

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL
SABATIER FACULTE DE MEDECINE
RANGUEIL

Année 2017

2017 TOU3 1184

THESE

**POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE
SPECIALITE : MEDECINE GENERALE**

**Evaluation de la fatigue physique sur les tests diagnostiques de
commotion cérébrale**

Présentée et soutenue publiquement le 21 décembre 2017 à Toulouse

Par Xavier DECHAMBRE

DIRECTEUR DE THESE :

Monsieur le Docteur David BRAUGE

JURY :

**Monsieur le Professeur Jérémie PARIENTE
Monsieur le Docteur Yves ABITTEBOUL
Monsieur le Docteur Max LAFARGUE
Monsieur le Docteur Fabien PILLARD
Monsieur le Docteur David BRAUGE**

**Président
Assesseur
Assesseur
Assesseur
Assesseur**



TABLEAU du PERSONNEL HU

des Facultés de Médecine du l'Université Paul Sabatier

au 1^{er} septembre 2016

Professeurs Honoraires

Doyen Honoraire	M. ROUGE Daniel	Professeur Honoraire	M. BAZEX Jacques
Doyen Honoraire	M. CHAP Hugues	Professeur Honoraire	M. CARLES Pierre
Doyen Honoraire	M. GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard	Professeur Honoraire	M. BONAFÉ Jean-Louis
Doyen Honoraire	M. PUEL Pierre	Professeur Honoraire	M. VAYSSE Philippe
Professeur Honoraire	M. ESCHAPASSE Henri	Professeur Honoraire	M. ESQUERRE J.P.
Professeur Honoraire	M. GEDEON André	Professeur Honoraire	M. GUITARD Jacques
Professeur Honoraire	M. PASQUIE M. M.	Professeur Honoraire	M. LAZORTHES Franck
Professeur Honoraire	RIBAUT Louis M.	Professeur Honoraire	M. ROQUE-LATRILLE Christian
Professeur Honoraire	ARLET Jacques M.	Professeur Honoraire	M. CERENE Alain
Professeur Honoraire	RIBET André	Professeur Honoraire	M. FOURNIAL Gérard
Professeur Honoraire	M. MONROZIES M.	Professeur Honoraire	M. HOFF Jean
Professeur Honoraire	M. DALOUS Antoine	Professeur Honoraire	M. REME Jean-Michel M.
Professeur Honoraire	M. DUPRE M.	Professeur Honoraire	FAUVEL Jean-Marie M.
Professeur Honoraire	M. FABRE Jean	Professeur Honoraire	FREXINOS Jacques M.
Professeur Honoraire	M. DUCOS Jean	Professeur Honoraire	CARRIERE Jean-Paul M.
Professeur Honoraire	M. LACOMME Yves	Professeur Honoraire	MANSAT Michel
Professeur Honoraire	M. COTONAT Jean	Professeur Honoraire	M. BARRET André
Professeur Honoraire	M. DAVID Jean-Frédéric	Professeur Honoraire	M. ROLLAND
Professeur Honoraire	Mme DIDIER Jacqueline	Professeur Honoraire	M. THOUVENOT Jean-Paul
Professeur Honoraire	Mme LARENG Marie-Blanche	Professeur Honoraire	M. CAHUZAC Jean-Philippe
Professeur Honoraire	M. BERNADET	Professeur Honoraire	M. DELSOL Georges
Professeur Honoraire	M. REGNIER Claude	Professeur Honoraire	M. ABBAL Michel
Professeur Honoraire	M. COMBELLES	Professeur Honoraire	M. DURAND Dominique
Professeur Honoraire	M. REGIS Henri	Professeur Honoraire	M. DALY-SCHVEITZER Nicolas
Professeur Honoraire	M. ARBUS Louis	Professeur Honoraire	M. RAILHAC
Professeur Honoraire	M. PUJOL Michel	Professeur Honoraire	M. POURRAT Jacques
Professeur Honoraire	M. ROCHICCIOLI Pierre	Professeur Honoraire	M. QUERLEU Denis
Professeur Honoraire	M. RUMEAU Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. ARNE Jean-Louis
Professeur Honoraire	M. BESOMBES Jean-Paul	Professeur Honoraire	M. ESCOURROU Jean
Professeur Honoraire	M. SUC Jean-Michel	Professeur Honoraire	M. FOURTANIER Gilles
Professeur Honoraire	M. VALDIGUIE Pierre	Professeur Honoraire	M. LAGARRIGUE Jacques
Professeur Honoraire	M. BOUNHOURE Jean-Paul	Professeur Honoraire	M. PESSEY Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. CARTON Michel	Professeur Honoraire	M. CHAVOIN Jean-Pierre
Professeur Honoraire	Mme PUEL Jacqueline	Professeur Honoraire	M. GERAUD Gilles
Professeur Honoraire	M. GOUZI Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. PLANTE Pierre
Professeur Honoraire associé	M. DUTAU Guy	Professeur Honoraire	M. MAGNAVAL Jean-François
Professeur Honoraire	M. PASCAL J.P.	Professeur Honoraire	M. MONROZIES Xavier M.
Professeur Honoraire	M. SALVADOR Michel	Professeur Honoraire	MOSCOVICI Jacques
Professeur Honoraire	M. BAYARD Francis	Professeur Honoraire	Mme GENESTAL Michèle
Professeur Honoraire	M. LEOPHONTE Paul	Professeur Honoraire	M. CHAMONTIN Bernard
Professeur Honoraire	M. FABIÉ Michel	Professeur Honoraire	M. SALVAYRE Robert
Professeur Honoraire	M. BARTHE Philippe	Professeur Honoraire	M. FRAYSSE Bernard
Professeur Honoraire	M. CABARROT Etienne	Professeur Honoraire	M. BUGAT Roland
Professeur Honoraire	M. DUFFAUT Michel	Professeur Honoraire	M. PRADERE Bernard
Professeur Honoraire	M. ESCAT Jean		
Professeur Honoraire	M. ESCANDE Michel		
Professeur Honoraire	M. PRIS Jacques		
Professeur Honoraire	M. CATHALA Bernard		

Professeurs Émérites

Professeur ALBAREDE Jean-Louis	Professeur CHAMONTIN Bernard
Professeur CONTÉ Jean	Professeur SALVAYRE Bernard
Professeur MURAT	Professeur MAGNAVAL Jean-François
Professeur MANELFE Claude	Professeur ROQUES-LATRILLE Christian
Professeur LOUVET P.	Professeur MOSCOVICI Jacques
Professeur SARRAMON Jean-Pierre	
Professeur CARATERO Claude	
Professeur GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard	
Professeur COSTAGLIOLA Michel	
Professeur ADER Jean-Louis	
Professeur LAZORTHES Yves	
Professeur LARENG Louis	
Professeur JOFFRE Francis	
Professeur BONEU Bernard	
Professeur DABERNAT Henri	
Professeur BOCCALON Henri	
Professeur ROUGERIE Aurélien	
Professeur MAZIERES Bernard	
Professeur ARLET-SUAU Elisabeth	
Professeur SIMON Jacques	
Professeur FRAYSSE Bernard	
Professeur ARBUS Louis	

FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE-PURPAN

37 allées Jules Guesde - 31062 TOULOUSE Cedex

Doyen : D. CARRIE

P.U. - P.H.		P.U. - P.H.	
Classe Exceptionnelle et 1ère classe		2ème classe	
M. ADOUE Daniel (C.E)	Médecine Interne, Gériatrie	Mme BEYNE-RAUZY Odile	Médecine Interne
M. AMAR Jacques	Thérapeutique	M. BROUCHET Laurent	Chirurgie thoracique et cardio-vascul
M. ATTAL Michel (C.E)	Hématologie	M. BUREAU Christophe	Hépto-Gastro-Entéro
M. AVET-LOISEAU Hervé	Hématologie, transfusion	M. CALVAS Patrick	Génétique
M. BIRMES Philippe	Psychiatrie	M. CARRERE Nicolas	Chirurgie Générale
M. BLANCHER Antoine	Immunologie (option Biologique)	Mme CASPER Charlotte	Pédiatrie
M. BONNEVIALLE Paul	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie.	M. CHAIX Yves	Pédiatrie
M. BOSSAVY Jean-Pierre	Chirurgie Vasculaire	Mme CHARPENTIER Sandrine	Thérapeutique, méd. d'urgence, addict
M. BRASSAT David	Neurologie	M. COGNARD Christophe	Neuroradiologie
M. BROUSSET Pierre (C.E)	Anatomie pathologique	M. DE BOISSEZON Xavier	Médecine Physique et Réadapt Fonct.
M. CARRIE Didier (C.E)	Cardiologie	M. FOURNIE Bernard	Rhumatologie
M. CHAP Hugues (C.E)	Biochimie	M. FOURNIÉ Pierre	Ophthalmologie
M. CHAUVEAU Dominique	Néphrologie	M. GAME Xavier	Urologie
M. CHOLLET François (C.E)	Neurologie	M. GEERAERTS Thomas	Anesthésiologie et réanimation
M. CLANET Michel (C.E)	Neurologie	M. LAROCHE Michel	Rhumatologie
M. DAHAN Marcel (C.E)	Chirurgie Thoracique et Cardiaque	M. LAUWERS Frédéric	Anatomie
M. DEGUINE Olivier	Oto-rhino-laryngologie	M. LEOBON Bertrand	Chirurgie Thoracique et Cardiaque
M. DUCOMMUN Bernard	Cancérologie	M. LOPEZ Raphael	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
M. FERRIERES Jean	Epidémiologie, Santé Publique	M. MARX Mathieu	Oto-rhino-laryngologie
M. FOURCADE Olivier	Anesthésiologie	M. MAS Emmanuel	Pédiatrie
M. IZOPET Jacques (C.E)	Bactériologie-Virologie	M. OLIVOT Jean-Marc	Neurologie
Mme LAMANT Laurence	Anatomie Pathologique	M. PARANT Olivier	Gynécologie Obstétrique
M. LANG Thierry (C.E)	Biostatistiques et Informatique Médicale	M. PATHAK Atul	Pharmacologie
M. LANGIN Dominique	Nutrition	M. PAYRASTRE Bernard	Hématologie
M. LAUQUE Dominique (C.E)	Médecine Interne	M. PERON Jean-Marie	Hépto-Gastro-Entérologie
M. LIBLAU Roland (C.E)	Immunologie	M. PORTIER Guillaume	Chirurgie Digestive
M. MALAVAUD Bernard	Urologie	M. RONCALLI Jérôme	Cardiologie
M. MANSAT Pierre	Chirurgie Orthopédique	Mme SAVAGNER Frédérique	Biochimie et biologie moléculaire
M. MARCHOU Bruno	Maladies Infectieuses	Mme SELVES Janick	Anatomie et cytologie pathologiques
M. MAZIERES Julien	Pneumologie	M. SOL Jean-Christophe	Neurochirurgie
M. MOLINIER Laurent	Epidémiologie, Santé Publique		
M. MONTASTRUC Jean-Louis (C.E)	Pharmacologie		
Mme MOYAL Elisabeth	Cancérologie		
Mme NOURHASHEMI Fatemeh (C.E)	Gériatrie		
M. OLIVES Jean-Pierre (C.E)	Pédiatrie		
M. OSWALD Eric	Bactériologie-Virologie		
M. PARIENTE Jérémie	Neurologie		
M. PARINAUD Jean	Biol. Du Dévelop. et de la Reprod.		
M. PAUL Carle	Dermatologie		
M. PAYOUX Pierre	Biophysique		
M. PERRET Bertrand (C.E)	Biochimie		
M. RASCOL Olivier	Pharmacologie		
M. RECHER Christian	Hématologie		
M. RISCHMANN Pascal (C.E)	Urologie		
M. RIVIERE Daniel (C.E)	Physiologie		
M. SALES DE GAUZY Jérôme	Chirurgie Infantile		
M. SALLES Jean-Pierre	Pédiatrie		
M. SANS Nicolas	Radiologie		
M. SERRE Guy (C.E)	Biologie Cellulaire		
M. TELMON Norbert	Médecine Légale		
M. VINEL Jean-Pierre (C.E)	Hépto-Gastro-Entérologie		

Professeur Associé de Médecine Générale
POUTRAIN Jean-Christophe

FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE-RANGUEIL

133, route de Narbonne - 31062 TOULOUSE Cedex

Doyen : E. SERRANO

P.U. - P.H. Classe Exceptionnelle et 1ère classe

P.U. - P.H. 2ème classe

M. ACAR Philippe	Pédiatrie
M. ALRIC Laurent	Médecine Interne
Mme ANDRIEU Sandrine	Epidémiologie
M. ARLET Philippe (C.E)	Médecine Interne
M. ARNAL Jean-François	Physiologie
Mme BERRY Isabelle (C.E)	Biophysique
M. BOUTAULT Franck (C.E)	Chirurgie Maxillo-Faciale et Stomatologie
M. BUJAN Louis (C. E)	Urologie-Andrologie
Mme BURA-RIVIERE Alessandra	Médecine Vasculaire
M. BUSCAIL Louis	Hépto-Gastro-Entérologie
M. CANTAGREL Alain (C.E)	Rhumatologie
M. CARON Philippe (C.E)	Endocrinologie
M. CHIRON Philippe (C.E)	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie
M. CONSTANTIN Arnaud	Rhumatologie
M. COURBON Frédéric	Biophysique
Mme COURTADE SAIDI Monique	Histologie Embryologie
M. DAMBRIN Camille	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire
M. DELABESSE Eric	Hématologie
Mme DELISLE Marie-Bernadette (C.E)	Anatomie Pathologie
M. DELORD Jean-Pierre	Cancérologie
M. DIDIER Alain (C.E)	Pneumologie
M. ELBAZ Meyer	Cardiologie
M. GALINIER Michel	Cardiologie
M. GLOCK Yves (C.E)	Chirurgie Cardio-Vasculaire
M. GOURDY Pierre	Endocrinologie
M. GRAND Alain (C.E)	Epidémiologie. Eco. de la Santé et Prévention
M. GROLLEAU RAOUX Jean-Louis	Chirurgie plastique
Mme GUIMBAUD Rosine	Cancérologie
Mme HANAIRE Hélène (C.E)	Endocrinologie
M. KAMAR Nassim	Néphrologie
M. LARRUE Vincent	Neurologie
M. LAURENT Guy (C.E)	Hématologie
M. LEVADE Thierry (C.E)	Biochimie
M. MALECAZE François (C.E)	Ophtalmologie
M. MARQUE Philippe	Médecine Physique et Réadaptation
Mme MARTY Nicole	Bactériologie Virologie Hygiène
M. MASSIP Patrice (C.E)	Maladies Infectieuses
M. MINVILLE Vincent	Anesthésiologie Réanimation
M. RAYNAUD Jean-Philippe (C.E)	Psychiatrie Infantile
M. RITZ Patrick	Nutrition
M. ROCHE Henri (C.E)	Cancérologie
M. ROLLAND Yves	Gériatrie
M. ROUGE Daniel (C.E)	Médecine Légale
M. ROUSSEAU Hervé (C.E)	Radiologie
M. SAILLER Laurent	Médecine Interne
M. SCHMITT Laurent (C.E)	Psychiatrie
M. SENARD Jean-Michel	Pharmacologie
M. SERRANO Elie (C.E)	Oto-rhino-laryngologie
M. SOULAT Jean-Marc	Médecine du Travail
M. SOULIE Michel (C.E)	Urologie
M. SUC Bertrand	Chirurgie Digestive
Mme TAUBER Marie-Thérèse (C.E)	Pédiatrie
Mme URO-COSTE Emmanuelle	Anatomie Pathologique
M. VAYSSIERE Christophe	Gynécologie Obstétrique
M. VELLAS Bruno (C.E)	Gériatrie

M. ACCADBLED Franck	Chirurgie Infantile
M. ARBUS Christophe	Psychiatrie
M. BERRY Antoine	Parasitologie
M. BONNEVILLE Fabrice	Radiologie
M. BOUNES Vincent	Médecine d'urgence
Mme BOURNET Barbara	Gastro-entérologie
M. CHAUFOUR Xavier	Chirurgie Vasculaire
M. CHAYNES Patrick	Anatomie
M. DECRAMER Stéphane	Pédiatrie
M. DELOBEL Pierre	Maladies Infectieuses
Mme DULY-BOUHANICK Béatrice	Thérapeutique
M. FRANCHITTO Nicolas	Addictologie
M. GALINIER Philippe	Chirurgie Infantile
M. GARRIDO-STÖWHAS Ignacio	Chirurgie Plastique
Mme GOMEZ-BROUCHET Anne-Muriel	Anatomie Pathologique
M. HUYGHE Eric	Urologie
M. LAFFOSSE Jean-Michel	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie
Mme LAPRIE Anne	Radiothérapie
M. LEGUEVAQUE Pierre	Chirurgie Générale et Gynécologique
M. MARCHEIX Bertrand	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
M. MAURY Jean-Philippe	Cardiologie
Mme MAZEREEUW Juliette	Dermatologie
M. MEYER Nicolas	Dermatologie
M. MUSCARI Fabrice	Chirurgie Digestive
M. OTAL Philippe	Radiologie
M. ROUX Franck-Emmanuel	Neurochirurgie
Mme SOTO-MARTIN Maria-Eugénia	Gériatrie et biologie du vieillissement
M. TACK Ivan	Physiologie
M. VERGEZ Sébastien	Oto-rhino-laryngologie
M. YSEBAERT Loic	Hématologie

M.C.U. - P.H.		M.C.U. - P.H	
M. APOIL Pol Andre	Immunologie	Mme ABRAVANEL Florence	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme ARNAUD Catherine	Epidémiologie	Mme BASSET Céline	Cytologie et histologie
M. BIETH Eric	Génétique	M. CAMBUS Jean-Pierre	Hématologie
Mme BONGARD Vanina	Epidémiologie	Mme CANTERO Anne-Valérie	Biochimie
Mme CASPAR BAUGUIL Sylvie	Nutrition	Mme CARFAGNA Luana	Pédiatrie
Mme CASSAING Sophie M.	Parasitologie	Mme CASSOL Emmanuelle	Biophysique
CAVAIGNAC Etienne Mme	Chirurgie orthopédique et traumatologie	Mme CAUSSE Elizabeth	Biochimie
CONCINA Dominique M.	Anesthésie-Réanimation	M. CHAPUT Benoit	Chirurgie plastique et des brûlés
CONGY Nicolas	Immunologie	M. CHASSAING Nicolas	Génétique
Mme COURBON Christine	Pharmacologie	Mme CLAVE Danielle	Bactériologie Virologie
Mme DAMASE Christine	Pharmacologie	M. CLAVEL Cyril	Biologie Cellulaire
Mme de GLISEZENSKY Isabelle	Physiologie	Mme COLLIN Laetitia	Cytologie
Mme DE MAS Véronique	Hématologie	Mme COLOMBAT Magali	Anatomie et cytologie pathologiques
Mme DELMAS Catherine	Bactériologie Virologie Hygiène	M. CORRE Jill	Hématologie
M. DUBOIS Damien	Bactériologie Virologie Hygiène	M. DE BONNECAZE Guillaume	Anatomie
M. DUPUI Philippe	Physiologie	M. DEDOUIT Fabrice	Médecine Légale
M. FAGUER Stanislas	Néphrologie	M. DELPLA Pierre-André	Médecine Légale
Mme FILLAUX Judith	Parasitologie	M. DESPAS Fabien	Pharmacologie
M. GANTET Pierre	Biophysique	M. EDOUARD Thomas	Pédiatrie
Mme GENNERO Isabelle	Biochimie	Mme ESQUIROL Yolande	Médecine du travail
Mme GENOUX Annelise	Biochimie et biologie moléculaire	Mme EVRARD Solène	Histologie, embryologie et cytologie
M. HAMDJ Safouane	Biochimie	Mme GALINIER Anne	Nutrition
Mme HITZEL Anne	Biophysique	Mme GARDETTE Virginie	Epidémiologie
M. IRIART Xavier	Parasitologie et mycologie	M. GASQ David	Physiologie
Mme JONCA Nathalie	Biologie cellulaire	Mme GRARE Marion	Bactériologie Virologie Hygiène
M. KIRZIN Sylvain	Chirurgie générale	Mme GUILBEAU-FRUGIER Céline	Anatomie Pathologique
Mme LAPEYRE-MESTRE Maryse	Pharmacologie	Mme GUYONNET Sophie	Nutrition
M. LAURENT Camille	Anatomie Pathologique	M. HERIN Fabrice	Médecine et santé au travail
M. LHERMUSIER Thibault	Cardiologie	Mme INGUENEAU Cécile	Biochimie
Mme MONTASTIER Emilie	Nutrition	M. LAIREZ Olivier	Biophysique et médecine nucléaire
M. MONTOYA Richard	Physiologie	M. LEANDRI Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
Mme MOREAU Marion	Physiologie	M. LEPAGE Benoit	Biostatistiques et Informatique médicale
Mme NOGUEIRA M.L.	Biologie Cellulaire	Mme MAUPAS Françoise	Biochimie
M. PILLARD Fabien	Physiologie	M. MIEUSSET Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
Mme PUISSANT Bénédicte	Immunologie	Mme NASR Nathalie	Neurologie
Mme RAYMOND Stéphanie	Bactériologie Virologie Hygiène	Mme PERIQUET Brigitte	Nutrition
Mme SABOURDY Frédérique	Biochimie	Mme PRADDAUDE Françoise	Physiologie
Mme SAUNE Karine	Bactériologie Virologie	M. RIMAILHO Jacques	Anatomie et Chirurgie Générale
M. SILVA SIFONTES Stein	Réanimation	M. RONGIERES Michel	Anatomie - Chirurgie orthopédique
M. SOLER Vincent	Ophtalmologie	Mme SOMMET Agnès	Pharmacologie
M. TAFANI Jean-André	Biophysique	Mme VALLET Marion	Physiologie
M. TREINER Emmanuel	Immunologie	M. VERGEZ François	Hématologie
Mme TREMOLLIERES Florence	Biologie du développement	Mme VEZZOSI Delphine	Endocrinologie
Mme VAYSSE Charlotte	Cancérologie		
M.C.U. Médecine générale		M.C.U. Médecine générale	
M. BRILLAC Thierry		M. BISMUTH Michel	Médecine Générale
		M. BISMUTH Serge	Médecine Générale
		Mme ROUGE-BUGAT Marie-Eve	Médecine Générale
		Mme ESCOURROU Brigitte	Médecine Générale

Maîtres de Conférences Associés de Médecine Générale

Dr ABITTEBOUL Yves	Dr BOYER Pierre
Dr CHICOULAA Bruno	Dr ANE Serge
Dr IRI-DELAHAYE Motoko	Dr BIREBENT Jordan
Dr FREYENS Anne	

Remerciements :

Remerciements au Jury

Monsieur le Professeur Jérémie PARIENTE

Vous me faites l'honneur d'avoir accepté de présider ce jury. Merci pour votre réactivité et votre disponibilité. Veuillez recevoir ici l'expression de ma plus profonde reconnaissance et de tout mon respect.

Monsieur le Docteur Yves ABITTEBOUL

Je suis très honoré que vous ayez accepté de participer à ce jury et je vous remercie pour votre implication dans notre formation.

Monsieur le Docteur Max LAFARGUE

Vous avez accepté avec enthousiasme cette idée de travail de thèse et m'avez orienté vers les bonnes personnes. Je vous remercie pour votre disponibilité, votre implication et votre bienveillance.

Monsieur le Docteur Fabien PILLARD

Je vous remercie pour l'honneur que vous me faites d'avoir accepté avec de faire partie de ce jury, ainsi que pour cette journée passionnante de formation dont vous nous aviez fait part dans le cadre du DIUMUM en 2016 à Auzat.

Monsieur le Docteur David BRAUGE

Merci pour avoir accepté de diriger cette thèse. Merci pour ton implication dans ce travail malgré la distance, ta rigueur et ta grande disponibilité. Merci pour ces relectures et corrections (puis re-relecture et re-corrections, puis re-re...) passionnées, précises et détaillées. Merci pour tout !

Remerciements à ma famille et mes amis

A mes parents, jeunes grands parents : mon père pour m'avoir pris une licence de rugby un jour de ma 8^{ème} année et pour m'avoir aidé à cacher les quelques coquards et hématomes de lendemain de match à ma mère, qui a toujours du mal à comprendre l'intérêt que peuvent porter 15 bonhommes à un ballon ovale... Mais aussi pour votre éducation et soutien, merci.

A ma sœur, qui a profité d'une année romaine (éloignée de maman) pour pouvoir s'inscrire au rugby... Expérience qui s'est terminée par... une belle commotion au cours d'un entraînement engagé.

Un grand merci au Rugby Club Eymeux et au Crossfit de Valence (au Coach Gaël) pour votre accueil et m'avoir permis avec enthousiasme de réaliser ces protocoles !

A Guitoon (expert es-commotion) Julie et Gabriel, à Bok (cheville d'acier), Sophie et Anna, à Kiki (traileur-lanceur d'alerte), Aurélie et Hélios : vivement qu'on se reprogramme quelques courses ! Merci Kik pour ces pensées à chaque article qui sortait sur les commotions !

Aux autres copains apportés par le rugby. La famille du RCB bien entendu : Matmat et ses chisteras, PH et ses raffuts, Pif et son jeu au pied, Ludo et ses articulations, aux Stéphane, Caron et Pluchard, aux cantalous et tous les autres que je ne peux citer par manque de place ! Aux copains du CUC, en souvenir de cette mythique année de junior et ce week-end de fin d'année à Vias ! Aux plus anciens, avec une grande pensée pour mon Tour !

Aux copains de la Fac : La Renz et Etienne (à Gandou et au centre antipoison) : aux côtes du ventoux, aux ascensions du puy de dôme à bicyclette et à Dédé Chassaigne... A Aurore (Bichette) et Mimi pour les supporter ! Au Soiss', à PES les chips et les pizza (cramées et froides en même temps) de la colloc, à Lisa, on risque de passer quelques week-ends chez vous ! Aux ponots : la barrique, qui ne comprends pas pourquoi Malzieu n'est plus en équipe de France (tu sais qui c'était « le gros » du puy ?) et Elodie, à Pif et Delphine. A Titi son rire si communicatif et cet exposé d'Anglais. A Jambon d'or, Grand Duc et au major Mehdi pour ce week end dans le Sancy... à Lapin et Maïfa pour les révisions en D4. Au grand Seb et au Baker Street. Aux rythmologues : Math et la famille Vitoux.

Aux Ariégeois : A Michel, Jaques et toute l'équipe de pisteur d'Ax 3 domaines, pour m'avoir fait découvrir le secours en station. A la formidable maison de santé de Viedessos : Marc pour ton accueil, ta patience et ton apprentissage, les infirmiers Cyril (qui connaît aussi bien la carte de desserts du Saint Bernard que les couloirs de la Grave) et Jean Marie, prévenez moi si vous prévoyez des courses dans les Alpes ! A Manon, Kevin, le loup et ... vivement qu'on s'organise des vacances (en montagne ou sous l'océan ?). A Adrien (on arrivera peut-être à faire une longue voie ensemble un jour !) et bien sûr aux Bretons et à leur soirées crêpe : Erell, Toto, Yuna et le Logan break ; Cécile, Pif, Gustave et la Merco !

Aux Toulousains : Momo et ses articles, Alex et ses twerk, Francky et ses ECG !

Aux Tarbais : les vétérinaires Charlottes, Thomas, Gaston et Marius. Les médecins Lucie, Claire et le Ch'ti Clément !

Enfin, Merci à toi, Caroline mon amour, merci pour ton soutien, pour ta joie de vivre, et ton courage. Merci pour tous ces jours passés à tes côtés... Et bien sûr à toi aussi notre petite Lucie qui fait notre bonheur depuis 1 mois maintenant !

SOMMAIRE

<i>I. Première partie : La commotion cérébrale : enjeux et prise en charge</i>	5
A. La Commotion cérébrale et ses risques	5
1. Commotion cérébrale	5
2. Signes et symptômes	6
3. Risques à court terme	7
a) Risque de commotions répétées	7
b) Risque de syndrome post-commotionnel prolongé	7
c) Le syndrome du second impact	8
4. Risques à long terme	8
a) De la démence pugilistique à l'encéphalopathie chronique traumatique	8
b) Diagnostic biologique et anatomopathologique	9
B. Les différents outils d'évaluation clinique	10
1. Echelle de Glasgow	10
2. Questionnaire de terrain de Maddock	11
3. Graded Symptom Checklist (GSC) et Post-Concussion Symptom Scale (PCSS)	11
4. Galveston Orientation and Amnesia test (GOAT)	13
5. Balance Error Scoring System (BESS)	13
6. Marche du funambule ou marche en tandem	15
7. Epreuve de coordination (épreuve doigt-nez)	16
8. Standardized mental assessment of sports concussion (SAC)	17
9. Tableau récapitulatif des tests clinique utilisés pour le diagnostic de commotion cérébrale	18

C.	Le Sport Concussion Assessment Tool (SCAT)	19
D.	Application du SCAT dans le rugby professionnel : le protocole HIA	20
1.	Détails concernant le protocole HIA 1	20
a)	Critères de sortie définitive du joueur (commotion certaine/ avérée)	20
b)	Tests réalisés en cas de suspicion de commotion cérébrale	22
2.	Tests utilisés dans le SCAT absents du protocole HIA1	22
II.	<i>Deuxième partie : Evaluation de la fatigue physique sur les tests diagnostiques de commotion cérébrale</i>	23
A.	Objectifs de l'étude	23
1.	Objectif principal	23
2.	Objectifs secondaires	23
B.	Matériel et méthodes	23
1.	Design de l'étude	23
2.	Critères d'inclusion	24
3.	Critères de non inclusion	24
4.	Paramètres mesurés	24
5.	Protocole de fatigue	25
6.	Nombre de sujets nécessaires	26
7.	Plan d'analyse statistique	26
a)	Analyse du critère de jugement principal	26
b)	Analyse des critères de jugement secondaires	26
8.	Calendrier Prévisionnel	27
9.	Aspect médico-légal	27
C.	Résultats	28

1. Population étudiée	28
2. Protocole HIA1	28
3. Autres items du protocole SCAT 3	30
4. Comparaison rugby / autres sports	32
D. Discussion	33
1. Les données de la littérature	33
a) Données sur les items du protocole HIA 1	33
b) Résultats sur le SCAT 3	34
c) Différences entre rugby et autres sports	35
2. Critique de l'étude	35
a) Protocole d'effort	35
b) Conditions de mesure	36
c) Puissance de l'étude	36
d) Biais d'apprentissage	36
3. Evolutions ultérieures	37
a) Aide de la video	37
b) Protéine S100B	37
4. La commotion dans le sport amateur	38
E. Conclusion	39
F. Références bibliographiques	40
G. ANNEXES	45
1. Annexe 1 : SCAT 5	45
2. Annexe 2 Protocole HIA1	51
3. Annexe 3 : Protocole HIA2	53
4. Annexe 4 : SCAT 3	55

5. Annexe 5 : Maddocks adapté à la Fédération Equestre Internationale	57
6. Annexe 6 : Avis de la commission d'éthique	58

I. Première partie : La commotion cérébrale : enjeux et prise en charge

A. La Commotion cérébrale et ses risques

1. Commotion cérébrale

La commotion, dérivée du latin concussus, qui signifie « secouer violemment », est définie lors de la 4^{ème} conférence de consensus sur la commotion dans le sport de Zurich en 2012 (puis reprise à la conférence de Berlin de 2016) ainsi :

« Une Commotion est une lésion cérébrale définie comme un processus affectant le cerveau, induit par les forces biomécaniques, avec plusieurs caractéristiques :

- Elle peut être causée soit par un traumatisme crânien direct, soit par un choc indirect transmettant à l'encéphale des contraintes d'inertie importantes.
- Elle se traduit généralement par l'apparition rapide d'une perturbation de la fonction neurologique. Toutefois dans certains cas, les symptômes et les signes peuvent évoluer après un intervalle de quelques minutes à quelques heures.
- Les symptômes cliniques aigus correspondent en grande partie à une perturbation fonctionnelle, non à une lésion structurale et, par conséquent, aucune anomalie n'est visible en neuro-imagerie standard.
- Les symptômes sont généralement résolutifs après une courte durée. Cependant il est important de noter que dans certains cas, ceux-ci peuvent être prolongés (La majorité est résolutif dans un délai de 7 à 10 jours, mais ce temps peut être plus long, en particulier chez les enfants et adolescents).

Ces différents symptômes ne peuvent pas être expliqués par une autre cause (consommation de médicaments, drogue, alcool ; trouble vestibulaire ou autre problème clinique) ». (2)(3)

Dans les modèles expérimentaux, une lésion cérébrale traumatique produit une série d'événements cellulaires contribuant à une cascade neurochimique. Cette cascade est définie par la libération de neuromédiateurs excitateurs (avec entre autres du glutamate) et destruction neuronale, suivie d'une diaschisis initiale (inhibition fonctionnelle soudaine d'une partie du cerveau), puis de production de lactates pendant plusieurs jours, facteurs de fragilisation neuronale qui rendent le cerveau plus sensible à un impact rapproché. (4)

La commotion est donc une lésion cérébrale traumatique à l'origine de troubles fonctionnels neuronaux dont l'évolution peut être prolongée. Une grande problématique du sujet sportif vient du fait que ces événements peuvent potentiellement se répéter tout au long de sa carrière.

2. Signes et symptômes

Une étude prospective, faite entre 2009 et 2014 sur des commotions déclarées dans le cadre de la pratique sportive, notait que les commotions n'ont été révélées par une perte de connaissance initiale que dans 36.5% des cas, et que 45.9 % des patients avaient une amnésie antérograde (5). Cependant, la majorité des commotions cérébrales dans le sport se produit sans perte de connaissance ni signes neurologiques francs (2)(3).

Les commotions sont suivies par des « syndromes post-commotionnels », qui se manifestent après quelques minutes à plusieurs heures du traumatisme initial. Ces symptômes peuvent être variés, parfois subtils et difficiles à évaluer (6). Leur durée aussi est variable, évaluée à 15.5j en moyenne (+/- 33.3) sur l'étude du Dr Chermann menée sur 211 patients (5).

Le tableau ci-dessous présente les principaux symptômes pouvant se développer dans les suites d'une commotion. (figure 1).

Symptômes et signes physiques	Changements de comportement	Atteinte cognitive	Troubles du sommeil
- Céphalées - Nausées et Vomissements - Étourdissements - Troubles visuels - Photophobie - Phonophobie - Perte de connaissance - Amnésie - Perte d'équilibre ou mauvaise coordination - Diminution des habiletés au jeu - asthénie	- Irritabilité - Labilité émotionnelle - Tristesse - Anxiété - Émotions inadéquates	- Ralentissement du temps de réaction - Troubles de Concentration - Troubles de la mémoire - Confusion - Sentiment d'être dans le brouillard - Sentiment d'être Étourdi	- Somnolence - Difficultés à s'endormir - Sommeil plus long qu'à l'habitude - Sommeil moins long qu'à l'habitude

Figure 1 : Les caractéristiques d'un syndrome post-commotionnel (6)

Les signes les plus fréquemment retrouvés sont les céphalées (80.5%), l'asthénie (62.1%) puis les troubles cognitifs (54%) (5).

La gravité initiale d'une commotion cérébrale peut être appréhendée par l'échelle de CANTU (7), qui intègre comme paramètres la perte de connaissance (PC), l'amnésie post-traumatique (APT) et la durée du syndrome post commotionnel (SPC) :

Grade 1 léger	Pas de PC, APT < 30 min, SPC <24h
Grade 2 modéré	PC < 1 min ou 30 min < APT ou SPC < 24 h
Grade 3 sévère	PC > 1 min ou APT > 24 h ou SPC encore présents à 7 jours

Figure 2 : Echelle de CANTU (7)

3. Risques à court terme

a) *Risque de commotions répétées*

Outre le risque de blessure du fait d'un état d'attention diminué, le principal risque d'une commotion cérébrale à court terme est l'apparition d'une nouvelle commotion qui serait responsable d'un syndrome post commotionnel majoré et/ou prolongé (8)(9).

Une étude menée sur une cohorte de 2905 jeunes joueurs de football américains suivis sur 3 saisons a permis d'observer 184 cas de commotion cérébrale (6.4%). Parmi ceux-ci, 12 ont eu une seconde commotion au cours de la même saison. Sur ces 12 commotions répétées, 11 (91,7%) l'ont été dans les 10 jours et 9 (75,0%) dans la première semaine. De plus, ils ont noté une association entre le nombre signalé de commotions cérébrales antérieures et une augmentation du risque de présenter une nouvelle commotion. Les joueurs ayant signalé une histoire de 3 commotions antérieures ou plus étaient 3 fois plus susceptibles de faire un nouvel incident, ainsi qu'une majoration du syndrome post-commotionnel (9).

b) *Risque de syndrome post-commotionnel prolongé*

Si les signes du syndrome post-commotionnel sont habituellement résolutifs en quelques jours, dans 15% des cas on trouve une évolution prolongée avec persistance de symptômes invalidant au-delà de 1 an. Comme noté précédemment, le principal facteur de risque de majoration de ce syndrome est la répétition des épisodes de commotion (9). D'autres facteurs ont été mis en évidence comme l'âge jeune du joueur (et particulièrement les

commotions chez l'enfant (10) (11)), certains symptômes (la présence de céphalées précoces et importantes, des troubles du sommeil importants, des nausées, vertiges, ou encore un ralentissement, une sensation importante « d'être dans le brouillard » et des troubles de concentration (12)).

c) Le syndrome du second impact

Le syndrome du second impact est décrit initialement en 1973 par Richard Schneider. Il concerne des jeunes sportifs de moins de 20 ans qui, après un premier épisode commotionnel parfois minime, ont présenté dans un délai de 4 jours une nouvelle commotion cérébrale, fatale en 5 minutes (13) (14). La cause de la mort était l'apparition d'un œdème cérébral responsable d'hypertension intra crânienne et d'engagement temporal. La physiopathologie reste à l'heure actuelle discutée, certains auteurs pensent que le traumatisme initial sensibiliserait le cerveau à des blessures futures et les effets du second impact, non nécessairement sévères, en seraient amplifiés (15).

Cependant, l'existence même de ce syndrome est parfois critiquée : McCrory a fait une réinterprétation de rapport de cas notés de Syndrome du second impact (d'une extrême rareté). Dans les cas décrits, il évoque un œdème cérébral diffus secondaire à une commotion traumatique immédiate, mais ne retrouve pas la preuve d'un épisode commotionnel antérieur (16).

4. Risques à long terme

a) De la démence pugilistique à l'Encéphalopathie chronique post-traumatique (ECT)

Les premières descriptions des complications chroniques attribuées aux commotions cérébrales répétées ont été faites par Martland en 1928 sous la notion de « Punch Drunk » chez des anciens boxeurs atteints de démence, dysarthrie et syndrome cérébelleux (17).

Par la suite, Parker utilisa le terme d'Encéphalopathie Traumatique pour la première fois en 1934, en étudiant 3 cas cliniques de boxeurs d'une trentaine d'année, atteints de troubles praxiques, cérébelleux, puis cognitifs aggravés au cours de leur carrière à la suite de nombreux combats (22/an dans un cas) et plusieurs K.O notés. (18)

Puis Millspaugh a introduit le concept de démence pugilistique (« *dementia pugilistica* ») en 1937, pour définir ces troubles dont souffraient les boxeurs ; il a de plus défini

3 stades à cette maladie : en premier lieu, il note principalement des troubles psychiatriques affectifs. Le second stade voit l'apparition d'un syndrome parkinsonien ainsi que des troubles du comportement. Enfin, le 3^{ème} stade se caractérise par une majoration des troubles parkinsoniens, avec apparition de troubles de l'équilibre et une atteinte cognitive menant à une démence (18).

Le terme de démence pugilistique a été modifié, dans les années 1990, pour parler maintenant d'Encéphalopathie Chronique traumatique. Cette nouvelle entité, plus large, montre que cette pathologie ne touche pas uniquement des anciens boxeurs, mais aussi des sportifs de divers horizons (rugby, football américain, hockey...) victimes de commotions ou sub-commotions à répétition. (19) Elle permet aussi de prendre en compte dans sa définition des atteintes cognitives plus légères (MCI pour Mild Cognitive Impairment (déficience cognitive légère)) (20).

En 2005, Guskiewicz a étudié l'impact des commotions répétées chez des anciens footballeurs américains. Il a fait passer un questionnaire évaluant la MCI à 1754 footballeurs retraités ainsi qu'à leur famille proche. Il a retrouvé une association entre des commotions récurrentes et des troubles de la mémoire significatifs autodéclarés. Les joueurs à la retraite ayant fait au moins trois commotions dans leur carrière ont eu cinq fois plus de diagnostic de MCI ainsi qu'une triple prévalence de problèmes de mémoire significatifs, par rapport aux retraités sans antécédents commotionnels. (20).

b) Diagnostic biologique et anatomopathologique

Comme la Maladie d'Alzheimer, l'ECT semble être une tauopathie caractérisée par le dépôt de protéines tau (p-tau) hyperphosphorylées, ainsi que des dépôts de protéines beta amyloïdes dans 43% des cas. (19) (21).

En 2012, une équipe de neuropathologistes a analysé en post-mortem les cerveaux d'une cohorte de 85 sujets ayant des antécédents de traumatisme crâniens légers répétitifs. Ils ont trouvé des signes d'encéphalopathie traumatique chronique dans 68 cas. Ils ont alors pu mettre en corrélation les signes cliniques et l'atteinte anatomopathologique trouvée, pour classer l'ECT en 4 étapes (22) :

Stade 1 : cliniquement sont présents des céphalées, impulsivité, troubles de l'attention, concentration et mémoire à court terme. Sur le plan pathologiste, il est noté un élargissement des ventricules latéraux et la présence de protéine Tau périvasculaire au cortex frontal, temporal et pariétal.

Stade 2 : Il y a en plus apparition de dépression, labilité de l'humeur, explosivité. L'étude anatomopathologiste retrouve des lésions au niveau de l'amygdale, du locus coeruleus et au noyau basal de Meynert.

Stade 3 : On retrouve l'apparition de dysfonction exécutive. 75 % des sujets avaient des troubles cognitifs à ce stade. L'examen retrouvait une atrophie cérébrale légère avec une dilatation des ventricules latéraux et du 3^{ème} ventricule ainsi qu'une atrophie thalamique.

Stade 4 : Les sujets avaient développé une grave perte de mémoire avec démence. La plupart ont également montré une perte profonde de l'attention et concentration, dysfonctionnement exécutif, tendances agressives, paranoïa et dépression. A l'examen, il était retrouvé une atrophie corticale constante, principalement au niveau des lobes temporaux, thalamus et hypothalamus. Microscopiquement, il y avait une perte neuronale corticale sévère, ainsi qu'une augmentation importante de la protéine Tau.

B. Les différents outils d'évaluation clinique

La commotion cérébrale étant un événement traumatique soudain avec des symptômes parfois très transitoires, le diagnostic repose à l'heure actuelle sur des tests cliniques qui évaluent les conséquences sur le fonctionnement du cerveau après l'accident. Les différents outils présentés sont donc utilisés pour confirmer le diagnostic de commotion cérébrale au décours immédiat de l'accident.

1. Echelle de Glasgow

L'échelle de Glasgow est une évaluation initiale couramment utilisée en neurochirurgie, en médecine d'urgence et en soins intensifs comme marqueur de gravité d'un traumatisme crânien. Elle est réalisée sur 15 points selon 3 items : la réponse motrice, la réponse verbale et l'ouverture des yeux.

La commotion cérébrale entre dans le cadre des traumatismes crâniens (TC) légers, c'est-à-dire avec un score de Glasgow de 14 ou 15. Un score inférieur imposerait une prise en charge hospitalière urgente (23). Par conséquent, le score de Glasgow n'est pas un outil

diagnostique discriminant de commotion cérébrale, puisque la majorité des cas présente un score de Glasgow normal.

2. Questionnaire de terrain de Maddock

Les questions Maddock sont des questions d'orientation et de rappel sur des événements récents. Lors d'une étude prospective faite sur 5 ans, durant laquelle 28 joueurs professionnels de football Australien ayant présentés une commotion ont été observés, Maddock a montré que des questions relatives à des événements récemment acquis étaient plus sensibles à la commotion que des questions d'orientation standards. Il en a défini ce questionnaire de terrain :

1. Sur quel stade sommes-nous ?
2. Comment s'appelle mon club ou mon équipe ?
3. Quel est mon poste de jeu ?
4. Quel est notre adversaire ?
5. Quelle mi-temps est-ce ?
6. Dans quelle partie de la mi-temps sommes-nous (début, milieu, fin) ?
7. Quelle équipe a marqué les derniers points ?
8. Quelle équipe avons-nous jouée lors du dernier match ?
9. Avons-nous gagné le dernier match ?

Une seule réponse fausse oriente vers une commotion cérébrale et impose la sortie du joueur, avec une sensibilité évaluée de 32 à 75% et une spécificité de 86 à 100% (24). Cependant, nous n'avons pas retrouvé de données évaluant l'influence de la fatigue physique sur cet outil.

3. Graded Symptom Checklist (GSC) (22) et Post-Concussion Symptom Scale (PCSS)

L'échelle des symptômes post-commotion (PCSS) et la Graded Symptom Checklist (GSC) consistent en des listes simples de symptômes. La cotation de 1 à 6 des items selon la gravité de chaque signe est aléatoire car elle dépend de l'observateur, mais précise déjà le recours à un avis spécialisé si nécessaire.

Les résultats sont donnés par le nombre de symptômes (sur 22), ainsi que par un score de gravité (sur 132, chaque symptôme présent étant coté de 1 à 6). Ils doivent être comparés à

un score de référence pour chaque athlète. Tout score de gravité supérieur au score de référence, ainsi que tout symptôme non ressenti habituellement, sont fortement évocateurs d'une commotion et positiveront le test.

La figure 3, tirée de la publication de Guskiewicz (25) liste l'ensemble des symptômes qui sont évalués au décours d'une commotion cérébrale.

Graded Symptom Checklist (GSC)					
Symptom	Time of injury	2-3 Hours postinjury	24 Hours postinjury	48 Hours postinjury	72 Hours postinjury
Blurred vision					
Dizziness					
Drowsiness					
Excess sleep					
Easily distracted					
Fatigue					
Feel "in a fog"					
Feel "slowed down"					
Headache					
Inappropriate emotions					
Irritability					
Loss of consciousness					
Loss of orientation					
Memory problems					
Nausea					
Nervousness					
Personality change					
Poor balance/coordination					
Poor concentration					
ringing in ears					
Sadness					
Seeing stars					
Sensitivity to light					
Sensitivity to noise					
Sleep disturbance					
Vacant stare/glassy eyed					
Vomiting					
NOTE: The GSC should be used not only for the initial evaluation but for each subsequent follow-up assessment until all signs and symptoms have cleared at rest and during physical exertion. In lieu of simply checking each symptom present, the ATC can ask the athlete to grade or score the severity of the symptom on a scale of 0-6, where 0=not present, 1=mild, 3=moderate, and 6=most severe.					

Liste de vérification des symptômes notés, Le nombre de symptômes présents est noté, ainsi qu'un score de gravité total : Chaque symptôme est coté sur une échelle de 0 à 6 (0 ; pas de symptômes, 6 symptômes de sévérité maximale), dont la somme fera le score total sur 132.

Fig 3: Graded Symptom Checklist (GSC) (25)

Différentes évaluations indiquent que cette échelle identifiera une commotion avec une sensibilité 64% - 89% et une spécificité 91% - 100% (26) (27).

Dans une revue de littérature, Balasundaram a mis en évidence un effet potentiel de la fatigue physique sur la provocation des symptômes ainsi que sur l'augmentation des scores gravité des symptômes. Ces perturbations apparaissent immédiatement après la phase aiguë d'exercice et disparaissent progressivement après plusieurs minutes. (28)

4. GOAT (Galveston Orientation and Amnesia test)

Publié en 1979, le GOAT vise à établir de façon prospective la durée de l'amnésie après une lésion cérébrale traumatique (29). Cette échelle pratique mesure l'orientation de la personne dans le lieu et le temps, ainsi que la mémoire pour les événements précédents et suivants la blessure. (30)

Ce test peut être répété. Un score de 78 ou plus indique que le patient est sorti de la période de troubles mnésiques post-traumatique. La figure 4 donne le détail de ce score.

Ce test est cependant très peu utilisé en pratique clinique.

QUESTIONS	SCORE
Comment vous appelez-vous ?	-2
Quelle est votre date de naissance ?	-4
Où êtes-vous maintenant	-5
a) Ville	-5
b) Bâtiment	
Quand avez-vous été admis ?	-5
Comment êtes-vous arrivé ?	-5
Quel est votre premier souvenir après l'accident ?	-5
Quels détails pouvez-vous donner ?	-5
Pouvez-vous décrire le dernier événement dont vous vous souvenez avant l'accident ?	-5
Quelle heure est-il maintenant ?	-5
Quel jour de la semaine ?	-3
Quelle date sommes-nous ? (donner le jour du mois)	-5
Quel mois ?	-15
Quelle année ?	-30

Le score total est calculé en retranchant à 100 le nombre total d'erreurs

Fig 4: Galveston Orientation and Amnesia test

5. BESS (Balance Error Scoring System) (31) (32) (33)

Ce test recherche des troubles de l'équilibre en réalisant 3 postures différentes sur une durée de 20 secondes chacune (figure 5) :

- en appui bipodal (pieds joints)
- en appui unipodal sur la jambe non dominante
- en tandem, jambe non dominante en arrière

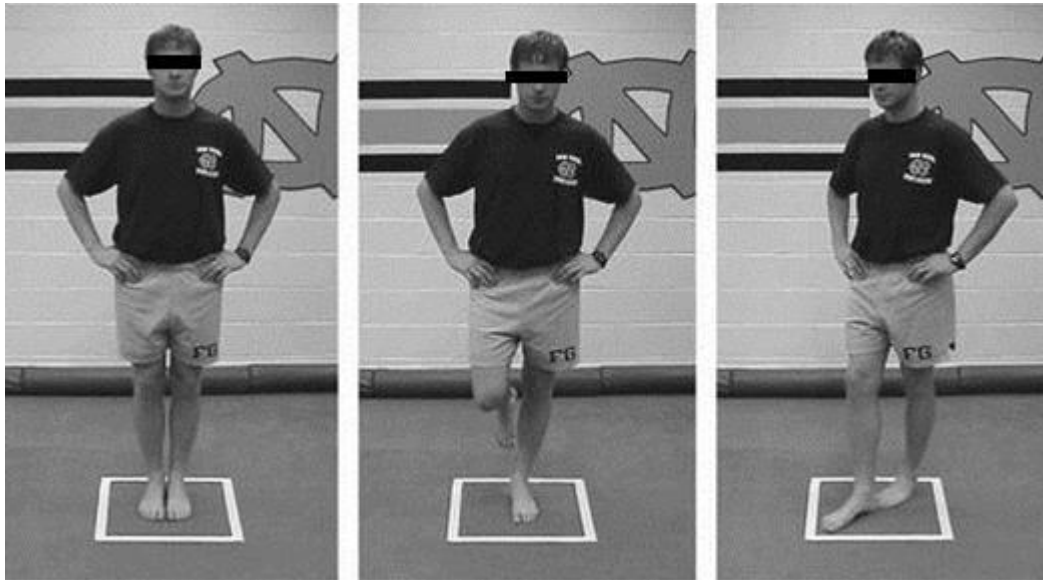


Fig 5 : BESS (32)

Les erreurs possibles peuvent être les suivantes :

- Mains quittant la crête iliaque,
- Ouverture des yeux,
- Pas, trébuchement voire chute,
- Déplacement des hanches en abduction de plus de 30 degrés,
- Soulèvement de l'avant-pied ou du talon,
- Abandon de la position pendant plus de 5 secondes.

Le score de l'équilibre est calculé en additionnant le nombre d'erreurs au cours des trois épreuves de 20 secondes (double appui, simple appui et tandem). Chaque erreur est cotée 1 point. Le nombre maximum d'erreurs retenu par test ne peut excéder 10 points. Si un athlète commet plusieurs erreurs simultanément, une seule erreur est enregistrée, mais l'athlète doit vite revenir à la position initiale. Le décompte reprend ensuite. Les sujets qui sont incapables de tenir la position un minimum de 5 secondes se voient attribuer le plus haut score d'erreur pour le test en cours. Chaque athlète a une valeur de référence définie par un bilan réalisé en début de saison. La positivité de ce test sera définie par une augmentation du score en

comparaison à cette référence.

Si ce test entre dans la batterie d'évaluation de commotion cérébrale, il a cependant été montré qu'il pouvait être perturbé par la fatigue physique (34) (35). Pour cette raison, Wilkins suggère de ne pas faire le BESS au décours direct de l'exercice (34), mais après une période de repos de 20 minutes (nécessaire pour un retour aux valeurs de base). Fox lui, a diminué cette période de repos à 13 minutes dans une étude menée chez des jeunes sportifs de haut niveau, très entraînés, ayant de meilleures capacités de récupération (35). Schneider (36) en revanche n'a pas retrouvé de perturbation de la station unipodale dans les suites d'un protocole d'effort simulant l'activité au cours d'un match de rugby. L'outil d'évaluation BESS est susceptible d'identifier une commotion cérébrale avec une précision diagnostique faible à modérée : la sensibilité a été évaluée de 34% à 64%, et la spécificité de 91%. (27)

6. Marche du funambule ou marche en tandem (2) (37)

Le départ se fait debout, les pieds joints, sans chaussures. Ensuite, le patient marche en avant aussi vite et précisément que possible le long d'une ligne de 3 mètres et de 38 mm de largeur, en plaçant à chaque pas le talon juste devant les orteils, en alternance. Quand il passe la ligne d'arrivée des 3 mètres, il fait demi-tour et retourne au point de départ avec la même démarche. La figure 6 donne une illustration de ce test.

Quatre essais peuvent être effectués, le meilleur temps est retenu. Le patient doit réussir ce test en moins de 14 secondes.

Un patient échoue à ce test en cas de trop grand écart entre le talon et la pointe du pied, s'il s'écarte de la ligne, touche ou saisit l'examineur ou un objet.

Dans une étude menée sur 30 jeunes athlètes à qui il a fait pratiquer une activité physique à intensité modérée, Schneiders a retrouvé une amélioration des performances aux épreuves de la marche en tandem suite à l'exercice. Cette amélioration pourrait suggérer la présence d'un effet d'apprentissage, les mesures étant faites à la suite, au repos puis à intervalles réguliers au cours de l'exercice (36).



Fig 6 : marche en tandem

7. Epreuve de coordination (épreuve doigt-nez) (38)

Les yeux sont ouverts et le bras (droit ou gauche) est tendu vers l'avant (à 90 degrés de l'épaule, le coude et les doigts en extension). Il faut porter l'index au bout du nez, aussi précisément que possible, comme illustré par la figure 7. Le patient n'a qu'un essai, le test est considéré comme étant perturbé s'il ne parvient pas à réaliser 5 répétitions en moins de 4 secondes.

De la même façon que pour la marche du funambule, Schneider a retrouvé une amélioration de l'épreuve de coordination doigt-nez après l'effort (36), pouvant aussi être due à un effet d'apprentissage.



Fig 7 : épreuve de coordination « doigt-nez »

8. Standardized mental assessment of sports concussion (SAC)

Il s'agit d'un test global de fonctionnement mental. L'échelle standardisée de commotion cérébrale (SAC) a été établie pour évaluer le degré de gravité de l'atteinte lors de la première commotion.

Le SAC comprend au total quatre items : deux de mémoire (immédiate et retardée), un de concentration et un item d'orientation. Il est présenté par la figure 8, issue de la publication de McCrea (39).

Le score maximal est de 30. Il doit être comparé à une valeur de référence pour chaque athlète. Ce bilan doit être réalisé à distance de tout épisode traumatique, idéalement en début de saison sportive (39) (40).

1) ORIENTATION: Month: _____ 0 1 Date: _____ 0 1 Day of week: _____ 0 1 Year: _____ 0 1 Time (within 1 hr): _____ 0 1 Orientation Total Score _____ / 5				3) CONCENTRATION: <i>Digits Backward</i> (If correct, go to next string length. If incorrect, read trial 2. Stop after incorrect on both trials.) 4-9-3 6-2-9 _____ 0 1 3-8-1-4 3-2-7-9 _____ 0 1 6-2-9-7-1 1-5-2-8-6 _____ 0 1 7-1-8-4-6-2 5-3-9-1-4-8 _____ 0 1 <i>Months in Reverse Order:</i> (entire sequence correct for 1 point) Dec-Nov-Oct-Sep-Aug-Jul _____ 0 1 Jun-May-Apr-Mar-Feb-Jan _____ 0 1 Concentration Total Score _____ / 5																											
2) IMMEDIATE MEMORY: (all 3 trials are completed regardless of score on trial 1 & 2; total score equals sum across all 3 trials)				EXERTIONAL MANEUVERS (when appropriate): 5 jumping jacks 5 push-ups 5 sit-ups 5 knee bends																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>List</th> <th>Trial 1</th> <th>Trial 2</th> <th>Trial 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Word 1</td> <td>0 1</td> <td>0 1</td> <td>0 1</td> </tr> <tr> <td>Word 2</td> <td>0 1</td> <td>0 1</td> <td>0 1</td> </tr> <tr> <td>Word 3</td> <td>0 1</td> <td>0 1</td> <td>0 1</td> </tr> <tr> <td>Word 4</td> <td>0 1</td> <td>0 1</td> <td>0 1</td> </tr> <tr> <td>Word 5</td> <td>0 1</td> <td>0 1</td> <td>0 1</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	List	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Word 1	0 1	0 1	0 1	Word 2	0 1	0 1	0 1	Word 3	0 1	0 1	0 1	Word 4	0 1	0 1	0 1	Word 5	0 1	0 1	0 1	Total				4) DELAYED RECALL: Word 1 _____ 0 1 Word 2 _____ 0 1 Word 3 _____ 0 1 Word 4 _____ 0 1 Word 5 _____ 0 1 Delayed Recall Total Score _____ / 5		
List	Trial 1	Trial 2	Trial 3																												
Word 1	0 1	0 1	0 1																												
Word 2	0 1	0 1	0 1																												
Word 3	0 1	0 1	0 1																												
Word 4	0 1	0 1	0 1																												
Word 5	0 1	0 1	0 1																												
Total																															
Immediate Memory Total Score _____ / 15 (Note: Subject is not informed of delayed recall testing of memory)				SUMMARY OF TOTAL SCORES: ORIENTATION _____ / 5 IMMEDIATE MEMORY _____ / 15 CONCENTRATION _____ / 5 DELAYED RECALL _____ / 5 OVERALL TOTAL SCORE _____ / 30																											
NEUROLOGIC SCREENING: <u>Loss of Consciousness:</u> (occurrence, duration) <u>Retrograde & Posttraumatic Amnesia:</u> (recollection of events pre- and post-injury) <u>Strength:</u> <u>Sensation:</u> <u>Coordination:</u>																															

Fig 8 : SAC (39)

Le SAC ne semble pas modifié par l'effort et la fatigue physique (41), il est susceptible d'identifier la présence d'une commotion cérébrale dans les premiers stades post-blessures avec une sensibilité de 80% -94% et une spécificité de 76% -91% (27) (40) (42). McCrea a retrouvé

qu'une baisse d'un point sur le SAC a fourni une sensibilité et spécificité maximale (95% sensible, 76% spécifique) dans la différenciation commotionnée et les athlètes non commotionnés.

9. Tableau récapitulatif des tests clinique utilisés pour le diagnostic de commotion cérébrale

L'ensemble de ces tests peut aider le clinicien dans la formulation diagnostique globale, évaluer la guérison clinique et déterminer l'aptitude à reprendre l'activité. Cependant, les effets de la commotion cérébrale ne sont pas limités à un seul domaine et ainsi aucun test n'a de valeur diagnostique parfaite. Ceci souligne l'intérêt d'une analyse multimodale associant plusieurs tests (43).

Pour cette raison, ces différents tests ont été combinés en un protocole : Le SCAT (Sport Concussion Assessment Tool), outil de référence pour l'évaluation des commotions cérébrales « en bord de touche ». Au sein du rugby professionnel, une adaptation de ce protocole a été faite pour établir le HIA (Head Injury Assessment). Le tableau 1 récapitule les tests décrits, ainsi que leur représentation dans les protocoles HIA1 et SCAT3.

TEST	Sensibilité	Spécificité	Valeur à l'effort	Protocole concerné	
				HIA1	SCAT
Maddocks	32 à 75%	86 à 100%		X	X
Symptômes	64% -89%	91% -100%	Perturbé par la fatigue physique (28)	X	X
Score de gravité de symptôme			Perturbé par la fatigue physique (28)		X
BESS	34% - 64%	91%	Modifié suite à l'effort (Wilkins (33), Fox (34))		X
Funambule			amélioré par l'effort (Schneiders (36))	X	X
Doigt/nez			amélioré par l'effort (Schneiders (36))		X
SAC	80% -94%	76% -91%	Non perturbé par l'effort (McCrea (39))	Uniquement chiffre à l'envers et test de mémoire	X

Tableau 1 : principaux tests utilisés dans le diagnostic de commotion cérébrale sur terrain

Si ces différents outils peuvent être réalisés directement en sortie de jeu, peu d'évaluation de ces tests ont été faites dans les suites de l'effort, en dehors de toute commotion cérébrale, afin d'éliminer un effet de la fatigue physique sur leurs perturbations.

C. Le SCAT (Sport Concussion Assessment Tool)

Le SCAT est un outil de diagnostic de la commotion cérébrale en pratique sportive. Il s'agit d'une combinaison des tests sus-cités afin d'optimiser le processus diagnostique. En effet, la présentation clinique immédiatement au décours d'une commotion est variable ce qui explique des valeurs de sensibilité parfois très différentes en fonction des publications.

Créé en 2001(44), ce protocole est régulièrement adapté par des consensus d'expert. Sa dernière version, le SCAT 5, est définie par la cinquième Conférence International sur la commotion cérébrale dans le sport de Berlin, en octobre 2016 (3). Actuellement, cette batterie regroupe les tests suivants : un score de Glasgow, les questions de Maddock, l'échelle standardisée de commotion cérébrale (SAC), la cotation des différents symptômes témoignés et leur score de gravité, les épreuves d'équilibre et de coordination (BESS, doigt-nez, funambule), mais aussi un examen du rachis cervical (annexe 1).

Cet outil défini non seulement les tests qui doivent être faits au décours d'un traumatisme crânien suspect de commotion cérébrale, mais aussi les modalités de passation de ces tests. Il est réalisable en 10 minutes, mais il nécessite une évaluation initiale de l'effectif en début de saison pour servir de référence (23) (45) (47). Il est applicable aux adultes et enfants de plus de 13 ans. Il existe un protocole spécifique « child-scat » pour les enfants plus jeunes (2) (3) (47).

Il est le protocole de référence dans l'évaluation initiale des commotions cérébrales pour de nombreuses institutions internationales : la Fédération Internationale de Football amateur (FIFA), le Comité International Olympique (CIO), la Fédération Internationale de Rugby (International Rugby Board (IRB)), la Fédération Internationale de Hockey et la Fédération Equestre Internationale.

A ce jour, une seule étude a recherché l'effet possible de l'altération de cette batterie complète du fait du seul effort physique (48) (les résultats retrouvant uniquement des

différences au niveau des signes et symptômes déclarés, ainsi que de l'épreuve de coordination BESS. Cette étude a été réalisée sur une cohorte de 82 sportifs. L'évaluation a été faite dans un premier temps au repos, puis après un effort bref et intense avec un intervalle de 3 semaines).

D. Application du SCAT dans le rugby professionnel : le protocole HIA

Basé sur les tests de la batterie SCAT, le protocole HIA (pour Head Injury Assessment) est utilisé par la Fédération Internationale de Rugby. Ce processus diagnostique est réalisé en 3 étapes. Le diagnostic de commotion cérébrale n'est écarté définitivement qu'une fois que l'athlète a été soumis à ces trois étapes : les HIA1, HIA 2 et HIA 3.

La première étape « en bord de terrain » : Si une commotion est avérée, le joueur est sorti de façon définitive de l'aire de jeu. Si une commotion est suspectée, alors une évaluation neurologique de 10 minutes est réalisée, le protocole HIA1 (Annexe 2). Si le joueur réussit ce protocole, il peut reprendre la partie, dans le cas contraire il sort définitivement. Cette évaluation reprend une partie des items du protocole SCAT : Score de Maddock, quantification du nombre de symptômes déclarés, évaluation de l'équilibre par la marche du funambule, le test de mémoire immédiate et retardée et le test de concentration issus de SAC.

Les deux autres évaluations sont le HIA2 (annexe 3) à 3 heures et HIA3 à 48h. Elles reprennent le HIA1 ainsi que des items du SCAT qui y étaient exclus : score de gravité des symptômes, épreuve d'équilibre de BESS et épreuve doigt-nez, outil SAC entier. Ces évaluations sont réalisées systématiquement, quelque soient les résultats du protocole HIA1 (49).

1. Détails concernant le protocole HIA 1 (49) (50) (51) (annexe 2)

Réalisé sur 10 minutes, la première partie du protocole HIA reprend certains items du SCAT et recherche des signes ou des symptômes pouvant faire évoquer un diagnostic de commotion dans des circonstances où il ne paraît pas évident.

a) Critères de sortie définitive du joueur (commotion certaine/avérée)

Neuf circonstances impliquant la sortie immédiate et définitive du joueur, sans nécessité

d'évaluation initiale particulière, ont été précisées :

- Perte de connaissance : Aucune réponse aux ordres simples, yeux fermés, aucun mouvement en-dehors de mouvements réflexes.

- Suspicion de perte de connaissance : hypotonie cervicale observée juste après l'impact, joueur immobile au sol, yeux fermés à l'arrivée des premiers secours, perte de connaissance rapportée par les premiers témoins.

- Ataxie : joueur devant être aidé pour se lever, se maintenir debout ou marcher.

- Joueur clairement hébété : regard vague, errant, perte d'attention.

- Joueur confus : propos inappropriés, répétitifs.

- Joueur désorienté : désorientation évidente avant même la réalisation du Maddock.

- Changement de comportement évident : agitation, actions inappropriées.

- Convulsions : d'un hémicorps ou des 4 membres.

- Crises toniques posturale : réflexes toniques du cou (réflexes archaïques) :

- . Réflexe tonique asymétrique du cou avec l'extension persistante (quelques secondes) du membre supérieur du même côté et la flexion du membre supérieur controlatéral.

- . Réflexe tonique symétrique du cou. La flexion du cou induite par l'impact entraîne la flexion des membres supérieurs et l'extension des membres inférieurs (illustré par la figure 8), alors que l'extension du cou induite par l'impact entraîne une extension des membres supérieurs et une flexion des membres inférieurs.



Figure 8 : Crise tonique posturale

b) Tests réalisés en cas de suspicion de commotion cérébrale

Toute suspicion de commotion cérébrale qui ne rentre pas dans les critères de sortie définitive doit bénéficier d'une évaluation qui va confirmer ou infirmer le diagnostic de commotion cérébrale (traumatisme crânien sans élément évident en faveur d'une commotion cérébrale, doute sur le comportement du joueur...). Cette évaluation, le HIA1, comporte :

- Questionnaire de Maddock
- Test d'équilibre de la marche en tandem (ou marche du funambule)
- Recherche de symptômes cliniques
- Questions au joueur issues du SAC : mémoire immédiate et différée (avec les 5 mots), concentration (avec les chiffres à l'envers)

2. Tests utilisés dans le SCAT absents du protocole HIA1

Les outils restants du protocole SCAT que l'on ne retrouve pas dans le HIA1 seront présents dans le protocole HIA2. Il s'agit de :

- Un score de gravité des symptômes
- Un test d'équilibre : le Balance Error Scoring System
- Un test de coordination : l'épreuve « doigt-nez »
- au niveau du SAC : des questions d'orientation temporelle (date, heure...) et l'ajout des mois à l'envers dans l'évaluation de la concentration.

Comme il a été détaillé dans cette première partie, peu d'études ont recherché l'altération potentielle de ces différents tests par l'effet du seul effort physique. Les données actuelles suggèrent une perturbation de certains tests à l'effort (BESS, nombre et scores de symptômes). Cependant, aucune n'étudie spécifiquement le protocole HIA1 dans le rugby en condition réelle de match.

Cette constatation a motivé le protocole présent, ayant pour but de rechercher des perturbations aux protocoles HIA1 puis SCAT3 dans les suites directes de l'activité physique.

II. Deuxième partie : Evaluation de la fatigue physique sur les tests diagnostiques de commotion cérébrale

A. Objectifs de l'étude

1. Objectif principal

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'effet de la fatigue physique sur les réponses au protocole HIA1, comprenant les examens suivants : score de Maddock, quantification du nombre de symptômes déclarés, évaluation de l'équilibre par la marche du funambule, test de mémoire immédiate et retardée (test des 5 mots) et test de concentration (chiffres à l'envers).

2. Objectifs secondaires

- Evaluer l'effet de la fatigue physique sur le reste du protocole SCAT 3 : score de symptômes, protocole BESS, épreuve doigt-nez, score de Glasgow et questions d'orientation pour un calcul du SAC total
- Rechercher une différence de résultats aux protocoles HIA1 et SCAT3 dans les suites de la pratique spécifique du rugby en comparaison à un autre sport sans contact.

B. Matériel et méthodes

1. Design de l'étude

Nous avons réalisé une étude prospective, réalisée sur le type d'une étude comparative où les sujets sont leurs propres témoins.

Nous avons inclus 40 sujets dans notre étude, répartis en deux groupes :

- 20 rugbymen amateurs
- 20 autres sportifs amateurs, pratiquant des activités à haute intensité sans contact

2. Critères d'inclusion

Il s'agit de sportifs amateurs âgés de 20 à 40 ans, de langue française et de sexe masculin.

- Les rugbymen sont des joueurs amateurs de niveau régional (division d'honneur et fédérale 3)
- Les autres sportifs sont des sportifs amateurs (pratiquants réguliers à 3 entraînements par semaine en moyenne) à qui on a demandé de pratiquer une activité physique à haute intensité lactique (CrossFit, exercices de course en fractionné)

3. Critères de non inclusion

Tout patient ayant des antécédents de trouble vestibulaire, pathologies neurologiques ou psychiatriques connues sont exclus de l'étude.

Sont aussi exclus les sujets ayant présentés une commotion cérébrale dans les 6 mois précédents le début de cette étude.

4. Paramètres mesurés

Directement en fin d'effort, ont été réalisés le protocole HIA1 (annexe 2), puis le reste du protocole SCAT3 (annexe 4). Une seconde évaluation a été faite au repos, avec un intervalle minimum de 6 mois entre les 2 évaluations pour limiter l'effet d'apprentissage.

Par leur nature, le test de Maddock n'a pas pu être réalisé au repos. Nous avons adapté les questions de Maddock de la Fédération Internationale Equestre afin de pouvoir l'analyser en post exercice hors rugby. (52) (annexe 5) Nous avons ainsi posé ce Maddock modifié :

- Dans quel lieu t'entraînes-tu aujourd'hui ?
- A quelle heure as-tu commencé à t'entraîner ?
- Quel exercice faisais-tu quand on t'a arrêté ?
- Où t'es-tu entraîné la dernière fois ?
- Comment es-tu arrivé ici ?

Tous les protocoles ont été réalisés par la même personne (X. Dechambre), formée

préalablement par le Dr D.Brauge, référent fédérale pour cette affection.

Du fait de l'éloignement des vestiaires, le protocole a dû être fait en extérieur pour l'étude d'une des équipes de rugby afin d'avoir une analyse la plus rapide possible en fin d'effort.

Chaque sujet a donc été évalué à la sortie d'effort directe. Nous avons fait passer dans un premier temps le HIA1 (annexe 2) selon le protocole habituel : Maddock, puis rappel direct des 5 mots, test de concentration (chiffres à l'envers), puis test du tandem (ou funambule), symptômes et rappels différés. Dans un deuxième temps, nous avons complété le SCAT3 par les items manquants : questions d'orientation temporelles, mois à l'envers, puis BESS et enfin épreuve doigt-nez.

Nous avons renouvelé ce protocole selon les mêmes modalités, dans des conditions similaires mais le sujet au repos après un intervalle de 6 mois, afin d'éviter un possible effet d'apprentissage (45).

5. Protocole de fatigue

Afin de se rapprocher au maximum des conditions réelles de passation du protocole HIA1, les tests post-effort étaient réalisés de la façon suivante :

- Les rugbymen étudiés étaient examinés directement en sortie de match (joueur remplacé, carton jaune ou rouge, fin de match) dans les 5 minutes suivant la sortie.
- Les autres sportifs étaient issus de milieux différents :
 - 10 étaient recrutés dans une salle de CrossFit, où ils avaient enchaîné sur 20 minutes à grande fréquence des exercices de Squat, corde à sauter et vélo elliptique.
 - 8 avaient fait des exercices de fractionné en course à pied, répétés et de courte durée à une forte intensité.
 - 2 étaient recrutés en fin d'un entraînement de cyclisme sur route avec efforts en côtes.

Les analyses étaient aussi faites dans les 5 minutes suivant l'exercice. L'objectif de l'exercice était d'utiliser les filières aérobie et anaérobie, à l'image de ce qui se passe au cours des matchs de rugby. Les exercices réalisés comportaient des passages fractionnés courts

à haute intensité.

Selon la formule : $Vo_2 = \text{Fréquence cardiaque (FC)} \times \text{Volume éjection systolique (VES)} \times (\text{CaO}_2 - \text{CvO}_2)$ (Différence artério-veineuse en O_2), nous pouvons avoir une idée de l'élévation de la VO_2 grâce à la fréquence cardiaque, avec une évaluation fiable pour des fréquences cardiaques supérieures à 120 bpm en situation d'exercice (53). Nous avons alors décidé de contrôler la fréquence cardiaque en fin d'exercice pour évaluer la fatigue obtenue au moment de la passation du test.

Les contrôles au repos ont été réalisées dans des conditions de passation les plus similaires possibles à celle post-effort au niveau du lieu (au sein des clubs de rugby, dans la salle de crossfit...), et du temps (en essayant le plus possible de respecter la même heure de passation (+/- 2h)).

6. Nombre de sujets nécessaires

En utilisant le théorème central limite, nous avons défini la nécessité d'avoir plus de 30 patients pour la réalisation des tests paramétriques. Nous avons choisi d'inclure 40 sujets, ce qui nous permet d'avoir une marge de sécurité et de faire des modèles statistiques plus complexes.

7. Plan d'analyse statistique

a) Analyse du critère de jugement principal

Du fait de la nature du HIA1 (batterie d'examens), chacune de ses composantes (test de mémoire, test de concentration, test de coordination, Maddock) a été évalué de manière indépendante. Chaque sujet est son propre témoin, et l'effectif est supérieur à 30 dans les 2 groupes, par conséquent, les analyses ont pu être faites par un t-test de Welch apparié.

b) Analyse des critères de jugement secondaires

- Le protocole SCAT3 a été évalué de la même manière, chaque composante de façon indépendante. Ces items ont aussi pu être analysés par un test t-test de Welch apparié

- Une comparaison entre les différences de score obtenus avant et après effort entre le groupe rugbyman et non rugbyman (valeur à l'effort – valeur au repos) a été faite par un test de Mann-Whitney, l'effectif étant inférieur à 30 dans les 2 groupes.

Ces différentes analyses ont été faite par un statisticien indépendant.

Ce protocole de recherche a été soumis et validé par la commission scientifique de la Fédération Française de Rugby.

8. Calendrier Prévisionnel

Les protocoles ont été réalisés entre novembre 2016 et janvier 2017 pour la première évaluation. La seconde évaluation a été faite après un intervalle de 6 mois, entre juin et septembre 2017.

9. Aspect médico-légal

Conformément aux dispositions législatives en vigueur (articles L.1121-3 et R.5121-13 du code de la santé publique), les personnes ayant un accès direct aux données source ont pris toutes les précautions nécessaires en vue d'assurer la confidentialité des informations relatives aux recherches, aux personnes qui s'y sont prêtées et notamment en ce qui concerne leur identité ainsi qu'aux résultats obtenus. Ces personnes, au même titre que les investigateurs eux-mêmes, ont été soumises au secret professionnel.

Chaque personne qui entrait dans l'étude s'est vue attribuer un numéro d'anonymat compris entre 0 et 40. Ce numéro a été décerné en fonction de l'ordre d'inclusion dans l'étude. En outre, il était précédé de la première lettre du nom et du prénom et se terminait par la lettre « R » pour le groupe des rugbymen et par la lettre « S » pour les autres sportifs. Par ailleurs, les sujets ont été informés du caractère anonyme des données les concernant.

Notre étude a reçu l'approbation de la commission d'éthique du département de médecine générale de Midi-Pyrénées. (Annexe 6).

C. Résultats

1. Population étudiée

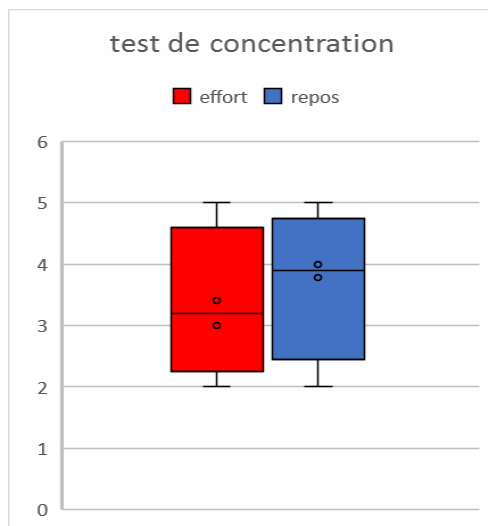
Au total, 37 sujets ont pu être analysés dans cette étude (sur les 40 initiaux, nous avons eu 2 perdus de vues, et un non contrôlé pour avoir présenté une fracture du rocher entre les 2 mesures), soit 19 rugbymen et 18 autres sportifs.

La population étudiée était homogène, il s'agissait d'hommes âgés entre 20 et 40 ans, de langue française. L'âge moyen était de 31.35 ans (± 4.10 , min 21 ans, max 40 ans), similaire entre les 2 groupes ($p=0.8$) : 31.47 ans pour le groupe « rugby » (± 4.67 , min 22 ans, max 40 ans) et 31.22 ans pour le groupe « autres sports » (± 3.54 , min 21 ans, max 37 ans).

Les fréquences cardiaques contrôlées en post-effort étaient de 132.83 bpm en moyenne (± 18.67 , min 100 bpm, max 170 bpm). Mais les deux groupes étaient sensiblement différents ($p=0.003$) : 125 bpm pour le groupe « rugby » (± 17.6 , min 100 bpm, max 150 bpm) et 141 bpm pour le groupe « autres sports » (± 16.5 , min 115 bpm, max 170 bpm).

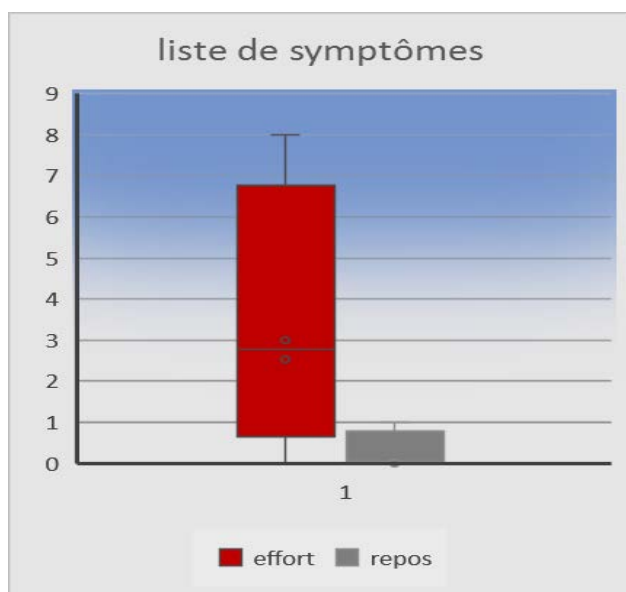
2. Protocole HIA1

Les résultats, notés dans le tableau 1, suggèrent des différences significatives au niveau des tests de concentration en sortie d'effort ($p=0.025$). Ce test est ici compté sur 5 points, 4 concernent les chiffres à l'envers, et 1 sur les mois à l'envers. Toutes les erreurs commises l'ont été sur les chiffres. Les différences sont représentées sur le graphique 1 :



Graphique 1 : Test de concentration.

Les résultats montrent en outre une positivité des scores de symptômes déclarés du seul fait de l'effort ($p < 0.001$), avec comme symptômes régulièrement cités : une fatigue ou perte d'énergie, des difficultés à se concentrer, une irritabilité, des troubles de la mémoire et des nausées. Ces différences de symptômes sont représentées dans ce deuxième graphique :



Graphique 2 : comparaison de symptômes décrits

On ne retrouve pas de différence significative sur les autres paramètres du protocole HIA1 évalués.

Au niveau des questions de Maddock, celles-ci étaient perturbées chez 1 rugbyman en sortie de match (la question non répondue était : « quelle équipe a marqué en dernier dans le match ? »), le joueur n'a présenté aucun trouble ni symptômes pouvant faire craindre à une commotion par la suite. Les 36 autres questionnaires de Maddock n'ont pas montré d'anomalie.

	Effort (n=37) Moyenne (écart type)	Repos (n= 37) Moyenne (écart type)	<i>p</i>	Cohen's d
MI	14.8 (±0.405)	14.9 (±0.277)	0.083	0.28
Concentration	3.40 (±0.928)	3.78 (±0.787)	0.025	0.44
MD	3.83 (±1.03)	3.84 (±1.09)	0.89	0.01
Funambule	0.950 (±0.221)	0.973 (±0.164)	0,57	0.12
symptôme	2,5 (±2.14)	0,081 (±0.363)	<0.001	1.57

MI : Test de mémoire immédiate sur 15 points

Concentration : chiffres à l'envers sur 4 points + mois à l'envers sur 1 point

MD : Mémoire différée (rappel des mots sur 5 points

Test de funambule : nombre d'essais compté

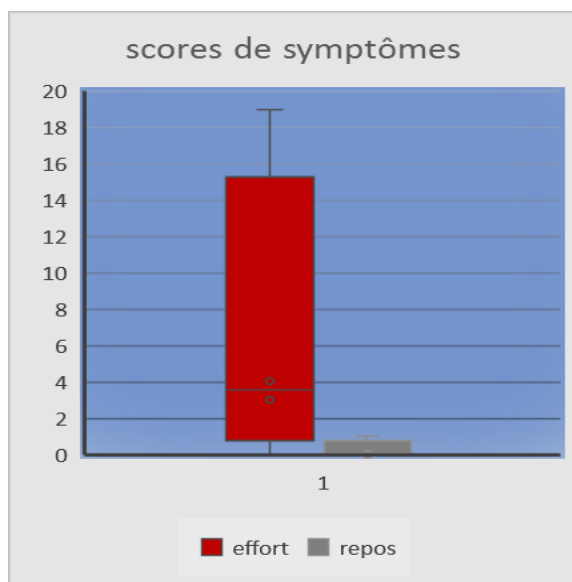
Symptôme : nombre de symptômes déclarés

Tableau 1 : comparaison des résultats au protocole HIAI en sortie d'effort vs repos

3. Autres items du protocole SCAT 3

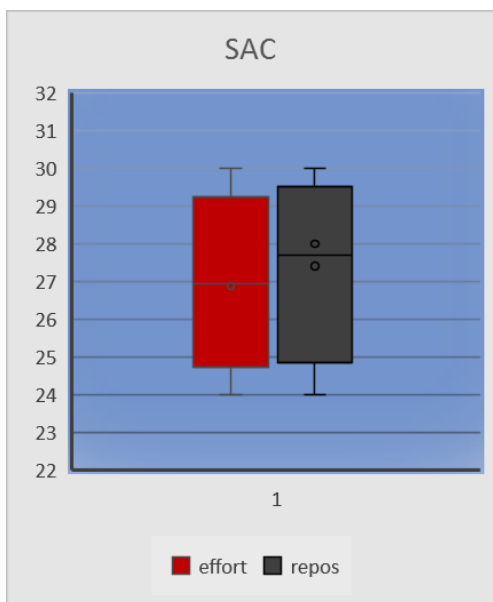
Les résultats, indiqués dans le tableau 2, suggèrent différentes modifications du SCAT 3 du fait de la fatigue physique :

- A la suite de l'augmentation du nombre de symptômes déclarés après l'effort, on trouve une augmentation du scores de gravité de ces symptômes ($p < 0.001$), représentée sur ce troisième graphique :



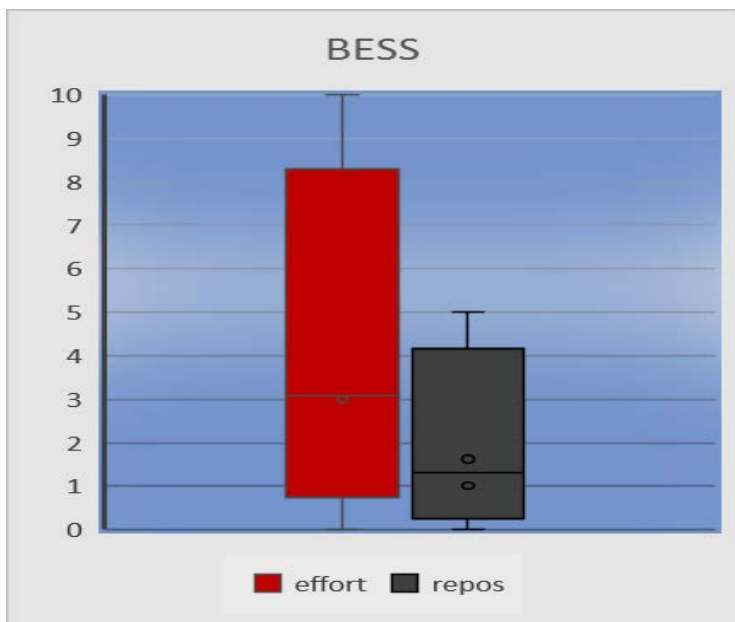
Graphique 3 : scores de gravité des symptômes

- Les résultats montrent aussi une diminution significative ($p = 0.037$) du SAC total dans notre cohorte, principalement due à la diminution aux tests de concentrations suite à l'effort (graphique 4).



Graphique 4 : comparaison de SAC

- Enfin, s'il n'y a pas de problème de coordination engendré par l'effort, on note que la fatigue physique est responsable d'une augmentation significative du nombre d'erreurs au BESS ($p < 0.001$), représenté dans ce 5^{ème} graphique :



Graphique 5 : Comparaison du nombre d'erreur au BESS

	Effort (n=37)	Repos (n= 37)		
	Moyenne (écart type)	Moyenne (écart type)	<i>p</i>	<i>Cohen's d</i>
SAC Total	26.9 (±1.68)	27,4(±1.62)	0.037	0.3
orientation	4.92 (±0.267)	4.97 (±0.164)	0.32	0.22
BESS	3.12 (±2.26)	1.62 (±1.40)	<0.001	0.8
Coordination	1 (±0)	1 (±0)	1	
Glasgow	15 (±0)	15 (±0)	1	
Score de symptômes	4.05 (±3.95)	0.081 (±0.363)	<0.001	1.41

SAC : Calcul su SAC total

BESS : test d'équilibre, nombre d'erreur compté

Coordination : épreuve doigt-nez (nombre d'essais compté)

Score : score de gravité des symptômes noté

Tableau 2 : comparaison des autres tests du protocole SCAT3

4. Comparaison rugby / autres sports

Les résultats notés dans le tableau 3 montrent une modification majorée du SAC du fait de la pratique du rugby en rapport à la pratique d'un sport sans contact ($p = 0.0033$), avec une perturbation notable des scores de mémoire différée ($p = 0.044$).

Les modifications notées sur les autres tests diagnostiques ne sont pas statistiquement différentes dans les suites d'un match de rugby en comparaison avec un sport sans contact.

<u>Variable</u>	<i>Rugby (n =19)</i>	<i>autre sport (n = 18)</i>	<i>P</i>	<i>Cohen's d</i>
BESS_diff,	1.53 (±1.50)	1.17 (±1.25)	0.46	0.26
concentration_diff,	-0.421 (±0.961)	0 (±0)	0.58	0.61
Coordination_diff	0 (±0)	-0.333 (±1.03)	1	0.45
funambule_diff	0 (±0)	-0.0556 (±0.416)	0.56	0.19
glasgow_diff	0 (±0)	0 (±0)	1	
MI_diff	-0.105 (±0.315)	-0.0556 (±0.236)	0.61	0.10
MD_diff	-0.421 (±1.17)	0.389 (±1.20)	0.044	0.68
orientation_diff	-0.0526 (±0.229)	0 (±0)	0.36	0.32
SAC_diff	-1.11 (±1.05)	0.167 (±1.38)	0.0033	1.04
symptomes_diff	2.05 (±1.65)	2.44 (±2.3)	0.094	0.2
score_diff	3.42 (±2.71)	3.72 (±3.51)	0.7	0.09

Tableau 3 : comparaison des perturbations à l'effort entre le rugby et les autres sports.

D. Discussion

Sur notre population de 37 sportifs, la majorité des tests du protocole HIA1 n'est pas influencée par la fatigue physique. C'est le cas du questionnaire de Maddock, des exercices de mémoire immédiate et différée, et test d'équilibre de la marche en tandem. En revanche, cette étude nous a permis de noter une différence significative lors des épreuves de concentration ($p=0.025$), et du nombre de symptômes déclarés ($p < 0.001$) à la suite de l'exercice.

Concernant l'ensemble du protocole SCAT3, si les scores de Glasgow, les exercices de coordination (doigt-nez), la marche en tandem, et les questions d'orientation n'ont pas été perturbés, nous retrouvons une modification globale du SAC ($p = 0.037$) et une majoration significative du nombre d'erreurs au BESS ($p < 0.0001$) dans les suites de l'effort enduré, autant par un match de rugby que par la pratique d'un autre sport. Enfin, à la suite de la hausse du nombre de symptômes déclarés, nous retrouvons une augmentation significative de score de gravité de ces symptômes ($p < 0.0001$).

1. Les données de la littérature

a) *Données sur les items du protocole HIA 1*

Au niveau des questions de mémoire immédiate et retardée et du test du funambule, notre étude retrouve des résultats similaires à celle de Lee, publiée en septembre 2017 (48), et de McCrea (41). En revanche, nos résultats divergent de ceux de la littérature au niveau du test de concentration, qui n'ont pas été retrouvés perturbés dans les études précédentes.

En comparaison à l'étude de Lee (48), plusieurs différences dans nos protocoles peuvent expliquer cette divergence : la première vient du fait qu'ils ont choisi de réaliser le protocole après 5 minutes de repos alors que nous l'avons fait le plus rapidement possible après l'exercice pour nous rapprocher des conditions réelles de passation. La deuxième différence est qu'ils ont dû réaliser les 2 parties de leur protocole à 3 semaines d'intervalle (contre 6 mois pour nous), en commençant par la mesure au repos, ceci pourrait témoigner d'un effet d'apprentissage. Enfin, la troisième différence vient des sujets étudiés : sportifs amateurs dans notre cas, d'une moyenne d'âge de 31.35 ans, et des athlètes professionnels d'un âge moyen de 21.3 ans dans leur cohorte, qui ont probablement de meilleures capacités de récupération.

La grande différence avec l'étude de McCrea vient de l'âge des sujets qui était en moyenne de 18.22 ans.

L'augmentation significative du nombre de symptômes décrits suite à la fatigue physique sont cohérents en comparaison aux différentes données de la littérature (28) (48). Les symptômes tels que « fatigue ou pas énergie », ou « sensation d'être ralenti » sont les plus fréquemment rapportés. L'exercice semble induire des symptômes semblables à des commotions cérébrales chez des participants indemnes, mais ces symptômes disparaissent progressivement après plusieurs minutes (28). Les symptômes énumérés dans les HIA1 et SCAT3 ne sont pas spécifiques d'une commotion cérébrale, ce sont des troubles retrouvés dans des pathologies diverses (migraines, nausées, anxiété), pouvant être aggravés par la fatigue.

b) Résultats sur le SCAT 3

De la même façon que nos études divergent sur le test de concentration, les perturbations que nous avons dans les calculs globaux des SAC vont aussi à l'encontre des résultats de McCrea (41) et Lee (48) qui ne notaient pas de différences globales. Les modalités de passations de nos protocoles peuvent encore expliquer ce fait : nous l'avons fait chez des sportifs amateurs d'une trentaine d'années en suite direct d'effort dans notre cas, alors que les études précédentes étaient faites chez des sportifs professionnels plus jeunes (18 ans pour Mc Crea et 21 ans pour Lee). Le fait que nos protocoles soient espacés de 6 mois pour limiter un biais d'apprentissage peut encore expliquer ce fait.

Au niveau du BESS, nos résultats sont en accord avec ceux retrouvés par Wilkins (34) et Fox (35), qui retrouvaient chacun des augmentations significatives du nombre d'erreurs au BESS après avoir réalisé des protocoles d'effort intenses, et contrôlés les tests d'équilibres sur plan dur et mousse.

Concernant l'augmentation du score de gravité des symptômes, celui-ci aussi est cohérent avec les données antérieures (28) (48). Il fait suite à l'augmentation du nombre de symptômes décrits, troubles non spécifiques de la commotion, aggravés par la fatigue.

Au final, notre étude semble confirmer des données suggérées par des études antérieures, à savoir qu'il existe une altération des tests diagnostiques de commotion cérébrale du fait même du seul effort. Ce qui nous amène à proposer la réalisation d'un bilan de référence qui serait réalisé immédiatement au décours d'un effort intense en début de saison, afin d'avoir une valeur de référence « à l'effort ».

c) Différences entre rugby et autres sports

Concernant l'analyse différenciée entre les rugbymen et autres sportifs, on trouve une perturbation majorée du SAC total après un match de rugby ($p = 0.0033$), avec une perturbation plus marquée sur les troubles de la mémoire différée qui n'étaient pas retrouvés suite à la pratique d'un autre sport (-0.421 points contre $+0.389$, $p = 0.044$). Les chocs répétés au cours du match pourraient être en cause dans cette perturbation, indépendamment de toute commotion cérébrale. Une autre explication pourrait être la nature de l'activité physique : même si les sujets « contrôlés » ont dû réaliser une activité à haute intensité, il a été montré que le rugby est un jeu hautement aérobique, mais avec une composante anaérobie majeure nécessitant une forte tolérance au lactate. (54) Caractéristiques que nous n'avons peut-être pas obtenues avec nos sportifs non rugbymen ? Même si les fréquences cardiaques contrôlées en fin d'efforts étaient plus élevées dans ce groupe 141 bpm (± 16.5 , min 115 bpm , max 170 bpm), que dans le groupe « rugbymen » (± 17.6 , min 100 bpm , max 150 bpm), ($p=0.003$) pour des populations semblables. Nous n'avons pas trouvé de données antérieures comparant les perturbations des protocoles HIA1 et SCAT 3 au cours d'un match de rugby vs un autre sport, mais il semblerait intéressant de contrôler cette différence sur une population plus importante et un protocole de fatigue « mimant » au mieux la pratique d'un match de rugby.

2. Critique de l'étude

a) Protocole d'effort

Notre population étudiée était constituée de sportifs amateurs entraînés, avec une activité régulière (3 entraînements par semaine). Nous avons décidé de mesurer la fréquence cardiaque pour contrôler la fatigue engendrée par l'exercice physique, mais il a été noté que la

fréquence cardiaque diminuait rapidement après le pic d'exercice chez des sujets entraînés (une baisse de 80 bpm en 3 minutes (55)). Ceci peut expliquer que les fréquences contrôlées après l'effort étaient moins élevées qu'attendu dans notre population de sportifs amateurs entraînés. Mais cela suggère aussi que nos résultats pourraient ne pas être strictement transposables à une population de sportif de très haut niveau qui possède des capacités de récupération supérieures à notre groupe d'étude. Une autre façon d'évaluer la fatigue engendrée par l'activité en bord de terrain aurait pu être l'utilisation de l'échelle subjective de Borg (56), mais que nous n'avons pas retenu de façon pratique, afin de ne pas augmenter le laps de temps entre l'effort et l'examen.

b) Conditions de mesure

Nous avons, dans la mesure du possible, essayé de réaliser les mesures au repos et à l'effort dans des conditions similaires : en respectant les mêmes tranches horaires, les mêmes lieux au maximum (dans la salle de sport à l'effort et au repos pour les pratiquants de Crossfit, au bord du terrain pour les joueurs d'une des équipes de rugby, dans les vestiaires pour ceux d'une autre équipe, avec le même entourage pour certains athlètes), en essayant de pallier à tout facteur pouvant parasiter nos mesures.

c) Puissance de l'étude

Nous avons analysé 37 patients au sein de notre étude, ce qui nous a permis de retrouver des différences significatives dans certains items des protocoles HIA1 et SCAT3. On peut se demander si une étude plus puissante, menée sur un échantillonnage plus important retrouverait plus de perturbations dues à l'effort, ou si certains tests non perturbés auraient présentés une différence avec des effectifs plus larges.

d) Biais d'apprentissage

Des travaux antérieurs chez des adolescents et des jeunes adultes ont suggéré une fiabilité test-retest faible à modérée pour les composants SCAT3 chez les témoins non blessés

lorsqu'ils ont été testés à 7 jours d'intervalle, mais les effets d'apprentissage n'étaient pas retrouvés pour un intervalle plus long (d'une moyenne 196j) (45). Pour cette raison, nous avons respecté un délai minimum de 6 mois entre les 2 passations du protocole. De plus, pour les tests de mémoire immédiate et prolongée, la liste de mots à retenir variait entre chaque analyse.

3. Evolutions ultérieures

Notre travail semble indiquer certaines perturbations à l'effort des tests utilisés dans le diagnostic de commotion cérébrale sur terrain.

Afin d'augmenter la sensibilité des tests, la Fédération Internationale de Rugby a utilisé un processus diagnostique en 3 étapes (protocole HIA1, 2 et 3) (48).

Notre travail souligne le problème des faux positifs du fait même de l'effet de l'effort physique sur les tests neuro-psychologiques. Ceci amène à réfléchir à d'autres modalités diagnostiques qui font actuellement l'objet de nombreux programmes de recherche et publications scientifiques.

a) Aide de la video

Le SCAT 5 introduit la reconnaissance de signes cliniques de commotion cérébrale à la vidéo (annexe 1). Plusieurs études notent une augmentation de la sensibilité dans le diagnostic des commotions grâce à l'observation vidéo faite par un praticien entraîné (57) (58), et suggèrent d'ajouter cet outil à l'analyse multimodale du bord de terrain. En effet, les signes cliniques observés immédiatement au décours d'une commotion sont parfois fugaces (par exemple une perte d'équilibre, une mauvaise coordination, un étourdissement...) et l'analyse vidéo permet de visualiser l'action à de multiples reprises sous différents angles et au ralenti.

b) Protéine S100B (59)

La protéine S100B a été découverte par Moore en 1965. C'est une holoprotéine dimérique de 21 kDa, dont la sous-unité β est synthétisée par certaines cellules du tissu cérébral. Son intérêt en biologie clinique est lié à sa libération au niveau extracellulaire au cours, entre

autres, d'un état de souffrance du tissu cérébral. Son dosage sérique a été rapporté pour la première fois au début des années 2000, comme marqueur biologique du traumatisme crânien léger.

Chaque joueur doit avoir un taux de base établi (les variations individuelles sont importantes), le taux augmente à la fin d'un match, en lien avec le nombre de contact subis. Trente-six heures après un match, une augmentation persistante de 20% ou plus par rapport aux concentrations basales individuelles a identifié une commotion avec une sensibilité de 100% et une spécificité de 81%. C'est donc un test discriminant pour identifier une commotion cérébrale, avec une valeur prédictive négative de 100. Une étude multicentrique est en cours, pilotée par le CHU de Clermont-Ferrand, pour l'utiliser comme outil de diagnostic rétrospectif dans le cadre de commotions liées au sport. Cependant, la protéine S100B apparaît dans le sang trente minutes après un choc et atteint son pic au bout de trois heures, ce qui rend compliqué une estimation de commotion sur le terrain.

4. La commotion dans le sport amateur

Au cours de cette étude, les sportifs interrogés, particulièrement les rugbymen ont tous répondu très favorablement et semblaient très intéressés par la question de la commotion cérébrale. Aucun n'a refusé de participer au protocole. Lors des discussions d'après match, certains cherchaient des renseignements et me racontaient les épisodes commotionnels qu'ils avaient eu au cours de leur carrière. Un entraîneur et un arbitre amateur m'ont même demandé un exemplaire du SCAT 3, avec en particulier les signes et symptômes que l'on peut retrouver dans la Graded Symptom Checklist. L'arbitre m'expliquant qu'une de ses grandes craintes au cours d'un match était de passer à côté d'une commotion, d'autant qu'il n'y a pas forcément de médecin en bord de terrain.

Si la notion de commotion et ses éventuels risques à court et long terme semblait connue grâce à des vidéos de match, des reportages et films sur la question ; la reconnaissance de signes commotionnels discrets, les modalités de suivi, les périodes d'arrêt et protocoles de reprise après une commotion l'étaient moins. Une étude réalisée dans le rugby amateur en Midi-Pyrénées allait dans ce sens, elle retrouvait des lacunes générales dans le diagnostic de commotion cérébrale, bien que celui-ci fut posé de façon correcte par au moins un acteur présent sur le terrain au cours d'un match. De plus, les questions relatives à la prise en charge

immédiate faisaient aussi apparaître certaines difficultés (60).

Les lacunes dans ces connaissances me semblaient plus importantes dans le groupe « autre sport » que chez les rugbymen.

L'éducation sur les questions de commotions dans le sport et leur prise en charge est un problème de santé publique. Celle-ci peut facilement être initiée par le médecin signant la licence de rugby en début d'année, mais aussi d'autres sports où les chocs sont fréquents et le risque commotionnel existe mais est certainement minimisé (Basket, handball, football par exemple).

E. Conclusion

Notre étude menée sur 37 sportifs amateurs, répartis en 19 rugbymen et 18 pratiquants de sport sans contact suggère une augmentation des symptômes déclarés ainsi que de leur score de gravité à la suite de l'effort. Elle retrouve aussi des perturbations aux tests de concentration, présents dans le protocole HIA1, du seul fait de la fatigue physique engendrée par le match.

De plus, l'effort physique a provoqué une diminution du score au SAC et une majoration du nombre d'erreurs au test d'équilibre BESS utilisés dans le SCAT 3. Ces altérations semblent plus marquées pour la pratique du rugby que pour un autre sport.

L'ensemble de ce travail souligne la limite des tests neuropsychologiques dans le diagnostic de commotion cérébrale à la phase aiguë. Ceci souligne l'intérêt d'études complémentaires pour améliorer le dépistage de ces accidents en pratiques sportives.

F. Références bibliographiques

1. CNOSF : Colloque sur la commotion cérébrale liée aux activités physiques et sportives, Paris, le 8 février 2012
2. McCrory P., Meeuwisse W.H, Aubry M., and al: Consensus Statement on Concussion in Sport—the 4th International Conference on Concussion in Sport Held in Zurich, November 2012. Clin J Sport Med 2013; 23:89–117
3. McCrory P., Meeuwisse W., Dvorak J, and al: the 5th International Conference on Concussion in Sport Held in Berlin, october 2016
4. P McCrory, K Johnston, W Meeuwisse, and al “Summary and agreement statement of the 2nd International Conference on Concussion in Sport, Prague 2004”. Br J Sports Med. 2005 Apr; 39(4): 196–204.
5. JF Cherman, and al « Commotion cérébrale du sportif de haut niveau. Étude prospective de 211 cas pris en charge en consultation spécialisée » Journal de Traumatologie du Sport Volume 33, Issue 2, June 2016 : 88-96
6. Laura K. Purcelli. “l’évaluation et la prise en charge des commotions cérébrales liées au sport”. Paediatr Child Health 2014 :19(3) :159-65
7. R. Cantu “Posttraumatic retrograde and anterograde amnesia: pathophysiology and implications in grading and safe return to play” J Athl Train, 36 (2001): 244-248
8. Guskiewicz KM, Weaver NL, Padua DA, and al “Epidemiology of concussion in collegiate and high school football players.” Am J Sports Med. 2000 Sep-Oct;28(5): 643-650.
9. Guskiewicz KM; McCrea M.; Marshall S.W; and al “Cumulative effects associated with recurrent concussion in collegiate football players: The ncaa concussion study” JAMA Nov 19, 2003. 290(19): 2549-2555
10. Powel J.W., Barber-Foss K.D “Traumatic Brain Injury in high school athletes” JAMA Sept 8, 1999. 282 (10) : 958-963
11. Emery C.A, Kang J., Shrier I, and al “Risk of injury Associated with body checking among youth ice hockey players” JAMA, June 9, 2010. 303(22) : 2265-2272
12. Lau B, Lovell MR, Collins MW, and al. “Neurocognitive and symptom predictors of recovery in high school athletes.” Clin J Sport Med. 2009 May;19(3):216-21
13. Wetjen N.M, Pichelmann M.A, Atkinson J “Second Impact Syndrome: Concussion and

Second Injury Brain Complications” american College of Surgeons Vol. 211, No. 4, Oct 2010

14. Quintana L.M “Second Impact Syndrome in Sports” World Neurosurgery 91: 647-649, July 2016
15. Byard R.W, Vink R. “The second impact syndrome” Forensic Science, Medicine, and Pathology Mars 2009. 5: 36-38.
16. McCrory, “Does Second Impact Syndrome Exist?” Clinical Journal of Sport Medicine. Volume 11(3), July 2001: 144-149
17. Chermann JF “Comotions cérébrales et sport : complications à long terme” Journal de réadaptation médicale 2014 ; 34 : 118-125
18. Parker H.L. “traumatic encephalopathy (' punch drunk) of professional pugilism” J neurol Psychopatol 1934: 20-28
19. Thomas-Anterion C. “l’encéphalopathie chronique traumatique (ECT) : une vision plus large de l’ancienne démence pugilistique” Pratique neurologique-FMC 2016 ; 7 :184-188
20. Guskiewicz KM, Marshall SW, Bailes J, and al “Association between recurrent concussion and late-life cognitive impairment in retired professional football players.” Neurosurgery. 2005 Oct;57(4):719-26;
21. McKee AC, Stein T, Kiernan P, and al “The Neuropathology of Chronic Traumatic Encephalopathy” Brain Pathology. Volume 25, Issue 3 May 2015: 350–364
22. McKee AC, Stern RA, Nowinski CJ, and al “The spectrum of disease in chronic traumatic encephalopathy” Brain 2013: 136; 43–64
23. Société française de médecine d’urgence : « Traumatisme crânien léger (score de Glasgow de 13 à 15) : triage, évaluation, examens complémentaires et prise en charge précoce chez le nouveau-né, l’enfant et l’adulte » Ann. Fr. Med. Urgence (2012) 2: 199-214
24. Maddocks DL, Dicker GD, Saling MM. “The assessment of orientation following concussion in athletes”. Clin J Sport Med 1995; 5:32–5
25. Guskiewicz K.M.; Bruce S.L.; Cantu R.C and al “National Athletic Trainers' Association Position Statement: Management of Sport-Related Concussion” J Athl Train. 2004 Jul-Sep; 39(3): 280–297.
26. McCrea M, Guskiewicz KM, Marshall SW, and al “Acute effects and recovery time following concussion in collegiate football players: the NCAA Concussion Study.” JAMA 2003;290:2556- 63.
27. Giza CC, Kutcher J.S, Ashwal S., and al “Summary of evidence-based guideline update:

Evaluation and management of concussion in sports” *Neurology* June 11, 2013 vol. 80 no. 24 2250-2257.

28. Balasundaram A.P., Sullivan J.S, Schneiders A.G, and al “Symptom response following acute bouts of exercise in concussed and non-concussed individuals A systematic narrative review” November 2013 Volume 14, Issue 4: 253–258..
29. Silva SCF; Sousa RM “Galveston Orientation and Amnesia Test: applicability and relation with the Glasgow Coma Scale” *Rev. Latino-Am. Enfermagem* vol.15 no.4 Ribeirão Preto July/Aug. 2007.
30. Levin HS “The Galveston Orientation and Amnesia Test. A practical scale to assess cognition after head injury.” *J Nerv Ment Dis.* 1979 Nov;167(11):675-684.
31. Riemann B.L., Guskiewicz K.M., and Shields E.W. “Relationship Between Clinical And Forceplate Measures of Postural Stability” *Journal of Sport Rehabilitation*, 1999,8, 71-82
32. Guskiewicz K.M., Ross S.E., Marshall S.W “Postural Stability and Neuropsychological Deficits After Concussion in Collegiate Athletes.” *Journal of Athletic Training.* 2001;36(3):263-273.
33. Guskiewicz K.M, “Postural Stability Assessment Following Concussion: One Piece of the Puzzle” *Clinical Journal of Sport Medicine* 11(3), July 2001: 182-189
34. Wilkins J.C; Valovich McLeod T.C; Perrin D.H; and al “Performance on the Balance Error Scoring System Decreases After Fatigue” *Athl Train* 2004; 39:156—61.
35. Fox Z.G; Mihalik J.P; Blackburn J.T.; and al “Return of Postural Control to Baseline After Anaerobic and Aerobic Exercise Protocols” *J Athl Train.* 2008 Sep-Oct; 43(5): 456–463.
36. Schneiders A.G, Sullivan S.J, McCrory P.R., and “The effect of exercise on motor performance tasks used in the neurological assessment of sports-related concussion.” *Br J Sports Med* 2008;42(12): 1011–1013
37. Stolze H., Klebe S., Petersen G., and al “Typical features of cerebellar ataxic gait.” *NeuroPrac* 2002; 73 :310–12.
38. Swaine B.R, Sullivan S.J “Reliability of the scores for the finger-to-nose test in adults with trauma”. *Phys Ther* 1993;73 :71–78.
39. McCrea M, Kelly J.P, Kluge J, and al “Standardized Assessment of Concussion in football players” *Neurology* 1997;48:586-588
40. McCrea M, Kelly JP, Randolph C, and al. “Standardized assessment of concussion (SAC): on-site mental status evaluation of the athlete.” *J Head Trauma Rehabil.*1998;13:27–

- 35.
41. McCrea “Standardized Mental Status Testing on the Sideline After Sport-Related Concussion” J Athl Train. 2001 Jul-Sep; 36(3): 274–279.
42. McCrea.M., Kelly.J, Randolph.C, and al “Immediate Neurocognitive Effects of Concussion” Neurosurgery 50:1032–1042, 2002
43. McCrea. M , Iverson. G.L, Echemendia. R.J and al, “Day of injury assessment of sport-related concussion”British Journal of Sports Medicine 04/01/2013. 47 (5) 272-284
44. Aubry. M, Cantu. R, Dvorak.J, and al “Summary and Agreement Statement of the 1st International Symposium on Concussion in Sport, Vienna 2001” Clinical Journal of Sport Medicine,12:6–11
45. Chin E.Y, Nelson L.D, Barr W.B, and al “Reliability and Validity of the Sport Concussion Assessment Tool–3 (SCAT3) in High School and Collegiate Athletes” The American Journal of Sports Medicine. 2016-06-0844(9):2276–2285
46. Guskiewicz.K.M, Register-Mihalik J, McCrory P and al “Evidence-based approach to revising the SCAT2: introducing the SCAT3” Br J Sports Med 2013;47:289–293
47. Gavin “The evaluation and management of acute concussion differs in young children” Br J Sports Med 2014; 48: 98-101
48. Lee J.H David R. Howell, and al “Effects of Exercise on Sport Concussion Assessment Tool–Third Edition Performance in Professional Athletes” Orthopaedic Journal of Sports Medicine Volume: 5 issue: 9, September 15, 2017
49. Raftery M, Kemp.S, Patricios J. and al“It is time to give concussion an operational definition: a 3-step process to diagnose (or rule out) concussion within 48 h of injury: World Rugby guideline” March 3, 2016 as 10.1136/bjsports-2016-095959
50. Decq.P, Chermann F, Loiseau H, and al: « Rugby Professionnel et traumatismes crâniens (commotions cérébrales) : Recommandations pour leur prise en charge en France » Journal De Traumatologie Du Sport 28 (2011) 227–242
51. 150727 DC World Rugby Council Decision - Annual Meeting 2015 - HIA.pdf - wrHIAProtocol.pdf
52. Medicales Equestrian Association Ireland: « Rehabilitation and Return to Riding Following Concussion »
53. Bernard R, Falgairette G, Gavarry O, and al« Intérêt de la fréquence cardiaque pour évaluer la consommation d’oxygène en situation non stable d’exercice et au cours de la récupération » Science & Sports 1996; 96-103

54. Coutts A, Reaburn P, Abt G. "Heart rate, blood lactate concentration and estimated energy expenditure in a semi-professional rugby league team during a match: a case study." *J Sports Sci.* 2003 Feb;21(2):97-103
55. Darr C, Bassett DR, Morgan BJ, and al. "Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise." *Am J Physiol.* 1988 Feb;254(2 Pt 2): 340-343.
56. G. Borg: "Borg's perceived exertion and pain scales" 1998
57. Makdissi M , Davis G. "The reliability and validity of video analysis for the assessment of the clinical signs of concussion in Australian football" *J Sci Med Sport* 2016;19(10):859-863
58. Cusimano M.D, Casey.J , Jing and al, "Assessment of Head Collision Events During the 2014 FIFA World Cup Tournament" *JAMA* June 27, 2017 Vol 317, N 24 : 2548-2459
59. Bouvier.D, Duret.T , Abbot.M, and al "Utility of S100B Serum Level for the Determination of Concussion in Male Rugby Players" 18.07.2016.
60. Brauge.D , Moulin.B , Lafargue.M and al « Évaluation des connaissances autour de la commotion cérébrale dans le rugby amateur du comité Midi-Pyrénées » *Science & Sports* Volume 31, Issue 5, Oct 2016 : 297-302

G. ANNEXES

1. Annexe 1: SCAT 5

BJSM Online First, published on April 26, 2017 as 10.1136/bjsports-2017-097506SCAT5

10.1136/bjsports-2017-097506SCAT5

SCAT5⁰ SPORT CONCUSSION ASSESSMENT TOOL-5TH EDITION

DEVELOPED BY THE CONCUSSION IN SPORT GROUP
FOR USE BY MEDICAL PROFESSIONALS ONLY

FIFA[®]

Patient details

Name: _____
DOB: _____

Address: _____

ID Number: _____

Examiner: _____

Date of injury: _____ Time: _____

WHAT IS THE SCATS?

The SCAT5 is a standardised tool for evaluating concussions designed for use by physiotherapists and licensed healthcare professionals. The SCAT5 cannot be performed correctly in less than 10 minutes.

If you are not a physiotherapist or licensed healthcare professional, please use the Concussion Recognition Tool (CRT). The SCAT5 is to be used for evaluating athletes aged 13 years and older. For children aged 12 years or younger, please use the Child SCAT5.

Pre-season SCAT5 baseline testing can be useful for interpreting post-injury test scores but is not required for that purpose. Detailed instructions for use of the SCAT5 are provided on page 7. Please read through these instructions carefully before testing the athlete. Brief verbal instructions for each test are given in Table 1. The only equipment required for the test is a watch or timer.

This tool may be freely copied in its current form for distribution to individuals, teams, groups and organisations.

It should not be altered in any way, re-branded or sold for commercial gain. Any revision, translation or reproduction in a digital form requires specific approval by the Concussion in Sport Group.

Recognise and Remove

A head impact by either a direct blow or indirect transmission of force can be associated with a serious and potentially fatal brain injury. If there are significant concerns including any of the red flags listed in Box 1, then activation of emergency procedures and urgent transport to the nearest hospital should be arranged.

Key points

- Any athlete suspected of having a concussion should be removed from play. Medically assessed and monitored for deterioration. No athlete diagnosed with concussion should be returned to play on the day of injury.
- If an athlete is suspected of having a concussion and medical personnel are not immediately available, the athlete should be referred to a medical facility for urgent assessment.
- Athletes with suspected concussion should not drink alcohol, use recreational drugs and should not drive a motor vehicle until cleared to do so by a medical professional.
- Concussion signs and symptoms evolve over time and it is important to conduct repeat evaluation on the assessment of concussion.
- The diagnosis of a concussion is a clinical judgment made by a medical professional. The SCAT5 should NOT be used by itself to make, or exclude, the diagnosis of concussion. An athlete may have a concussion even if the SCAT5 is 'normal'.

Remember:

- The basic principles of first aid (danger, response, airway, breathing, circulation) should be followed.
- Do not attempt to move the athlete (other than that required for airway management) unless trained to do so.
- Assessment for a spinal cord injury is a critical part of the initial field assessment.
- Do not remove a helmet or any other equipment unless trained to do so safely.

© 2017

Copyright Article author (or the employer) 2017. Produced by BMJ Publishing Group Ltd under licence.

IMMEDIATE OR ON-FIELD ASSESSMENT

The following elements should be assessed for all athletes who are suspected of having a concussion prior to proceeding to the neurocognitive assessment and ideally should be done on-field after the first aid emergency care priorities are completed.

If any of the "Red Flags" or observable signs are noted after a direct or indirect blow to the head, the athlete should be immediately and safely removed from participation and evaluated by a physician or licensed healthcare professional.

Consideration of transportation to a medical facility should be at the discretion of the physician or licensed healthcare professional.

The GCS is important as a standard measure for all patients and can be done serially if necessary in the event of deterioration in conscious state. The Maddocks questions and cervical spine exam are critical steps of the immediate assessment; however, these do not need to be done serially.

STEP 1: RED FLAGS

RED FLAGS:

Neck pain or tenderness

Double vision

Weakness or tingling/numbing in arms or legs

Severe or increasing headache

Seizure or convulsion

Loss of consciousness

Deteriorating conscious state

Vomiting

Increasingly restless, agitated or combative

STEP 2: OBSERVABLE SIGNS

Witnessed ☐ Observed on Video ☐

Lying motionless on the playing surface	Y	N
Balance / gait difficulty / motor incoordination: stumbling, slow / laboured movements	Y	N
Orientation or confusion, or an inability to respond appropriately to questions	Y	N
Slurred or vacant speech	Y	N
Focal injury or head trauma	Y	N

STEP 3: MEMORY ASSESSMENT MADDOCKS QUESTIONS²

1. I'm going to ask you a few questions. Please answer as fully as you can.

Mark Y for correct, N for incorrect

What venue were we at today?	Y	N
Which half are we in now?	Y	N
Who are the two teams in the match?	Y	N
What team did you play for?	Y	N
What was the final score?	Y	N

Note: Appropriate open-ended questions may be used.

Name: _____

008: _____

Address: _____

ID number: _____

Examiner: _____

Date: _____

STEP 4: EXAMINATION

GLASGOW COMA SCALE (GCS)³

Time of examination

Date of examination

Best eye response (E)

No eye opening

Eye opening to pain

Eye opening to speech

Eye opening spontaneously

Best verbal response (V)

No verbal response

Incomprehensible sounds

Inappropriate words

Confused

Oriented

Best motor response (M)

No motor response

Extension against pain

Abnormal flexion to pain

Flexion / Withdrawal to pain

Obey commands

Glasgow Coma Scale (E+V+M)

CERVICAL SPINE ASSESSMENT

On the athlete report that there is no pain, tenderness or swelling

If the athlete is not in a neutral position, do not have a full range of active motion in the neck

Is the athlete's neck movement normal?

In a patient who is not lucid or fully conscious, a cervical spine injury should be assumed until proven otherwise.

OFFICE OR OFF-FIELD ASSESSMENT

Please note that the neurocognitive assessment should be done in a distraction-free environment with the athlete in a resting state.

STEP 1: ATHLETE BACKGROUND

Sport/team/school _____

Date/time of injury: _____

Years of education completed: _____

Age: _____

Gender: M ☐ F ☐ Other _____

Dominant hand: left ☐ neither ☐ right ☐

How many diagnosed concussions has the athlete had in the past? _____

When was the most recent concussion? _____

How long was the recovery (time to being cleared to play) from the most recent concussion? _____ (days)

Has the athlete ever been:

Hospitalized for a head injury? Yes No

Diagnosed / treated for head/neck disorder or migraines? Yes No

Diagnosed with learning disability / dyslexia? Yes No

Diagnosed with AOD / AODH? Yes No

Diagnosed with depression, anxiety or other psychiatric disorder? Yes No

Current medications? If yes, please list:

Name: _____

DOB: _____

Address: _____

ID number: _____

Examiner: _____

te: _____

STEP 2: SYMPTOM EVALUATION

The athlete should be given the Symptom Form and asked to read it if it is in their preferred language. If the athlete is not comfortable reading it, the examiner should read it to them. The athlete should then complete the Symptom Form and the examiner should read it to them. The athlete should then complete the Symptom Form and the examiner should read it to them.

Please Check: ☐ Baseline ☐ Post-Injury

Please hand the form to the athlete

	none	mild	moderate	severe
Headache				
Pressure in head				
Neck pain				
Nausea or vomiting				
Dizziness				
Blurred vision				
Balancing problems				5
Sensitivity to light	0	2	5	6
Sensitivity to noise				
Feeling slowed down		2	3	
Feeling like in a fog	0		3	
Double vision	0			
Difficulty concentrating	0			6
Difficulty remembering	0		3	
Fatigue or low energy	0			
Confusion	0			
Overwhelmed	0			
Mood swings				
Irritability				
Sadness	0		3	
Nervous or anxious	0		3	
Trouble falling asleep (if applicable)				
Total number of symptoms:				or 22
Symptom severity 100%				of 132
Do your symptoms get worse with physical activity?				Y
Do your symptoms get worse with mental activity?				Y N
If 100% feeling physically normal, what percent of normal do you feel?				
If not 100%, why?				

Please hand form back to examiner

STEP 4: NEUROLOGICAL SCREEN

See the instruction sheet (page 7) for details of test administration and scoring of the tests.

Can the patient read aloud (e.g., symptom checklist) and follow instructions without difficulty?	y	N
Does the patient show a full range of pain-free PASSIVE cervical spine movement?	y	N
Without moving the head or neck, can the patient look side-to-side, up-and-down without double vision?	y	N
Can the patient perform the finger-nose coordination test normally?	y	N
Can the patient perform tandem gait normally?	y	N

BALANCE EXAMINATION

Modified Balance Error Scoring System (mBESS) testing*

Which foot was tested (i.e., with the non-dominant foot)?	Left	Right
Testing surface (hard floor, field, etc.)		
Footwear (sneakers, barefoot, brace, tape, etc.)		
Condition	Error	
Double leg stance	of 10	
Single leg stance (non-dominant foot)	of 10	
Tandem stance (non-dominant foot at the back)	of 10	
Total Errors	of 30	

Name: _____
 OOB: _____
 Address: _____

10 number: _____
 Examiner: _____

Time: _____

STEP 5: DELAYED RECALL:

The delayed recall should be performed after 5 minutes have elapsed since the end of the Immediate Recall section. Score 1 pt. for each correct response.

How many of the words did you remember from the list?

Time Started

Plus the number of words correctly recalled from the list.

Total number of words remembered: **of 5** or **of 10**

STEP 6: DECISION

DO NOT	of 15	of 15	of 15
Symptom number (of 22)	of 30	of 30	of 30
Symptom number (of 132)			
OMT (of 10)			
Concentration (of 10)			
Neuroam	Normal	Normal	Normal
BoO (of 30)			
O. Oayed Recall	of 5	of 5	of 5
	of 10	of 10	of 10

Da, and " " of Jury

Hit the ball to the right of the net. The ball is in the net. The ball is in the net.

Concussion? (If the ball is in the net, the ball is in the net.)

OY: O No O Un-t O Not Appliance

I am a physician or licensed healthcare professional and have personally administered or supervised the administration of this SCATS.

Signature:

Name: _____
 Title: _____

Registration number (if applicable): _____
 Date: _____

SCORING ON THE SCATS SHOULD NOT BE USED AS A STAND-ALONE METHOD TO DIAGNOSE CONCUSSION, MEASURE RECOVERY OR MAKE DECISIONS ABOUT AN ATHLETE'S READINESS TO RETURN TO COMPETITION AFTER CONCUSSION.

CLINICAL NOTES:

Name: _____
DOB: _____
Address: _____
ID number: _____
Examiner: _____
Date: _____

CONCUSSION INJURY ADVICE

(To be given to the person monitoring the concussed athlete)

This patient has received an injury to the head. A careful medical examination has been carried out and no sign of any serious complications has been found. Recovery time is variable across individuals and the patient will need monitoring for a further period by a responsible adult. Your treating physician will provide guidance as to this timeframe.

If you notice any change in behaviour, vomiting, worsening headache, double vision or excessive drowsiness, please telephone your doctor or the nearest hospital emergency department immediately.

Other important points:

Initial Rest: Limit physical activity to routine daily activities (avoid exercise, training, sports) and limit activities such as school work and screen time to a level that does not worsen symptoms.

- 1) Avoid alcohol
- 2) Avoid prescription or non-prescription drugs without medical supervision. Specifically:
 - a) Avoid sleeping tablets
 - b) Do not use aspirin, anti-inflammatory medication or stronger pain medications such as narcotics
- 3) Do not drive until cleared by a healthcare professional.
- 4) Return to play/sport requires clearance by a healthcare professional.

Clinic phone number: _____

Patient's name: _____

Date/Time of injury: _____

Date/Time of medical review: _____

Healthcare Provider: _____

© Concussion in Sport Group 2017

Contact details or stamp

Davis GA. *et al*. *J Sports Med* 2017;0:1-8 doi:10.1136/11jsports-2017-097506SCATS

2. Annexe 2: Protocole HIA1



HIA - Évaluation de Traumatisme crânien Formulaire 1

HIA1

Nom du joueur		Numéro du joueur	
Date de la blessure		Nom du médecin	
Équipe		Adversaire	
Compétition			
Moment de la blessure	☐ Premier quart ☐ Deuxième quart ☐ Troisième quart ☐ Quatrième quart		

MERCI DE COMPLÉTER LA SECTION 1 OU LA SECTION 2

SECTION 1 – Sortie immédiate et définitive sans retour au jeu - Merci de préciser la(les) raison(s) :	
Crise tonique posturale	Convulsions
Perte de connaissance confirmée	Suspicion de perte de connaissance
Trouble de l'équilibre / ataxie	Désorienté (temps, lieu, personnes)
Clairement sonné	Clairement confus
Changements évidents de comportement	Tout autre signe ou symptôme détecté sur le terrain évoquant une commotion
Signes ophtalmologiques (ex nystagmus spontané)	

Sortie demandée par : ☐ Médecin de l'équipe ☐ Médecin du Match ☐ Kinésithérapeute
☐ Arbitre ☐ Médecin du Tournoi ☐ Après examen vidéo pendant le match

Vidéo disponible? ☐ Oui ☐ Non

SECTION 2 - Évaluation du traumatisme crânien au bord du terrain - Merci de préciser la(les) raison(s)		
Traumatisme crânien sans diagnostic immédiatement apparent	Possibles changements du comportement	
Possible confusion	Événement traumatique susceptible d'entraîner une commotion (témoin)	
Autre, précisez :		
Évaluation du traumatisme crânien au bord du terrain (Si l'un des tests n'est pas réalisable, merci d'en indiquer la raison)		
RÉPONDEZ À TOUTES LES QUESTIONS – Une seule case cochée dans la colonne 1 : le joueur ne doit pas reprendre le jeu		
Score de Maddock - Orientation	1 Incorrect	2 Correct
Dans quel stade jouons-nous aujourd'hui ?	☐	☐
Dans quelle mi-temps sommes-nous ?	☐	☐
Quelle équipe a marqué en dernier dans ce match ?	☐	☐
Contre quelle équipe avez-vous joué la semaine dernière ?	☐	☐
Votre équipe a-t-elle remporté son dernier match ?	☐	☐

La Section 2 se poursuit au verso

SECTION 2 - Évaluation du traumatisme crânien au bord du terrain - suite		
RÉPONDEZ À TOUTES LES QUESTIONS – Une seule case cochée dans la colonne 1 : le joueur ne doit pas reprendre le jeu	1	2
Mémoire immédiate (ANORMAL = score < 12 ou inférieur au score présaison)	Anormal	Normal
Option 1 : Noix / Tente / Canard / Ceinture / Hippocampe	☐	☐
Option 2 : Nid / Pile / Orange / Baignoire / Hérisson	☐	☐
Option 3 : Rose / Tasse / Coton / Guitare / Libellule	☐	☐
Chiffres à l'envers (ANORMAL = score < 2 ou inférieur au score présaison)	Anormal	Normal
Essai 1 : 4-3-9 / 3-8-1-4 / 6-2-9-7-1 / 7-1-8-4-6-2	☐	☐
Essai 2 (en cas de besoin) : 6-2-9 / 3-2-7-9 / 1-5-2-8-6 / 5-3-9-1-4-8	☐	☐
Marche en tandem (résultat NORMAL est un score ≤ 14 secondes)	Anormal	Normal
Résultats de la Marche en tandem en secondes 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____	☐	☐
Symptômes	Oui	Non
Avez-vous mal à la tête ?	☐	☐
Avez-vous des vertiges ?	☐	☐
Avez-vous la tête lourde ?	☐	☐
Avez-vous des nausées ou envie de vomir ?	☐	☐
Avez-vous des troubles de la vue ?	☐	☐
Êtes-vous gêné par la lumière ou le bruit ?	☐	☐
Avez-vous la sensation d'être au ralenti ?	☐	☐
Avez-vous l'impression d'être « dans le brouillard » ?	☐	☐
Vous ne vous sentez pas bien ?	☐	☐
Mémoire différée (ANORMAL = score < 2 ou inférieur au score présaison)	Anormal	Normal
Tester le rappel des mots utilisés pour la mémoire immédiate	☐	☐
Symptômes cliniques	Oui	Non
Émotivité - tristesse, anxiété, nervosité, irritabilité	☐	☐
Somnolent/difficulté à se concentrer	☐	☐
Le médecin réalisant cette évaluation suspecte une commotion en dépit de tests normaux	☐	☐

Évaluation demandée par	Évaluation effectuée par	Joueur sorti du terrain
☐ Médecin de l'équipe Kinésithérapeute ☐ Médecin du Match ☐ Médecin du Tournoi ☐ Arbitre	☐ Médecin de l'équipe Médecin du Match ☐ Médecin du Tournoi ☐ Assistant du médecin d'équipe	☐ Non Oui, HIA sur le bord du terrain Anormal ☐ Oui, joueur sorti du terrain pour une autre blessure
La vidéo a-t-elle influencé la demande pour l'HIA ? Oui Non	Le médecin du match est-il présent lors de l'HIA 1 ? Oui Non	La vidéo a-t-elle influencé la décision finale après le HIA 1 ? Oui Non

Annexe 3: Protocole HIA2

[illegible][illegible]



Test HIA : Évaluation d'impact à la tête

HIA 2

ÉVALUATION STANDARDISÉE D'UNE COMMOTION ET TESTS D'ÉQUILIBRE (SAC : Standardised Assessment of Concussion)

COORDINATION			EXAMEN DE L'ÉQUILIBRE	
	Gauche	Droit		No. de erreurs
Quel bras a été testé ?			Appui bipodal	
Score de coordination :	sur 1		Appui bipodal	
			Tandem	
			SCORE TOTAL DE L'ÉQUILIBRE L'évaluation d'un joueurs de rugby victime d'une commotion cérébrale aboutira généralement aux résultats suivants : • Test en tandem - 3 erreurs ou plus • Test en position sur un pied - 4 erreurs ou plus	

MÉMOIRE DIFFÉRÉE				
Mots				
Noix		0		1
Tente		0		1
Canard		0		1
Ceinture		0		1
Hippocampe		0		1
TOTAL				
Liste complémentaire de mots (utiliser cinq mots)				
1. Nid	2. Pile	3. Orange	4. Baignoire	5. Hérisson
1. Rose	2. Tasse	3. Coton	4. Guitare	5. Libellule
1. Guitare	2. Gant	3. Oignon	4. Savon	5. Coccinelle

SCORE DE SAC	
Orientation	/5
Mémoire immédiate	/15
Concentration	/5
Mémoire différée	/5
TOTAL L'évaluation d'un joueur de rugby victime d'une commotion cérébrale aboutira généralement aux résultats suivants : • Score total de SAC inférieur ou égal à 24 • Score de concentration inférieur ou égal à 2 (chiffres à l'envers) • Score de mémoire différée inférieur ou égal à 3 mois	/30

À la fin du HIA2, le diagnostic de la commotion est le suivant :

☐ Maintenant confirmé ☐ Probable, mais je préfère considérer le joueur comme victime d'une commotion ☐ Exclu

4. Annexe 4 SCAT 3



What is the SCAT3?

The SCAT3 is a tool for the assessment of concussion in sport. It is designed to be used by healthcare professionals who are responsible for the management of athletes with suspected concussion. The tool is divided into three parts: the Glasgow Coma Scale (GCS), the Maddocks Score, and the Sport Concussion Assessment Tool (SCAT3) itself. The SCAT3 is the most important part of the tool and is used to assess the athlete's level of consciousness, orientation, and memory. The tool is designed to be used by healthcare professionals who are responsible for the management of athletes with suspected concussion. The tool is divided into three parts: the Glasgow Coma Scale (GCS), the Maddocks Score, and the Sport Concussion Assessment Tool (SCAT3) itself. The SCAT3 is the most important part of the tool and is used to assess the athlete's level of consciousness, orientation, and memory.

What is a concussion?

A concussion is a type of traumatic brain injury (TBI) caused by a blow to the head or a jolt to the body. The impact can disrupt the normal function of the brain, leading to a range of symptoms such as headache, dizziness, and confusion. Concussion is a common injury in sports and can be caused by a variety of factors, including contact with another player, a fall, or a blow to the head. The symptoms of concussion can vary from mild to severe and can last for a short time or for a longer period. It is important to seek medical attention if you suspect you or someone else has a concussion.

SIDELINE ASSESSMENT

Indications for Emergency Management

HOI: Ahttol (bfl toil' .tdv.itft• M:r br< on
 ,,,,,,lvtyf;P'..... rrJT'. (-<afi-Qf4(''•t''9 P11•
 <oidU<f+nd''9Tf1 6MYPOIIMHC010M.-0\Xtolpl<lll

- (f (ON) (or. lro) IIIIMIIS
- Onwtlofifig I.tU1
- Bndy&1 lrtUJY
- IIS- WCf\ OifOfW •ob;KS'9flio

PotentM slgn\$ of <on<uss on?

If ''f of M loklotif9=olr.«W'd.-liff=6F<1 01-ii'Ciflow IO
 lloNQ, l''-lIkko Ylo.lD W19 p.lt.<P''.<«;bt' C'utlwIM bt, l''oil'Clk'l
 foIQ'ill' r>d JMul4 rloI''''l''''Inlt=d W'etIO 'po0' th= ,,, 4q il

(<1''(V.loOf'S''''

AI''/ IO!C y H
 'tf .J'Iowbl!l)"

S.. fOim<1OI O'IC *''''..... IIO1 y H
 O.Wkt! Mot<onfvM MinfOfS IO t y ●

loh0l Mm>ty y ●

"If.hJNB(9)"

"ki O".fllfl

....y)•

.....01YoIUllioo' y ●

V.,l.,...lItfif''.n comtJN;..w..th!Ttcf1 .tbo'fr. y ●

Glasgow coma scale (GCS)

Y (J

 f)-OOmil't i n^* 10NU!
 9)•0!M'Air9to'11W(h
 (')) ro<)
 O.1v=liNolitt'f'Ofli.-(V•
 NoYI'Wl'WOIIM'
 1n(afP' S(1W
 Nc:p:OC)L..nt
 ,''''''

Stal m0lor ***poli.-(M.
 f''IOlet''''PO<M
 (<X'TI>011 toP1.,,
 Abo'o<!Wl flwotio P1"
 fltbon/Wilhd.....llo.-.
 IfX IOp.IIIfi
 Ob()^\ {0(1/NNk

GIAfrow Co.wOr=(1•I'•M)
 ((.....boo''l.lcdo<llrlr..•u:..o ''''''''''''''t..oo<ota

Maddocks Score¹

"I am going to ask you a few questions, please listen carefully and give your best effort"

lrud>lod.~....-Vl,_,l,.,HC.kC«otl.l--1

WN!	—	'C4fl	0	1
Y,looh lwl tl-l ttOwl			0	1
V.<oi'Quid - It			0	1
'''''''' YQYpi,yllll)			0	1
d,ou•t.Nm-! l.m			0	1
M hl<Ot-				of 5

Maddocks score is validated for sideline diagnosis of concussion only and is not used for serial testing.

Notes: Mechanism of Injury ("tell me what happened"):

Any ad)ete wlth a 'uspected <oncuulon \hould bot REMOVE
 fltOM P'lAV. Mtdkollljl11Sse1. mOfitOrd fOr 6ete'iOr.ttion
 (i.e.,s.hould not be leh Mo4'l)3ndould not drive a mot<evchld
 until <&e;wed106l> sq by <m IfiulptOfb>IOI1.No:;tllelf dlg-
 noM widl <on<usslon s.hould berdumeil to sporU p>wtldpatlon
 (In fl'e d) f of fl jury,

5. Annexe 5 : Maddocks adapté à la fédération Equestre internationale

Concussion Sideline Assessment Questions (Maddock's Qs, Modified for Equestrian Sport)

- ☐ Which event are we at?
- ☐ What is the name of the horse you are riding?
- ☐ Which competition is it?
- ☐ Which fence did you fall at?
- ☐ What event and where did you last compete?
- ☐ Who is the current World Champion in Eventing or Show Jumping?
- ☐ Where were the last World Equestrian Games held?
- ☐ How did you get here today?

6. Annexe 6 : Avis de la commission d'éthique



**Commission Ethique du Département de
Médecine Générale de Midi Pyrénées**

Secrétariat : *Dr Motoko DELAHAYE*
30 Avenue des Arcades, 12000 Le Monastère
Tél. : 05.65.42.58.69 – Tél. Port : 06.88.05.55.52 – motoko.delahaye@dumg-toulouse.fr

Président : Mme Laurencine VIEU
Secrétaire : Mme Motoko DELAHAYE

**AVIS A LA COMMISSION ÉTHIQUE DU DÉPARTEMENT UNIVERSITAIRE DE MÉDECINE
GÉNÉRALE DE MIDI-PYRENNÉES**

Renseignements concernant le demandeur :

Nom : Xavier DECHAMBRE
Qualité : Interne en médecine générale (médecin remplaçant non thésé)
Adresse, 7 bis rue Louis Pirraud 26300 Bourg de Peage
Courriel : xavier.dechambre@hotmail.fr
Numéro de téléphone : 0649742922

Renseignements concernant le promoteur :

Nom : BRAUGE Davic
Qualité : Directeur de thèse

Titre complet de la recherche : Les effets de la fatigue physique sur les résultats au protocole HIA1

AVIS DE LA COMMISSION (Réservé à la Commission)

AVIS FAVORABLE

N° 2017-021

Dr Motoko Delahaye

AUTEUR : Xavier DECHAMBRE

TITRE : Evaluation de la fatigue physique sur les tests diagnostiques de commotion cérébrale

DIRECTEUR DE THESE : Dr David BRAUGE

DATE ET LIEU DE SOUTENANCE : 21 décembre 2017, Faculté de Médecine Purpan, Université Toulouse

INTRODUCTION : La commotion cérébrale dans la pratique sportive est un problème récurrent, il est important d'avoir des tests fiables et reproductifs qui permettent son diagnostic rapide et sa prise en charge adéquate. L'outil SCAT est considéré comme l'évaluation standard en sortie de jeu, il est adapté dans le rugby professionnel en protocole HIA. Mais ces protocoles sont susceptibles d'être perturbés par la fatigue engendrée par un match.

METHODE : Nous avons examiné les performances aux HIA1 et SCAT3 au repos puis après l'effort chez 40 sportifs.

RESULTATS : Nous avons retrouvé une diminution significative des résultats au protocole SAC dans les suites de l'effort avec une diminution des tests de concentration. Les symptômes déclarés étaient plus nombreux après l'effort, avec des scores de gravité augmentés. Enfin, les tests d'équilibre du BESS engendraient plus d'erreur à l'effort.

CONCLUSION : Ces perturbations témoignent de l'intérêt d'une évaluation en plusieurs étapes telle qu'elle est réalisée dans le protocole HIA, mais aussi de la recherche sur différents outils diagnostics associés.

Mots clés : HIA 1- SCAT3- Rugby- commotions cérébrale- évaluation secondaire

TITLE : Evaluation of physical fatigue on concussion diagnostic tests.

INTRODUCTION : Sport-related concussion is a common problem. It is important to have reliable and reproductive tests that allow the rapid diagnosis and proper management. The SCAT tool is considered the standard evaluation at the end of the game, it is adapted in professional rugby HIA protocol. But these protocols are likely to be disrupted by the fatigue generated by a match.

METHOD: We examined the performances at SCAT3 and HIA1 at rest and after the effort in 40 sportsmen.

RESULTS : We found a significant decrease in SAC results after exercise with a decrease in concentration tests. Reported symptoms were greater after exercise, with increased severity scores. Finally, the balance tests of the BESS caused more error in the effort.

CONCLUSION : These disturbances testify to the interest of a multi-step evaluation as it is carried out in the HIA protocol, but also of research on various associated diagnostic tools.

Keywords : HIA 1 – SCAT 3 – rugby- sport related concussion - sideline assessment

Discipline administrative : Médecine général

Faculté de Médecine Rangueil, 133 route de Narbonne 31062 TOULOUSE cedex 04 – France