsel. De onderzoeken beschreven dat de return to play richtlijnen en de werking hiervan voor kinderen en adolescenten, niet zijn onderbouwd. Een oorzaak hiervoor zou kunnen zijn dat de symptomen van hersenletsel door de persoon zelf moeten worden herkend. Wanneer kinderen en adolescenten de kennis van de symptomen niet hebben, kan dit ook niet worden aangegeven. Onderzoeken van Sulivian & Mocho (2018) en Yard & Comstock (2009) zijn gebaseerd op zelfgerapporteerde data. Er is geen manier om de hieruit verkregen informatie te valideren aan een objectieve standaard. Tabel 4 beschrijft de richtlijnen bij hersenschuddingen. Hoewel deze richtlijnen wereldwijd bij alle sporten worden gebruikt, voor jong en oud, is de vraag of er geen aanpassingen moeten worden gedaan van de richtlijnen voor kinderen en adolescenten. Hier moeten meer onderzoeken aan worden gewijd.

4.2 Symptomen van CTE bij het spelen van American football

Over de symptomen van CTE hebben de geanalyseerde artikelen genoeg informatie verschaft. Op basis van het feit dat de symptomen van CTE zich pas enkele jaren na het laatst opgelopen hersenletsel vertonen en dus niet tijdens het beoefenen van American football kan worden gesignaleerd, is er verder gekeken naar de symptomen van hersenschuddingen. Hierdoor hadden de zoektermen kunnen worden aangepast naar meer informatie over de hersenschuddingen.

4.3 De kans op het ontwikkelen van CTE in relatie tot instroomleeftijd, het niveau waarop en het aantal jaar dat American football wordt beoefend

Er zijn drie significante onderzoeken gevonden die elk bewijs leveren over de invloed van de instroomleeftijd naar American football op het ontwikkelen van CTE (Alosco et al., 2017; Alosco et al., 2018; Alosco & Stern, 2019). Het is opmerkelijk dat al deze onderzoeken zijn uitgevoerd door dezelfde onderzoeksgroep. Het zou interessant zijn geweest als er eenzelfde soort studie zou zijn uitgevoerd om de resultaten te bevestigen of ontkrachten.

Onderzoeken naar de invloeden van het niveau waarop en het aantal jaar dat American football is beoefend, zijn niet in de resultaten van de databanken gevonden. Een reden hiervan kan zijn dat er geen longitudinaal onderzoek is gedaan naar de factoren van invloed op het ontwikkelen van CTE omdat de personen waar naar zou moeten worden gekeken niet kunnen worden gediagnostiseerd met CTE voordat zij zijn overleden.

Er is wel een onderzoek van Mez et al. (2017) uitgevoerd waarin wordt geconcludeerd dat CTE op alle niveaus van American football kan voorkomen. In tabel 6 worden de gegevens, van de personen die hun hersenen post mortem hebben gedoneerd, weergegeven. Er zijn maar twee overleden personen meegenomen waar het hoogst gespeelde niveau op de basisschool is geweest. Dit is niet representatief voor de kinderen die American football spelen op de basisschool. Er zijn geen gegevens bekend over eerdere deelname aan de overleden personen die op hogere niveaus hebben gespeeld daarvoor eerder in een andere categorie hebben gespeeld. Dit onderzoek is voor de totale populatie van oud-American-football spelers op alle leeftijden niet representatief. De oud-spelers die hun hersenen hebben gedoneerd hebben al eerder neurologische symptomen ondervonden voordat de keuze is gemaakt om de hersenen te doneren aan de studie naar CTE. Wel, gezien de grote hoeveelheid oud-NFL-spelers, is de validiteit voor deze doelgroep groter. Een onderzoek waarbij de hersenen van alle oud-American Football-spelers onderzocht worden op CTE zou nodig zijn om verregaande conclusies te extrapoleren en een representatief beeld weer te geven van de kans op het ontwikkelen van CTE op alle niveaus.

4.4 Reflectie op proces en methode

In zes weken tijd is veel informatie geselecteerd en geanalyseerd. Vanwege de beperkte tijd voor dit literatuuronderzoek moesten er keuzes gemaakt worden. Een van die keuzes is geweest om de informatie te halen uit drie databanken. Deze zijn gekozen op basis van toegankelijkheid en Google Scholar is gekozen op het bevatten van Amerikaans georiënteerde artikelen. Was er meer tijd geweest voor het literatuuronderzoek dan had kunnen worden gekeken welke andere passende databanken voor dit onderwerp op welke manier konden worden geraadpleegd.

Ook de van tevoren vastgestelde zoektermen hebben in combinatie met de gebruikte databanken mogelijk niet alle relevante artikelen opgeleverd. Deze artikelen zouden belangrijke informatie kunnen bevatten om de conclusie mee te onderbouwen. De zoekterm 'concussion' mogelijk belangrijke extra informatie kunnen opleveren. Extra informatie is wel gezocht door de NFL site te

raadplegen. De tijd ontbrak om onderzoeken waarna verwezen werd in sommige geselecteerde artikelen grondig te bestuderen.

In de geselecteerde literatuur komen relatief veel reviews voor (13/31) die gebaseerd zijn op verschillende significante onderzoeken. Dit zou mogelijk kunnen duiden dat er relatief weinig onderzoeken zijn geweest en de onderzoekers veelal een review schreven van de gedane onderzoeken. Dit kan van invloed zijn geweest op de breedte en diepte van de resultaten en op het mogelijk extrapoleren van conclusies naar de grotere doelgroepen.

Ondanks de bovengenoemde beperkingen zijn meer dan 30 wetenschappelijke, peer-reviewed artikelen geanalyseerd. De artikelen hebben voldoende wetenschappelijk correcte en onbevooroordeelde data opgeleverd om een antwoord te geven op de hoofdvraag. Longitudinale studies naar CTE zijn noodzakelijk om de invloed van factoren als, het niveau waarop en het aantal jaar dat American football wordt beoefend, te kunnen onderzoeken. Studies naar preventieve maatregelen zullen ook van toegevoegde waarde zijn om CTE te voorkomen.

Hoofdstuk 5 Conclusies en aanbevelingen

Dit onderzoek is uitgevoerd om informatie te verzamelen over de richtlijnen die minimaal verplicht moeten worden gesteld om chronisch traumatische encefalopathie onder American football spelers terug te dringen en het liefst te voorkomen. De conclusie beschrijft de antwoorden op de deelvragen en de hoofdvraag. De aanbevelingen bevatten de voorstellen voor aanpassingen en/of aanvullingen van de richtlijnen voor American football.

5.1 Conclusie

Alle geselecteerde artikelen zijn geïnventariseerd en vervolgens grondig geanalyseerd. Deze analyse is gebruikt om antwoorden te kunnen geven op drie deelvragen, die samen een antwoord geven op de hoofdvraag van dit onderzoek. De hoofdvraag luidt: 'Welke richtlijnen zouden voor het beoefenen van American football minimaal verplicht moeten worden gesteld in verband met de geconstateerde prevalentie van chronische traumatische encefalopathie onder oud National Football League-spelers?'.

Deelvraag 1. Welke richtlijnen worden momenteel wereldwijd gehanteerd om hersenletsel te voorkomen bij contactsporten in het algemeen en bij American football in het bijzonder?

De bestaande richtlijnen om hersenletsel te voorkomen zijn: richtlijnen omtrent lichamelijke bescherming, preventieve richtlijnen binnen sporten en return to play richtlijnen die aangeven wanneer een persoon mag terug keren in de sport. De lichamelijke bescherming beschermt tegen catastrofaal hoofd-, nek-, en orofaciaal letsel, maar zorgt ook voor een onterecht gevoel van bescherming, geen realistisch idee van de impact van een klap en beschermt niet tegen hersenschuddingen. Er worden elk jaar nieuwe spelregels ingevoerd voor de preventie van hoofdletsel maar deze zijn niet wetenschappelijk gefundeerd, waardoor ze ook niet kunnen worden geëvalueerd. De return to play richtlijnen kunnen alleen worden uitgevoerd als de hersenschuddingen worden herkend, en dit blijkt vaker niet het geval. Dit komt omdat de kennis over de herkenning van symptomen maar ook de risico's van hersenschuddingen, bij zowel spelers als bij coaches, trainers en ouders mist.

Het blijkt dat de kennis over de risico's en symptomen van hersenschuddingen niet voldoende is en het herkennen van de symptomen van hersenschuddingen bij sporters, coaches en trainers niet voldoende is waardoor sporters de symptomen niet melde.

Deelvraag 2. Welke symptomen met betrekking tot chronisch traumatische encefalopathie kunnen er worden gesignaleerd tijdens de periode waarin er actief American football wordt gespeeld?

Symptomen van chronisch traumatische encefalopathie vertonen zich pas enkele jaren na het laatst opgelopen hersenletsel en kunnen dus niet tijdens het beoefenen van American football worden gesignaleerd. Hersenschuddingen zijn de aanleiding van het ontwikkelen van chronisch traumatische encefalopathie. De symptomen van hersenschuddingen kunnen wel worden waargenomen tijdens een actieve carrière van American football. Het herkennen en behandelen van hersenschuddingen is van essentieel belang om de kans op het ontwikkelen van chronisch traumatische encefalopathie te verkleinen of het vertonen van de eerste symptomen van chronisch traumatische encefalopathie te vertragen. Om chronisch traumatische encefalopathie volledig te voorkomen moeten hersenschuddingen worden voorkomen.

Deelvraag 3. Hoe hangt de kans op het ontwikkelen van chronisch traumatische encefalopathie samen met factoren als de instroomleeftijd, het niveau waarop en het aantal jaar dat American football wordt beoefend?

De instroomleeftijd heeft invloed op eerder vertonen van de klinische symptomen van chronisch traumatische encefalopathie en het daardoor verlagen van de kwaliteit van leven. Het spelen van American football voor het twaalfde jaar lijkt hierbij een duidelijk verschil te maken op de kans van het eerder vertonen van de symptomen van chronisch traumatische encefalopathie. Het verdubbelt de kans op het vertonen van gedragsstoornissen, apathie, dysfunctie in uitvoerende functies als plannen en organiseren. Daarnaast wordt de kans op een verhoogde depressiescore verdriedubbeld wanneer een persoon voor het twaalfde jaar begint met het beoefenen van American football. Het selecteren van spelers op leeftijd en talent zorgt bij kinderen en jongeren voor een groot verschil tussen de fysieke volwassenheid tijdens het spelen. Hierdoor wordt de impact van botsingen bij fysiek kleinere, minder krachtige speler vergroot.

Chronisch traumatische encefalopathie kan vóórkomen op alle niveaus van American football maar er is geen informatie naar voren gekomen in hoeverre het niveau waarop en het aantal jaar dat American football wordt gespeeld invloed heeft op de kans van het ontwikkelen van chronisch traumatische encefalopathie.

In alle antwoorden op de deelvragen komen factoren naar voren die kunnen worden meegenomen ter verbetering van de bestaande richtlijnen. Deze lijst van factoren wordt hieronder weergegeven en zal in de volgende paragraaf in de vorm van aanbevolen aanpassingen en/of uitbreidingen van de richtlijnen verder worden uitgeschreven.

- Er moet voorlichting over hersenschuddingen worden gegeven aan individuele spelers en ouders
- Cursussen over hersenschuddingen moeten met certificering als voorwaarde worden gesteld aan trainers en coaches.
- De diagnose en behandeling van simpele hersenschuddingen moet worden uitgevoerd door een deskundige c.q. onafhankelijk verpleegkundige gespecialiseerd in hersenletsel.
- Ter preventie van hersenschuddingen wordt aanbevolen de spelregels van American football verder aan te scherpen
- Sancties moeten worden opgelegd voor het niet naleven van de return to play richtlijnen
- Geen American football voor de leeftijd van twaalf jaar
- Binnen teams en bij de indeling van de competitie dient selectie op fysieke volwassenheid plaats te vinden.
- Aanbevelingen voor aanvullend onderzoek ten behoeve van aanpassingen of aanvullingen op de bestaande richtlijnen voor American football

5.2 Aanbevelingen

De aanbevelingen zijn geschreven voor aanpassingen van de richtlijnen van American football. Ook als de richtlijnen niet worden aangepast kunnen de aanbevelingen die resulteren uit dit onderzoek dienen als advies voor individuele spelers, coaches, ouders en trainers betrokken bij American football en bij andere contactsporten. Er worden hierna zowel aanbevelingen voor de richtlijnen van American football gedaan als aanbevelingen voor aanvullend onderzoek ten behoeve van aanpassingen of aanvullingen op de bestaande richtlijnen voor American football.

Aanbevelingen ten behoeve van betere richtlijnen - korte termijn

Er moet voorlichting over hersenschuddingen worden gegeven aan individuele spelers en ouders

Om de ernst van hersenschuddingen in te zien en de symptomen van hersenschuddingen te herkennen is het noodzakelijk om voorlichting aan te bieden aan sporters en ouders. Als spelers de ernst van hersenschuddingen onderkennen en er een open sfeer binnen het team is, zullen zij geneigd zijn om symptomen eerder aan te geven.

Cursussen over hersenschuddingen moeten met certificering als voorwaarde worden gesteld aan trainers en coaches

Trainers en coaches moeten ook op de hoogte zijn van de ernst van hersenschuddingen. Dat alle trainers en coaches over de juiste informatie beschikken wordt gewaarborgd door het verplichten van formele cursussen over hersenschuddingen als voorwaarde voor certificering als trainer of coach van American football teams.

De diagnose en de behandeling van simpele hersenschuddingen moet worden uitgevoerd door een deskundige c.q. onafhankelijk verpleegkundige gespecialiseerd in hersenletsel

Bij herkenning van symptomen moet de sporter worden doorverwezen naar een onbevooroordeelde gespecialiseerde verpleegkundige. Op deze manier wordt er onafhankelijk beoordeeld of de persoon wel of geen hersenschudding heeft. Complexe hersenschuddingen moeten worden behandeld door ter zake kundige arts.

Ter preventie van hersenschuddingen wordt aanbevolen de spelregels van American football verder aan te scherpen

Spelregels om hersenschuddingen te voorkomen binnen American football moeten nog verder worden aangescherpt op basis van evaluaties van nieuwe of al aangepast spelregels.

Sancties moeten worden opgelegd voor het niet naleven van de return to play richtlijnen

De return to play richtlijnen om eventuele progressieve schade door het doorspelen van American football te voorkomen en preventieve spelregels moeten strikter worden nageleefd. Hierop moet toezicht worden geregeld. Bij het niet naleven van de return to play richtlijnen moet er worden gehandhaafd door straffen of geldboetes toe te passen via de sportbonden, zoals bijvoorbeeld de National Football League.

American football moet worden verboden voor kinderen onder de leeftijd van twaalf jaar

Op basis van dit literatuur onderzoek zijn er voldoende gegronde redenen om de instroomleeftijd van American football te verhogen naar minimaal twaalf jaar.

Binnen teams en bij de indeling van de competitie dient selectie op fysieke volwassenheid plaats te vinden.

Binnen American football en mogelijk andere contactsporten moet worden geselecteerd op fysieke volwassenheid en niet meer op leeftijd en talent. De impact door de verschillen in grootte en kracht tussen spelers worden op deze manier verkleind.

Aanbevelingen voor aanvullend onderzoek ten behoeve van aanpassingen of aanvullingen op de bestaande richtlijnen voor American football – lange termijn
Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

De jaarlijkse aanpassingen van de spelregels binnen American football zou regelmatig onafhankelijk moeten worden gemeten en onderzocht of en zo ja, welk effect de verandering heeft gehad op het terugdringen van het aantal gevallen van hersenletsel

Om te weten of het niveau van spelen en het aantal jaar van spelen van invloed zijn op de ontwikkeling van chronisch traumatische encefalopathie, zouden vervolgonderzoeken moeten worden gedaan.

Bronnenlijst

- Aeres Hogeschool. (2017). *Mediatheek Aeres Hogeschool Dronten Green-I Global Search*. Geraadpleegd op 16 april via:
<https://aerport.aeres.nl/organisatie/CAH/organisatie/afdelingen/mediatheek/Algemene%20Documenten/Samenvatting%20januari%202017%20Global%20Search%20en%20Algemene%20tips%20bronnen.pdf>
- Alosco, M. L., Kasimis, A. B., Stamm, J. M., Chua, A. S., Baugh, C. M., Daneshvar, D. H., ... Stern, R. A. (2017). Age of first exposure to American football and long-term neuropsychiatric and cognitive outcomes. *Translational Psychiatry*, 7(9), e1236. <https://doi.org/10.1038/tp.2017.197>
- Alosco, M. L., Mez, J., Tripodis, Y., Kiernan, P. T., Abdolmohammadi, B., Murphy, L., ... McKee, A. C. (2018). Age of first exposure to tackle football and chronic traumatic encephalopathy. *Annals of Neurology*, 83(5), 886–901. <https://doi.org/10.1002/ana.25245>
- 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>
- Asken, B. M., Sullan, M. J., DeKosky, S. T., Jaffee, M. S., & Bauer, R. M. (2017). Research Gaps and Controversies in Chronic Traumatic Encephalopathy. *JAMA Neurology*, 74(10). <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2017.2396>
- Bieniek, K. F., Ross, O. A., Cormier, K. A., Walton, R. L., Soto-Ortolaza, A., Johnston, A. E., ... Dickson, D. W. (2015). Chronic traumatic encephalopathy pathology in a neurodegenerative disorders brain bank. *Acta Neuropathologica*, 130(6), 877–889. <https://doi.org/10.1007/s00401-015-1502-4>
- Caviness, V. S., Jr, Kennedy, D. N., Richelme, C., Rademacher, J., & Filipek, P. A. (1996). The Human Brain Age 7–11 Years: A Volumetric Analysis Based on Magnetic Resonance Images. *Cerebral Cortex*, 6(5), 726–736. <https://doi.org/10.1093/cercor/6.5.726>
- Collins, M. W., Kontos, A. P., Reynolds, E., Murawski, C. D., & Fu, F. H. (2013). A comprehensive, targeted approach to the clinical care of athletes following sport-related concussion. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 22(2), 235–246. <https://doi.org/10.1007/s00167-013-2791-6>
- Concussion Legacy Foundation. (2018, 6 november). *VA-BU-CLF Brain Bank*. Geraadpleegd op 27 maart 2020, van <https://concussionfoundation.org/CTE-resources/brain-bank>
- Daneshvar, D. H., Baugh, C. M., Nowinski, C. J., McKee, A. C., Stern, R. A., & Cantu, R. C. (2011). Helmets and Mouth Guards: The Role of Personal Equipment in Preventing Sport-Related Concussions. *Clinics in Sports Medicine*, 30(1), 145–163. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2010.09.006>
- Echemendia, R. J., & Julian, L. J. (2001). Mild Traumatic Brain Injury in Sports: Neuropsychology's Contribution to a Developing Field. *Neuropsychology Review*, 11(2), 69–88. <https://doi.org/10.1023/a:1016651217141>
- Gaetz, M. (2017). The multi-factorial origins of Chronic Traumatic Encephalopathy (CTE) symptomology in post-career athletes: The athlete post-career adjustment (AP-CA) model. *Medical Hypotheses*, 102, 130–143. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2017.03.023>
- Galgano, M. A., Cantu, R., & Chin, L. S. (2016). Chronic Traumatic Encephalopathy: The Impact on Athletes. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.532>
- Gavett, B. E., Stern, R. A., & McKee, A. C. (2011). Chronic Traumatic Encephalopathy: A Potential Late Effect of Sport-Related Concussive and Subconcussive Head Trauma. *Clinics in Sports Medicine*, 30(1), 179–188. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2010.09.007>
- Giedd, J. N. (2008). The Teen Brain: Insights from Neuroimaging. *Journal of Adolescent Health*, 42(4), 335–343. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2008.01.007>

- Guskiewicz, K. M., McCrea, M., Marshall, S. W., Cantu, R. C., Randolph, C., Barr, W., ... Kelly, J. P. (2003). Cumulative Effects Associated With Recurrent Concussion in Collegiate Football Players. *JAMA*, 290(19), 2549. <https://doi.org/10.1001/jama.290.19.2549>
- Johnson, L. S. M. (2012). Return to Play Guidelines Cannot Solve the Football-Related Concussion Problem. *Journal of School Health*, 82(4), 180–185. <https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.2011.00684.x>
- Kemp, J. L., Newton, J. D., White, P. E., & Finch, C. F. (2016). Implementation of concussion guidelines in community Australian Football and Rugby League—The experiences and challenges faced by coaches and sports trainers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(4), 305–310. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.03.010>
- King, D., Brughelli, M., Hume, P., & Gissane, C. (2014). Assessment, Management and Knowledge of Sport-Related Concussion: Systematic Review. *Sports Medicine*, 44(4), 449–471. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0134-x>
- Kriz, P. K. (2015). Current Controversies Regarding Body Checking and Tackling in Youth Sports. *Current Treatment Options in Pediatrics*, 1(2), 132–141. <https://doi.org/10.1007/s40746-015-0014-8>
- Lakhan, S. E., & Kirchgessner, A. (2012). Chronic traumatic encephalopathy: the dangers of getting “dinged”. *SpringerPlus*, 1(1). <https://doi.org/10.1186/2193-1801-1-2>
- Langlois, J. A., Rutland-Brown, W., & Wald, M. M. (2006). The Epidemiology and Impact of Traumatic Brain Injury. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 21(5), 375–378. <https://doi.org/10.1097/00001199-200609000-00001>
- Ling, H., Morris, H. R., Neal, J. W., Lees, A. J., Hardy, J., Holton, J. L., ... Williams, D. D. R. (2017). Mixed pathologies including chronic traumatic encephalopathy account for dementia in retired association football (soccer) players. *Acta Neuropathologica*, 133(3), 337–352. <https://doi.org/10.1007/s00401-017-1680-3>
- Littleton, A., & Guskiewicz, K. (2013). Current concepts in sport concussion management: A multifaceted approach. *Journal of Sport and Health Science*, 2(4), 227–235. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2013.04.003>
- Mahar, I., Alosco, M. L., & McKee, A. C. (2017). Psychiatric phenotypes in chronic traumatic encephalopathy. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 83, 622–630. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.08.023>
- Martland, H. S. (1928). PUNCH DRUNK. *Journal of the American Medical Association*, 91(15), 1103. <https://doi.org/10.1001/jama.1928.02700150029009>
- McKee, A. C., Cairns, N. J., Dickson, D. W., Folkerth, R. D., Dirk Keene, C., Litvan, I., ... Gordon, W. A. (2015). 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>
- Mez, J., Daneshvar, D. H., Kiernan, P. T., Abdolmohammadi, B., Alvarez, V. E., Huber, B. R., ... McKee, A. C. (2017). Clinicopathological Evaluation of Chronic Traumatic Encephalopathy in Players of American Football. *JAMA*, 318(4). <https://doi.org/10.1001/jama.2017.8334>
- Montenigro, P. H., Baugh, C. M., Daneshvar, D. H., Mez, J., Budson, A. E., Au, R., ... Stern, R. A. (2014). Clinical subtypes of chronic traumatic encephalopathy: literature review and proposed research diagnostic criteria for traumatic encephalopathy syndrome. *Alzheimer's Research & Therapy*, 6(5–8). <https://doi.org/10.1186/s13195-014-0068-z>
- National Research Council, Institute of Medicine, Children, Y. F., Youth, C. S. R. C., Council, N. R., Medicine, I., ... Graham, R. (2014). *Sports-Related Concussions in Youth*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18377>
- NFL Football Operations. (z.d.). *Health & Safety Rules Changes*. Geraadpleegd op 18 mei 2020, van <https://operations.nfl.com/football-ops/nfl-ops-honoring-the-game/health-safety-rules-changes/#> = regel veranderingen m.b.t. veiligheid.

- Noble, J. M., & Hesdorffer, D. C. (2013). Sport-Related Concussions: A Review of Epidemiology, Challenges in Diagnosis, and Potential Risk Factors. *Neuropsychology Review*, 23(4), 273–284.
<https://doi.org/10.1007/s11065-013-9239-0>
- Omalu, B. I., DeKosky, S. T., Minster, R. L., Kamboh, M. I., Hamilton, R. L., & Wecht, C. H. (2005). Chronic Traumatic Encephalopathy in a National Football League Player. *Neurosurgery*, 57(1), 128–134.
<https://doi.org/10.1227/01.neu.0000163407.92769.ed>
- Patel, D. R., Shivdasani, V., & Baker, R. J. (2005). Management of Sport-Related Concussion in Young Athletes. *Sports Medicine*, 35(8), 671–684. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535080-00002>
- Plass, A. M., Van Praag, D., Covic, A., Gorbunova, A., Real, R., & von Steinbuechel, N. (2019). The psychometric validation of the Dutch version of the Rivermead Post-Concussion Symptoms Questionnaire (RPQ) after traumatic brain injury (TBI). *PLOS ONE*, 14(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210138>
- Silverberg, N. D., Iaccarino, M. A., Panenka, W. J., Iverson, G. L., McCulloch, K. L., Dams-O'Connor, K., ... Weyer Jamora, C. (2020). Management of Concussion and Mild Traumatic Brain Injury: A Synthesis of Practice Guidelines. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 101(2), 382–393.
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.10.179>
- Spivak, R. (2018 januari). Not guilty by reason of CTE: The imminent rise of football's foil as a criminal defense. *Criminal law bulletin*, 54(6). Geraadpleegd van <https://poseidon01.ssrn.com>
- Sullivan, L., & Molcho, M. (2018). What do coaches want to know about sports-related concussion? A needs assessment study. *Journal of Sport and Health Science*, 7(1), 102–108.
<https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.05.003>
- Vijverberg, E. G. B., Pijnenburg, A. C. M., Scheltens, P., & Pijnenburg, Y. A. L. (2019, 7 november). Chronische traumatische encefalopathie. *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*, 161(7). Geraadpleegd van <https://www.ntvg.nl>
- Ward, J., Williams, J., & Manchester, S. (2017, 25 juli). 110 N.F.L. Brains. *New York Times*. Geraadpleegd van <https://www.nytimes.com>
- Weinmeyer, R. (2014). Concussion-Related Litigation against the National Football League. *AMA Journal of Ethics*, 16(7), 552–558. <https://doi.org/10.1001/virtualmentor.2014.16.7.hlaw1-1407>
- Weir, D. R., Jackson, J. S., & Sonnega, A. (2009). National football league player care foundation studie of retired NFL players. *University of Michigan Insitute for Social Research*. Geraadpleegd van https://www.researchgate.net/profile/Amanda_Sonnega/publication/266456916_National_Football_League_Player_Care_Foundation_Study_of_Retired_NFL_Players/links/56eab12708ae8c97677b96ec.pdf
- Wortzel, H. S., Shura, R. D., & Brenner, L. A. (2013, 17 november). Chronic Traumatic Encephalopathy and Suicide: A Systematic Review. *BioMed Research International*, 2013, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2013/424280>
- Yadikar, H., Johnson, C., Mouhawasse, E., Kurup, M., Nguyen, L., Pafundi, N., & Wang, K. K. W. (2019). CTE: The Hidden Risk of Playing Contact Sports. *Frontiers for Young Minds*, 7. <https://doi.org/10.3389/frym.2019.00093>
- Yard, E. E., & Comstock, R. D. (2009). Compliance with return to play guidelines following concussion in US high school athletes, 2005–2008. *Brain Injury*, 23(11), 888–898. <https://doi.org/10.1080/02699050903283171>