

**UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES**

**ÉLABORATION ET ÉVALUATION D'UNE GRILLE D'OBSERVATION DES MÉCANISMES DE  
PRODUCTION DES COMMOTIONS CÉRÉBRALES AU FOOTBALL**

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ  
COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA  
MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE**

**PAR  
ALEXANDRA BERGERON**

**DÉCEMBRE 2021**

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES  
MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE (3407)

**Direction de recherche :**

Philippe Fait, PhD, CAT(C)

Prénom et nom

---

directeur de recherche

**Jury d'évaluation**

Philippe Fait PhD, CAT(C)

Prénom et nom

Directeur de maîtrise

---

Fonction du membre de jury

Laurie-Ann Corbin-Berrigan, PhD, CAT(C)

Prénom et nom

Évaluateur interne

---

Fonction du membre de jury

Pierre Frémont, MD, PhD

Prénom et nom

Évaluateur externe

---

Fonction du membre de jury

# RÉSUMÉ

**Introduction.** Le présent mémoire a pour objectif principal d'élaborer une grille d'observation par vidéo des mécanismes de production des commotions cérébrales au football et de vérifier l'homogénéité de cette grille à travers différents professionnels de la santé œuvrant au sein d'équipes de football scolaires de niveau juvénile et collégial. L'objectif à long-terme de cette grille étant donc de déterminer des critères qui pourraient être utilisés à titre de critères de dépistage lors d'un visionnement rétroactif d'une séquence ou d'une partie de football de niveau scolaire et qui pourraient justifier à posteriori une évaluation subséquente à l'aide d'un outil standardisé, par exemple le SCAT-5. Cette grille d'observation constituerait donc un outil complémentaire aux autres outils déjà validés afin d'améliorer la détection et la prise en charge des joueurs à risque d'avoir subi une commotion cérébrale durant une partie de football.

**Méthodologie.** Pour ce faire, une revue de littérature a été effectuée en lien avec les grilles d'analyses vidéo existantes reliées aux commotions cérébrales dans divers sports de contact. Lors de la rédaction de ce mémoire de maîtrise, peu de grilles avaient été validées et publiées. Aucune n'a été trouvée en lien avec les commotions cérébrales au football, bien qu'il s'agisse d'un des sports considérés comme les plus à risque dans ce type de blessure, surtout au niveau scolaire. Au total, sept grilles ont contribué à l'élaboration de celle qui a servi à l'étude présentée dans ce mémoire.

Le projet de recherche menant à la rédaction de l'article présenté dans ce mémoire de maîtrise a été effectué en deux volets. Le premier volet consistait à créer une grille d'observation par analyse vidéo des mécanismes de production des commotions cérébrales qui était spécifique au football à partir des éléments qui étaient ressortis lors de la revue de littérature. Par la suite, cette grille a été utilisée par trois évaluateurs externes pour visionner un quart de saison régulière des quatre équipes participant à l'étude. Parmi les quatre équipes, deux d'entre elles étaient de niveau juvénile (division 1 et 2) et deux étaient de niveau collégial (division 1 et 2). Aucun des évaluateurs n'avaient de lien avec l'une ou l'autre de ces équipes, mais ils possédaient tous une expérience d'au moins deux ans comme professionnel de la santé impliqué sur le terrain pour une équipe de football de niveau juvénile ou supérieur. L'objectif de cette étude était donc d'évaluer l'accord inter-juge de la grille à double-aveugle, ce qui n'avait pas été fait dans les études de validation étudiées lors de la revue de littérature.

**Résultats.** L'hypothèse de départ consistait en une validation inter-juge possible de la grille d'observation créée. Toutefois, l'étude a démontré une grande variabilité entre les juges, laissant croire qu'il pourrait y avoir une possible différence dans la perception des commotions cérébrales chez les différents intervenants. L'accord réel étant plus petit que l'accord par chance, la conclusion de l'étude est une antagonisation des points de vue. L'hypothèse de départ a donc été réfutée et la grille n'a pu être validée.

**Conclusion.** Il est donc possible de supposer que l'accord inter-juge est difficile

à déterminer à l'aveugle lors du visionnement d'une séquence vidéo. Il serait néanmoins intéressant d'investiguer l'accord intra-juge de la grille, à savoir si un intervenant est consistant dans sa perception des mécanismes de production des commotions cérébrales au football.

# TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ .....	iii
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES FIGURES.....	x
REMERCIEMENTS.....	xi
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 2: PROBLÉMATIQUE .....	4
CHAPITRE 3: MISE EN CONTEXTE .....	7
<b>3.1 Les différentes grilles d’analyse vidéo pour la détection des commotions     cérébrales liées aux sports .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1.1 Soccer .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1.2 Rugby .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1.3 Hockey sur glace.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1.4 Taekwondo.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1.5 Arts martiaux mixtes .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1.6 Football australien .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1.7 Crosse .....</b>	<b>12</b>
<b>3.2 Les protocoles de validation .....</b>	<b>13</b>
<b>3.3 Éléments principaux contenus dans les grilles existantes.....</b>	<b>15</b>
CHAPITRE 4 : DÉVELOPPEMENT DE LA GRILLE D’ÉVALUATION.....	20
<b>4.1 Sélection des critères présents dans la grille d’évaluation .....</b>	<b>20</b>
<b>4.2 Conception et mise en forme de la grille d’évaluation des mécanismes de     production des commotions cérébrales au football américain.....</b>	<b>22</b>
<b>4.3 Présentation de la grille d’évaluation des mécanismes de production des     commotions cérébrales au football américain .....</b>	<b>23</b>

CHAPITRE 5: ARTICLE .....	25
<b>Résumé</b> .....	26
<b>Abstract</b> .....	28
<b>Introduction</b> .....	29
<b>Methods</b> .....	32
<b>Results</b> .....	38
<b>Discussion</b> .....	40
<b>Conclusion</b> .....	41
ANNEXES .....	xii
<b>ANNEXE A : Certificat d'éthique</b> .....	xii
<b>ANNEXE B: Football Incident Analysis</b> .....	xiii
<b>ANNEXE C: Critères d'analyse vidéo au rugby</b> .....	xiv
<b>ANNEXE D: Heads-up Checklist</b> .....	xv
<b>ANNEXE E: Critères de cotation pour analyse vidéo des traumatismes à la tête au Taekwondo</b> .....	xvi
<b>ANNEXE F: MMA-KT</b> .....	xvii
<b>ANNEXE G: Video Surveillance of Concussive Injury in Australian Football</b> .....	xviii
<b>ANNEXE H: Organigramme des signes de commotions cérébrales par analyse vidéo sur les lignes de côtés au Football Australien</b> .....	xix



## **LISTE DES ABRÉVIATIONS**

CISG : Concussion in Sport Group

CTE: chronic traumatic encephalopathy

FIA: Football Incident Analysis

GWET'S AC1: Gwet's agreement coefficient 1

HUC: Heads-up Checklist

MMA-KT: Mixed Martial Arts Knockout Tool

mTBI: mild traumatic brain injury

RSEQ: Réseau du sport étudiant du Québec

SCAT : Sport Concussion Assessment Tool

SRC: Sport-related concussion

TCCL: Traumatisme craniocérébral léger

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1: Récapitulatif des principaux éléments contenus dans les différentes grilles d'observation .....	16
Tableau 2: Récapitulatif des principaux signes de commotion cérébrale observés .....	17
Tableau 3: Éléments qui ont servis à la mise en page de la grille d'observation .....	22
Tableau 4: Summary of consequences per rater where at least one observation grid has been filled out.....	39

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1: Grille d'observation des mécanismes de production des commotions cérébrales au football américain.....	23
Figure 2: Grille d'observation des mécanismes de production des commotions cérébrales au football américain (suite).....	24
Figure 3: Video Observation Grid of Concussion in American Football .....	36
Figure 4: Video Observation Grid of Concussion in American Football (continued)....	37

## REMERCIEMENTS

Comme thérapeute du sport agréée, j'œuvre depuis des années sur le terrain avec différentes équipes sportives. Cela m'a amené à être confrontée à des cas de commotions cérébrales et de syndromes post commotionnels et j'ai acquis un intérêt pour cette problématique de plus en plus médiatisée. Mon objectif en effectuant ce projet de maîtrise est d'approfondir mes connaissances sur ce sujet et d'améliorer ma pratique sur le terrain. Malgré les outils qui sont de plus en plus disponibles, peu d'entre eux sont optimisés pour le terrain et plusieurs requièrent une expertise supplémentaire, ce qui a piqué ma curiosité et m'a poussé à entamer ce mémoire.

Tout d'abord, j'aimerais remercier ceux qui m'ont encouragé et soutenu dans ce projet et sans qui, ce mémoire n'aurait jamais été possible. Je remercie le personnel des équipes, qui m'ont permis d'avoir accès aux vidéos de leurs parties pour la saison 2018, et sans qui, la collecte de données aurait été impossible. Je tiens également à remercier mon employeur, le Cégep de Trois-Rivières, qui m'a soutenu tout au long de cette maîtrise, ainsi que ma famille qui m'a grandement encouragée à faire ce retour aux études et qui m'a épaulé à chaque étape de ce projet. Finalement, j'offre mes plus sincères remerciements au Dr Philippe Fait qui a accepté de diriger ce projet et de partager son expertise et sa passion des commotions cérébrales. Sa générosité et son implication m'ont permis d'effectuer ce cheminement et d'explorer une nouvelle facette de ma profession. Merci!

# CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

La pratique sportive, qu'elle soit de nature récréative ou élite, fait partie intégrante de la vie d'une bonne partie de la population mondiale. En effet, de nombreux programmes encouragent les jeunes à être actifs dès leur plus jeune âge et ce tout au long de leur vie. Seulement aux États-Unis, on estime entre 30 et 45 millions le nombre d'enfants et d'adolescents participant à des activités sportives (Conder & Conder, 2015; Pfister, Pfister, Hagel, Ghali, & Ronksley, 2016), tandis qu'en 2016 au Canada, 44,6% des jeunes âgés de 15 à 24 ans affirmaient être actifs (Statistique Canada, 2016). Mais qui dit sport, dit également possibilité de blessures et parmi les nombreuses conditions traumatiques et chroniques liées à la pratique sportive on dénote une proportion importante de commotions cérébrales. Ainsi, annuellement aux États-Unis on estime le nombre de commotions cérébrales subies durant une activité sportive entre 1,6 et 3,8 millions, constituant entre 5 et 9% de toutes les blessures reliées au sport de ce pays (Harmon et al., 2013). De notre côté, au Canada, 39% des jeunes âgées entre 10 et 18 ans qui se rendent aux urgences suite à un traumatisme sportif reçoivent un diagnostic de commotion cérébrale (Statistique Canada, 2018). Ajouté à ce 39%, on estime à 24% les cas où il pourrait également s'agir d'une commotion cérébrale non diagnostiquée (Statistique Canada, 2018).

Mais qu'est-ce qu'une commotion cérébrale? Considérée comme la première sous-catégorie du spectre des traumatismes craniocérébraux légers (TCCL), celle-ci se

caractérise par des symptômes immédiats et transitoires relatifs aux traumatismes craniocérébraux (Conder & Conder, 2015; Kazl & Torres, 2019). Ce terme serait donc utilisé pour décrire les changements physiologiques subis au niveau cérébral ainsi que les déficiences neurologiques comme des pertes d'équilibre, des changements cognitifs et comportementaux, ainsi que des altérations dans le cycle sommeil/éveil (Chancellor, Franz, Minaeva, & Goldstein, 2019). Cette condition se produit en réponse à des forces biomécaniques induites par un trauma quelconque, soit de façon directe, par exemple un coup subi au niveau du visage, de la tête ou du cou ou de façon indirecte par un coup au niveau du corps provoquant une force impulsive d'accélération, de décélération et/ou de rotation transmise au cerveau (Kazl & Torres, 2019; P. McCrory et al., 2017). De plus, les recherches tendent de plus en plus à démontrer que des impacts cérébraux répétés, notamment dans la pratique des sports de contact, peuvent mener à des complications à long-terme tels qu'une augmentation du risque de développer de l'Alzheimer, du Parkinson, de la démence ou de l'encéphalopathie traumatique chronique (Ling, Neal, & Revesz, 2017; Manley et al., 2017; Misquitta et al., 2018; Omalu, 2014). C'est notamment pour ces raisons que les commotions cérébrales constituent un enjeu majeur en santé sportive.

En réponse à cette problématique, le « Concussion in Sport Group » (CISG), un groupe composé d'experts mandatés pour fournir des recommandations afin d'améliorer la santé et la sécurité des athlètes à la suite d'une commotion cérébrale à été créé au tournant des années 2000 (Aubry et al., 2002). De ce fait, la première conférence internationale sur les commotions cérébrales liées au sport s'est tenue à Vienne en

novembre 2001. Ce même groupe s'est rencontré une seconde fois à Prague en novembre 2004 afin de mettre à jour les recommandations issues de la conférence de 2001 (P. McCrory et al., 2005). De cette deuxième rencontre est apparu le « Sport Concussion Assessment Tool », mieux connu sous l'acronyme SCAT, un outil standardisé publié en libre accès pouvant à la fois servir au personnel médical de première ligne pour l'évaluation des commotions cérébrales sur le terrain, mais aussi à l'athlète comme outil de référence et de suivi (Babl et al., 2017). La force du SCAT réside dans le fait qu'il regroupe plusieurs tests validés tels que l'échelle de Glasgow, l'échelle de Maddocks, le « Post-Concussion Symptom Scale », le « Standardized Assessment of Concussion » et le « Balance Error Scoring System », en plus tenir compte de l'examen cervical et dans sa plus récente version, le SCAT 5, de l'examen des nerfs crâniens (Dessy et al., 2017; Echemendia et al., 2017). Il s'agit donc, jusqu'à maintenant, de l'outil standardisé de détection et de gestion des commotions cérébrales le plus utilisé dans le milieu sportif (Podell et al., 2017). Cependant, même s'il est facile d'utilisation et très répandu mondialement, plusieurs commotions cérébrales liées au sport restent encore non diagnostiquées. De ce fait, il est donc intéressant de se questionner sur l'élaboration d'un outil complémentaire au SCAT 5, et tout aussi accessible permettant d'optimiser l'efficacité de la détection des commotions cérébrales liées au sport et ainsi d'assurer une prise en charge rapide des joueurs à risque. Comme l'utilisation de séquences vidéo dans le milieu athlétique est de plus en plus répandue, l'utilisation de cette technologie pourrait s'avérer un allié utile dans la détection et la gestion des commotions cérébrales dans le sport et ainsi, être utilisé en complément du SCAT-5.

## CHAPITRE 2: PROBLÉMATIQUE

Bien que toutes les activités physiques présentent un certain risque, au niveau secondaire et collégial, le football se classe parmi les sports avec le plus haut taux de commotions cérébrales (Conder & Conder, 2015; Gessel, Fields, Collins, Dick, & Comstock, 2007; Harmon et al., 2013; Hendricks et al., 2016; Marar, McIlvain, Fields, & Comstock, 2012; Noble & Hesdorffer, 2013; O'Connor et al., 2017; Pfister et al., 2016). Entre 2012 et 2014, aux Etats-Unis, sur une population de 96 équipes de niveau secondaire et 34 équipes de niveau collégial, 835 commotions cérébrales liées au football auraient été recensées au niveau secondaire contre 412 au niveau collégial (Lynall, Campbell, Wasserman, Dompier, & Kerr, 2017). Selon une autre étude réalisée par (Guthrie, 2015), sur 1198 commotions cérébrales étudiées et reliées à la pratique du football, 795 (66,4%) provenaient d'athlètes de niveau secondaire et 262 (21,9%) d'athlètes de niveau collégial. Cela représente 4,0% de toutes les blessures subies au niveau secondaire et 8,0% au niveau collégial (Dompier et al., 2015; Guthrie, 2015). De plus, 47,3% des jeunes footballeurs américains de niveau secondaire ayant subi une commotion cérébrale affirment ne pas avoir rapporté leurs symptômes (McCrea, Hammeke, Olsen, Leo, & Guskiewicz, 2004). Au niveau collégial, ce serait 17% des athlètes tout sport confondu qui auraient affirmé avoir déjà subi une commotion cérébrale, mais 48% des répondants affirment avoir déjà ressenti des symptômes ou démontré des signes de commotion cérébrale suite à un trauma (LaBotz, Martin, Kimura, Hetzler, & Nichols, 2005). Une



autre étude, réalisée par (Meehan, Mannix, O'Brien, & Collins, 2013), a démontré que près d'un tiers (30,5%) des 486 athlètes participants à l'étude avaient déjà subi des commotions cérébrales non détectées ou diagnostiquées. Cela démontre donc l'importance d'optimiser les outils de détection pour les commotions cérébrales afin de diminuer le nombre de cas non-détectés et ainsi effectuer une meilleure gestion, notamment dans les sports à haut risque tel que le football américain.

Lors de la cinquième et plus récente conférence internationale sur les commotions cérébrales reliées au sport qui s'est tenue au mois d'octobre 2016 à Berlin (P. McCrory et al., 2017), un élément novateur a été proposé par différents experts, soit l'utilisation de l'analyse vidéo comme outil complémentaire dans la détection et la gestion des commotions cérébrales dans le sport (Emery et al., 2017; P. McCrory et al., 2017). L'analyse vidéo, déjà partie intégrante du monde athlétique depuis de nombreuses années, est notamment utilisée comme outil stratégique à la préparation et à l'amélioration des performances sportives. Il y a donc de plus en plus de parties sportives qui sont enregistrées sur vidéo, même au niveau scolaire, et qui pourraient être utilisées par le personnel médical afin d'aider à la détection des joueurs présentant un risque de commotion cérébrale.

Comme au Québec la plupart des parties de football issus du réseau du sport étudiant du Québec (RSEQ) sont filmées et disponibles via la plateforme « Hudl », une grille d'observation validée des mécanismes de production des commotions cérébrales au football permettrait au personnel médical évoluant avec les équipes scolaires de bénéficier

d'un outil complémentaire dans la détection et la prise en charge des joueurs ayant subi un contact à risque. Présentement, peu d'études présentent des modèles de grilles validées pour la détection par analyse vidéo des facteurs de risques liés aux commotions cérébrales dans le sport et aucune n'a été trouvée concernant le football américain.

## **CHAPITRE 3: MISE EN CONTEXTE**

### **3.1 Les différentes grilles d'analyse vidéo pour la détection des commotions cérébrales liées aux sports**

#### **3.1.1 Soccer**

Au soccer, le « Football Incident Analysis », aussi appelé FIA a été développé par Andersen et ses collègues et se base sur un ensemble de 19 variables (voir annexe B) (Andersen, Larsen, Tenga, Engebretsen, & Bahr, 2003). La charte a été validée par deux entraîneurs experts qui ont analysé les vidéos de 35 des 76 parties jouées par l'équipe officielle norvégienne des moins de 21 ans entre 1994 et 1998. Leurs résultats ont démontré un coefficient  $k$  bon ou très bon autant en ce qui a trait à l'accord inter-juge qu'à l'accord intra-juge entre les deux évaluateurs. Cela a permis aux auteurs de conclure que la FIA pouvait constituer un outil complémentaire utile à l'évaluation par analyse vidéo directement sur les lignes de côté afin de comprendre les mécanismes de blessures au soccer. Cependant, cette grille a été développée pour tous les types de blessures visibles sur bandes vidéo et non seulement pour la détection des commotions cérébrales. Qui plus est, aucune information ne mentionne le taux de succès de la grille pour cette catégorie de blessure.

#### **3.1.2 Rugby**

Gardner et ses collaborateurs se sont intéressés, quant à eux, à l'utilisation de

l'analyse vidéo dans l'évaluation des commotions cérébrales au rugby (Gardner, Howell, Levi, & Iverson, 2017; Gardner, Kohler, Levi, & Iverson, 2017). Bien qu'ils n'aient pas développé une grille d'observation par vidéo, ils ont évalué la validité et la variabilité de différents signes cliniques reliés aux commotions cérébrales pouvant être détectés rétrospectivement par le visionnement des événements sur vidéo directement sur les lignes de côté. Ils ont évalué la présence des signes suivants : secouer la tête, se relever lentement, avoir une démarche ataxique, avoir un regard vide/fixe, présenter une évidence de perte de conscience et/ou de convulsions post-impact. Leurs études ont ciblé la Ligue Nationale de Rugby (Gardner, Howell, et al., 2017) et la « Young Rugby Competition » (Gardner, Kohler, et al., 2017). Selon les résultats obtenus, l'utilisation de l'analyse vidéo constitue un outil complémentaire intéressant, mais néanmoins difficile à utiliser lorsque la blessure n'est pas connue. Quelques similitudes ont été identifiées entre la ligue professionnelle et la « Youth Competition », principalement pour les signes suivants : la fréquence des secouements de tête et la démarche ataxique. Par contre, le nombre de joueurs présentant une perte de conscience ou un regard fixe s'est révélé significativement plus bas dans la « Youth Rugby Competition ».

Un autre groupe de chercheurs s'est également intéressé à l'analyse vidéo des commotions cérébrales au rugby, plus précisément durant les « under-18 Craven Week Tournaments » (Hendricks et al., 2016). Entre 2011 et 2013, ils ont comparé dix enregistrements vidéo d'événements se soldant par un diagnostic de commotion cérébrale à 83 événements où aucune blessure n'a été diagnostiquée. Pour la liste des critères

d'observation, se référer à l'annexe C. Selon les données recueillies, ils ont conclu que tous les événements ayant mené à un diagnostic de commotion étaient le résultat d'un contact avec un adversaire et que le risque était accru lorsque le contact était associé à une position basse de la tête, à une basse vitesse du joueur effectuant le plaqué (dans les cas où la blessure était associée au joueur initiant le contact) ou aux joueurs en position défensive lors des situations de mêlée spontanée (rucks).

### **3.1.3 Hockey sur glace**

Au niveau du hockey sur glace professionnel, Hutchison et ses collaborateurs ont développé et validé la « Heads-up checklist » ou HUC (se référer à l'annexe D), une grille d'observation électronique pour la détection des commotions cérébrales basée sur une analyse vidéo réalisée dans la ligue nationale de hockey (Hutchison, Comper, Meeuwisse, & Echemendia, 2014). Le processus de validation de cette grille a été effectué en deux étapes. En premier lieu, une grille pilote de 25 critères a été validée par deux évaluateurs experts, ainsi que deux évaluateurs naïfs. Pour ce faire, 25 événements ont été choisis aléatoirement parmi la banque de vidéos contenant des séquences étant associées à des diagnostics de commotions cérébrales durant la saison 2006-2007. Suite à cette première validation, différentes modifications ont été apportées à la grille. En deuxième lieu, deux évaluateurs experts ont analysé toutes les autres vidéos de la banque pour la même saison à l'aide de la nouvelle grille modifiée. Suite à cette analyse, les auteurs ont conclu que 85% des commotions cérébrales étaient le résultat d'une collision entre deux joueurs et 50% des événements sont survenus en première période. Les auteurs ont

également conclu que les joueurs « d'avant » présentaient un risque plus élevé que les défenseurs et les gardiens de but.

#### **3.1.4 Taekwondo**

Une des premières grilles d'observation par vidéo des mécanismes de production des commotions cérébrales à avoir été développée est celle de Koh et Watkinson ; se référer à l'annexe E (Koh & Watkinson, 2002). Elle a notamment été utilisée pendant les championnats mondiaux de Taekwondo de 1999. Les enregistrements vidéo de 64 athlètes (32 hommes et 32 femmes) ayant gagné les rondes éliminatoires ont été analysés et codés selon les critères de la charte. Selon les résultats obtenus par les auteurs, les facteurs de risque principaux observés sont une position « closed sparring » avec des athlètes de plus petite taille, et résultant d'un coup de pied de type « Roundhouse » ou « axe ». Ces résultats ont par la suite été validés dans une autre étude réalisée par Koh et ses collaborateurs, utilisant la même charte de critères (Koh, Watkinson, & Yoon, 2004). Dans la seconde étude, une conclusion supplémentaire a également été observée, soit que le site majoritaire d'impacts à la tête se trouvait au niveau temporal.

#### **3.1.5 Arts martiaux mixtes**

Au niveau des arts martiaux mixtes, la « Mixed Martial Arts Knockout Tool » (MMA-KT), une grille d'observation constituée de 20 critères, a été développée et validée par Lawrence et ses collaborateurs (voir annexe F) (Lawrence, Hutchison, Cusimano, Singh, & Li, 2014). Pour ce faire, ils ont demandé à deux évaluateurs non-

issus du monde médical ou du monde des arts martiaux mixtes d'analyser et de coder 125 vidéos d'événements. Cela leur a permis de déterminer un niveau d'accord inter-juge substantiel, les résultats les plus faibles étant reliés à l'identification du mouvement secondaire de la tête en rotation et en flexion latérale. Ils en ont donc conclu que la MMT-KT peut s'avérer un outil utile dans la détection et l'évaluation des mécanismes menant à des « KOs » ou à des « KOs » techniques.

### **3.1.6 Football australien**

Une autre grille, la « Video Surveillance of Concussive Injury », a été développée et validée par Makdissi et Davis (Makdissi & Davis, 2016) (annexe G). Durant la saison 2011 de la Ligue de football australien, un total de 82 commotions cérébrales ont été diagnostiquées parmi les 194 parties enregistrées sur vidéo. Un des auteurs de l'article, Makdissi, a analysé les enregistrements (n=194) et a sélectionné tous les extraits de cas pouvant être associés à des commotions cérébrales. Ces extraits ont par la suite été analysés une seconde fois indépendamment par les deux auteurs. Parmi leur analyse des résultats, plusieurs critères se sont soldés par un faible accord inter-juge ce qui les a menés à la conclusion que des changements se devaient d'être apportés à la grille afin d'en augmenter la validité interne.

De plus, comme la plupart des grilles d'observation existantes ne sont pas faciles à utiliser sur le terrain à cause des nombreux éléments à observer et de la prise de décision pour un retour au jeu qui doit être faite rapidement, Davis et Makdissi ont élaboré une

charte hiérarchique simplifiée qui a pour but premier d'effectuer une évaluation rapide et efficace des commotions cérébrales par rétrospection vidéo directement sur les lignes de côté au football australien (annexe H) (Davis & Makdissi, 2016). La charte est composée de huit signes à observer, soit une perte de conscience, des convulsions post-impact, une difficulté à se relever à la suite du contact, une diminution de la coordination motrice, une absence d'action de protection lors du contact, un regard vide ou fixe, la présence d'un secouement de la tête, ainsi que la présence visible d'un trauma au visage. À la suite de leur étude, ils ont conclu que leur charte simplifiée représentait un bon outil complémentaire dans l'évaluation des commotions cérébrales et dans la prise de décision de retirer un joueur du jeu pour donner suite à la présence d'un ou de plusieurs de ces signes.

### **3.1.7 Crosse**

Dans le milieu de la crosse, une étude a été menée par Lincoln et ses pairs auprès de 1750 athlètes masculins, tous âgés entre 14 et 18 ans (Lincoln, Caswell, Almquist, Dunn, & Hinton, 2013). La collecte de données s'est faite sur une période de deux ans, soit durant les saisons printanières 2008 et 2009. Bien que les auteurs n'aient pas utilisé de grille pour l'observation des mécanismes de blessure, ils ont relevé des critères spécifiques observés durant l'analyse vidéo. L'analyse a été effectuée par deux évaluateurs indépendants avec une expérience significative et une connaissance des règlements du sport. Au total, 518 parties ont été filmées et de ces parties, 44 commotions cérébrales ont été retenues pour l'analyse vidéo. À partir de ces extraits, les résultats



observés ont révélé que la totalité des commotions cérébrales captées par caméra ont été provoquées par un contact joueur-joueur et que dans 75% des cas, le joueur initiant le plaqué utilisait sa tête. De plus, dans la moitié des cas, le joueur recevant le contact n'était pas alerte. À la suite des observations, les auteurs ont conclu que l'utilisation de l'analyse vidéo s'avère utile dans la détection de blessures spécifiques.

Le même protocole a également été utilisé pour tester 25 équipes féminines de crosse durant les saisons 2008-2009 (approximativement 2 500 athlètes toutes âgées de 14 à 18 ans). La collecte de données a permis de cibler 25 incidents à la tête ayant été captés sur vidéo dont 21 commotions cérébrales. À partir de ces vidéos, les auteurs ont pu conclure que la majorité des événements était le résultat d'un contact du bâton contre la tête lorsque l'athlète défendait un tir adverse ou d'un contact tête à corps lorsque les deux athlètes compétitionnent pour attraper une balle (Caswell, Lincoln, Almquist, Dunn, & Hinton, 2012). Cela diffère des résultats obtenus chez les athlètes masculins du même âge décrits précédemment (Lincoln et al., 2013).

### **3.2 Les protocoles de validation**

La plupart des études utilisent un protocole de validation à deux évaluateurs afin de valider l'accord inter-juge, intra-juge ou les deux. (Andersen et al., 2003; Gardner, Howell, et al., 2017; Gardner, Kohler, et al., 2017; Lawrence et al., 2014; Lincoln et al., 2013; Makdissi & Davis, 2016). Andersen et son équipe, de même que Makdissi et Davis, ont sélectionné des évaluateurs qualifiés d'experts (Andersen et al., 2003; Makdissi &

Davis, 2016), tandis que Gardner et ses collaborateurs ont privilégié des évaluateurs ayant une expérience significative dans l'identification de première ligne des commotions cérébrales dans le sport (Gardner, Howell, et al., 2017; Gardner, Kohler, et al., 2017). Un autre groupe de chercheurs, Lawrence et ses collaborateurs, ont quant à eux misé sur la validation de leur grille par deux évaluateurs n'appartenant pas au domaine de la santé (Lawrence et al., 2014). Finalement, dans le cas de (Lincoln et al., 2013), les auteurs ont privilégié des évaluateurs avec une expérience substantielle dans le sport analysé, ainsi qu'une bonne connaissance des règlements. De plus, pour la dernière étude, le protocole d'analyse vidéo se faisait en trois étapes, soit la première étape qui consistait à regarder l'extrait débutant cinq secondes avant l'impact à vitesse normale, la deuxième étape qui consistait à visionner seulement l'impact à vitesse normale et finalement la troisième étape qui consistait à regarder l'impact au ralenti afin d'établir les caractéristiques du contact.

En contrepartie, pour la validation de la HUC, Hutchison et al. (2014) ont utilisé un protocole de validation en deux temps. En premier lieu, la variabilité a été évaluée par un total de quatre évaluateurs (deux experts et deux naïfs) et a été déterminée à partir d'un échantillon aléatoire de 25 séquences vidéo de la Ligue Nationale de Hockey où il y a eu diagnostic de commotion cérébrale. Suite à la première phase, des modifications ont été apportées à la charte et une deuxième étape de validation a été effectuée, cette fois-ci par deux évaluateurs experts qui ont codés tous les autres vidéos associés à un diagnostic de commotion cérébrale.

Suite au protocole de validation, cinq études ont démontré que l'utilisation de leur charte pouvait constituer un outil complémentaire valide à l'évaluation traditionnelle des commotions cérébrales (Andersen et al., 2003; Gardner, Howell, et al., 2017; Gardner, Kohler, et al., 2017; Hutchison et al., 2014; Lawrence et al., 2014). En contrepartie, la grille "Surveillance of Concussive Injury in Australian Football" a démontré une grande variabilité inter-juges et les auteurs en ont conclu que des modifications devaient être apportées à leur grille afin qu'elle puisse être validée (Makdissi & Davis, 2016).

Bien que plusieurs études emploient des évaluateurs qualifiés d'experts, aucun de ces articles ne mentionne les critères d'inclusion de ces évaluateurs, à savoir leur champ de pratique et leurs années d'expérience dans le domaine. Qui plus est, toutes ces études ont été effectuées à partir de séquences vidéo ayant déjà été associées à un diagnostic de commotion cérébrale et non pas à l'aveugle.

### **3.3 Éléments principaux contenus dans les grilles existantes**

Plusieurs critères d'observation se retrouvent dans plus d'une charte, permettant ainsi de suggérer qu'il s'agit de facteurs de risques généraux associés aux commotions cérébrales dans le sport et pouvant être détectés par visionnement vidéo. Ces critères sont résumés dans le tableau 1.

Tableau 1: Récapitulatif des principaux éléments contenus dans les différentes grilles d'observation

	Scénario ou mécanisme de blessure	Caractéristiques du contact menant à la blessure	La région sur le terrain où le trauma survient	Position statique du joueur sur le terrain au moment de l'impact	Région/cause du contact initial et/ou du second impact	Position et/ou accélération de la tête
Andersen et al, 2003	X		X	X		
Hendricks et al, 2016	X			X	X	X
Hutchison et al, 2014	X		X	X	X	X
Koh et Watkinson, 2002					X	X
Lawrence et al, 2014			X	X	X	
Makdissi et Davis, 2016	X	X	X		X	
Tucker et al, 2017		X				

D'autres critères présents sur les différentes grilles sont plus spécifiques au sport pour lequel la grille a été élaborée donc généralement plus spécifiques aux actions requises par le sport (Andersen et al., 2003; Koh & Watkinson, 2002; Lawrence et al., 2014; Makdissi

& Davis, 2016) ou à la période où la blessure s'est produite durant la compétition (Hutchison et al., 2014; Makdissi & Davis, 2016). Par exemple le quart ou la période où l'événement est survenu ou encore la position occupée par le joueur blessé/adversaire.

Un autre aspect développé par les différentes grilles existantes est l'analyse vidéo à posteriori des signes de commotions cérébrales contenus dans les séquences présentant des joueurs ayant reçu un diagnostic. Les principaux signes observés sont listés dans le tableau 2.

Tableau 2: Récapitulatif des principaux signes de commotion cérébrale observés

	DAVIS ET MAKDISSI, 2016	GARDNER, HOWELL ET AL, 2017	GARDNER, KOHLER ET AL, 2017	LAWRENCE ET AL, 2014	MCCRORY ET BERKOVIC, 2000	MCCRORY, BLADIN ET BERKOVIC, 1997
Perte de conscience	X	X	X	X		
Convulsions post-impact	X	X	X		X	X
Difficultés à se relever	X	X	X			
Regard fixe ou vide	X	X	X			
Secouement de la tête ou Désorientation	X	X	X	X		
Démarche		X		X		

---

ataxique ou des	
problèmes	
d'équilibre	
Diminution de la	X
coordination	
motrice	
État léthargique	X
Effet de non	X
protection du	
joueur blessé	
lors de l'impact	
Blessure faciale	X
visible	

---

### 3.4 Épidémiologie et principaux mécanismes de production des commotions cérébrales au football américain

Au niveau secondaire et collégial une grande proportion des commotions cérébrales, environ 57%, sont subies lors des entraînements (Dompier et al., 2015; Lynall et al., 2017). Ainsi, sur 1 429 commotions cérébrales analysées au niveau primaire, secondaire et collégial du côté américain, 83% des diagnostics proviennent d'un contact entre deux joueurs (avec comme prédominance les « plaqués » à 24%), contre 9% pour un contact contre le sol, 1% pour un contact avec un élément du jeu et 7% qui ont été recensées sans mécanisme connu (Lynall et al., 2017). Dans une autre étude, toujours du côté des Etats-Unis, 87,8% des commotions cérébrales analysées au niveau secondaire étaient le résultat d'un contact entre deux joueurs, dont 48,5% se sont produites durant un jeu de course

(Marar et al., 2012). De plus, dans environ 63% des contacts entre joueurs se soldant par une commotion cérébrale (entre 62,5-65% selon les études), cette dernière est attribuable à l'action de « plaquer ou de se faire plaquer » (Marar et al., 2012; Zuckerman et al., 2016).

En somme, la plupart des commotions cérébrales attribuables à la pratique du football américain proviennent d'un contact entre deux joueurs, plus particulièrement lors d'une action de « plaquer » (33%) ou lorsque l'athlète effectue une action de « bloquer » (32%) (Zuckerman et al., 2016). De plus, la majorité des diagnostics sont le résultat d'une collision casque à casque (74%) ou d'une collision avec le sol (9%) avec un lieu d'impact majoritairement au niveau temporal (41%) ou frontal (23,8%) (Delaney, Al-Kashmiri, & Correa, 2014; Zuckerman et al., 2016).

# CHAPITRE 4 : DÉVELOPPEMENT DE LA GRILLE D'ÉVALUATION

## 4.1 Sélection des critères présents dans la grille d'évaluation

La revue de littérature détaillée au chapitre précédent a permis de faire ressortir les principaux éléments nécessaires à une bonne grille d'évaluation des mécanismes de production des commotions cérébrales dans le sport. Plusieurs des critères (tableau 1) et des signes (tableau 2) énoncés se retrouvaient dans plus d'une grille d'observation validée, ce qui peut suggérer qu'il s'agit d'éléments généraux visibles sur vidéo et caractéristiques des commotions cérébrales reliées au sport.

Ces éléments ont donc été ressortis et analysés par l'équipe de recherche afin de déterminer quels critères et quels signes pouvaient s'appliquer à l'élaboration de la grille d'observation par analyse vidéo spécifique au football américain. Parmi ces derniers, l'équipe de recherche a retenu les critères suivants :

- Le mécanisme de blessure (Andersen et al., 2003; Hendricks et al., 2016; Hutchison et al., 2014; Makdissi & Davis, 2016b)
- Les caractéristiques du contact (Makdissi & Davis, 2016b, Tucker et al., 2017),
- L'endroit sur le terrain où le contact a eu lieu (Andersen et al., 2003; Hutchison et al., 2014; Lawrence et al., 2014; Makdissi & Davis, 2016b)
- La position du joueur à risque d'avoir subi une commotion cérébrale (Andersen et



al., 2003; Hendricks et al., 2016; Hutchison et al., 2014; Lawrence et al., 2014)

- La région du corps où le contact a eu lieu (Hendricks et al., 2016; Hutchison et al., 2014; Koh & Watkinson, 2002; Lawrence et al., 2014; Makdissi & Davis, 2016b)
- Le mouvement ou l'accélération de la tête pendant le contact (Hendricks et al., 2016; Hutchison et al., 2014; Koh & Watkinson, 2002).

Par la suite, l'équipe de recherche s'est interrogée sur les principaux signes de commotions cérébrales visibles sur vidéo. Les signes suivants, tirés des différentes grilles, ont été retenus:

- Perte ou altération de la conscience (Davis & Makdissi, 2016; Gardner, Howell, et al., 2017; Gardner, Kohler, et al., 2017; Lawrence et al., 2014)
- Convulsions suite à l'impact (Davis & Makdissi, 2016; Gardner, Howell, et al., 2017; Gardner, Kohler, et al., 2017, P. R. McCrory & Berkovic, 2000; McCrory, Bladin, & Berkovic, 1997)
- Délai avant que le joueur ne se relève (Davis & Makdissi, 2016; Gardner, Howell, et al., 2017; Gardner, Kohler, et al., 2017),
- Désorientation après le contact (Davis & Makdissi, 2016; Gardner, Howell, et al., 2017; Gardner, Kohler, et al., 2017; Lawrence et al., 2014)
- Problèmes d'équilibre ou perte de coordination (Davis & Makdissi, 2016; Gardner, Howell, et al., 2017; Lawrence et al., 2014)
- État léthargique (Lawrence et al., 2014)
- Aucune protection de la part du joueur lors de l'impact (Davis & Makdissi, 2016)

Les signes relatifs à la présence d'une blessure faciale (Davis & Makdissi, 2016) et un regard vide (Davis & Makdissi, 2016; Gardner, Howell, et al., 2017; Gardner, Kohler, et al., 2017) ont aussi été mentionnés par une ou plusieurs études, mais n'ont pas été retenus dans la présente grille puisque l'équipement et la prise de vue des vidéos utilisés ne permettaient pas déterminer la présence de ces derniers.

#### 4.2 Conception et mise en forme de la grille d'évaluation des mécanismes de production des commotions cérébrales au football américain

La mise en page de la grille s'est grandement inspirée de trois grilles déjà validées soit la « HUC » (Hutchison et al., 2014) (Annexe D), la MMA-KT (Lawrence et al., 2014) (Annexe F) et la « Video Surveillance of Concussive Injury in Australian Football » (Makdissi & Davis, 2016b) (Annexe G) . Le tableau 3 résume les différents éléments relatifs à la mise en page de la grille d'observation par analyse vidéo des mécanismes de production des commotions cérébrales au football.

Tableau 3: Éléments qui ont servis à la mise en page de la grille d'observation

	HUC (Hutchison et al., 2014)	Video Surveillance of Concussive Injury in Australian Football (Makdissi & Davis, 2016b)	MMA-KT (Lawrence et al., 2014)
Schéma de la surface de jeu	X	X	X
Critères présentés dans des encadrés		X	X
Critères à cocher	X	X	X
Section commentaires	X		

### 4.3 Présentation de la grille d'évaluation des mécanismes de production des commotions cérébrales au football américain

Temps de référence de la séquence analysée : \_\_\_\_\_

Événement

**Mécanisme:**

Contact avec un adversaire

Contact avec un coéquipier

Contact avec le sol

Contact avec le ballon

Autre  : \_\_\_\_\_

Non-concluant

**Région initiale du contact:**

À la tête

Frontal  Temporal gauche

Occipital  Temporal droit

Pariétal

Indirect

Membre supérieur

Membre inférieur

Tronc

Non-concluant

**2e contact de la tête**

Avec le sol

Sur un adversaire

Sur un coéquipier

Avec le ballon

Non- applicable

**Accélération de la tête**

Antéro-postérieure

latérale

rotation

non-concluant

Situation sur le terrain au moment de l'événement

**Situation de l'équipe**

Offensive

Défensive

**Région sur le terrain où le contact s'est produit** (Faire un « X » sur le schéma si possible)

Non-concluant

	Goal	10	20	30	40	50	40	30	20	10	Goal	
ENDZONE												ENDZONE
	Goal										Goal	

**Intervention de l'équipe médicale sur le terrain**

Oui

Non

**Ambulance**

Oui

Non

Figure 1: Grille d'observation des mécanismes de production des commotions cérébrales au football américain



## **CHAPITRE 5: ARTICLE**

### **Conception and Inter-rater Evaluation of a Concussion Video Analysis Tool in High School and College Football**

BERGERON Alexandra, FRÉMONT Pierre, LEBLANC Jean-Michel, FAIT Philippe

#### **Contribution des auteurs**

La première auteure, Alexandra Bergeron, a participé à toutes les étapes menant à la rédaction de cet article, autant la collecte de données que l'analyse, la recherche d'information et la rédaction en lien avec le projet. Celle-ci a été épaulée tout au long du processus par son directeur de maîtrise (P. Fait). Jean-Michel Leblanc s'est impliqué dans le processus de recrutement, notamment dans le recrutement des équipes participantes au projet et a établi un lien entre les personnes ressources de ces différentes équipes et l'auteure principale. Pierre Frémont s'est investi dans la préparation et l'élaboration de la méthodologie relative au présent projet de recherche. Tous les auteurs ont participé à la rédaction et la révision du manuscrit.

## Résumé

Les commotions cérébrales constituent un enjeu majeur en santé sportive, particulièrement dans les sports de contact. Seulement aux États-Unis, on dénombre plus de 1,6 millions de commotions cérébrales reliées à la pratique d'une activité sportive chaque année. Pourtant, malgré une augmentation de la sensibilisation sur l'importance d'une bonne prise en charge des athlètes ayant subi une commotion cérébrale, bon nombre d'entre elles restent non-diagnostiquées. C'est pourquoi, lors du plus récent consensus de 2016 sur les commotions cérébrales reliées au sport qui s'est tenu à Berlin, un nouvel élément qualifié de prometteur a été mis de l'avant par les panélistes, soit l'utilisation des reprises vidéos afin d'aider à la détection des contacts à haut-risque de commotion cérébrale. Ainsi, dans le cadre de la présente étude, quatre équipes de football issues des ligues juvéniles et collégiales du Réseau du Sport Étudiant du Québec (RSEQ) ont été recrutées afin de vérifier l'accord inter-juge d'une grille d'observation des mécanismes de production des commotions cérébrales au football. Cette grille a été créée par l'équipe de recherche dans une optique de validation. Trois évaluateurs externes devaient compléter une grille d'observation pour chaque contact qu'ils jugeaient susceptibles de mener à un diagnostic de commotion cérébrale. Cette étude a été effectuée à double-aveugle. Avec un coefficient inter-observateur (Gwet's AC1) de  $-0.24936$   $\{-0.314$  à  $-0.184\}$ , les résultats ont démontré une grande variabilité inter-juge, suggérant une certaine subjectivité dans leur perception d'un contact à haut-risque de commotion cérébrale. Néanmoins, d'autres recherches sont nécessaires pour déterminer l'impact de l'utilisation

de l'analyse vidéo comme outil de détection dans les cas de commotions cérébrales au football. De plus, il serait intéressant d'évaluer l'accord intra-juge pour un même type d'étude.

**Mots-clefs :** Commotions cérébrales, football américain, analyse vidéo, grille d'observation

## Abstract

Concussion is a non-negligible injury in contact sports, including American Football. Only in United States, over 1,6 millions of concussions are diagnosed each year. But, even if there is more sensibilization over the importance of a good detection and management of players who sustain a concussion, a lot of them remain undiagnosed. Recently, during the latest consensus of Berlin, a new element has been brought forward; the use of video review to target high-risk contacts. For this study, we recruited four varsity football teams of different leagues. The objective was to evaluate the inter-rater agreement of a video analysis tool previously developed from a literature review for retrospective detection of concussion production mechanisms in high school and college football leagues in Quebec. Three raters had to complete a video observational grid for every contact that, according to them, could have led to a concussion. This study has been conducted double-blinded. With an interrater Gwet's agreement coefficient (Gwet's AC1) of  $-0.24936$  {  $-0.314$  to  $-0.184$  }, the results showed that there was no interrater agreement when using the grid to detect high-risk contacts. This suggests a difference in the interpretation of mechanisms of production of concussion in American football between the different raters. Further research is required on the usefulness of video review in the detection of sport-related concussions. Based on the present results, the promising value of using video analysis as a complementary tool in the detection of concussions can be questioned. Nevertheless, it could be interesting to evaluate the intra-rater agreement in further studies.



## Introduction

**Keywords:** observational tool, sport-related concussion, video review, concussion management

Sport-related concussion (SRC), often considered synonymous with mild traumatic brain injury (mTBI), is defined as a traumatic brain injury caused by external biomechanical forces such as a direct blow to the head or elsewhere to the body that transmits an impulsive force to the head (P. McCrory et al., 2017). Only in the United States, the number of SRCs is estimated to be between 1,6 and 3,8 millions each year, which constitutes between 5% and 9% of all sport-related injuries sustained in that country (Harmon et al., 2013). In Canada, 39% of young athletes between 10 and 18 years old that go to an emergency room after a sport's trauma will receive a diagnosis of concussion (Stat Canada, 2018). Beyond that 39%, it is estimated that another 24% could have also sustained an undiagnosed concussion (Stat Canada, 2018).

Unfortunately, a lot of SRCs still remain undiagnosed. At the beginning of the 2000's, 47.3% of high school football players claimed experiencing concussion symptoms after a trauma without reporting them. At college level, only 17% declared having sustained a concussion while 48% of them reported an episode of head trauma followed by symptoms associated with SRC (LaBotz et al., 2005). Another study has concluded that almost 1/3 (30,5%) of the 486 athletes who have been interrogated had already sustained an undiagnosed concussion (Meehan et al., 2013). This underestimation of SRCs has also been reported in another study conducted within the British Columbia

Amateur Hockey Association (Williamson & Goodman, 2006). Even if there is a risk of sustaining a concussion in almost every sport, American football is considered as one with a high risk of SRC, especially at high school and college levels (Conder & Conder, 2015; Gessel et al., 2007; Harmon et al., 2013; Marar et al., 2012; Noble & Hesdorffer, 2013; O'Connor et al., 2017; Pfister et al., 2016). According to a study conducted by Guthrie (2015), of the 1198 concussions sustained during football that were analyzed, 66,4% occurred in high school students and 21,9% provided from college athletes which represented 4% of all high school's football injuries and 8% of all college ones. Even if it is still controversial, repeated concussions and head trauma could lead to some later neurodegenerative disorders such as Alzheimer disease, dementia, Parkinson disease and chronic traumatic encephalopathy (Ling et al., 2017; Manley et al., 2017; Misquitta et al., 2018; Omalu, 2014). Considering that some later disorders could be possibly linked to concussions, it is important to develop tools that will help health care providers on the sideline with the early detection of SRCs, especially in football.

The most acknowledged tool in the detection and monitoring of recovery following SRC is the SCAT-5 (McCrory et al., 2017). Since this version of the SCAT is relatively recent, no large sample studies have been made yet to test the specificity and sensitivity of the SCAT-5, but of previous versions, namely the SCAT-2 and SCAT-3, reported consistent results. Using a baseline exam as a reference, a sensitivity of 96% and specificity of 84% for the detection of sport-related concussions and without a baseline exam (ie: using normative data as a reference) a sensitivity of 83% and a specificity = 91% were observed (Comeau & Pfeifer, 2019).

To increase the effectiveness of sideline detection and management of SRCs, a new element has been brought forward during the 5<sup>th</sup> International Conference on Concussion in Sport, held in Berlin, Germany in October 2016 (P. McCrory et al., 2017). This new element is the use of video analysis as a tool in targeting players that can be at risk of sustaining SRCs during a game (Emery et al., 2017; P. McCrory et al., 2017). Until then, video analysis was mainly used as a strategic tool for coaches in order to prepare their team against their opponents. Currently, only a few concussion video analysis grids have been validated and none of them are specific to American football.

**Objective.** The objective of this study was to develop and evaluate the inter-rater agreement of a video analysis tool for retrospective detection of concussion production mechanisms in high school and college football leagues in Quebec.

## Methods

**Video access.** Informed consent was obtained from four football teams to access video footage of their 2018 regular season game via the Hudl video analysis tool (Hudl inc., Lincoln, NE, USA). Each team performed in a different Quebec scholar league. One team was performing in division 1 juvenile league, the second was in division 2 juvenile league, the third team was in division 1 college league and the last one played in division 2 college league. All season leagues were composed of eight regular games, except division 1 college league which had nine games scheduled. In order to be included in our study, all the videos had to show the entire game playtime.

**Participants.** In order to evaluate our grid (see figure 1), three raters that met our inclusion criteria were recruited. Each participant had to be a healthcare professional with a minimum of 2 years of experience with football teams (juvenile league or higher). They also had to maintain a valid sports' first responder certification at the moment of the testing. For the present study, one rater was a physiotherapist, one was an athletic therapist and the third one was a physiotherapist technician. None of them was associated with one of the four teams participating in that study.

**Grid.** The present grid (refer to Figure 1) has been developed following a literature review of video analysis grids for concussion mechanisms already validated in other sports. A lot of criteria were present in more than one chart, suggesting that they can be considered as general risk factors of sports-related concussions. Amongst them, injury

mechanism (Andersen et al., 2003; Hendricks et al., 2016; Hutchison et al., 2014; Makdissi & Davis, 2016b), contact characteristics or effects (Makdissi & Davis, 2016b, Tucker et al., 2017), area on the field where the trauma occurred (Andersen et al., 2003; Hutchison et al., 2014; Lawrence et al., 2014; Makdissi & Davis, 2016b), player's position (Andersen et al., 2003; Hendricks et al., 2016) (Hutchison et al., 2014; Lawrence et al., 2014), area on the body where the first (and second if necessary) contact occurred (Hendricks et al., 2016; Hutchison et al., 2014; Koh & Watkinson, 2002; Lawrence et al., 2014; Makdissi & Davis, 2016b), and movement or acceleration of the head during the contact (Hendricks et al., 2016; Hutchison et al., 2014; Koh & Watkinson, 2002). Therefore, these elements have been included in our football observation grid.

Another factor that has been considered for the development of the grid has been the principal physical concussion signs that can be observed on video tape; loss of consciousness (Davis & Makdissi, 2016; Gardner, Howell, et al., 2017; Gardner, Kohler, et al., 2017; Lawrence et al., 2014), post-impact seizures (Davis & Makdissi, 2016; Gardner, Howell, et al., 2017; Gardner, Kohler, et al., 2017, P. R. McCrory & Berkovic, 2000; P. R. McCrory, Bladin, & Berkovic, 1997), delayed time to stand up after the impact (Davis & Makdissi, 2016; Gardner, Howell, et al., 2017; Gardner, Kohler, et al., 2017), disorientation or head shake after the contact (Davis & Makdissi, 2016; Gardner, Howell, et al., 2017; Gardner, Kohler, et al., 2017; Lawrence et al., 2014), balance problems or loss of coordination (Davis & Makdissi, 2016; Gardner, Howell, et al., 2017; Lawrence et al., 2014), lethargic state (Lawrence et al., 2014) and any protection from the player

during the impact (Davis & Makdissi, 2016). Two other signs had been mentioned and studied, facial injuries (Davis & Makdissi, 2016) and vacant stare (Davis & Makdissi, 2016; Gardner, Howell, et al., 2017; Gardner, Kohler, et al., 2017) but has not been included in the present grid as it is hard to determine with the mandatory helmet used in American football.

**Methods.** This study has been conducted double-blinded. In order to collect the data, each game has been divided into four quarters, for a total of 32 quarters for the first three teams and 36 quarters for the college division 1 team. We randomly selected one quarter per team to be included in our study with the website *random.org*. Each quarter has been put into one video via the software Video Editor 15 Plus (Movavi Software Inc. Wildwood, USA) for a total length of 56 minutes 34 seconds long video to analyse.

Each rater had to analyze the video with a laptop (HP Pavilion, HP Inc. Mississauga, Canada) alone in a quiet room attributed by the research team. They had a maximum of two hours to watch and complete a grid for each sequence they think could result in a concussion. If more than one player on the same video sequence could have been at risk of sustaining a concussion, the rater had to complete a grid for each player. During that two hours' time allowed, each rater could go back and watch the video or the desired sequence as many times as he wanted without any limits.

**Statistical analysis.** In order to determine the interrater agreement of all results, the Gwet's agreement coefficient 1 (Gwet's AC1) has been calculated using *Rstudio*

(Gwet, 2008). If the value *per chance agreement* is higher than the real interrater agreement, there is no interrater agreement.

**Ethical considerations.** The main author works as an athletic therapist with one of the videotaped teams. Nevertheless, because the validation of the observation grid has been made by three external raters that have no link with any of the videotaped teams, the results of the validation was not influenced. Moreover, because the viewing of the videos has been made retrospectively after the end of the season, no intervention was to be made with neither of the teams no matter what has been found out from the grids.

An ethics certificate (# CDERS-18-12-06.05) has been issued by the Ethic Board of Université du Québec à Trois-Rivières before the beginning of this project (Appendix I).

Temps de référence de la séquence analysée: \_\_\_\_\_

Événement

**Mécanisme:**

Contact avec un adversaire

Contact avec un coéquipier

Contact avec le sol

Contact avec le ballon

Autre  : \_\_\_\_\_

Non-concluant

**Accélération de la tête**

Antéro-postérieure

latérale

rotation

non-concluant

**Région initiale du contact:**

À la tête

Frontal  Temporal gauche

Occipital  Temporal droit

Pariétal

Indirect

Membre supérieur

Membre inférieur

Tronc

Non-concluant

**2e contact de la tête**

Avec le sol

Sur un adversaire

Sur un coéquipier

Avec le ballon

Non-applicable

Situation sur le terrain au moment de l'événement

**Situation de l'équipe**

Offensive

Défensive

**Intervention de l'équipe médicale sur le terrain**

Oui

Non

**Ambulance**

Oui

Non

**Région sur le terrain où le contact s'est produit (Faire un « X » sur le schéma si possible)**

Non-concluant

Figure 3: Video Observation Grid of Concussion in American Football





## Results

In the present study, the first rater pointed out 4 sequences, while rater #2 filled out grids for 10 sequences and rater #3 filled out grids for 6 different sequences. Because this study was conducted double-blinded, neither the raters nor the research team knew if any of those sequences resulted in a diagnosed concussion (see table 3).

Of all the sequences, only two have been identified by more than one rater and none of them had been selected by all three raters. Rater #1 and #3 have both filled a grid at 5:13:00, while rater #1 and #2 have filled a grid for an event that happened at 31:20:00 on the video. All the other grids have been filled out only by one of the raters.

For the 2 sequences reported by 2 raters, the value of the interrater agreement coefficient AC1 was -0.24936 with a confidence interval of {-0.314 et -0.184} and a  $p < 0.0001$ . Since the Gwet's AC1 coefficient is negative and different from 0, the results indicate that there is no interrater agreement when the study is conducted double-blinded.

There are two different possible explanations for a negative AC1 value. The raters have either an antagonist point of view and don't conceive the same factors as high-risk factors for a concussion or because the Gwet's AC1 coefficient is a 0 or 1 scale, a rater could have not filled a grid for a sequence but questioned himself about it and almost filled it. The score is then 0 because he chose to don't fill the grid. Another rater could have filled a grid for the same sequence judging that it implies a contact that could result in a concussion

Tableau 4: Summary of consequences per rater where at least one observation grid has been filled out

Reference time	Rater 1	Rater 2	Rater 3
01:22:00		X	
02:05:00		X	
04:48:00			X
05:13:00	X		X
05:49:00			X
12:47:00		X	
18:11:00		X	
19:42:00		X	
31:14:00			X
31:20:00	X	X	
31:31:00			X
35:37:00		X	
38:40:00	X		
45:43:00		X	
48:07:00			X
51:04:00	X		
51:48:00		X	
52:49:00		X	

## Discussion

The present study aimed to elaborate and evaluate the interrater agreement of a video analysis tool for detection of mechanism of production of concussion in high school and college football. Since the Gwet's AC1 is negative and different from 0, the results can lead to the perception that events leading to a concussion are different from one individual to another because there are two different possible explanations for a negative AC1 value. The raters have either an antagonist point of view and don't conceive the same factors as high-risk factors for a concussion or because the Gwet's AC1 coefficient is a 0 or 1 scale, a rater could have not filled a grid for a sequence but questioned himself about it and almost filled it. The score is then 0 because that rater chose to don't fill the grid while another rater could have filled a grid for the same sequence judging that it implies a contact that could result in a concussion. The absence of homogeneity in the results may be indicative of the difference relative to the detection of concussions. The negative Gwet's AC1 coefficient leading to believe that the raters may have an antagonist point of view

The quality of the videos can also constitute a limitation to this study. Because the participating teams were all amateur teams from scholar leagues in Québec, the quality of the video wasn't as high as professional one. All the videos were recorded from an aerial view. Moreover, in College leagues, for the same sequence, two different points of view were available; from the side and from the end zone, while in the Juvenile high school leagues only the side aerial shooting was recorded. This can have an impact as the two

events that had been selected by more than one rater were from the College teams. Also, because the videos are shot for coaching purposes, a lot of the recordings tend to follow the ball during the sequence, which can lead to missed concussive events. Added to this, is the fact that the videos are cut between each sequence making it impossible for the raters to determine if medical staff went on the field at the end of the play.

The aerial recording added to the presence of football equipment could also make it more difficult to distinguish most of the concussion signs. The raters had to determine the concussion based on the contact but it might be hard to distinguish some of the signs related to concussion that were present on the grid.

Another limitation is the fact that the raters had to decide based on a continued video if each play/contact could possibly lead to a concussion. This method forces a 1 or 0 quotation, 1 being the sequence containing an event susceptible to leading to a concussion and 0 being no grid has been filled for that sequence. This methodology can cause an overestimated disagreement between the raters. It could be interesting in further studies to evaluate the interrater agreement using specific sequences and evaluate the probability that each event presented leads to a concussion.

## **Conclusion**

The present study demonstrated a high variability between different raters

analysing the same video, suggesting a different perception of mechanism of production of concussion in American football. Therefore, the promising value of using video analysis as a complementary tool in the detection of concussion has not been demonstrated by the present study. It could nevertheless be interesting in further studies to evaluate the intra-rater agreement using the observation grid in order to determine if the same expert is consistent when it comes to determine if an event is subject to a concussion and if the elements seen are the same from time to time

## CHAPITRE 6: DISCUSSION GÉNÉRALE

Depuis le début des années 2000, les commotions cérébrales constituent un enjeu majeur en santé (Aubry et al., 2002). Ainsi, de plus en plus d'outils sont développés afin d'optimiser la détection et la prise en charge des athlètes ayant subi des contacts à risque de commotion cérébrale, dont entres autres, l'outil le plus universel, le SCAT-5 (McCrory et al., 2017). Plus récemment, lors du consensus de Berlin sur les commotions cérébrales reliées au sport qui s'est tenu en 2016, il a été rapporté que l'utilisation des reprises vidéos pourraient s'avérer prometteuse dans la détection et l'identification des contacts à haut risque de production de commotion cérébrale (McCrory et al., 2017). Dans cet ordre d'idée, le présent mémoire avait pour objectif d'élaborer et d'évaluer l'accord inter-juge d'une grille d'observation des mécanismes de production des commotions cérébrales au football américain.

Comme aucune grille d'observation des principaux facteurs liés aux commotions cérébrales pour cette discipline n'a été trouvé lors du recensement des écrits, elle a été créée à partir de grilles déjà existantes pour d'autres sports et d'études de validation par analyse vidéo des principaux signes de commotions cérébrales liés à d'autres disciplines. (Andersen et al., 2003; Gardner, Howell, et al., 2017; Gardner, Kohler, et al., 2017; Hendricks et al., 2016; Hutchison et al., 2014; Koh & Watkinson, 2002; Lawrence et al., 2014; Makdissi & Davis, 2016; P. R. McCrory & Berkovic, 2000; P. R. McCrory, Bladin, & Berkovic, 1997; Tucker et al., 2017). Afin de bâtir une grille en lien avec le football

américain, les principaux éléments de chaque étude sélectionnée ont été résumés et mis sous forme de tableau dans le chapitre 3. Par la suite, tous les éléments pouvant être observés sur vidéo pour le football américain ont été ressortis et mis sous forme de grille, le visuel s'étant grandement inspiré de la HUC (Hutchison et al., 2014), de la « Video Surveillance of Concussive Injury in Australian Football » (Makdissi & Davis, 2016) et de la MMA-KT (Lawrence, 2014).

Par contre, les résultats obtenus lors de la collecte de données n'ont pas été ceux escomptés. En effet, l'étude a démontré qu'il y avait une forte hétérogénéité entre les différents évaluateurs. De toutes les séquences où des grilles ont été remplies, seulement deux ont été sélectionnées par deux des trois évaluateurs. Aucun événement n'a été rapporté par tous les évaluateurs comme étant à risque d'être à l'origine d'un diagnostic de commotion cérébrale. Cela démontre qu'il y a possiblement une discordance ou une certaine subjectivité entre la perception d'un contact à risque de commotion cérébrale parmi les différents intervenants, même si tous les évaluateurs étaient des professionnels de la santé ayant une expérience significative comme intervenant de première ligne en football américain. De plus, contrairement aux autres études énumérées plus haut et sur lesquelles la grille d'observation de ce projet se base, le protocole de validation de cette étude impliquait une validation à double-aveugle. De ce fait, alors que les autres grilles recensées ont été validées à partir de séquences où un diagnostic de commotion cérébrale avait été établi. Dans le cadre de ce projet de recherche, ni les évaluateurs ni l'équipe de recherche n'avait accès aux dossiers médicaux des différents joueurs, et ne pouvait donc



pas établir si les événements sélectionnés se sont soldés par un diagnostic de commotion cérébrale.

Il pourrait donc être intéressant pour une recherche future d'avoir accès à ces dossiers médicaux, afin de corroborer les événements qui ressortent des différentes grilles remplies par les évaluateurs. En effet, il y a non seulement une grande hétérogénéité entre les séquences, mais également dans le nombre de grilles remplies par chaque évaluateur. Ainsi, pour l'évaluateur 1, quatre événements ont été recensés comme étant susceptibles d'être la cause d'une commotion cérébrale, contre dix pour l'évaluateur 2 et six pour l'évaluateur 3. Cela peut également suggérer une certaine subjectivité dans la perception des facteurs de production des commotions cérébrales au football américain.

Cette étude n'est pas sans limitations. Premièrement, comme la grille avait pour objectif d'être validée au niveau du football américain scolaire, plus précisément au niveau juvénile et collégial, la qualité des séquences vidéo était inférieure à celle que l'on retrouve au niveau professionnel. Tous les plans de vue étaient aériens, autant au niveau juvénile que collégial. En revanche, au niveau collégial, deux points de vue différents étaient disponibles, contre un seul au niveau juvénile. Cela a pu avoir un impact sur les résultats, puisque les seuls événements recensés par deux des trois évaluateurs proviennent du réseau collégial. Les plans de vue des vidéos utilisés pour la présente recherche ont également été filmés selon les critères du personnel entraîneur et non pour les besoins de l'équipe médicale. De ce fait, plusieurs séquences suivaient le mouvement

du joueur ayant le ballon en sa possession et tous les vidéos coupaient entre les jeux. Il était donc impossible pour les évaluateurs de valider si le personnel médical était appelé sur le terrain suite à un contact.

Une autre limitation à cette étude est le type d'équipement de protection par les athlètes. Ajouté à la qualité des vidéos, l'équipement a pu compromettre la détection de certains signes caractéristiques liés aux commotions cérébrales.

Finalement, une troisième limitation peut avoir largement contribué aux résultats obtenus; le choix de la méthode statistique utilisée afin de valider la grille. Cette dernière impliquait une cotation de 0 ou 1; 0 étant une séquence avec aucun événement susceptible de mener à une commotion cérébrale et 1, une séquence contenant un événement susceptible de mener à une commotion cérébrale et donc où l'évaluateur remplissait une ou plusieurs grilles. Cette méthode statistique a pu largement mener à une surestimation du désaccord inter-juge. Il pourrait être intéressant de reprendre la méthodologie de cette étude, mais en utilisant des séquences spécifiques et en utilisant une échelle permettant d'évaluer l'accord inter-juge basé sur leur perception de la probabilité, par exemple en pourcentage, que chaque événement sélectionné ait pu mener à une commotion cérébrale. Il pourrait aussi être souhaitable de mettre à contribution les intervenants terrains attitrés aux équipes participant à l'étude afin qu'ils présélectionnent des événements où ils auraient aimé bénéficier d'un système d'analyse vidéo sur les lignes de côté.

Également, il pourrait être intéressant d'évaluer l'accord intra-juge en utilisant la même méthodologie et méthode statistique afin d'évaluer si un même évaluateur est consistant dans sa perception des mécanismes de production des commotions cérébrales liés à la pratique du football américain.

## CHAPITRE 7: CONCLUSION

En somme, les commotions cérébrales font partie du large spectre des TCC et constituent une blessure non négligeable, mais souvent sous-estimée dans le milieu sportif. De par sa variété de signes et symptômes, la commotion cérébrale reste souvent difficile à détecter sur le terrain, le SCAT-5 constituant encore à ce jour l'outil standardisé universel le plus utilisé par les différentes organisations athlétiques. Cependant, avec le développement et l'utilisation de plus en plus importante des différentes technologies dans le sport, même au niveau amateur, l'utilisation de l'analyse vidéo pourrait s'avérer un atout majeur dans la mise en place d'un outil complémentaire au SCAT-5. Peu de grilles d'observation et d'études de validation par analyse vidéo des mécanismes de production des commotions cérébrales dans le sport ont été validées jusqu'à maintenant, surtout à des fins de détection pendant un événement terrain, mais cette technologie reste prometteuse surtout avec l'amélioration de la qualité graphique des enregistrements vidéo et l'accès de plus en plus facile à ces technologies. Même si le projet de recherche présenté dans ce présent mémoire démontre une variabilité inter-juge importante, il est intéressant de considérer et d'explorer cette avenue comme une complémentarité future aux outils déjà disponibles. Ainsi, il pourrait s'avérer intéressant d'évaluer la variabilité intra-juge à double-aveugle ou de valider la grille à l'aide de séquences déterminées où un diagnostic de commotion cérébrale a été émis. D'un côté clinique, l'utilisation d'une grille d'observation par analyse vidéo pourrait aussi être utilisée pour analyser les séquences

vidéo lorsqu'un joueur rapporte des symptômes de commotions cérébrales suite à un contact.

## RÉFÉRENCES

- Andersen, T. E., Larsen, O., Tenga, A., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2003). Football incident analysis: a new video based method to describe injury mechanisms in professional football. *Br J Sports Med*, *37*(3), 226-232. doi:10.1136/bjism.37.3.226
- Aubry, M., Cantu, R., Dvorak, J., Graf-Baumann, T., Johnston, K., Kelly, J., . . . Schamasch, P. (2002). Summary and agreement statement of the First International Conference on Concussion in Sport, Vienna 2001. Recommendations for the improvement of safety and health of athletes who may suffer concussive injuries. *Br J Sports Med*, *36*(1), 6-10. doi:10.1136/bjism.36.1.6
- Babl, F. E., Dionisio, D., Davenport, L., Baylis, A., Hearps, S. J. C., Bressan, S., . . . Davis, G. A. (2017). Accuracy of Components of SCAT to Identify Children With Concussion. *Pediatrics*, *140*(2). doi:10.1542/peds.2016-3258
- Caswell, S. V., Lincoln, A. E., Almquist, J. L., Dunn, R. E., & Hinton, R. Y. (2012). Video incident analysis of head injuries in high school girls' lacrosse. *Am J Sports Med*, *40*(4), 756-762. doi:10.1177/0363546512436647
- Chancellor, S. E., Franz, E. S., Minaeva, O. V., & Goldstein, L. E. (2019). Pathophysiology of Concussion. *Semin Pediatr Neurol*, *30*, 14-25. doi:10.1016/j.spen.2019.03.004
- Comeau, D., & Pfeifer, N. (2019). Diagnosis of Concussion on the Sidelines. *Semin Pediatr Neurol*, *30*, 26-34. doi:10.1016/j.spen.2019.03.005
- Conder, R. L., & Conder, A. A. (2015). Sports-related concussions. *NC Med J*, *76*(2), 89-95. doi:10.18043/ncm.76.2.89
- Davis, G., & Makdissi, M. (2016). Use of video to facilitate sideline concussion diagnosis and management decision-making. *J Sci Med Sport*, *19*(11), 898-902. doi:10.1016/j.jsams.2016.02.005
- Delaney, J. S., Al-Kashmiri, A., & Correa, J. A. (2014). Mechanisms of injury for concussions in university football, ice hockey, and soccer. *Clin J Sport Med*, *24*(3), 233-237. doi:10.1097/JSM.0000000000000017
- Dessy, A. M., Yuk, F. J., Maniya, A. Y., Gometz, A., Rasouli, J. J., Lovell, M. R., & Choudhri, T. F. (2017). Review of Assessment Scales for Diagnosing and Monitoring Sports-related Concussion. *Cureus*, *9*(12), e1922. doi:10.7759/cureus.1922
- Dompier, T. P., Kerr, Z. Y., Marshall, S. W., Hainline, B., Snook, E. M., Hayden, R., & Simon, J. E. (2015). Incidence of Concussion During Practice and Games in Youth, High School, and Collegiate American Football Players. *JAMA Pediatr*, *169*(7), 659-665. doi:10.1001/jamapediatrics.2015.0210
- Echemendia, R. J., Meeuwisse, W., McCrory, P., Davis, G. A., Putukian, M., Leddy, J., . . . Herring, S. (2017). The Sport Concussion Assessment Tool 5th Edition (SCAT5): Background and rationale. *Br J Sports Med*, *51*(11), 848-850. doi:10.1136/bjsports-2017-097506

- Emery, C. A., Black, A. M., Kolstad, A., Martinez, G., Nettel-Aguirre, A., Engebretsen, L., . . . Schneider, K. (2017). What strategies can be used to effectively reduce the risk of concussion in sport? A systematic review. *Br J Sports Med, 51*(12), 978-984. doi:10.1136/bjsports-2016-097452
- Gardner, A. J., Howell, D. R., Levi, C. R., & Iverson, G. L. (2017). Evidence of Concussion Signs in National Rugby League Match Play: a Video Review and Validation Study. *Sports Med Open, 3*(1), 29. doi:10.1186/s40798-017-0097-9
- Gardner, A. J., Kohler, R. M., Levi, C. R., & Iverson, G. L. (2017). Usefulness of Video Review of Possible Concussions in National Youth Rugby League. *Int J Sports Med, 38*(1), 71-75. doi:10.1055/s-0042-116072
- Gessel, L. M., Fields, S. K., Collins, C. L., Dick, R. W., & Comstock, R. D. (2007). Concussions among United States high school and collegiate athletes. *J Athl Train, 42*(4), 495-503.
- Guthrie, R. M. (2015). Emerging data on the incidence of concussion in football practice at all levels of amateur play. *Phys Sportsmed, 43*(4), 333-335. doi:10.1080/00913847.2015.1081552
- Gwet, K. L. (2008). Computing inter-rater reliability and its variance in the presence of high agreement. *Br J Math Stat Psychol, 61*(Pt 1), 29-48. doi:10.1348/000711006X126600
- Harmon, K. G., Drezner, J., Gammons, M., Guskiewicz, K., Halstead, M., Herring, S., . . . Roberts, W. (2013). American Medical Society for Sports Medicine position statement: concussion in sport. *Clin J Sport Med, 23*(1), 1-18. doi:10.1097/JSM.0b013e31827f5f93
- Hendricks, S., O'Connor, S., Lambert, M., Brown, J. C., Burger, N., Mc Fie, S., . . . Viljoen, W. (2016). Video analysis of concussion injury mechanism in under-18 rugby. *BMJ Open Sport Exerc Med, 2*(1), e000053. doi:10.1136/bmjsem-2015-000053
- Hutchison, M. G., Comper, P., Meeuwisse, W. H., & Echemendia, R. J. (2014). An observational method to code concussions in the National Hockey League (NHL): the heads-up checklist. *Br J Sports Med, 48*(2), 125-129. doi:10.1136/bjsports-2012-092059
- Kazl, C., & Torres, A. (2019). Definition, Classification, and Epidemiology of Concussion. *Semin Pediatr Neurol, 30*, 9-13. doi:10.1016/j.spn.2019.03.003
- Koh, J. O., & Watkinson, E. J. (2002). Video analysis of blows to the head and face at the 1999 World Taekwondo Championships. *J Sports Med Phys Fitness, 42*(3), 348-353.
- Koh, J. O., Watkinson, E. J., & Yoon, Y. J. (2004). Video analysis of head blows leading to concussion in competition Taekwondo. *Brain Inj, 18*(12), 1287-1296. doi:10.1080/02699050410001719907
- LaBotz, M., Martin, M. R., Kimura, I. F., Hetzler, R. K., & Nichols, A. W. (2005). A comparison of a preparticipation evaluation history form and a symptom-based concussion survey in the identification of previous head injury in collegiate athletes. *Clin J Sport Med, 15*(2), 73-78.

- doi:10.1097/01.jsm.0000157649.99867.fc
- Lawrence, D. W., Hutchison, M. G., Cusimano, M. D., Singh, T., & Li, L. (2014). Interrater agreement of an observational tool to code knockouts and technical knockouts in mixed martial arts. *Clin J Sport Med*, 24(5), 397-402. doi:10.1097/JSM.0000000000000047
- Lincoln, A. E., Caswell, S. V., Almquist, J. L., Dunn, R. E., & Hinton, R. Y. (2013). Video incident analysis of concussions in boys' high school lacrosse. *Am J Sports Med*, 41(4), 756-761. doi:10.1177/0363546513476265
- Ling, H., Neal, J. W., & Revesz, T. (2017). Evolving concepts of chronic traumatic encephalopathy as a neuropathological entity. *Neuropathol Appl Neurobiol*, 43(6), 467-476. doi:10.1111/nan.12425
- Lynall, R. C., Campbell, K. R., Wasserman, E. B., Dompier, T. P., & Kerr, Z. Y. (2017). Concussion Mechanisms and Activities in Youth, High School, and College Football. *J Neurotrauma*, 34(19), 2684-2690. doi:10.1089/neu.2017.5032
- Makdissi, M., & Davis, G. (2016). Using video analysis for concussion surveillance in Australian football. *J Sci Med Sport*, 19(12), 958-963. doi:10.1016/j.jsams.2016.02.014
- Manley, G., Gardner, A. J., Schneider, K. J., Guskiewicz, K. M., Bailes, J., Cantu, R. C., . . . Iverson, G. L. (2017). A systematic review of potential long-term effects of sport-related concussion. *Br J Sports Med*, 51(12), 969-977. doi:10.1136/bjsports-2017-097791
- Marar, M., McIlvain, N. M., Fields, S. K., & Comstock, R. D. (2012). Epidemiology of concussions among United States high school athletes in 20 sports. *Am J Sports Med*, 40(4), 747-755. doi:10.1177/0363546511435626
- McCrea, M., Hammeke, T., Olsen, G., Leo, P., & Guskiewicz, K. (2004). Unreported concussion in high school football players: implications for prevention. *Clin J Sport Med*, 14(1), 13-17. doi:10.1097/00042752-200401000-00003
- McCrory, P., Johnston, K., Meeuwisse, W., Aubry, M., Cantu, R., Dvorak, J., . . . Schamasch, P. (2005). Summary and agreement statement of the second international conference on concussion in sport, prague 2004. *Phys Sportsmed*, 33(4), 29-44. doi:10.3810/psm.2005.04.76
- McCrory, P., Meeuwisse, W., Dvorak, J., Aubry, M., Bailes, J., Broglio, S., . . . Vos, P. E. (2017). Consensus statement on concussion in sport-the 5(th) international conference on concussion in sport held in Berlin, October 2016. *Br J Sports Med*, 51(11), 838-847. doi:10.1136/bjsports-2017-097699
- McCrory, P. R., & Berkovic, S. F. (2000). Video analysis of acute motor and convulsive manifestations in sport-related concussion. *Neurology*, 54(7), 1488-1491. doi:10.1212/wnl.54.7.1488
- McCrory, P. R., Bladin, P. F., & Berkovic, S. F. (1997). Retrospective study of concussive convulsions in elite Australian rules and rugby league footballers: phenomenology, aetiology, and outcome. *BMJ*, 314(7075), 171-174. doi:10.1136/bmj.314.7075.171
- Meehan, W. P., 3rd, Mannix, R. C., O'Brien, M. J., & Collins, M. W. (2013). The



- prevalence of undiagnosed concussions in athletes. *Clin J Sport Med*, 23(5), 339-342. doi:10.1097/JSM.0b013e318291d3b3
- Misquitta, K., Dadar, M., Tarazi, A., Hussain, M. W., Alatwi, M. K., Ebraheem, A., . . . Tartaglia, M. C. (2018). The relationship between brain atrophy and cognitive-behavioural symptoms in retired Canadian football players with multiple concussions. *Neuroimage Clin*, 19, 551-558. doi:10.1016/j.nicl.2018.05.014
- Noble, J. M., & Hesdorffer, D. C. (2013). Sport-related concussions: a review of epidemiology, challenges in diagnosis, and potential risk factors. *Neuropsychol Rev*, 23(4), 273-284. doi:10.1007/s11065-013-9239-0
- O'Connor, K. L., Baker, M. M., Dalton, S. L., Dompier, T. P., Broglio, S. P., & Kerr, Z. Y. (2017). Epidemiology of Sport-Related Concussions in High School Athletes: National Athletic Treatment, Injury and Outcomes Network (NATION), 2011-2012 Through 2013-2014. *J Athl Train*, 52(3), 175-185. doi:10.4085/1062-6050-52.1.15
- Omalu, B. (2014). Chronic traumatic encephalopathy. *Prog Neurol Surg*, 28, 38-49. doi:10.1159/000358761
- Pfister, T., Pfister, K., Hagel, B., Ghali, W. A., & Ronksley, P. E. (2016). The incidence of concussion in youth sports: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*, 50(5), 292-297. doi:10.1136/bjsports-2015-094978
- Podell, K., Presley, C., & Derman, H. (2017). Sideline Sports Concussion Assessment. *Neurol Clin*, 35(3), 435-450. doi:10.1016/j.ncl.2017.03.003
- Sport concussion assessment tool - 5th edition. (2017). *Br J Sports Med*, 51(11), 851-858. doi:10.1136/bjsports-2017-097506SCAT5
- Statistique Canada (Producer). (2018, mai 02). Commotions cérébrales dans le sport. *Gouvernement du Canada*. Retrieved from <https://www.canada.ca/fr/patrimoine-canadien/services/commotions-cerebrales.html>
- Statistique Canada (2016, 2019-10-08). Participation régulière à des sports selon le sexe et autres caractéristiques démographiques. Retrieved from <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tb11/fr/tv.action?pid=1310060201&pickMembers%5B0%5D=3.2&pickMembers%5B1%5D=4.1>
- Tucker, R., Raftery, M., Kemp, S., Brown, J., Fuller, G., Hester, B., . . . Quarrie, K. (2017). Risk factors for head injury events in professional rugby union: a video analysis of 464 head injury events to inform proposed injury prevention strategies. *Br J Sports Med*, 51(15), 1152-1157. doi:10.1136/bjsports-2017-097895
- Williamson, I. J., & Goodman, D. (2006). Converging evidence for the under-reporting of concussions in youth ice hockey. *Br J Sports Med*, 40(2), 128-132; discussion 128-132. doi:10.1136/bjsm.2005.021832
- Zuckerman, S. L., Totten, D. J., Rubel, K. E., Kuhn, A. W., Yengo-Kahn, A. M., & Solomon, G. S. (2016). Mechanisms of Injury as a Diagnostic Predictor of Sport-Related Concussion Severity in Football, Basketball, and Soccer: Results From a Regional Concussion Registry. *Neurosurgery*, 63 Suppl 1, 102-112. doi:10.1227/NEU.0000000000001280

# ANNEXES

## ANNEXE A : Certificat d'éthique

2699



### CERTIFICAT D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE AVEC DES ÊTRES HUMAINS

En vertu du mandat qui lui a été confié par l'Université, le Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains a analysé et approuvé pour certification éthique le protocole de recherche suivant :

**Titre :** **Élaboration et validation d'une grille d'observation par vidéo des mécanismes de production des commotions cérébrales au football**

**Chercheur(s) :** Alexandra Bergeron  
Département des sciences de l'activité physique

**N° DU CERTIFICAT :** CDERS-18-12-06.05

**PÉRIODE DE VALIDITÉ :** Du 28 février 2021 au 28 février 2022

#### **En acceptant le certificat éthique, le chercheur s'engage à :**

- Aviser le CER par écrit des changements apportés à son protocole de recherche avant leur entrée en vigueur;
- Procéder au renouvellement annuel du certificat tant et aussi longtemps que la recherche ne sera pas terminée;
- Aviser par écrit le CER de l'abandon ou de l'interruption prématurée de la recherche;
- Faire parvenir par écrit au CER un rapport final dans le mois suivant la fin de la recherche.

Me Richard LeBlanc  
**Président du comité**

Fanny Longpré  
**Secrétaire du comité**

*Décanat de la recherche et de la création*

**Date d'émission :** 18 février 2021

## ANNEXE B: Football Incident Analysis

**Table 1** variables and categories used in the football incident analysis

Variables and categories	κ	
	Inter	Intra
Ball possession <i>Attack</i> : a team is in possession, i.e. with ball control and necessary space and time for decision possibilities with the ball <i>Defence</i> : the opposing team is in possession, i.e. with ball control and necessary space and time for decision possibilities with the ball	0.85	1.00
Attack type <i>Set plays</i> : attacks that start by a set play and finish while players are still in original grouping (free kick, throw in, corner kick, goal kick, penalty kick, kick off, and drop) <i>Breakdowns</i> : attacks that start by winning the ball in play and maintaining and/or increasing imbalance in opponent defence throughout the attack <i>Long attacks</i> : attacks that start by winning the ball in play or a set play and progress without taking advantage of opponent's imbalances <i>Long attacks, including long pass</i> : long attacks with at least one pass that covers a minimum of one third of the playing field, i.e. about 35 m or more (includes goal kicks and clearance)	0.67	0.88
Positioning, i.e. a player's position in relation to the immediate opponent <i>One on one situation</i> : one against one (face to face, back to face, different sideways positions) <i>Not one on one situation</i> : without involving an opponent player or when one against two or more players	0.80	0.83
Team action before injury risk incident, i.e. type of passing actions by the attacking team before injury risk incident <i>Long pass</i> : long pass forwards (35 m or more), long pass from goalkeeper, long clearance, long pass across the field <i>Short pass</i> : short pass forwards, short pass backwards, wall pass, short pass from goalkeeper <i>Flick</i> : flick using either foot or head <i>Cross</i> : a pass from side corridor into the score box <i>Deflection</i> : unintentional pass from fellow or opponent player	0.74	0.93
Localisation on the field, i.e. zones on the playing field (fig 1) <i>Defensive third</i> : the defending third of the playing field <i>Midfield zone 1</i> : the first half of the middle third of the playing field <i>Midfield zone 2</i> : the second half of the middle third of the playing field <i>Attacking third</i> : the attacking third of the playing field <i>Score box</i> : prolongation of the penalty area to half line between 16 m line and the nearest midfield zone	0.84	0.84
Attack effectiveness <i>Effective attack</i> : attack that ends up with shooting attempt and shot off target, shot on target, or goal <i>Non-effective attack</i> : attack that ends up with none of the above	0.88	1.00
Ball winning situations <i>At the moment of ball winning</i> : attempting to regain possession (1st defender) <i>After ball winning (up to 5 s)</i> : immediately after regaining possession (1st attacker) <i>After 2nd ball</i> : regaining ball after deflection from opponent player (1st attacker) <i>Not ball winning situations</i> : attempting to maintain possession (1st attacker) and incidents away from the ball	0.84	0.94
Degree of balance in opponents' defence <i>Good balance</i> : Both numerical (i.e. equal or greater number of opponents on the right side of the ball) and positional balances (i.e. pressing, covering and marking defending tasks) are achieved <i>Average balance</i> : either numerical or positional balances is achieved <i>Poor balance</i> : neither numerical nor positional balance are achieved	0.63	0.88
Player role <i>1st defender</i> : pressing defending player on the right side of the ball <i>Other defender</i> : all the remaining players of the defending team <i>1st attacker</i> : player with the ball on the attacking team <i>Other attacker</i> : all the remaining players of the attacking team	0.77	0.97
Player position, i.e. static positions of players on the field based on playing formations ( <i>Goalkeeper, fullback, central defender, wing midfielder, inside midfielder, central midfielder, striker</i> )	1.00	1.00
Type of individual action with the ball <i>Dribbling</i> (including moving with the ball), <i>heading</i> , <i>receiving the ball</i> , <i>screening tackling</i> , <i>turning</i> , <i>flicking</i> (using foot or head), <i>passing</i> , <i>goalkeeper action</i> , <i>shooting</i> , <i>blocking</i> , <i>clearing</i> , <i>ball to body accident</i> , <i>unclear action and no action with the ball</i>	0.80	0.89
Degree of individual ball control <i>High level of control</i> : in control of the ball after receiving it <i>Low level of control</i> : not in control of the ball	0.83	0.87
Player's movement direction i.e. movement direction in relation to the opponent's goal ( <i>forward, sideward, backward, no movement</i> )	0.78	0.90
Player's movement intensity <i>High intensity</i> : including sprinting and moderate intensity running <i>Low intensity</i> : including jogging, walking and standing	0.81	0.82

(Andersen et al., 2003)

## ANNEXE C: Critères d'analyse vidéo au rugby

Table 1. Definitions for Concussion descriptors	
Operational variable	Definitions
Scenario—identifies the context that precipitated the eventual injury <sup>12</sup>	
With teammate	Injury occurs as a result of actions/involvement of teammates
With opponent	Injury occurs because of actions/involvement with members of opposing team
Fall/trip	Independent of interference from other players, player loses footing and trips/falls
Other	Any situation not described by above scenarios
Inconclusive	Unable to definitively identify scenario/result of combination of scenarios
Player position	
Hooker	Identified by number on playing jersey or on injury report
Prop	Identified by number on playing jersey or on injury report
Second row	Identified by number on playing jersey or on injury report
Flanker	Identified by number on playing jersey or on injury report
Number eight	Identified by number on playing jersey or on injury report
Scrum Half	Identified by number on playing jersey or on injury report
Fly-half	Identified by number on playing jersey or on injury report
Centre	Identified by number on playing jersey or on injury report
Wing	Identified by number on playing jersey or on injury report
Back	Identified by number on playing jersey or on injury report
Body region: concussed player—area of concussive contact <sup>12</sup>	
Head/face	Initial contact to area of head/face
Neck	Initial contact to neck, that is, area between shoulders and head
Shoulders/arms	Initial contact to shoulders/arms
Torso	Initial contact to torso, that is, body NOT including head and limbs
Hips and below	Initial contact to hip area or below, that is, hip to ankle
Inconclusive	Unable to definitively identify body region/combination of regions
Object or body region of other player—anatomical region or object concussed player makes concussive hit onto	
Head	Concussion contact to area of head/face
Neck	Concussion contact to neck, that is, area between shoulders and head
Shoulders/arms	Concussion contact to shoulders/arms
Torso	Concussion contact to torso, that is, body NOT including head and limbs
Hips and below	Concussion contact to hip area or below, that is, hip to ankle
With ground	Concussion contact occurs onto ground
With pole	Concussion contact occurs into pole
Inconclusive	Unable to definitively identify body region/combination of regions
Body location—refers to anatomical aspect of the region struck (eg, if contact is to forehead=anterior) <sup>12</sup>	
Anterior	Front
Posterior	Back
Lateral	Side
Inconclusive	Unable to definitively report
Acceleration direction of head—identifies biomechanical plane(s) of concussed player's head motion <sup>12</sup>	
Sagittal	Forward—backward movements
Coronal	Side-to-side movements
Transverse	Rotational or twisting movements
Multiplane	Movements incorporating more than one plane
Inconclusive	Unable to definitively identify plane
Head position pre—contact: concussed	
Up and forward	Toward object/contact player
Away	Away from object/contact player
Down	Towards the ground
In motion	Player's head was moving
Head position on contact: concussed player	
Up and forward	Towards object/contact player
Away	Away from object/contact player
Down	Towards the ground
In motion	Player's head was moving

(Hendricks et al., 2016)

## ANNEXE D: Heads-up Checklist

### HEADS UP CHECKLIST

ID: _____
RATER: _____

**EVENT**

**SCENARIO:**

- With teammate
- With opponent
- With official
- Fall or trip -----
- Other
- Inconclusive

**INITIAL CONTACT WITH:**

- Stick       Elbow
- Head       Shoulder
- Gloves/Fist       Other
- N/A       Inconclusive
- Puck

**REGION :**

- Head/Face
- Neck
- Torso
- Below Waist
- Inconclusive

**LOCATION:**

- Anterior
- Posterior
- Lateral
- Inconclusive

**ACCEL. OF HEAD:**

- Sagittal or coronal
- Transverse
- Multi-plane
- Inconclusive

*Refers only to contact to head*

**SECONDARY CONTACT:**

- Goal/Net       N/A
- Skater       Ice
- Boards       Fist
- Inconclusive

**TERTIARY CONTACT:**

- Goal/Net       N/A
- Skater       Ice
- Boards       Fist
- Inconclusive

**EQUIPMENT**

**VISOR:**

- Yes
- No
- Inconclusive

**GAME SITUATION**

**ZONE:**

- Offensive
- Defensive
- Neutral
- Inconclusive

**LOCATION:**

- 1 = Side Boards       4 = Open Ice
- 2 = Corner       Inconclusive
- 3 = End Board
- Behind Net
- Side of Net

**SITUATION:**

- Breakout       Other
- Backcheck       Retrieving Puck
- On the Rush       Fight
- Forecheck       Inconclusive
- Transition

**PUCK POSSESSION:**

- Yes
- No
- Just Released
- Inconclusive

**ANTICIPATED HIT:**

- Yes
- No
- Inconclusive

**ON-ICE MEDICAL ATTENTION:**

- Yes
- No
- Inconclusive

**GAME SHEET**

**PERIOD:**

- 1st
- 2nd
- 3rd
- Overtime
- Inconclusive

**PENALTY:**

- Yes - see comments
- No
- Inconclusive

**SCORE:**

- Winning
- Losing
- Winning > 2 goals
- Losing > 2 goals
- Tie Game
- Inconclusive

Mark an "X" of event on rink



**COMMENTS:**


**PLEASE ENSURE ALL FIELDS ARE COMPLETED**

(Hutchison et al., 2014)

**ANNEXE E: Critères de cotation pour analyse vidéo des traumatismes à la tête au Taekwondo**

*TABLE I.—Coding scheme for videotape analysis of head blows.*

Category	Indicator
Height difference	Taller / shorter / about same
Technique	Axe / roundhouse / turning-round house / spinning / back / side kick
Head blow situation	
a. Attacker's fighting type	Offensive / defensive
b. Attacker's kicking type	Single / double / combination kick type
c. Attacker's dominant side of leg	Left / right
d. Receiver's fighting type	Offensive / defensive
e. Receiver's kicking type	Single / double / combination kick type
f. Blocking skill	Used / not used
g. Sparring stance (position)	Closed / open stance
h. Which side of the foot in front	Attacker: left / right foot Receiver: left / right foot
Head displacement	Yes / no Displacement direction: _____
Anatomical site of impact	Side or back of the head / face / jaw
Problems postimpact	Balance (including fall, off-stance, etc.) Gait problem
Presence of multiple blows	No change 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 time head blow(s)

(Koh & Watkinson, 2002)

## ANNEXE F: MMA-KT

**Mixed Martial Arts (MMA) Knockout Tool**

Event ID: _____	Fight Outcome: <input type="radio"/> TKO (Part A) <input type="radio"/> KO (Part A & B)	Winner ID: _____
Match ID: _____	Number of Rounds: <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5	Losar ID: _____
	Time remaining at stoppage: _____	

---

### Part A (KO & TKO):

**Context of KO/TKO**  
(at time of stoppage (TKO) or principal strike (KO))

<b>Location:</b> <input type="radio"/> Outer-octagon <input type="radio"/> Inner-octagon <input type="radio"/> Involving cage	<b>Position:</b> Standing: <input type="radio"/> Winner <input type="radio"/> Loser Clinch: <input type="radio"/> Winner <input type="radio"/> Loser Back-to-cage: <input type="radio"/> Winner <input type="radio"/> Loser Back control: <input type="radio"/> Winner <input type="radio"/> Loser Ground (on-top): Full guard: <input type="radio"/> Winner <input type="radio"/> Loser Half guard: <input type="radio"/> Winner <input type="radio"/> Loser Full mount: <input type="radio"/> Winner <input type="radio"/> Loser Side control: <input type="radio"/> Winner <input type="radio"/> Loser Back control: <input type="radio"/> Winner <input type="radio"/> Loser Crucifix: <input type="radio"/> Winner <input type="radio"/> Loser Ground (on-bottom): Supine: <input type="radio"/> Winner <input type="radio"/> Loser Prone: <input type="radio"/> Winner <input type="radio"/> Loser Lateral decubitus: <input type="radio"/> Winner <input type="radio"/> Loser Kneeling: <input type="radio"/> Winner <input type="radio"/> Loser Sitting: <input type="radio"/> Winner <input type="radio"/> Loser Back-to-fence: <input type="radio"/> Winner <input type="radio"/> Loser Other: <input type="radio"/> Winner <input type="radio"/> Loser	
--	--	--

**Location of loser:**  
(relative to winner):

 Peripheral  
 Central  
 Equidistant

**Obj. Visual Assessment:**

No obstruction	R	L
Partial Obs:		
Periorbital edema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Blood	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Complete Obs:		
Periorbital edema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Blood	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Pre-KO/TKO Sign(s) Suggestive of Concussion**

Sign(s) sugg. of Concussion	An
Balance impairment	
Decead or Stunned	
Disorientation	
Suspected LOC	

### Pre-KO/TKO Strike Profile

Time (sec) <small>(time to stoppage (TKO) or principal strike (KO))</small>	Strike Location	Striking Implement				Total
		Foot	Elbow	Knee	Foot	
1						
2						
3						
4	Head					
5						
6						
Indet.						
21						
↓						
2	Neck					
3						
4	Throat					
5						
6	Abdomen					
Indet.						
20						
↓						
1	Head					
2						
3						
4						
5						
6						
Indet.						
11						
↓						
1	Neck					
2						
3	Throat					
4						
5	Abdomen					
6						
Indet.						
10						
↓						
1	Head					
2						
3						
4						
5						
6						
Indet.						
X						
↓						
1	Neck					
2						
3	Throat					
4						
5	Abdomen					
6						
Indet.						

---

### Part B (KO):

**Principal Strike Profile**

<b>Striking Implement:</b> Foot: <input type="radio"/> R <input type="radio"/> L Elbow: <input type="radio"/> R <input type="radio"/> L Knee: <input type="radio"/> R <input type="radio"/> L Shin: <input type="radio"/> R <input type="radio"/> L Foot: <input type="radio"/> R <input type="radio"/> L Heel: <input type="radio"/> R <input type="radio"/> L Slam: <input type="radio"/>	<b>Strike Location:</b> Head 1: <input type="radio"/> R <input type="radio"/> C <input type="radio"/> L Head 2: <input type="radio"/> R <input type="radio"/> C <input type="radio"/> L Head 3: <input type="radio"/> R <input type="radio"/> C <input type="radio"/> L Head 4: <input type="radio"/> R <input type="radio"/> C <input type="radio"/> L Head 5: <input type="radio"/> R <input type="radio"/> C <input type="radio"/> L Head 6: <input type="radio"/> R <input type="radio"/> C <input type="radio"/> L Indet.: <input type="radio"/> R <input type="radio"/> C <input type="radio"/> L Neck: <input type="radio"/> R <input type="radio"/> C <input type="radio"/> L Throat: <input type="radio"/> R <input type="radio"/> C <input type="radio"/> L Abdomen: <input type="radio"/> R <input type="radio"/> C <input type="radio"/> L	
--	--	--

**Time of Strike:** \_\_\_\_\_

**Secondary Head Motion**  
(all that apply)

 Flexion  Extension  Lat. flexion  Rotation

**Secondary-impact Profile**

Impact Location:	R	C	L	Impact on:
Head 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Floor <input type="radio"/>
Head 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Cage <input type="radio"/>
Head 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Post <input type="radio"/>
Head 4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Head 5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Head 6	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	N/A <input type="radio"/>
Indet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

**Tertiary-impact Profile**

Impact Location:	R	C	L	Impact on:
Head 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Floor <input type="radio"/>
Head 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Cage <input type="radio"/>
Head 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Post <input type="radio"/>
Head 4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Head 5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Head 6	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	N/A <input type="radio"/>
Indet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

### Post-KO Strike Profile

Time (sec) <small>(time principal strike and stoppage)</small>	Strike Location	Striking Implement				Total
		Foot	Elbow	Knee	Foot	
1						
2						
3						
4	Head					
5						
6						

(Lawrence et al., 2014)

## ANNEXE G: Video Surveillance of Concussive Injury in Australian Football

**Video Surveillance of Concussive Injury in Australian Football**


Player Name _____ Height _____ Weight _____ Age _____ Club _____	Date of Injury / / 20 Round _____ Venue _____ Quarter 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> Time in the quarter _____
<b>Was play congested?</b> No <input type="checkbox"/> Moderate <input type="checkbox"/> Heavy <input type="checkbox"/> Unsure <input type="checkbox"/>	<b>Free Kick Awarded</b> Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unsure <input type="checkbox"/>
<b>Ball in play:</b> Contested <input type="checkbox"/> In player's possession <input type="checkbox"/> Not in player's possession <input type="checkbox"/> Just released <input type="checkbox"/> Inconclusive <input type="checkbox"/>	<b>Site of primary Impact</b> Head/Neck <input type="checkbox"/> Body <input type="checkbox"/> Inconclusive <input type="checkbox"/>
<b>Mechanism</b> Marking contest: 1 on 1 <input type="checkbox"/> Pack <input type="checkbox"/> If marking contest: Tunnelling <input type="checkbox"/> Ruck contest <input type="checkbox"/> Tackling <input type="checkbox"/> Being tackled <input type="checkbox"/> Bump <input type="checkbox"/> Other <input type="checkbox"/>	<b>Cause of impact</b> Head <input type="checkbox"/> Shoulder <input type="checkbox"/> Elbow <input type="checkbox"/> Other upper limb <input type="checkbox"/> Trunk <input type="checkbox"/> Pelvis/hip <input type="checkbox"/> Knee <input type="checkbox"/> Other lower limb <input type="checkbox"/> Ground <input type="checkbox"/> Fence/goal post <input type="checkbox"/> Ball <input type="checkbox"/> Inconclusive <input type="checkbox"/>
<b>If being tackled</b> 1 arm pinned <input type="checkbox"/> Both arms pinned <input type="checkbox"/> Sling <input type="checkbox"/> Slide <input type="checkbox"/> Trip <input type="checkbox"/> Other <input type="checkbox"/> Ball Not in play <input type="checkbox"/> Other <input type="checkbox"/>	<b>Predominant site of primary impact to head</b> Anterior (Face & Frontal) <input type="checkbox"/> Posterior (Occipital/Posterior Neck) <input type="checkbox"/> Lateral Left <input type="checkbox"/> Right <input type="checkbox"/> Top of head <input type="checkbox"/> Inconclusive <input type="checkbox"/>
	<b>Site of secondary Impact (if occurs)</b> Head/neck <input type="checkbox"/> Body <input type="checkbox"/> Inconclusive <input type="checkbox"/>
	<b>Predominant site of secondary impact to head</b> Anterior (Face & Frontal) <input type="checkbox"/> Posterior (Occipital/Posterior Neck) <input type="checkbox"/> Lateral Left <input type="checkbox"/> Right <input type="checkbox"/> Top of head <input type="checkbox"/> Inconclusive <input type="checkbox"/>
	Name of person completing form _____ Designation _____

Fig. 1. Surveillance tool for concussion in Australian football.

(Makdissi & Davis, 2016b)



## ANNEXE H: Organigramme des signes de commotions cérébrales par analyse vidéo sur les lignes de côtés au Football Australien

Definition of video signs to identify concussion.

Video sign	Present	Absent
Loss of responsiveness	Lying on ground, does not appear to react or reply to others around him (including teammates, opponents, umpires, or medical staff).	Reacts or replies appropriately. Video shows no clear view of player on ground.
Impact seizure	<i>Tonic posturing</i> : abnormal sustained muscle contraction (usually involving one or both arms) so that the limb is held stiff despite the influence of gravity or the position of the player. <i>Clonic movements</i> : involuntary repetitive contraction and relaxation of muscles, which appears as a jerking movement or "shaking" of the arms, legs or body.	No clear evidence of tonic posturing or clonic movements. Video shows no clear view of player on ground.
Slow to get up	Remains on the ground (without being held down by an opponent) despite play continuing (i.e. not upright on feet).	Return to upright position and continued to participate in the game. Video shows no clear view of player on ground.
Motor incoordination	Appears "clumsy". They may be unsteady on their feet, walk in a staggered fashion or look like they have "rubbery legs". They may be unable to pass or receive ball in a co-ordinated fashion.	Able to stand/walk/run in usual fashion. No attempts to move (e.g. stretched off). Video shows no clear view of player.
Rag doll appearance	The loss of muscular control (i.e. appears "floppy") where by the player does not use any protective manoeuvres as they fall to the ground (e.g. does not put out arm to protect self).	Any motor response from player in process of falling. The player's arms are being held, so that they are unable to move to protect themselves. Video shows no clear view of player falling.
Blank/vacant look	Player demonstrates no facial expression or emotion in response to the environment.	Any facial expressions. Video does not show clear view of face.
Clutching at head	Reaches for head with one or both hands, and maintains hand(s) on head for more than 1 s (not a simple wiping motion).	Does not reach for head. Wipes head/face with hand(s). Video shows no clear view of player.
Facial injury	Any facial laceration, facial bleeding, epistaxis/nose bleed or apparent eye injury.	No visual signs of facial injury. Video shows no clear view of player's face.

(Makdissi & Davis, 2016a)