

Université de Montréal

**L'impact de la commotion cérébrale d'origine sportive sur la capacité
d'imagerie mentale visuelle d'athlètes**

par
Yves Charbonneau

Département de kinésiologie

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures en vue de l'obtention du grade de
Maîtrise (M.Sc.) en sciences de l'activité physique

Juin, 2014

© Yves Charbonneau, 2014

Université de Montréal
Faculté des études supérieures et postdoctorales

Ce mémoire intitulé :

L'impact de la commotion cérébrale d'origine sportive sur la capacité d'imagerie mentale
visuelle d'athlètes

présenté par :

Yves Charbonneau

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Suzanne Laberge, président-rapporteur

Dave Elleberg, directeur de recherche

Wayne Halliwell, membre du jury

Résumé

Les études sont mitigées sur les séquelles cognitives des commotions cérébrales, certaines suggèrent qu'elles se résorbent rapidement tandis que d'autres indiquent qu'elles persistent dans le temps. Par contre, aucunes données n'existent pour indiquer si une tâche cognitive comme l'imagerie mentale visuelle fait ressortir des séquelles à la suite d'une commotion cérébrale. Ainsi, la présente étude a pour objet d'évaluer l'effet des commotions cérébrales d'origine sportive sur la capacité d'imagerie mentale visuelle d'objets et d'imagerie spatiale des athlètes. Afin de répondre à cet objectif, nous comparons les capacités d'imagerie mentale chez des joueurs de football masculins de calibre universitaire sans historique répertorié de commotions cérébrales (n=15) et chez un second groupe d'athlète ayant été victime d'au moins une commotion cérébrale (n=15). Notre hypothèse est que les athlètes non-commotionnés ont une meilleure imagerie mentale que les athlètes commotionnés. Les résultats infirment notre hypothèse. Les athlètes commotionnés performant aussi bien que les athlètes non-commotionnés aux trois tests suivants : *Paper Folding Test (PFT)*, *Visual Object Identification Task (VOIT)* et *Vividness of Visual Imagery Questionnaire (VVIQ)*. De plus, ni le nombre de commotions cérébrales ni le temps écoulé depuis la dernière commotion cérébrale n'influent sur la performance des athlètes commotionnés.

Mots clés : Commotion cérébrale, imagerie mentale visuelle, athlète, *Paper Folding Test (PFT)*, *Visual Object Identification Task (VOIT)*, *Vividness of Visual Imagery Questionnaire (VVIQ)*

Abstract

The research is mitigated on the cognitive after-effects of a concussion. Some studies suggest the effects disappear rapidly whereas others observe a continuation in their manifestation. However, no research has been done to indicate whether a cognitive task like mental imagery brings out these effects following a concussion. This study will evaluate the effects of sport-related concussions on object and spatial visual mental imagery of athletes. To achieve this goal, we compare the mental imagery capacity between two groups of male football athletes of University level. The first group (n=15) with no history of concussions and the second group (n=15) with one or more concussions. We hypothesize that the non-concussed athletes visualize better than the concussed athletes. Our results invalidate our hypothesis. Both groups have similar results on the three following measures: *Paper Folding Test (PFT)*, *Visual Object Identification Task (VOIT)* and *Vividness of Visual Imagery Questionnaire (VVIQ)*. Furthermore, the quantity of concussions and the time past since the last concussion seems to have no impact on the visual mental imagery performance of concussed athletes.

Keywords: Concussion, visual mental imagery, athlete, *Paper Folding Test (PFT)*, *Visual Object Identification Task (VOIT)*, *Vividness of Visual Imagery Questionnaire (VVIQ)*

Table des matières

Introduction.....	1
Commotion cérébrale d'origine sportive	3
2.1 Définition	3
2.2 Prévalence	4
2.3 Symptômes	5
2.4 Évaluation	5
2.5 Récupération	9
L'imagerie mentale.....	11
3.1 La définition et pertinence	11
3.2 Les substrats neurologiques	12
3.3 L'évaluation	13
3.4 Athlètes versus non-athlètes.....	16
Méthodologie	17
4.1 Type d'étude et échantillon.....	17
4.2 Outils de collecte des données.....	18
4.2.1 Outils de contrôle.....	18
4.2.2 Vividness of Visual Imagery Questionnaire (VVIQ).....	20
4.2.3 Paper Folding Test (PFT).....	20
4.2.4 Visual Object Identification Task (VOIT).....	21
4.3 Procédure de collecte des données	21
4.3.1 Moment et endroit de l'expérimentation	21
4.3.2 Ordre de passation des tests	22
4.3.3 Compensation.....	22
Résultats	22
5.1 Caractéristiques des participants	22
5.2 Résultats aux mesures de contrôle	24
5.3 Résultats en imagerie mentale visuelle.....	26
Discussion	30
6.1 Pourquoi les résultats sont contraires à notre hypothèse?	30
6.2 L'impact des habitudes en imagerie mentale	31
6.3 Le nombre de commotions cérébrales et le temps écoulé depuis la plus récente.....	32
6.4 Le choix des trois outils pour évaluer l'imagerie mentale visuelle.....	32

6.4.1 Mesures directes ou indirectes	32
6.4.2 Validité.....	33
6.5 Implications des résultats pour le retour au jeu de l'athlète commotionné	33
6.6 Suggestions pour la recherche à l'avenir.....	34
6.7 Limites de l'étude	35
Conclusion	35
Références.....	i
Annexes	xiv
8.1 Certificat d'éthique.....	xiv
8.2 Formulaire de consentement	xvi
8.3 Questionnaire de participation à l'étude	xxi
8.4 Penn Continuous Performance Test - Number and Letter Version.....	xxviii
8.5 Séquences de chiffres.....	xxix
8.6 Inventaire de dépression de Beck II	xxx
8.7 Vividness of Visual Imagery Questionnaire	xxxii
8.8 Paper Folding Test	xxxvi
8.9 Visual Object Identification Task	xxxix

Liste des tableaux

Tableau 1 : Profil démographique des athlètes.....	23
Tableau 2 : Résultats des tests contrôle.....	25
Tableau 3 : Résultats des tests d'imagerie mentale visuelle.....	26
Tableau 4 : Les coefficients de corrélation de Spearman entre les tests d'imagerie mentale visuelle	29

Liste des figures

Figure 1 : Comparaison des moyennes au Paper Folding Test.....	27
Figure 2 : Comparaison des moyennes des temps de réaction au Visual Object Identification Task.....	27
Figure 3 : Comparaison des moyennes au Vividness of Visual Imagery Questionnaire.....	28

Remerciements

Je tiens à souligner quelques personnes qui m'ont aidé dans la réalisation d'un rêve: l'obtention d'un diplôme d'études supérieures.

J'aimerais remercier mon directeur de recherche Dave Elleberg. Ta porte était toujours ouverte lorsque j'avais besoin de discuter de mon projet d'étude ou de situations personnelles. Tes conseils et connaissances m'ont aidé lors de mon cheminement. Tu as toujours respecté mon rythme de travail et tu savais comment me guider afin de me permettre à me surpasser. Sur le plan académique, j'ai eu beaucoup de plaisir à travailler avec toi. Mais, encore plus important, j'ai eu la chance de connaître une merveilleuse personne sur le plan personnel. Je te suis infiniment reconnaissant pour tout.

Lors de mon long cheminement universitaire, ma blonde au départ et ma femme par la suite, a toujours été à mes côtés. Amanda, ça n'a pas toujours été facile, mais tu m'as supporté inconditionnellement et je suis chanceux d'avoir une femme comme toi dans ma vie.

Une autre femme toute aussi importante dans ma vie, ma mère, à qui je dois un gros merci. Ton soutien illimité tout au long de ma vie m'a poussé à m'épanouir et d'aller au bout de mes convictions. Tu es grandement responsable de l'homme que je suis devenu.

Une personne absente pour partager cette réalisation avec moi mais que je sais au fond de mon cœur est fière, mon père. Tu m'as quitté il y a trois ans maintenant, pourtant ton influence perdure. Je sais combien l'éducation était primordial pour toi et tu as su me transmettre cette valeur, merci. J'aimerais tant que tu sois présent pour vivre ce moment avec moi.

Merci à Élise, ma collègue de laboratoire, d'avoir rendu ces dernières années plus agréable. Tu étais toujours prête à m'écouter, en plus d'être une excellente source d'informations. Ta passion pour notre domaine d'étude était inspirante et motivante.

Finalement, j'aimerais remercier tous les Carabins de l'équipe de football de l'université de Montréal qui ont participé à cette étude. Vous m'avez donné la possibilité d'explorer un sujet de recherche qui m'intéressait.

Introduction

Un sujet d'actualité dans les manchettes sportives est la commotion cérébrale. Non seulement elle suscite un intérêt grandissant dans le domaine de la recherche et en clinique, mais aussi auprès des amateurs. Voir de grands talents s'absenter pendant des périodes indéterminées et leur carrière peut-être hypothéquée, sont de raisons légitimes de s'inquiéter. Le progrès constant des habiletés des athlètes, comme la puissance et la vitesse d'exécution, peut augmenter le risque de commotions. En effet, surtout dans les sports de contact et de collisions, la fréquence et la force d'impact des coups à la tête augmentent. Dans un tel contexte, il y a un besoin urgent de mieux comprendre les effets des commotions cérébrales d'origine sportive.

La commotion cérébrale d'origine sportive était perçue initialement comme une blessure mineure, alors que deux méta-analyses récentes (Bélanger et al., 2005; Bélanger & Vanderploeg, 2005) précisent qu'elle est comparable à un traumatisme crânien léger d'origine non sportive, comme par exemple, un traumatisme qui serait causé par un accident de voiture. Le traumatisme crânien léger représente 90 % des blessures au cerveau et influence à long terme plusieurs déterminants de la qualité de vie : psychologique, physiologique et sociale (McCauley et al., 2001; Carol et al., 1999; Kay, Thornhill, et Teasdale, 2001). Le sport est la principale cause des traumatismes crâniens légers avec une incidence annuelle estimée entre 1,6 et 3,8 millions de cas aux États-Unis seulement (Langlois, Rutland-Brown, et Wald, 2006). Au Canada, plusieurs athlètes universitaires suivis à travers le pays pendant une saison sont victimes d'une commotion cérébrale d'origine sportive. De fait, 62,7 % des joueurs de soccer universitaires subissent pendant cette période une commotion cérébrale. Parmi ce groupe d'athlètes commotionnés, 81,7 % en ont deux ou plus. Pour les footballeurs, la proportion augmente à 70,4 % et à 84,6 % (Delaney et al., 2002).

Connaissant l'existence des commotions cérébrales d'origines sportives, il faut se demander si elles sont anodines ou dommageables pour l'athlète. Les conséquences des commotions restent relativement méconnues. Cependant, la quantité de recherches scientifiques augmente rapidement sur le sujet depuis les années 90 et favorisent plutôt la deuxième possibilité. Les symptômes fréquemment rapportés à la suite de cette blessure sportive sont des maux de tête,

de la confusion, des vertiges, des étourdissements et de la désorientation (Delaney et al., 2002; Gessel et al., 2007; Guskiewicz et al., 2003; Guskiewicz et al., 2000). Dans 80 % à 90 % des cas, ils se résorbent en moins de dix jours (McCrea et al., 2003; McCrory & Johnston, 2002). Cette disparition rapide peut sembler positive, mais cela ne garantit pas qu'il ne demeure aucunes séquelles. Justement, l'accumulation de commotions cérébrales peut s'avérer très dangereuse, parfois mortelle. Le syndrome du second impact en est un exemple. Lorsqu'un athlète revient au jeu prématurément après une commotion et en subit une deuxième, ce second coup peut causer la mort (Bowen, 2003; Cantu, 1988; McCrory & Berkovic, 1998; Saunders & Harbaugh, 1984). De plus, des études post-mortem sur des cerveaux d'athlètes (McKee et al., 2009) indiquent des pathologies des tissus cérébraux liés aux commotions multiples. Enfin, les athlètes retraités ayant accumulé plusieurs commotions présentent des signes de vieillissement anormaux (De Beaumont et al., 2009; Guskiewicz et al., 2005). Plusieurs raisons peuvent être évoquées pour expliquer la vulnérabilité des athlètes : 1) la commotion passe souvent inaperçue par l'athlète ou le personnel qui l'entoure (Delaney et al., 2002), 2) l'évaluation et la gestion inadéquates des commotions par le personnel qui encadre les athlètes (Covassin, Elbin, et Stiller-Ostowski, 2009; Notebaert & Guskiewicz, 2005), 3) l'adhésion au traitement de repos complet se fait bien pour les non-athlètes (Petchprapai & Winkelmann, 2007), tandis que les athlètes minimisent leurs symptômes pour revenir rapidement au jeu (Echemendia et al., 2001; Guskiewicz et al., 2004), et 4) la nature même du sport place l'athlète dans une position de risque de subir de façon significative, voire exponentielle, de nombreuses commotions cérébrales additionnelles (Collins et al., 2002; Kelly & Rosenberg, 1997).

Des déficits cognitifs s'observent également chez les commotionnés sportifs. Notamment, des déficits d'attention, de mémoire, des fonctions exécutives, et de la vitesse de traitement de l'information, sont mesurés dans les heures et les jours suivant la commotion (Barth, Alves, & Ryan, 1989; Echemendia et al., 2001; Macciocchi et al., 1996; Schretlen & Shapiro, 2003). D'autres études démontrent que les déficits s'étendent sur une plus longue période (De Beaumont et al., 2009; Downs & Abwender, 2002; Ellemborg, Leclerc, Couture, & Daigle, 2007; Guskiewicz et al., 2005).

Parmi les fonctions cognitives pouvant être perturbées par une commotion cérébrale, il y a l'imagerie mentale. L'imagerie mentale ou visualisation est une représentation mentale

mémorisée ou imaginée d'une situation, une idée, un concept ou un objet, qui ressemble à l'expérience vécue à partir de nos sens mais ce fait en leurs absences. Par exemple, si l'on nous demande de décrire notre lieu d'enfance préféré sans avoir recours à une photo ou vidéo, nous générons alors une image dans notre tête de l'endroit à partir de souvenirs. Les sportifs vont souvent utiliser l'imagerie mentale, seule ou conjointement à d'autres techniques mentales, pour leur préparation psychologique. Visualiser une situation positive aide à travailler la confiance et à détendre l'athlète (Weinberg, 2008). Aussi, revoir mentalement des séquences de jeu permet d'améliorer les habiletés motrices et de s'activer physiquement. Ces bénéfices ont une grande influence sur la performance sportive. L'imagerie mentale s'avère donc particulièrement importante à explorer dans le contexte de la commotion cérébrale d'origine sportive parce qu'elle intègre plusieurs fonctions cognitives qui seraient perturbées potentiellement par la commotion.

Commotion cérébrale d'origine sportive

2.1 Définition

Selon l'Académie de neurologie américaine, la commotion cérébrale survient lorsqu'un impact induit un déficit immédiat et transitoire des fonctions cérébrales, qui peut être ou non accompagné d'une perte de conscience (AAN, 1997). La perte de conscience n'aggrave pas les conséquences (Erlanger et al., 2003; Kelly & Rosenberg, 1997; Lovell et al., 1999).

Le premier symposium international sur les commotions cérébrales sportives a eu lieu à Vienne en 2001. Cette démarche a permis à des experts dans le domaine de se regrouper afin de proposer des lignes directrices aux athlètes ayant subi une commotion (Aubry et al., 2002). Les principaux objectifs sont d'améliorer la santé de ces athlètes, de proposer un retour au jeu sécuritaire et de leur fournir des moyens de réduire l'incidence de commotions subséquentes.

Le consortium définit la commotion comme un processus pathophysiologique complexe affectant le cerveau et induit par des forces biomécaniques. Aussi, il ajoute d'autres critères spécifiques :

1. La commotion résulte d'un coup porté directement à la tête ou au cou, ou d'une force impulsive transmise à la tête provenant d'un impact au corps.
2. La commotion a comme conséquence l'apparition rapide de déficits des fonctions neurologiques qui se résorbent spontanément.
3. La commotion peut avoir comme conséquence des changements neuropathologiques, mais les symptômes cliniques aigus reflètent majoritairement une perturbation fonctionnelle plutôt que des dommages structuraux.
4. La commotion résulte en un ensemble de symptômes cliniques variant en intensité qui peuvent ou non impliquer la perte de conscience. La disparition des symptômes est habituellement séquentielle. Toutefois il est important de noter que dans un faible pourcentage de cas les symptômes post-commotionnels peuvent être prolongés.
5. La commotion est typiquement associée à un examen neurologique structurel normal.

2.2 Prévalence

Aux États-Unis, le nombre de commotions d'origine sportive s'élève à quelques millions par année (Langlois, Rutland-Brown, et Wald, 2006). Dans les services d'urgence des hôpitaux au Canada, 3 % des blessures sportives sont des traumatismes crâniens et elles arrivent plus souvent lors de sports d'impact (Kelly et al., 2001). L'analyse de questionnaires d'auto-évaluation complétés par des athlètes universitaires révèle qu'au moins 25 % vivent avec des symptômes qui peuvent être associés aux commotions cérébrales. Plus de la moitié de ces athlètes affirment ne pas connaître les conséquences d'une commotion et la plupart continuent de jouer (surtout au football) avec des symptômes sans en aviser le personnel (Kaut, DePompei, Kerr, & Congeni, 2003). De façon similaire, un sondage auprès de joueurs de football et de soccer universitaires révèle que les 2/3 des athlètes rapportent des symptômes, mais seulement 20 % réalisent qu'ils ont subi une commotion (Delaney et al., 2002). Ces données mettent en relief l'omniprésence des commotions chez les sportifs. Aussi, elles portent à croire que la commotion cérébrale est largement sous-estimée.

2.3 Symptômes

Une panoplie de symptômes peuvent survenir peu de temps après la commotion. Sans être exhaustive, voici une liste de symptômes signalés lors du troisième symposium international sur les commotions cérébrales sportives à Zurich, en 2008 (McCrory et al., 2009) : somatique (maux de tête, vomissements), cognitif (problème d'attention, de mémoire), émotionnel (anxiété), physique (perte de conscience, amnésie) ou comportementale (irritabilité). De plus, les athlètes ont des problèmes d'équilibre postural, de coordination et de stabilité (Guskiewicz, Ross, & Marshall, 2001a; Kelly & Rosenberg, 1998; McCrory et al., 2005). Il est important de reconnaître que tous les athlètes ne présentent pas les mêmes symptômes suite à la commotion. En effet, la symptomatologie varie pour chaque athlète (Lovell et al., 2006) et les athlètes féminins rapportent plus de symptômes (Broshek et al., 2005; Lovell et al., 2006).

2.4 Évaluation

Le diagnostic et le protocole de retour au jeu s'établissent à l'aide d'outils d'évaluation. Un vaste choix s'offre aux intervenants qui leur permettent d'évaluer un athlète victime d'une commotion cérébrale. En effet, la grille de symptômes auto-rapportés, les tests neuropsychologiques, l'équilibre postural, l'électroencéphalogramme et les techniques d'imagerie sont autant d'options à la disposition du personnel qualifié. Chaque outil, avec ses forces et ses faiblesses, représente une pièce du casse-tête dans le processus décisionnel de retour au jeu.

L'outil principal des professionnels en médecine sportive demeure une auto-évaluation par l'athlète de ses symptômes (Notebaert & Guskiewicz, 2005), car elle corrèle fortement avec les déficits cognitifs et physiques dans les journées qui suivent la commotion (Broglio & Puetz, 2008). Le faible coût, l'accessibilité et la facilité de la passation justifient aussi sa popularité chez les cliniciens. En contrepartie, cette méthode d'évaluer possède certaines faiblesses inhérentes (Lezak, Howieson & Loring, 2004), surtout lorsqu'elle n'est pas utilisée avec d'autres outils complémentaires (Van Kampen et al., 2006). La présence de symptômes ne signifie pas forcément une commotion. Par exemple, 20 % des athlètes ont des maux de tête induits par l'exercice physique (McCrory, 1999). Ils peuvent aussi avoir des symptômes au repos sans avoir de commotion, d'où l'importance d'obtenir le niveau base avant une commotion (Lovell et al.,

2006; Mailer et al., 2008). De plus, le résultat dépend entièrement de l'exactitude des réponses fournies par l'athlète. Parfois, l'athlète ne sait pas reconnaître les symptômes (Delaney et al., 2002) ou décide d'en rapporter moins pour accélérer son retour au jeu (Lovell et al., 2002). Plusieurs échelles de gradation des symptômes ont été proposées au fil des ans pour déterminer la durée ou la sévérité de la commotion, ou encore, pour indiquer la présence ou l'absence d'un symptôme. Deux guides sont fréquemment utilisés dans la gradation en fonction de la sévérité, soit celui de l'Académie de neurologie américaine (1997) ou celui du neurochirurgien D^r Robert Cantu (1986). Cependant, le groupe d'experts propose d'abandonner les échelles de sévérité lors du troisième symposium international sur les commotions cérébrales sportives (McCrary et al., 2009). Ainsi, voici deux outils d'évaluation qui sont recommandés : *Post Concussion Symptom Scale* (Aubry et al., 2002) et *Graded Symptom Checklist* (Guskiewicz et al., 2004). Il importe de reconnaître les variations considérables dans le contenu spécifique des listes de symptômes (Lovell & Collins, 1998). Dans une tentative d'uniformisation, des chercheurs proposent un outil nommé *Head Injury Scale* fondé sur un modèle théorique qui élimine des symptômes confondants et s'appuie sur une validité de construit et une validité factorielle (Piland, Motl, Ferrara & Peterson, 2003; Piland et al., 2006). La symptomatologie de la commotion se divise en trois catégories égales qui regroupent chacun trois symptômes (1. somatique : maux de tête, nausée et problème d'équilibre 2. cognitive : sentiment de ralentissement, sentiment d'être dans un brouillard et difficulté de concentration 3. neurocomportementale : augmentation du sommeil, somnolence et fatigue).

Un second outil appliqué par les cliniciens est un test d'équilibre postural. Cette capacité est souvent sollicitée dans le domaine sportif. L'équilibre postural nécessite un bon fonctionnement des systèmes vestibulaire et visuel. Cette intégration sensorielle d'informations semble déficitaire à court terme chez les commotionnés (Guskiewicz, Perrin & Gansneder, 1996; Guskiewicz, Riemann, Perrin & Nashner, 1997). Les déficits s'observent autant avec des tests complexes que simples. Le *Sensory Organization Test* (SOT) et le *Romberg Test* sont des tests qui requièrent des plateformes de forces sophistiquées et dispendieuses, alors que le *Balance Error Scoring System* (BESS) peut s'administrer facilement sur le terrain, et ce, à faible coût (Guskiewicz, 2001b). Les résultats du BESS corréleront avec ceux des plateformes de forces, ce qui fait que cet outil s'avère une alternative intéressante en l'absence d'équipements sophistiqués (Riemann, Guskiewicz & Shields, 1999). Un avantage considérable des tests de posture et

d'équilibre est qu'ils ne sont pas ou peu influencés par la motivation et l'effet de pratique (Guskiewicz et al., 1996; Guskiewicz et al., 1997). Un nouveau paradigme expérimental intéressant par sa spécificité au contexte sportif propose une évaluation simultanée d'une tâche cognitive et d'équilibre. L'étude constate un plus grand déséquilibre chez les commotionnés avec ou sans tâche cognitive que chez les non-commotionnés (Catena, Donkelaar & Chou, 2007). En somme, il semble que l'évaluation de l'équilibre postural constitue une mesure objective complémentaire importante afin de déterminer les symptômes lors de la phase aiguë de la commotion cérébrale (Cavanaugh, Guskiewicz, & Stergiou, 2005; Guskiewicz et al., 2001a).

Un troisième outil fréquemment utilisé pour évaluer l'impact des commotions cérébrales d'origine sportive sont les tests neuropsychologiques sous forme traditionnelle de papier-crayon ou informatisée. Cette forme d'évaluation remonte aux années 70 (Gronwall & Wrightson, 1975). Les batteries de tests sont exhaustives au début, mais progressivement se concentrent sur la vitesse de traitement de l'information, l'attention et la mémoire de travail pour mieux cibler le domaine d'intérêt (Macciocchi et al., 1996). Les tests suivants : *Wisconsin Card Sort Test (WCST)*, *Digit Span Test (DST)*, *Controlled Oral Word Association Test (COWAT)*, *Hopkins Verbal Learning Test (HVLN)*, *ImPACT*, *Headminder Concussion Resolution Index (CRI)*, *CogSport*, et *Automated Neuropsychological Assessment Metric (ASAM)*, sont des exemples de tests papier-crayon (4 premiers) et informatisé (4 derniers) administrés aux commotionnés. Les qualités psychométriques des tests papier-crayon ont été démontrées chez les populations non-sportives, mais peu d'études les ont validées auprès de sportifs (Elleberg et al., 2009). Aussi, ces tests ont plus d'apport empirique que les tests informatisés et ce n'est pas encore démontré que l'un ou l'autre possède des qualités psychométriques supérieures chez les sportifs (Broglio, Macciocchi & Ferrara, 2007). L'administration ardue, la nécessité d'avoir un personnel qualifié pour la passation des tests et l'analyse nécessaire des résultats par un neuropsychologue sont des facteurs qui ont motivé récemment le développement de versions informatisées. D'autres inconvénients sont attribués aux tests neuropsychologiques. D'abord, les résultats peuvent différer dans le temps pour d'autres raisons que la commotion, par exemple, les maux de tête (Hunt, Ferrara, Miller & Macciocchi, 2007). Ensuite, la répétition fréquente des tests, même avec des versions alternatives, sous-estime les déficits parce qu'il y a un effet de pratique (Aubry et al., 2002; Belanger & Vanderploeg, 2005; Broglio, Ferrara, Piland, & Anderson, 2006; Grindel, Lovell, & Collins, 2001; McCrory et al., 2005). Parfois, l'athlète obtient un meilleur résultat qu'à

son niveau de base lors de la dernière évaluation (Belanger & Vanderploeg, 2005; Echemendia et al., 2001). Malgré les difficultés précitées, les experts s'accordent à dire que les tests neuropsychologiques sont la pierre angulaire de la gestion des commotions.

Le quatrième outil est l'électroencéphalogramme qui mesure directement l'activité électrique du cerveau à partir d'électrodes placées sur le cuir chevelu. Les électrodes enregistrent les décharges neuronales, appelées « potentiels évoqués », lorsque l'athlète effectue une tâche cognitive. Grâce à l'électroencéphalogramme, on peut observer des processus non-disponibles lors de l'évaluation comportementale. Sa fiabilité, son objectivité et son coût relativement faible expliquent l'utilisation commune des potentiels évoqués dans l'évaluation des commotions. Les potentiels évoqués ne sont pas affectés par l'effet de pratique et la motivation (Elleberg et al., 2009). La mesure de potentiels évoqués cognitifs a fait ses preuves pour déceler des déficits neurologiques auprès de commotionnés sportifs symptomatiques ou asymptomatiques (Broglio, Pontifex, O'Connor, & Hillman, 2009; De Beaumont, Brisson, Lassonde, & Jolicoeur, 2007; Dupuis, Johnston, Lavoie, Lepore, & Lassonde, 2000; Gaetz, Goodman, & Weinberg, 2000; Gosselin, Theriault, Leclerc, Montplaisir, & Lassonde, 2006; Lavoie, Dupuis, Johnston, Leclerc, & Lassonde, 2004; Theriault et al., 2009). Plus précisément, les ressources attentionnelles et/ou la vitesse de traitement de l'information diminuent durant une tâche cognitive.

Le cinquième outil qui mesure aussi directement le cerveau est la neuroimagerie. Il y a trois sous-types d'imagerie : anatomique (la tomographie axiale calculée, l'imagerie par résonance magnétique et l'imagerie du tenseur par diffusion), fonctionnelle (imagerie par résonance magnétique fonctionnelle et tomographie par émission de positons), et métabolique (tomographie à émission mono-photonique et spectroscopie de résonance magnétique). Pour résumer la contribution jusqu'à présent des différentes techniques à la compréhension des commotions cérébrales sportives, la tomographie axiale calculée et l'imagerie par résonance magnétique n'ont pas détecté de changements anatomiques. L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle, la tomographie par émission de positons et la tomographie à émission mono-photonique concèdent des résultats modestes, alors que des techniques plus récentes comme l'imagerie du tenseur par diffusion et la spectroscopie de résonance magnétique commencent à déboucher sur certains constats et offrent une avenue

potentiellement intéressante dans la compréhension des commotions (Elleberg et al., 2009). En dépit du manque de résultats et d'études, les techniques par neuroimagerie possèdent certainement des qualités métriques qui permettront de mieux saisir les conséquences des commotions.

À la lumière de ces données, dès que l'on soupçonne qu'un athlète souffre d'une commotion cérébrale, il faut idéalement obtenir systématiquement une liste des symptômes, ainsi qu'effectuer des tests neuropsychologiques et d'équilibre (Aubry et al., 2002; Elleberg et al., 2009; McCrory et al., 2005; Randolph, McCrea, & Barr, 2005). Les mesures directes comme les réponses électriques et l'imagerie offrent une valeur ajoutée. Ces différentes mesures aident l'intervenant qualifié à dresser un portrait global de l'état de santé de l'athlète et à lui recommander le moment opportun de retour au jeu sans compromettre sa santé.

2.5 Récupération

Il existe des guides qui permettent aux médecins sportifs de planifier un retour au jeu sécuritaire (Johnston et al., 2004; Kissick & Johnston, 2005), mais ils ont besoins d'être validés (McCrory et al., 2005). Pour l'instant, le traitement prescrit à la suite d'une commotion cérébrale demeure le repos cognitif et physique complet jusqu'à ce que les symptômes se résorbent (Aubry et al., 2002; CSM, 2000; McCrory et al., 2005; McCrory et al., 2009). Et pourtant, des études récentes démontrent des améliorations chez les athlètes symptomatiques qui s'adonnent à une activité physique modérée (Majerske et al., 2008; Willer & Leddy, 2006). Une fois l'absence de symptômes, l'athlète peut reprendre de façon progressive ses activités de la vie quotidienne. Il doit suivre un protocole de retour au jeu par étapes et, s'il n'a pas de symptômes, il peut progresser à l'étape suivante (McCrory et al., 2004). Justement, l'Académie de neurologie américaine recommande sur son site internet « Aucun athlète ne devrait être permis de pratiquer son sport s'il manifeste encore des symptômes de sa commotion » (2^e recommandation, octobre 2010).

Les symptômes se résorbent généralement en une semaine (Delaney et al., 2002; McCrea et al., 2003; McCrory & Johnston, 2002), mais se prolongent un peu avec l'accumulation de commotions (Guskiewicz et al., 2003). Il arrive parfois que les symptômes persistent à long

terme. Selon le manuel de diagnostic et statistique des troubles mentaux (DSM-IV, 2000), rédigé par l'Association américaine de psychiatrie, le diagnostic de syndrome post-commotionnel exige qu'il y ait des symptômes présents plus de trois mois suivant la commotion.

Les problèmes d'équilibre postural disparaissent entre trois et cinq jours dans certaines études (Guskiewicz et al., 1997; Guskiewicz et al., 2001a; McCrea et al., 2003), tandis que d'autres indiquent qu'ils persistent plus de 30 jours (Slobounov et al., 2007; Slobounov et al., 2008). Les tests « simples » offrent des courbes de récupération similaires aux tests « complexes » chez les athlètes commotionnés (Guskiewicz et al., 1996; Guskiewicz et al., 1997).

Les tests neuropsychologiques suggèrent que les séquelles cognitives se dissipent en moins de dix jours (Belanger & Vanderploeg, 2005; Covassin, Stearne & Elbin, 2008; Echemendia et al., 2001; Erlanger et al., 2003; Guskiewicz et al., 2003; Iverson, Brooks, Collins & Lovell, 2006; Macciocchi, Barth & Littlefield, 1998; Macciocchi, Barth, Littlefield & Cantu, 2001). Ces conclusions sont obtenues par des évaluations répétitives dans un court laps de temps, ce qui peut réduire leur sensibilité (Bleiberg et al., 2004). En effet, des études qui mesurent une seule fois après plusieurs mois (Downs & Abwender, 2002; Elleberg et al., 2007; Matser et al., 1999), voire plusieurs décennies (De Beaumont et al., 2009) notent des déficits.

L'analyse de potentiels évoqués permet d'observer des déficits neurofonctionnels plusieurs semaines après la dernière commotion, malgré des résultats normaux aux tests neuropsychologiques, chez des athlètes symptomatiques (Dupuis et al., 2000; Lavoie et al., 2004), et asymptomatiques (Gosselin et al., 2006). Les études qui n'ont pas repéré de déficits avec des asymptomatiques s'expliquent possiblement par l'utilisation d'une tâche moins complexe (Elleberg et al., 2009). Il arrive que les déficits perdurent une trentaine d'années après une commotion (De Beaumont et al., 2009). De plus, les déficits semblent plus prononcés avec le cumul des commotions au fil des ans (Broglio et al., 2009; De Beaumont et al., 2007; Gaetz et al., 2000).

Il existe peu de littérature sur l'imagerie du cerveau. Ce qui en ressort sont des anomalies au niveau de la consommation d'oxygène et de l'équilibre métabolique. La plupart des études sont réalisées avec la technique d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle qui évalue la

consommation d'oxygène par le cerveau. La première observe des différences moins d'une semaine après la commotion en comparaison avec une mesure pré-saison (Jantzen et al., 2004). Une seconde prédit la durée de récupération. S'il y a un haut degré d'activation lorsque mesurée dans la première semaine, ces athlètes prennent environ deux fois plus de temps pour le retour au jeu car la présence de symptômes se prolonge (Lovell et al., 2007). Une troisième note des différences entre des athlètes symptomatiques et ceux d'un groupe contrôle entre un et 14 mois après la commotion (Chen et al., 2004). Par ailleurs, une étude sur l'imagerie métabolique au moyen de la technique de spectroscopie de résonance magnétique constate un déséquilibre métabolique. En effet, une déficience de l'acide *N*-acétylaspartique, un marqueur de l'intégrité neuronale, indique des dommages structuraux (Vagnozzi et al., 2008).

Les résultats sont mitigés sur la durée de récupération allant de quelques jours à plusieurs années, même si la tendance indique une récupération relativement rapide. Il est plausible de s'attendre à des effets chez des athlètes commotionnés dans les mois qui suivent en administrant des tests neuropsychologiques, surtout s'ils n'ont pas été administrés auparavant. De plus, la littérature sur les potentiels évoqués démontre de meilleurs effets quand la tâche exécutée est plus complexe. Les résultats de certaines études mentionnées mettent en évidence des déficits de différentes fonctions mentales comme l'attention, la mémoire, la manipulation et la vitesse de traitement de l'information. Étant donné que l'imagerie mentale visuelle est complexe, elle intègre de nombreuses fonctions mentales, incluant celles qui ont déjà révélé un déficit lors d'une commotion cérébrale. Ainsi, il se peut très bien que la qualité de l'imagerie mentale visuelle diminue à la suite d'une commotion cérébrale d'origine sportive chez l'athlète.

L'imagerie mentale

3.1 La définition et pertinence

L'imagerie mentale est la technique cognitive considérée comme un des domaines de base en recherche pour la psychologie sportive (Silva & Weinberg, 1982). L'imagerie mentale visuelle correspond à la génération cognitive d'une image sans stimulation visuelle externe (Kreiman,

Koch & Fried, 2000). Visualiser une peinture dans sa tête ou un geste moteur, comme danser sans bouger physiquement, en sont deux exemples. L'imagerie mentale visuelle est utilisée par le grand public, mais certains domaines en font couramment l'utilisation pour se parfaire et c'est une habileté importante à maîtriser pour bien réussir dans ces domaines. Le sport est un de ces domaines; surtout chez l'élite (Orlick & Partington, 1988; Salmon, Hall & Haslam, 1994). Effectivement, l'entraîneur encourage l'athlète à utiliser cette technique s'il se rapproche de plus en plus de l'élite mondiale (Jedlic, Hall, Munroe-Chandler & Hall, 2007).

L'efficacité de cette technique se documente relativement bien car l'athlète utilise l'imagerie mentale principalement pour augmenter sa performance. Elle fonctionne seule (Driskell, Copper & Moran, 1994; Feltz & Landers, 1983) ou bien intégrée avec d'autres techniques cognitives (Ainscoe & Hardy, 1987). L'athlète peut aussi s'en servir afin de mieux récupérer suite à une blessure (Driediger, Hall & Callow, 2006), modifier ses émotions et cognitions pour réduire le stress (Jones & Hardy, 1990), se motiver (Rodgers, Hall & Buckolz, 1991), avoir des pensées positives (Singer et al., 1991) et s'activer physiologiquement avant une performance (Weinberg, Gould & Jackson, 1980; Lee, 1990). Ces preuves suggèrent que l'athlète possède de meilleures habiletés d'imagerie mentale visuelle que le non-athlète.

3.2 Les substrats neurologiques

Les outils utilisés dans la compréhension des substrats neurologiques de l'imagerie mentale visuelle sont des mesures directes du cerveau. Les techniques qui prédominent jusqu'à maintenant sont les potentiels évoqués (électroencéphalogramme), l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle, la tomographie par émission de positons et la stimulation magnétique transcranienne.

La littérature avance que l'imagerie mentale visuelle partage les mêmes mécanismes de base que la vision (Farah, 1988a; Kosslyn, Thompson & Alpert, 1997), mais parfois cette théorie est infirmée (Bartolomeo et al., 1998; Dulin, Hatwell, Pylyshyn & Chokron, 2008). Une étude récente démontre une activation importante dans les aires visuelles supérieures mais une réponse plutôt faible des aires visuelles primaires. (Kaas et al., 2009).

L'accumulation de données tend à démontrer que l'imagerie mentale visuelle n'est pas un construit unifié, mais plutôt qu'elle se dissocie en deux sous-systèmes. En effet, la recherche autant au niveau fonctionnel (Farah, Hammond, Levine & Calvanio, 1988b; Kosslyn, 1994; Levine, Warach & Farah, 1985; Logie, 1995) que neuronal (Kosslyn, Ganis & Thompson, 2001; Kosslyn & Thompson, 2003; Mazard et al., 2004) rapporte l'existence de deux types d'imagerie visuelle, soit l'imagerie d'objets ou l'imagerie spatiale. Ainsi, les aires visuelles supérieures se divisent en deux circuits corticaux distincts (Haxby et al., 1991; Kosslyn & Koenig, 1992; Milner & Goodale, 1995; Uhl, Goldenberg, Lang & Lindinger, 1990; Underleider & Mishkin, 1982). Le circuit objet passe par le lobe occipital et descend vers le lobe temporal inférieur. Il se nomme le « système ventral » et analyse des propriétés concrètes des objets visualisés comme la forme, la taille, la couleur et l'éclat. Le circuit spatial passe par le lobe occipital et monte vers le lobe pariétal. Il s'agit du « système dorsal » qui analyse des propriétés abstraites des objets visualisés comme la relation entre les objets ou des parties de ceux-ci, la localisation des objets dans l'espace, les mouvements des objets ou des parties de ceux-ci et d'autres transformations spatiales complexes (Heuer, Fischman & Reisberg, 1986; Kozhevnikov, Kosslyn & Sheppard, 2005; Reisberg, Culver, Heuer & Fischman, 1986). Les deux circuits corticaux renforcent la théorie que l'imagerie et la perception visuelle sont reliées (Milner & Goodale, 1992).

3.3 L'évaluation

Les experts emploient des tests comportementaux et des questionnaires pour mesurer l'imagerie mentale visuelle dans le domaine sportif (McAvinue & Robertson, 2006). Ces deux méthodes sont acceptées même si elles ne semblent pas reliées (Burton & Fogarty, 2003; Lequerica et al., 2002).

Selon la méthode dite objective, les tests comportementaux sous format papier-crayon ou informatisé font appel à l'imagerie mentale visuelle pour trouver la solution (Richardson, 1999). Ainsi, par exemple, pour connaître la capacité de l'imagerie mentale visuelle spatiale de l'athlète, on lui demande de regarder un cube déplié sur une feuille de papier et il répond à des questions sur ce cube qu'il reconstruit mentalement. Par opposition, identifier un objet partiel dans un nuage de points est un exemple d'imagerie mentale visuelle d'objets. Les tests suivants : *Grain Resolution Task* (Kozhevnikov, Kosslyn & Shepard, 2005), *Degraded Pictures Test*

(Blajenkova, Kozhevnikov & Motes, 2006), *Visual Object Identification Task* (Vannucci, Mazzoni, Chiorri & Cioli, 2008), *Measure of the Ability to Form Spatial Mental Imagery* (Campos, 2009), *Paper Folding Test* (Ekstrom, French & Harman, 1976), et *Modified Mental Rotation Task* (Dror & Kosslyn, 1994) sont des exemples de tests qui mesurent l'imagerie mentale visuelle d'objets (3 premiers) et spatiale (3 derniers).

Le *Grain Resolution Task* a une fiabilité interne de 0,62 et réussit à distinguer des différences entre les bons imageurs d'objets versus ceux qui sont meilleurs en imagerie mentale visuelle spatiale. Cette tâche permet également de faire la distinction entre les professionnels en arts visuels (experts d'objets) versus scientifiques (experts spatiaux) (Kozhevnikov et al., 2005). Le *Degraded Pictures Test* démontre une fiabilité interne de 0,62 de la version papier-crayon et 0,74 de la version informatisée (Blajenkova et al., 2006) et une validité mitigée car il ne distingue pas entre les imageurs d'objets et les imageurs spatiaux (Kozhevnikov et al., 2005). Cependant, il corrèle avec des questionnaires qui sont réputés être des mesures sensibles aux imageurs d'objets comme le *Vividness of Visual Imagery Questionnaire* et l'échelle d'objets du *Object-Spatial Imagery Questionnaire* (Blajenkova et al., 2006). Le *Visual Object Identification Task* n'a pas de mesure de fiabilité, toutefois il démontre une bonne validité parce qu'il différencie les bons et moins bons imageurs d'objets (Vannucci, et al., 2008). De plus, cet outil se démarque par l'ajout de variables physiques dont la fréquence spatiale, la luminosité et des indices d'ombre, tous pertinents dans l'identification d'objets visuels (Humphrey, Goodale, Jakobson & Servos, 1994). Les qualités psychométriques des tests discutés sont peu évaluées, ce qui est normal étant donné la récence de ces tests. Les mesures de fidélité obtenues pour le *Grain Resolution Task* et le *Degraded Pictures Test* tombent dans la catégorie des mesures inacceptables (McKelvie, 1994). Pour la présente étude, nous avons opté pour le *Visual Object Identification Task* parce qu'il démontre une bonne validité et a de bonnes assises théoriques en intégrant un plus grand nombre des composantes nécessaires à la reconnaissance d'objets.

Le *Measure of the Ability to Form Spatial Mental Imagery* (MAFSMI) obtient une fiabilité de 0,93 avec un test-retest différé et démontre une certaine validité parce qu'il corrèle avec une autre mesure spatiale et ne corrèle pas avec des outils d'imagerie d'objets (Campos, 2009). Selon les échelles de McKelvie (1994), l'outil tombe dans la catégorie très bonne fidélité et très bonne validité. Le *Paper Folding Test* (PFT) a 0,84 de fiabilité interne (Ekstrom et al., 1976), une bonne

validité parce qu'il corrèle avec d'autres outils d'imagerie spatiale (Blazhenkova & Kozhevnikov, 2009), démontre que les scientifiques (experts spatiale) sont meilleurs que les artistes en arts visuels (experts d'objets) (Kozhevnikov et al., 2005) et que les athlètes sont meilleurs que les non-athlètes (Vannucci, De Stephani & Marchetti, 2010). Ces statistiques confèrent au test une fiabilité à la limite de ce qui est acceptable et une très bonne validité (McKelvie, 1994). Le modified *Mental Rotation Task* (MRT) a une fiabilité interne de 0,88 pour la version originale (pas de données pour la version modifiée), permet de différencier les imageurs d'objets des imageurs spatiaux (Kozhevnikov et al., 2005) et démontre que les athlètes sont meilleurs que les non-athlètes (Ozel et al., 2004). Pour la présente étude, nous avons choisi le *Paper Folding Test* pour son pragmatisme et sa popularité depuis plus de 35 ans.

Selon la méthode subjective, les questionnaires mesurent la qualité de l'imagerie mentale visuelle de façon auto-rapportée (Richardson, 1999). Une revue de littérature révèle que le *Shortened Questionnaire Upon Mental Imagery* (QMI), le *Vividness of Visual Imagery Questionnaire* (VVIQ) et l'*Individual Differences Questionnaire* (IDQ) possèdent des propriétés psychométriques adéquates (McAvinue & Robertson, 2006). Le *Questionnaire Upon Mental Imagery* (Betts, 1909) est un outil global de 150 items qui mesurent l'imagerie mentale de sept modalités sensorielles. Une version abrégée de 35 items a été mise au point (Sheehan, 1967a) pour écourter le questionnaire. La version courte du QMI corrèle fortement avec l'original (Sheehan, 1967b), démontre une bonne fidélité (Evans & Kamemoto, 1973; Juhasz, 1972; Westcott & Rosenstock, 1976) et validité (Sheehan, 1967a; White, Ashton & Law, 1974). Le *Vividness of Visual Imagery Questionnaire* (Marks, 1973) est la mesure la plus répandue en imagerie mentale visuelle (McKelvie, 1995) avec environ 700 citations. Le questionnaire mesure la modalité visuelle à partir de 16 items. Certains chercheurs soumettent qu'il est spécifique à l'imagerie d'objets (Heuer et al., 1986, Kozhevnikov et al., 2005; Reisberg et al., 1986) parce qu'il ne corrèle pas avec des tests d'imagerie spatiale (McKelvie, 1995). Le *Vividness of Visual Imagery Questionnaire* démontre une bonne fidélité (McKelvie & Gingras, 1974; Parrott & Strongman, 1985; Rossi, 1977) et validité (Campos, Gonzales & Amor, 2002; LeBoutillier & Marks, 2001). L'*Individual Differences Questionnaire* (Paivio, 1971) analyse les habiletés et habitudes verbales, ainsi que celles de l'imagerie à partir de 86 items. Le IDQ-IHS (*Imagery Habit Scale*) contient seulement la partie du test sur les habitudes et habiletés en imagerie. L'outil est fidèle (Hiscock, 1978; Cohen & Saslona, 1990) et valide (Specht & Martin, 1998). Nous

retenons le *Vividness of Visual Imagery Questionnaire* car il répond à nos besoins précis, est fiable, valide, et constitue la référence dans la littérature scientifique.

3.4 Athlètes versus non-athlètes

Les études suggèrent que les femmes obtiennent un score plus élevé pour l'imagerie d'objets, contrairement aux hommes qui obtiennent un score plus élevé pour l'imagerie spatiale, et ce, autant dans la population générale (Campos & Suerio, 1993; Collins & Kimura, 1997; Richardson, 1995; Voyer, Voyer & Bryden, 1995) qu'athlétique (Hult & Brous, 1986).

Deux études ont comparé l'imagerie mentale visuelle d'objets entre athlètes et non-athlètes avec le *Vividness of Visual Imagery Questionnaire*. La première a constaté que certains sportifs (gymnastique, trampoline, tir à l'arc, cricket, tennis, soccer, volleyball et netball) étaient meilleurs que la population générale, alors que d'autres sportifs (athlétisme, sports aquatiques, tir, badminton et golf) ne l'étaient pas (Isaac & Marks, 1994). La seconde a observé une meilleure performance chez les athlètes de volleyball comparativement aux non-athlètes, et une différence quasi-significative ($p=.06$) entre les danseurs et les non-athlètes (Thwaites, McKelvie & Stout, 2007).

Quelques études se sont également penchées sur la relation entre l'imagerie mentale visuelle spatiale et le sport. Des trois études qui ont été réalisées auprès des femmes, deux ont conclu que les athlètes étaient meilleurs que les novices (Overby, 1990) ou les femmes physiquement actives (Vannucci et al., 2010), et la troisième a conclu qu'il n'y avait pas de différences entre les deux groupes (Thwaites et al., 2007). Une étude (Hult & Brous, 1986) avec des participants mixtes a comparé la complexité des sports, selon les auteurs, en termes d'exigences spatiales et ont tiré deux conclusions : 1) les femmes athlètes étaient meilleures que les femmes non-athlètes, mais les hommes athlètes n'étaient pas meilleurs que les hommes non-athlètes 2) les athlètes de sports « plus complexes » (par exemple : basketball, tennis, soccer) ne différaient pas de ceux qui pratiquaient des sports « moins complexes » (par exemple : athlétisme, natation, entraînement musculaire). Ces résultats ont été obtenus au moyen d'un sous-test, *Space Relations*, papier-crayon du *Differential Aptitude Tests* (Bennett, Seashore & Wesman, 1973) qui contient 60 items où le participant doit plier mentalement une figure en deux ou trois dimensions. Une étude composée d'hommes seulement a démontré que les athlètes ont

performé mieux que les non-athlètes (Ozel et al., 2004). Les athlètes étaient plus rapides dans une tâche informatisée de rotation mentale, *modified Mental Rotation Task* (Dror & Kosslyn, 1994) où l'athlète devait identifier si deux images étaient identiques. Dans cette étude, encore une fois, les athlètes de sports « plus complexes » n'étaient pas meilleurs que les athlètes de sports « moins complexes ». Une spécificité intéressante de cette étude qui était non identifiée dans les précédentes : l'identification de l'expérience en imagerie mentale, c'est-à-dire si l'athlète la pratiquait ou non dans le cadre de son sport.

Les commotions cérébrales d'origine sportive influent sur le cerveau des athlètes. Les déficits cognitifs à court terme sont de plus en plus évidents. Malgré des déficits à long terme observés à partir de mesures directes (électroencéphalogramme et techniques d'imagerie), peu d'études ont observé des déficits à l'aide d'outils comportementaux ou questionnaires dans les années subséquentes à la commotion cérébrale. L'imagerie mentale visuelle est une tâche mentale qui sollicite plusieurs fonctions cérébrales et offre la possibilité de saisir l'évolution du cerveau dans le temps suite à une commotion. Il existe plusieurs types d'imageries mentales, cependant cette étude traite seulement de l'aspect visuel de l'imagerie. Cette étude est novatrice car aucune étude à ce jour n'a étudié l'effet des commotions cérébrales sur l'imagerie mentale visuelle. De fait, notre étude répond aux deux questions suivantes relatives aux athlètes commotionnés et aux athlètes non-commotionnés : 1) la commotion cérébrale perturbe-t-elle la qualité de l'imagerie mentale visuelle d'objets ? et 2) la commotion cérébrale perturbe-t-elle la qualité d'imagerie mentale visuelle spatiale ? Eu égard nos deux objectifs, nous postulons que les commotionnés auront des résultats significativement inférieurs aux non-commotionnés dans leur capacité d'imagerie mentale visuelle d'objets et d'imagerie spatiale.

Méthodologie

4.1 Type d'étude et échantillon

Le paradigme de recherche est de type étude de cas-témoins parce que les participants sont assignés selon qu'ils ont ou non subi une commotion cérébrale d'origine sportive. Au total, 30 athlètes masculins (26 droitiers et quatre gauchers) de calibre universitaire, âgés entre 20 et 25 ans, participent à l'étude. Ils proviennent tous du football. On compte 15 footballeurs

commotionnés et 15 non-commotionnés. Le recrutement se fait selon une méthode non-probabiliste de convenance car nous recrutons des sujets volontaires facilement accessibles sur le campus de l'Université de Montréal. Tous les athlètes ont une vision normale ou avec correction. Aucun ne signale un historique de difficultés d'apprentissage, de troubles neurologiques ou psychiatriques (à l'exception des commotions cérébrales pour le groupe commotionné), de problèmes de toxicomanie, de médication interférant avec les fonctions cognitives ou de traumatismes crâniens non reliés aux sports.

4.2 Outils de collecte des données

4.2.1 Outils de contrôle

Pour veiller à ce que nos résultats en imagerie mentale visuelle ne s'expliquent pas par des facteurs autres que la qualité de l'imagerie, nous faisons appel à certaines mesures de contrôle. D'abord, une panoplie d'informations sur l'historique de l'athlète tirées du *Questionnaire de participation à l'étude* (voir [annexe 8.3](#)). Puis, nous vérifions la fonctionnalité de certaines fonctions cognitives importantes pour l'imagerie mentale. En effet, nous évaluons l'attention soutenue avec le *Penn Continuous Performance Test-Number and Letter Version* (voir [annexe 8.4](#)) la mémoire à court terme et la mémoire de travail avec les *Séquences de chiffres* (voir [annexe 8.5](#)). Finalement, à l'aide de l'*Inventaire de Dépression de Beck II* (voir [annexe 8.6](#)), nous confirmons que l'athlète ne présente pas un état dépressif.

Le *Questionnaire de participation à l'étude* recueille des informations sur l'historique sportif, scolaire, médical, la consommation d'alcool ou drogues, l'imagerie mentale, et la(es) commotion(s) cérébrale(s) des participants. Le questionnaire a été conçu spécifiquement aux fins de cette étude pour d'approfondir certains points d'intérêts et discerner l'inclusion ou l'exclusion du participant à l'étude. Le chercheur note les réponses du participant lors d'une entrevue qui dure entre cinq et dix minutes.

Le *Penn Continuous Performance Test-Number and Letter Version* (PCPTnl), sous-test de la batterie informatique neuropsychologique de l'Université de Pennsylvanie, évalue l'attention visuelle et la vigilance du participant. Le test est qualifié comme une mesure fidèle et valide (Gur et al., 2001; Kurtz et al., 2001). Il se compose d'une série d'images formées de lignes

rouges horizontales et verticales défilant au centre de l'écran. Le participant appuie sur la touche espace lorsqu'une lettre entière ou un chiffre entier apparaît. Au contraire, lorsqu'il y a seulement une partie ou une image miroir de la lettre ou du chiffre, le participant n'appuie pas sur la touche espace. Avant de débiter le test, nous invitons le participant à faire quelques essais, question d'éviter toute erreur de compréhension. Le test comporte deux parties : la première partie contient seulement des chiffres et la deuxième, seulement des lettres. À chaque essai, le stimulus apparaît pour une durée de 300 millisecondes suivi d'un écran noir pendant 700 millisecondes. Ainsi, le participant a une seconde pour répondre ou s'abstenir de répondre. Le test génère une multitude de résultats, mais nous tenons compte de trois résultats aux fins de l'étude : la sensibilité ((les vrais positifs / (les vrais positifs + les faux négatifs)), la spécificité ((les vrais négatifs / (les vrais négatifs + les faux positifs)) et l'efficacité ((les vrais positifs / log (la médiane des vrais positifs)). La durée du test est de sept minutes.

Les *Séquences de chiffres* est un sous-test papier-crayon de la batterie d'Échelle d'intelligence de Wechsler pour adultes IV (WAIS-IV) avec de bonnes qualités psychométriques (Wechsler, 2008). Les *Séquences de chiffres* ont deux parties : la première mesure la mémoire à court terme et la deuxième, la mémoire de travail. Dans la première partie, l'expérimentateur fait une lecture orale d'une séquence de chiffres et, une fois terminée, le participant doit répéter la séquence de chiffres dans le même ordre. La longueur de la séquence varie entre deux et neuf chiffres et augmente progressivement pendant le test. Nous examinons deux scores : la séquence de chiffres en ordre direct (SCOD : total sur 16 points) et la séquence de chiffres en ordre direct la plus longue (SCDL : total sur 9 points). Dans la deuxième partie, l'expérimentateur fait une lecture orale d'une séquence de chiffres et, une fois terminée, le participant doit répéter la séquence de chiffres dans l'ordre inverse. La longueur de la séquence varie entre deux et huit chiffres et augmente progressivement pendant le test. Nous étudions deux scores : la séquence de chiffres en ordre inverse (SCOD : total sur 16 points) et la séquence de chiffres en ordre inverse la plus longue (SCIL : total sur 8 points). Le test prend moins de cinq minutes à exécuter.

L'*Inventaire de Dépression de Beck II* (BDI-II) est un outil complémentaire pour établir la sévérité d'une dépression (Beck, Steer & Brown, 1996). Plusieurs études ont confirmé sa fidélité (Beck et al., 1996; Kojima et al., 2002; Storch, Roberti & Roth, 2004) et validité (Beck et al., 1996; Steer et al., 1999; Whisman, Perez & Ramel, 2000). Le questionnaire papier-crayon contient 21 groupes

d'énoncés. Le participant choisit dans chaque groupe l'énoncé qui correspond le mieux à ce qu'il ressent depuis les deux dernières semaines. Le score maximal est de 63 qui s'interprète de la façon suivante : score de 0 à 13 = niveau de dépression minimale, score de 14 à 19 = niveau de dépression légère, score de 20 à 28 = niveau de dépression modérée et score de 29 à 63 = niveau de dépression sévère. Le test exige environ cinq minutes.

4.2.2 Vividness of Visual Imagery Questionnaire (VVIQ)

Ce test papier-crayon contient 16 items qui indiquent à quel point l'imagerie mentale visuelle est vive selon la perception du participant (voir [annexe 8.7](#)). Le participant note sur une échelle de 1 (image très vive) à 5 (pas d'image) la qualité de son imagerie. Il répond aux 16 items les yeux ouverts et, une fois terminée, il recommence les mêmes 16 items mais avec les yeux fermés. Le chercheur comptabilise le score en additionnant les points yeux ouverts et yeux fermés. Deux modifications sont apportées au test suite à des suggestions issues d'une vaste revue de littérature (McKelvie, 1995). Primo, le participant complète seulement le questionnaire les yeux fermés car il ne semble pas y avoir d'effets sur le score total et pour écourter la durée de l'expérimentation. Secundo, l'échelle de point est inversée (5 = image très vive et 1 = pas d'image), donc un score élevé signifie une bonne qualité d'imagerie. Le questionnaire a un score maximal de 80. La version originale du test est anglophone, mais nous avons pris une traduction française déjà existante (Santarpia et al., 2008). La durée est généralement entre cinq et dix minutes parce qu'elle dépend de la variation subjective du temps nécessaire au participant pour faire son imagerie.

4.2.3 Paper Folding Test (PFT)

Ce test papier-crayon mesure la capacité d'imagerie mentale visuelle spatiale; c'est-à-dire l'habilité de saisir, d'encoder et de manipuler mentalement des formes spatiales abstraites (voir [annexe 8.8](#)). Il contient 20 items répartis entre deux sections de dix items. À chaque item correspondent une à trois images subséquentes d'une feuille de papier pliée, suivies d'une dernière image avec un trou. Le participant doit choisir entre cinq réponses où se situent les trous une fois la feuille dépliée. Le pointage se calcule comme suit : le nombre de bonnes réponses moins le quotient du nombre de mauvaises réponses divisé par quatre. Un temps

limite de trois minutes par section est accordé au participant. Le test demande environ sept minutes.

4.2.4 Visual Object Identification Task (VOIT)

Ce test informatisé quantifie l'habileté de générer une image picturale d'objets, donc l'imagerie mentale visuelle d'objets (voir [annexe 8.9](#)). La tâche est créée à partir du logiciel Psykinematix, version 1.3.2. Elle contient 47 items d'objets réels du quotidien photographiés en noir et blanc à partir d'un ensemble standardisé de photos (Viggiano, Vannucci & Righi, 2004). Il y a un essai de trois items (non-inclus dans les 47) avant le début du test. Chaque item est présenté à neuf différents niveaux de clarté avec un angle visuel de 7,5 degré d'hauteur par 7,5 degré de largeur au centre de l'écran. Au début, l'image est très floue et graduellement elle s'éclaircit jusqu'à ce qu'elle représente la photo originale. Chaque niveau dure 500 millisecondes, alors le temps de réaction varie de 0 à 5 secondes par item. Dès que le participant pense connaître la réponse, il appuie sur une touche du clavier puis donne sa réponse verbalement. Les termes génériques ne sont pas acceptés, donc si l'image est un chien, la réponse « animal » n'est pas bonne. Le chercheur donne une rétroaction immédiate sur la réponse. Après quoi, dès qu'il est prêt, le participant active l'image suivante et la procédure recommence. La performance s'analyse en fonction de la moyenne des temps de réaction pour les bonnes réponses et la quantité d'erreurs. Le test prend cinq minutes.

4.3 Procédure de collecte des données

4.3.1 Moment et endroit de l'expérimentation

L'heure de la journée est contrôlée de sorte que tous les participants viennent au laboratoire au milieu de la journée entre 11h et 18h. De plus, la batterie de tests s'effectue toujours au même endroit. Le laboratoire assure une évaluation privée et un environnement agréable (spacieux, éclairé et température confortable) pour le participant. Cette procédure permet de minimiser l'impact de certains facteurs externes sur la performance cognitive.

4.3.2 *Ordre de passation des tests*

Tous les tests ont lieu lors d'une seule rencontre d'environ 50 minutes. Premièrement, l'expérimentateur explique le formulaire de consentement et le participant signe, de manière libre et éclairée, qu'il accepte les conditions de l'étude. Deuxièmement, on remplit le questionnaire de participation à l'étude afin de déterminer s'il faut inclure ou exclure le participant de l'étude. Troisièmement, le participant se livre à la totalité des tests sauf s'il décide d'arrêter de son propre gré. L'expérimentateur ordonne les tests aléatoirement au préalable pour éviter une possibilité d'activation facilitatrice d'un test sur un second, par exemple, *Vividness of Visual Imagery Questionnaire* sur *Visual Object Identification Task*, ou une baisse de performance associée à une fatigue cognitive.

4.3.3 *Compensation*

On verse une compensation financière de 20 \$ au participant à la fin de l'expérimentation pour le dédommager de ses frais de déplacements et en guise de remerciements.

Résultats

5.1 **Caractéristiques des participants**

Des mesures comparatives entre les deux groupes sont nécessaires afin d'assurer que les résultats ne s'expliquent pas par des caractéristiques externes ayant une influence sur la capacité d'imagerie mentale visuelle. Le Tableau 1 présente des statistiques descriptives (moyennes et écarts types) de certaines caractéristiques jugées pertinentes en lien avec la performance en imagerie mentale visuelle. Ces caractéristiques sont l'âge, le nombre d'années d'expérience au football, le nombre d'années de scolarité, le nombre de commotions cérébrales d'origine sportive subies et le temps écoulé depuis la dernière commotion cérébrale d'origine sportive.

Tableau 1: Profil démographique des athlètes

Participants						
	n	Âge (années)	Années d'expérience sportive	Éducation (années)	# Commotions subies	Temps écoulé depuis la dernière commotion (mois)
Groupe avec commotion	15	22,33 ± 1,54	10,07 ± 2,12	15,47 ± 1,34*	2,60 ± 1.45	16,20 ± 13,44
Groupe sans commotion	15	21,40 ± 1,06	9,13 ± 2,56	14,30 ± 0,86*	-	-

*significatif $p < 0,01$

Une série de tests-t comparant le groupe commotionné avec le groupe non-commotionné révèle une différence significative selon le nombre d'années d'éducation ($t(28) = -2,83$, $p < 0,01$, $d = 1,06$), mais pas de différence significative pour l'âge ($t(28) = -1,93$, $p = 0,06$, $d = 0,72$) ou l'expérience sportive ($t(28) = -1,09$, $p = 0,29$, $d = 0,40$). Donc, les deux groupes sont comparables mis à part le nombre d'années de scolarité. En moyenne, le groupe commotionné possède 1,17 année de scolarité de plus que le groupe non-commotionné. L'écart s'explique principalement par la tendance observée ($p = 0,06$) entre l'âge moyen des deux groupes parce que si le groupe commotionné a environ un an de plus, il est possible qu'il ait un an d'éducation supplémentaire. De plus, cette différence est mitigée par le fait que tous les participants ont le même niveau de scolarité, soit étudiant au baccalauréat ou à la maîtrise. Nous sommes d'avis que la différence n'influe pas sur les résultats des tests.

L'historique de l'utilisation de l'imagerie mentale par les athlètes permet de mettre en perspective les résultats obtenus aux tests. Il est pertinent de savoir si l'athlète utilise l'imagerie mentale visuelle pour son sport, dans quelle proportion (temps consacré), la place qu'elle occupe dans le programme d'entraînement et à quoi ressemble l'expérience de l'athlète lorsqu'il fait de l'imagerie (c'est-à-dire si le contenu est une imagerie mentale visuelle d'objets ou une imagerie spatiale). Voici ce que les athlètes ont déclaré lorsqu'ils ont rempli le *Questionnaire de participation à l'étude* :

- 1) 28 répondant sur 30 s'en servent dans le cadre de leur sport
- 2) Ils s'y adonnent environ 40 minutes par semaine
- 3) Aucun athlète n'est encadré par le personnel sportif de l'équipe de football, car la pratique d'imagerie mentale n'est pas obligatoire, dirigée, ou intégrée dans le programme d'entraînement
- 4) Pour les 28 athlètes pratiquant l'imagerie mentale : 82,14 % rapportent un contenu d'imagerie mentale visuelle d'objets et 89,29 %, d'imagerie mentale visuelle spatiale.

Nota : Ces données ne tiennent pas compte de la pratique d'imagerie mentale visuelle non reliée au sport.

Signalons que la majorité des athlètes utilisent et pratiquent déjà l'imagerie mentale et qu'il n'y a pas de différence de cette utilisation ou pratique entre les deux groupes. Ainsi, toutes différences dans les résultats aux tests objectifs ne peuvent pas s'expliquer par les compétences des athlètes.

5.2 Résultats aux mesures de contrôle

Nous administrons des outils de contrôle afin de vérifier que les résultats en imagerie mentale visuelle ne s'expliquent pas par d'autres facteurs que la qualité de l'imagerie. Le *Questionnaire de participation à l'étude* porte sur l'historique sportif, scolaire, médical, la consommation d'alcool ou drogues, l'imagerie mentale, et la(es) commotion(s) cérébrale(s) des participants. Le questionnaire a été conçu aux fins de cette étude pour approfondir certains points d'intérêts et discerner l'inclusion ou l'exclusion du participant à l'étude. Ainsi, quatre athlètes sont écartés de l'étude après avoir rempli le questionnaire; trois athlètes, pour leur historique scolaire et un athlète, pour l'incertitude vis-à-vis son historique d'impact à la tête. La passation de l'*Inventaire de Dépression de Beck II (BDI-II)* donne un aperçu de l'état de santé mentale puisque la dépression est commune chez les athlètes commotionnés et peut diminuer la performance aux tests. Les *Séquences de chiffres* de la batterie d'Échelle d'intelligence de Wechsler pour adultes IV (WAIS-IV) vérifient que la mémoire à court terme et la mémoire de travail ne sont pas compromises chez les athlètes commotionnés car elles sont essentielles pour maintenir et transformer les images mentales. Le Penn Continuous Performance Test – Number and Letter

Version (PCPTnl), mesure l'attention visuelle et la vigilance du participant. Elles sont des habiletés perceptuelles importantes utilisées lors de la réalisation de tests d'imagerie mentale et peuvent être diminuées suite à une commotion cérébrale.

Une série de tests-t comparant les résultats obtenus ([Tableau 2](#)) entre le groupe commotionné et le groupe non-commotionné ne révèle pas de différences significatives au niveau de la dépression avec l'*Inventaire de dépression de Beck* ($t(28) = 1,00$, $p = 0,33$, $d = 0,37$), de la mémoire avec les *Séquences de chiffres* [mémoire à court terme, SCDL : $t(28) = 1,20$, $p = 0,24$, $d = 0,43$, et SCOD : $t(28) = 0,60$, $p = 0,56$, $d = 0,22$, et mémoire de travail, SCIL : $t(28) = 0,12$, $p = 0,91$, $d = 0,04$, et SCOI : $t(28) = 0,99$, $p = 0,43$, $d = 0,29$] et de l'attention soutenue avec le *Penn Continuous Performance Test – Number and Letter Version* [sensibilité : $t(27) = 0,43$, $p = 0,67$, $d = 0,18$, spécificité : $t(27) = 0,84$, $p = 0,62$, $d = 0,19$, et efficacité $t(27) = 0,43$, $p = 0,41$, $d = 0,31$]. Ces résultats confirment que les facteurs externes comme la dépression, la mémoire et l'attention soutenue n'influent pas sur les résultats des tests d'imagerie mentale visuelle.

Tableau 2: Résultats des tests contrôle

Test	Groupe commotionné		Groupe non-commotionné	
	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type
BDI-II (/63)	3,6	2,97	4,8	3,59
WAIS-IV : SCDL (/9)	7,13	0,92	7,53	0,92
WAIS-IV : SCOD (/16)	11,27	1,79	11,67	1,88
WAIS-IV : SCIL (/8)	5,67	1,40	5,73	1,71
WAIS-IV : SCOI (/16)	10,27	2,66	9,53	2,36
PCPTnl : Sensibilité (/1)	0,9667	0,0386	0,9720	0,0261
PCPTnl : Spécificité (/1)	0,9517	0,0465	0,9586	0,0256
PCPTnl : Efficacité	19,00	0,83	19,21	0,51

5.3 Résultats en imagerie mentale visuelle

Pour évaluer les différents aspects d'imagerie mentale visuelle, nous administrons trois tests afin de cibler les deux sous-catégories, soit l'imagerie d'objets et l'imagerie spatiale. Ces tests permettent de vérifier si les commotions cérébrales influent sur la capacité d'imagerie des footballeurs universitaires. Un premier test « objectif », le *Paper Folding Test (PFT)*, permet d'évaluer l'imagerie mentale visuelle spatiale. Un deuxième test, le *Visual Object Imagery Task (VOIT)*, examine l'imagerie mentale visuelle d'objets. Enfin, un troisième test « subjectif », le *Vividness of Visual Imagery Questionnaire (VVIQ)*, mesure les deux sous-catégories.

Une série de tests paramétriques, test-t, servent à comparer la capacité d'imagerie mentale visuelle chez le groupe commotionné et chez le groupe non-commotionné. Aucune différence n'est notée lors du *Paper Folding Test* ($t(22,54) = 0,34, p > 0,05, d = 0,13$), du *Visual Object Imagery Task*, et ce, tant pour le temps de réaction moyen ($t(27) = -1,34, p > 0,05, d = 0,26$) que pour le nombre d'erreurs ($t(27) = 0,04, p > 0,05, d = 0,02$) et le *Vividness of Visual Imagery Questionnaire* ($t(28) = 1,61, p > 0,05, d = 0,59$). Le [Tableau 3](#) et les [Figures 1 à 3](#) font état des résultats. Dans l'ensemble, les deux groupes ont des performances similaires, ce qui porte à croire que les commotions cérébrales d'origine sportive ne nuisent pas à la capacité d'imagerie mentale visuelle.

[Tableau 3](#) : Résultats des tests d'imagerie mentale visuelle

Test	Groupe commotionné		Groupe non-commotionné	
	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type
PFT (/20)	11,33	2,38	11,75	4,09
VOIT : Temps de réaction moyen (/5)	2,64	0,28	2,77	0,25
VOIT : Nombre d'erreurs (/47)	1,64	1,50	1,67	1,50
VVIQ (/80)	59,00	6,73	63,33	7,99

Figure 1 : Comparaison des moyennes au *Paper Folding Test*

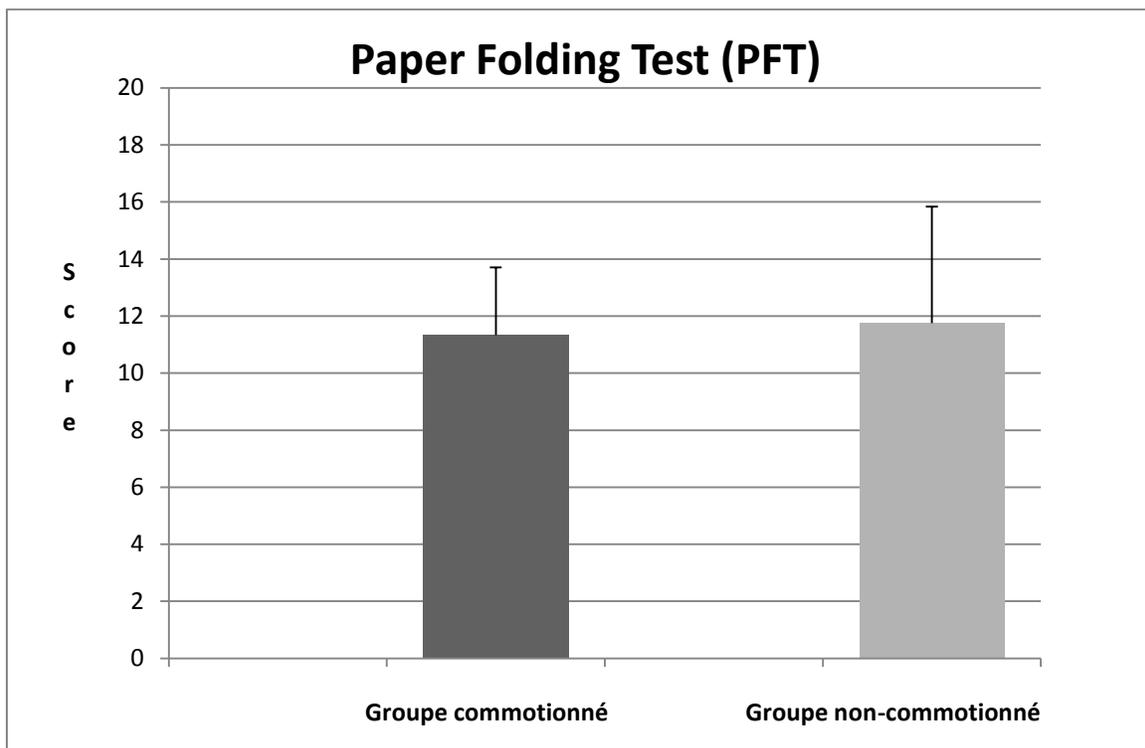


Figure 2 : Comparaison des moyennes des temps de réaction au *Visual Object Identification Task*

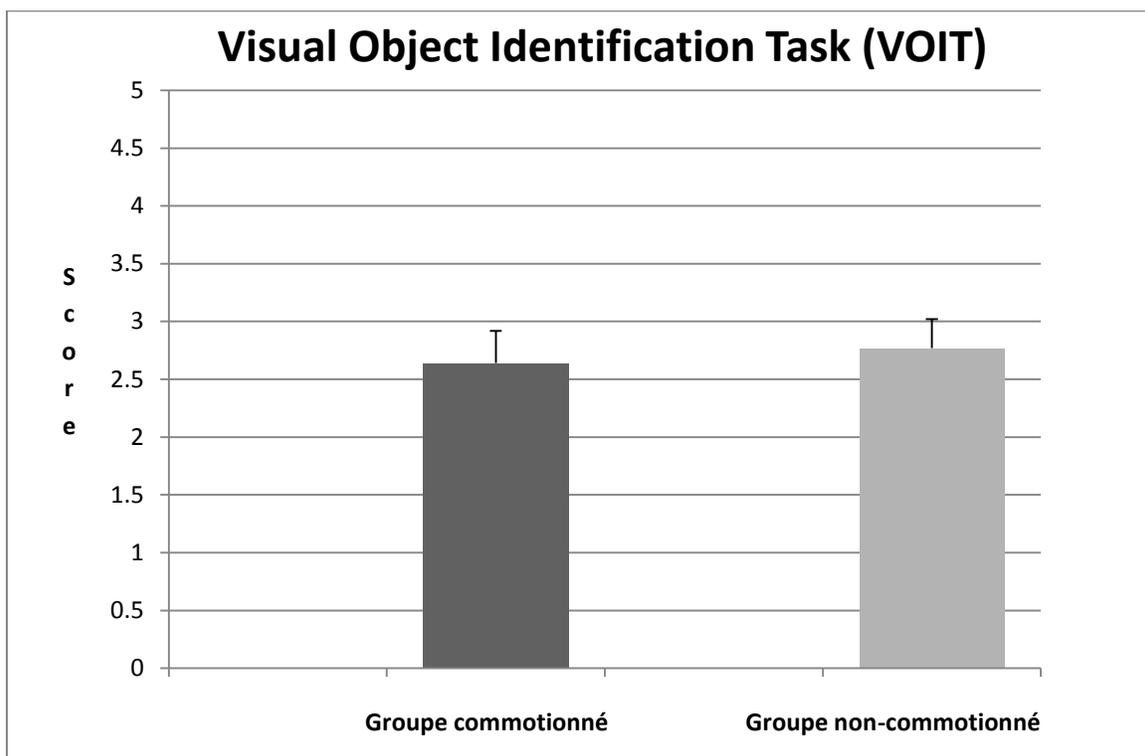
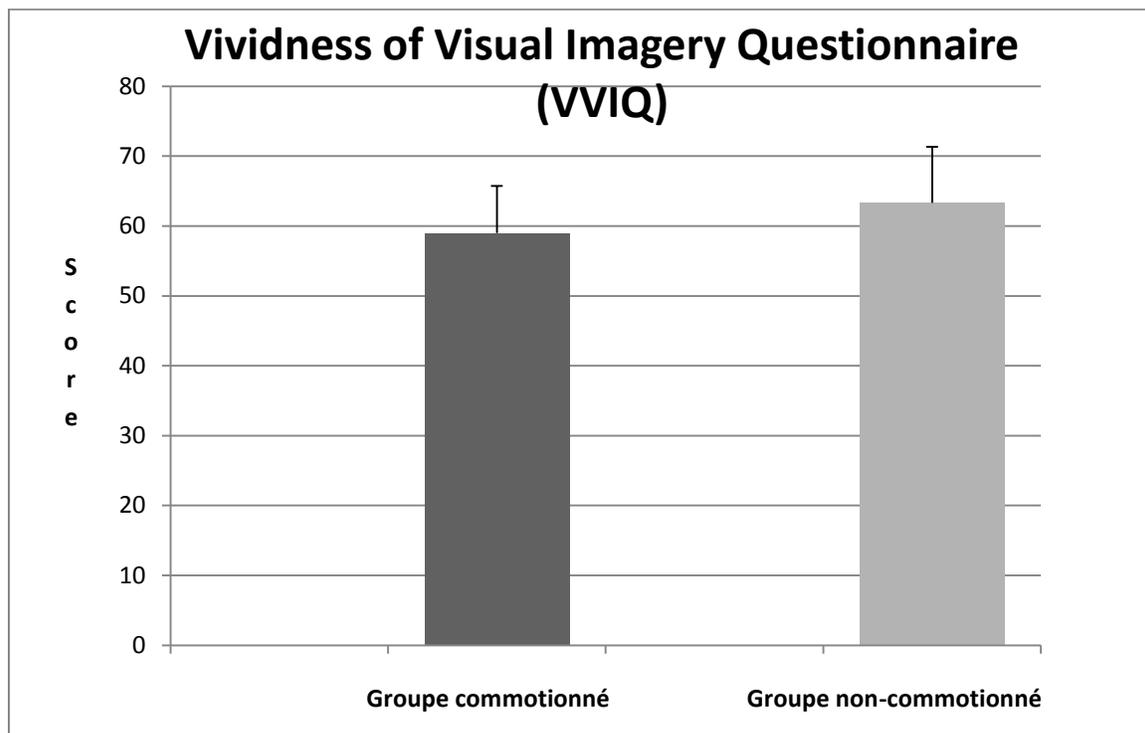


Figure 3 : Comparaison des moyennes au *Vividness of Visual Imagery Questionnaire*



Pour obtenir une meilleure compréhension de la validité de nos trois outils, nous regardons la force des corrélations entre ceux-ci. Une série de tests non-paramétriques de corrélation de Spearman (Tableau 4) indique que le *Vividness of Visual Imagery Questionnaire* corrèle faiblement et de façon positive avec le *Paper Folding Test* (deux groupes combinés : $r = 0,233$; groupe avec commotion : $r = 0,274$; groupe sans commotion : $r = 0,254$) et qu'il corrèle très faiblement et de façon négative avec le *Visual Object Imagery Task* (deux groupes combinés : $r = -0,115$; groupe avec commotion : $r = 0,035$; groupe sans commotion : $r = -0,052$). Le *Paper Folding Test* corrèle faiblement et surtout négativement avec le *Visual Object Imagery Task* (deux groupes combinés : $r = -0,197$; groupe avec commotion : $r = 0,101$; groupe sans commotion : $r = -0,293$). Bref, les résultats ne révèlent aucune corrélation significative. De plus, la grande majorité des résultats ont une faible puissance; $r = 0,1$ à $0,3$ ou $r = -0,1$ à $-0,3$ (Cohen, 1988). Donc, ces résultats limitent l'interprétation des similitudes ou des différences entre les tests d'imagerie; c'est-à-dire s'ils mesurent des qualités d'imagerie mentale visuelle semblable ou non.

Tableau 4 : Les coefficients de corrélation de Spearman entre les tests d'imagerie mentale visuelle

2 groupes	1	2	3
1. VVIQ	-	0,233	-0,115
2. PFT	-	-	-0,197
3. VOIT	-	-	-
Commotionné			
1. VVIQ	-	0,274	0,035
2. PFT	-	-	0,101
3. VOIT	-	-	-
Non-commotionné			
1. VVIQ	-	0,254	-0,052
2. PFT	-	-	-0,293
3. VOIT	-	-	-

Pour vérifier si le nombre de commotions cérébrales a un impact sur la performance des athlètes aux tests d'imagerie mentale, nous effectuons une série de tests non-paramétriques de Kruskal-Wallis. Suite aux analyses, aucune différence significative n'est révélée : le *Vividness of Visual Imagery Questionnaire* ($\chi^2(5, n = 30) = 6,45, p = 0,27$), le *Paper Folding Test* ($\chi^2(5, n = 30) = 3,61, p = 0,61$) et le *Visual Object Imagery Task* ($\chi^2(5, n = 29) = 3,29, p = 0,66$). Ces résultats laissent entendre que le nombre de commotions n'a pas d'influence sur les résultats aux tests d'imagerie.

Pour vérifier si le temps écoulé depuis la dernière la commotion cérébrale a une incidence sur la performance des athlètes aux tests d'imagerie mentale, nous procédons à une série de tests non-paramétriques de corrélation de Spearman. À noter que la commotion cérébrale la plus récente avait été subie un mois avant l'administration des tests, alors que la plus lointaine remonte à 45 mois avant l'évaluation. Les analyses de Spearman ne révèlent aucune corrélation entre le temps écoulé depuis la dernière commotion et les tests d'imagerie mentale : le *Vividness of Visual Imagery Questionnaire* ($r = -0,15, n = 30, p = 0,44$), le *Paper Folding Test* ($r = -0,22, n = 30, p = 0,24$) et le *Visual Object Imagery Task* ($r = 0,06, n = 29, p = 0,75$). Ainsi, il semble que le temps écoulé depuis la dernière commotion cérébrale n'a pas d'impact sur la performance aux tests d'imagerie mentale lorsqu'elle s'est produite dans un délai moyen d'un à 45 mois.

Discussion

La présente étude a pour objet d'évaluer l'impact des commotions cérébrales d'origine sportive sur la capacité d'imagerie mentale visuelle d'athlètes masculins universitaires. Afin de réaliser cet objectif, nous administrons deux tests comportementaux et un questionnaire à des joueurs de football de calibre universitaire.

La prémisse sous-jacente à l'étude : les athlètes victimes d'une ou plusieurs commotions cérébrales performeraient moins bien aux mesures d'imagerie mentale visuelle que les athlètes non-commotionnés. Autrement dit, les athlètes commotionnés auraient des scores inférieurs autant dans la capacité d'imagerie mentale visuelle d'objets que la capacité d'imagerie mentale visuelle spatiale. Les résultats obtenus aux différents tests infirment notre hypothèse. Effectivement, il semblerait que la capacité d'imagerie mentale visuelle ne soit pas affectée par les commotions cérébrales parce que les athlètes commotionnés ont aussi bien performés que les athlètes non-commotionnés au *Paper Folding Test*, au *Visual Object Identification Task* et au *Vividness au Visual Imagery Questionnaire*.

Des comparaisons entre les deux groupes de participants aux tests de contrôle suggèrent que les participants se ressemblent quant à leurs caractéristiques démographiques (âge, année de scolarité, année d'expérience au football et expérience en imagerie mentale), leur capacité d'attention soutenue, leur mémoire à court terme et leur mémoire de travail, ainsi que la prévalence de dépression. Donc, les mesures de contrôle n'apportent aucune distinction entre les deux groupes pour expliquer la performance aux trois tests d'imagerie mentale visuelle.

6.1 Pourquoi les résultats sont contraires à notre hypothèse?

Les moyennes entre les deux groupes aux trois tests d'imagerie mentale visuelle sont similaires. Pourquoi n'avons-nous pas trouvé de différence entre les deux groupes d'athlètes?

Une première explication pour l'absence de différence significative dans la qualité de l'imagerie mentale visuelle est que le cerveau s'adapte via différents mécanismes afin de réaliser la tâche

normalement. Cela signifie potentiellement des changements dans la structure ou le fonctionnement du cerveau chez l'athlète commotionné sans pour autant diminuer la performance à l'imagerie mentale visuelle (Elleberg et al., 2009). Ces adaptations s'observeraient à l'aide de techniques d'imagerie (par exemple : imagerie par résonance magnétique fonctionnelle) ou de potentiels évoqués via l'électroencéphalogramme.

Une deuxième explication relève d'erreurs potentielles relatives à l'évaluation de l'historique des commotions cérébrales chez les 15 athlètes faisant partie du groupe non-commotionné. Ces participants n'ont jamais reçu de diagnostic de commotion cérébrale par un professionnel qualifié. De plus, ils ont déclaré n'avoir aucun souvenir d'impact à la tête ayant provoqué des symptômes liés à une commotion cérébrale. Cependant, il y a toujours le risque de faux négatif chez les footballeurs universitaires sans commotion cérébrale. La littérature fait état d'une incidence élevée de commotions cérébrales, des commotions souvent ignorées par l'athlète ou passées inaperçues de son entourage (Delaney et al., 2002).

Une troisième explication est simplement que la commotion cérébrale ne perturbe pas l'imagerie mentale visuelle. En effet, il se pourrait que cette habileté supérieure faisant appel à de multiples processus cognitifs soit épargnée.

6.2 L'impact des habitudes en imagerie mentale

L'utilisation de l'imagerie mentale visuelle par les joueurs de football est fréquente (93 %), modérément longue (environ 40 minutes par semaine) et son contenu fait souvent appel à l'imagerie d'objets et l'imagerie spatiale (82 % et 89 % respectivement). Ces résultats ne sont pas surprenants puisque la littérature a observé l'utilisation de cette stratégie cognitive chez les athlètes de haut niveau (Orlick & Partington, 1988). Soulignons que le personnel entraîneur qui encadre les athlètes ayant participé à l'étude n'encourage pas particulièrement l'utilisation de l'imagerie mentale; ainsi, sa pratique est laissée à la discrétion des joueurs. Ceci suppose que les athlètes-participants ont une capacité intermédiaire en imagerie mentale visuelle. Par conséquent, il faut s'attendre à ce que les performances aux tests reflètent cette expérience et que les résultats ne s'expliquent pas entièrement par les qualités inhérentes au football mais qu'ils intègrent aussi l'aspect développemental lié à la pratique de l'imagerie mentale visuelle.

6.3 Le nombre de commotions cérébrales et le temps écoulé depuis la plus récente

La performance semblable entre les commotionnés et non-commotionnés aux tests d'imagerie mentale visuelle justifie une analyse plus approfondie des données chez le groupe commotionné par rapport à deux variables importantes : le nombre de commotions cérébrales et le temps écoulé depuis la dernière commotion cérébrale. Il semble que les déficits cognitifs lors de tests neuropsychologiques s'aggravent avec l'augmentation du nombre de commotions cérébrales (Broglio et al., 2009) et qu'ils diminuent rapidement avec le passage du temps depuis la dernière (Iverson et al., 2006). Notons cependant qu'ils peuvent dans certains cas s'étendre plus longuement (Elleberg et al., 2007). Alors, peut-être qu'un athlète a plus de difficulté à performer lorsqu'il subit plusieurs coups à la tête ou que le temps de récupération est court? Les analyses statistiques ne démontrent pas d'impacts significatifs pour ces deux variables. Par exemple, les données disponibles aux fins de la présente étude indiquent qu'un athlète ayant subi une commotion cérébrale trois ans auparavant a la même capacité d'imagerie mentale visuelle qu'un autre athlète victime de quatre commotions cérébrales dont la dernière commotion cérébrale date d'il y a seulement trois mois.

6.4 Le choix des trois outils pour évaluer l'imagerie mentale visuelle

6.4.1 Mesures directes ou indirectes

Un dilemme que nous avons rencontré lors de l'établissement de notre paradigme expérimental est celui d'identifier la meilleure méthode pour mesurer l'imagerie mentale visuelle. La mesure « directe » permet d'analyser l'activité cérébrale lors de la tâche contrairement à la mesure « indirecte » qui ne le fait pas. Chacun de ces deux choix ont des avantages et désavantages. L'avantage de la mesure « directe » est qu'elle offre la possibilité d'analyser les processus cérébraux sous-tendant l'expérience cognitive. En contrepartie, ces méthodes ne garantissent pas que nous évaluons réellement l'imagerie mentale. Peut-être que l'imageur pense à son horaire de la journée ou sa liste d'épicerie durant la réalisation de la tâche. D'un autre côté, la mesure « indirecte » est facilement accessible, moins coûteuse, plus simple à analyser et surtout elle oblige le participant à se concentrer sur les exigences du test. Par contre, il n'est pas certain que les qualités requises pour performer à ce test sont entièrement représentatives

de l'imagerie mentale visuelle. De plus, elles mesurent souvent une partie et non l'ensemble des processus cognitifs nécessaires à l'imagerie mentale visuelle.

6.4.2 Validité

Ce mémoire n'a pas le mandat de valider les trois tests d'imagerie mentale visuelle. Malgré cela, le manque de clarté dans la littérature sur cet aspect a suscité le désir d'apporter des clarifications. Les données recueillies lors de l'étude permettent de vérifier certaines corrélations entre les épreuves, mais la démonstration de leur validité s'avère difficile étant donné que tous les coefficients de corrélation de Spearman sont faibles et non significatifs. Donc, il faut considérer les interprétations avec prudence car elles demeurent spéculatives.

Une corrélation positive, $r = 0,233$, entre le *Vividness au Visual Imagery Questionnaire* et le *Paper Folding Test* suppose que ces deux tests mesurent les mêmes composantes. Cette observation contredit une revue de littérature (McKelvie, 1995) selon laquelle le *Vividness au Visual Imagery Questionnaire* ne corrèle pas avec des tests d'imagerie mentale visuelle spatiale, cependant elle supporte l'idée d'une mesure globale de l'imagerie mentale visuelle (Marks, 1973). Une corrélation négative, $r = -0,115$, entre le *Vividness au Visual Imagery Questionnaire* et le *Visual Object Identification Task* signifie que les deux tests mesurent différentes composantes. Voilà qui infirme les recherches selon lesquelles le *Vividness au Visual Imagery Questionnaire* est spécifique à l'imagerie d'objets (Kozhevnikov et al., 2005). Une corrélation négative, $r = -0,197$, entre le *Paper Folding Test* et le *Visual Object Identification Task* suggère que les deux tests mesurent différentes composantes telle que l'avance la littérature. Le *Paper Folding Test* mesure l'imagerie spatiale car il corrèle avec d'autres outils d'imagerie spatiale (Blazhenkova & Kozhevnikov, 2009). Le *Visual Object Identification Task* mesure l'imagerie d'objets parce qu'il discrimine les bons et les moins bons imageurs au *Vividness au Visual Imagery Questionnaire* (Vannucci, et al., 2008). En somme, la corrélation entre les deux derniers tests est la seule des trois qui concorde avec ce que laissait entrevoir la littérature.

6.5 Implications des résultats pour le retour au jeu de l'athlète commotionné

Quelles sont les implications des résultats obtenus dans cette étude pour les joueurs de football universitaire avec une commotion cérébrale? Ils sont très encourageants pour ces athlètes car

les trois mesures d'imagerie mentale visuelle suggèrent l'absence de déficits cognitifs liés à cette tâche. De plus, les mesures de contrôle affirment des capacités normales d'attention et de mémoire, et n'indiquent pas de troubles d'humeur. En apparence, l'athlète est fonctionnel sur tous ces aspects, et ce, un mois après la commotion cérébrale.

Nous pensons que les déductions faites au paragraphe précédent peuvent s'appliquer à tous les sports même si l'échantillon de cette étude regroupe uniquement des footballeurs. Plusieurs pourraient croire que la capacité d'imagerie mentale visuelle diffère selon le sport. Ainsi, les habiletés développées ne sont pas pareilles d'un sport à l'autre. Par exemple, un gymnaste qui révise sa routine de trampoline semble nécessiter une composante d'imagerie mentale visuelle spatiale plus importante qu'un marathonien qui visualise sa course. Cependant, l'étude d'Ozel, Larue et Molinaro (2004) observe que les athlètes pratiquant des sports « plus complexes » ne sont pas meilleurs que les adeptes de sports « moins complexes » lorsqu'il s'agit d'exécuter une tâche d'imagerie mentale visuelle spatiale. Malheureusement, il n'y a pas d'étude qui explore la complexité des sports par rapport à l'imagerie mentale visuelle d'objets.

La présente étude ne porte pas sur l'imagerie mentale visuelle les jours suivant la commotion cérébrale, c'est-à-dire lors de la phase aigüe. Ainsi, il se pourrait toujours que certains déficits soient présents dans les jours qui suivent la commotion, mais qu'ils se résorbent rapidement.

6.6 Suggestions pour la recherche à l'avenir

D'autres recherches pourront répéter la méthodologie de notre étude avec plus de sportifs, des femmes, différents groupes d'âge, des durées différentes depuis la dernière commotion cérébrale et divers sports. La dernière suggestion d'inclure divers sports pourrait viser un sport avec une incidence de commotion moins élevée comme le volleyball, ce qui diminuerait le risque de faux négatif pour les athlètes commotionnés. Aussi, l'utilisation de mesures « directes », comme par exemple l'électroencéphalogramme, ajouterait certainement un degré de précision et de sensibilité.

6.7 Limites de l'étude

Notre étude a certainement des limitations quant à la généralisation des résultats. Premièrement, ils ne peuvent pas prédire les conséquences des commotions cérébrales sur la capacité d'imagerie mentale visuelle chez l'athlète féminin. La littérature suggère que les symptômes vécus par les femmes sont significativement différents de ceux rapportés par les hommes à la suite d'une commotion cérébrale (Broshek et al., 2005). Les femmes ont aussi des habilités différentes en imagerie mentale visuelle (Hult & Brous, 1986). Deuxièmement, le temps écoulé depuis la dernière la commotion cérébrale offre un aperçu à moyen terme sur la capacité d'imagerie mentale visuelle mais ne jette pas le jour sur les conséquences à court ou à long terme. Troisièmement, tous les participants sont de jeunes adultes âgés de 20 à 25 ans et les effets des commotions cérébrales pourraient influencer différemment sur d'autres groupes d'âge. Selon les études, la récupération suite à la commotion cérébrale chez les sportifs varie entre l'enfant, l'adolescent et l'adulte (Baillargeon, Lassonde, Leclerc, & Ellemborg, 2012; Field, Collins, Lovell, & Maroon, 2003).

Conclusion

Ce mémoire vise une première quantification de la qualité de l'imagerie mentale visuelle suite à une ou plusieurs commotions cérébrales d'origine sportive. Nos résultats supposent une capacité d'imagerie mentale visuelle in affectée par la commotion cérébrale chez des joueurs de football de haut niveau. Une quantification plus exhaustive est nécessaire. La réalisation de d'autres études, comme proposer dans une des sous-sections de la discussion, offrira une meilleure compréhension globale des séquelles cognitives et de leurs conséquences sur les cerveaux des athlètes.

Références

- AAN. (1997). AAN practice parameter: The management of concussion in sports (summary statement). Report of the Quality Standards Subcommittee. *Neurology*, *48*, 581-585.
- Ainscoe, M., & Hardy, L. (1987). Cognitive warm-up in a cyclical gymnastics skill. *International Journal of Sport Psychology*, *18*(4), 269-275.
- Aubry, M., Cantu, R., Dvorak, J., Graf-Baumann, T., Johnston, K. M., Kelly, J., et al. (2002). Summary and agreement statement of the 1st International Symposium on Concussion in Sport, Vienna 2001. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *12*(1), 6-11.
- Baillargeon, A., Lassonde, M., Leclerc, S., & Ellemberg, D. (2012). Neuropsychological and neurophysiological assessment of sport concussion in children, adolescents and adults. *Brain Injury*, *26*(3), 211-220.
- Barth, J., Alves, W., & Ryan, T. (1989). Mild head injury in sports: Neuropsychological sequelae and recovery of function. In H. Levin, H. Eisenberg & A. Benton (Eds.), *Mild head injury* (pp. 257-275). New York: Oxford university press.
- Bartolomeo, P., Bachoud-Levi, A. C., De Gelder, B., Denes, G., Dalla Barba, G., Brugieres, P., et al. (1998). Multiple-domain dissociation between impaired visual perception and preserved mental imagery in a patient with bilateral extrastriate lesions. *Neuropsychologia*, *36*(3), 239-249.
- Beck, A.T., Steer, R.A., & Brown, G.K. (1996). *Beck depression inventory: manual – second edition*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Belanger, H.G., Curtiss, G., Demery, J.A., Lebowitz, B.K., & Vanderploeg, R.D. (2005). Factors moderating neuropsychological outcomes following mild traumatic brain injury: a meta-analysis. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *11*, 215-227.
- Belanger, H. G., & Vanderploeg, R. D. (2005). The neuropsychological impact of sports-related concussion: A meta-analysis. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *11*(4), 345-357.
- Bennett, G.K., & Seashore, H.G., & Wesman, A.G. (1973). *Differential aptitude tests, manual* (5th ed.). New York : Psychological Corporation
- Betts, G.H. (1909). *The distribution and function of mental imagery* (contributions to education no 26). New York : Teacher's College, Columbia University
- Blajenkova, O., Kozhevnikov, M., & Motes, M. A. (2006). Object-spatial imagery: A new self-report imagery questionnaire. *Applied Cognitive Psychology*, *20*(2), 239-263.
- Blazhenkova, O., & Kozhevnikov, M. (2009). The New Object-Spatial-Verbal Cognitive Style Model : Theory and measurement. *Applied Cognitive Psychology*, *23*(5), 638-663.

Bleiberg, J., Cernich, A.N., Cameron, K., Sun, W., Peck, K., Ecklund, P.J., et al. (2004). Duration of cognitive impairment after sports concussion. *Neurosurgery*, 54(5), 1073-1078.

Bowen, A.P. (2003). Second impact syndrome: A rare, catastrophic, preventable complication of concussion in young athletes. *Journal of Emergency Nursing*, 29(3), 287-289.

Broglio, S. P., Ferrara, M. S., Piland, S. G., & Anderson, R. B. (2006). Concussion history is not a predictor of computerised neurocognitive performance. *British Journal of Sports Medicine*, 40(9), 802-805.

Broglio, S.P., Macciocchi, S.N., & Ferrara, M.S. (2007). Sensitivity of the concussion assessment battery. *Neurosurgery*, 60(6), 1050-1058.

Broglio, S. P., Pontifex, M. B., O'Connor, P., & Hillman, C. H. (2009). The persistent effects of concussion on neuroelectric indices of attention. *Journal of Neurotrauma*, 26(9), 1463-1470.

Broglio, S.P., & Puetz, T.W. (2008). The effect of sport concussion on neurocognitive function, self-report symptoms and postural control : a meta-analysis. *Sports Medecine*, 38(1), 53-67.

Broshek, D.K., & Freeman, J.R. (2005). Psychiatric and neuropsychological issues in sport medicine. *Clinics in sports medicine*, 24(3), 663-679.

Broshek, D. K., Kaushik, T., Freeman, J. R., Erlanger, D., Webbe, F., & Barth, J. T. (2005). Sex differences in outcome following sports-related concussion. *Journal of Neurosurgery*, 102(5), 856-863.

Burton, L.J., & Fogarty, G.J. (2003). The factor structure of visual imagery and spatial abilities. *Intelligence*, 31(3), 289-318.

Campos, A. (2009). Spatial imagery : A new measure of the visualization factor. *Imagination, Cognition and Personality*, 29(1), 31-39.

Campos, A., Gonzales, M.A., & Amor, A. (2002). The Spanish version of the vividness of visual imagery questionnaire: factor structure and internal consistency reliability. *Psychological Reports*, 90(2), 503-506.

Campos, A., & Suerio, E. (1993). Sex and age differences in visual imagery vividness. *Journal of Mental Imagery*, 17(3), 91-94.

Cantu, R. C. (1988). Head and spine injuries in the young athlete. *Clinics in Sports Medicine*, 7(3), 459-472.

Carol, F.R., Friedland, J.E., Dawson, D.R., Colantonio, A., & Lindsay, P.H. (1999). Mild traumatic brain injury from motor vehicle accidents: Factors associated with return to work. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(4), 392-398.

- CASM. (2000). Canadian Academy of Sports Medicine concussion committee-guidelines for assessment and management of sport related concussion. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10(3), 209-211.
- Catena, R.D., van Donkelaar, P., & Chou, L.S. (2007). Cognitive task effects on gait stability following concussion. *Experimental Brain Research*, 176(1), 23-31.
- Cavanaugh, J. T., Guskiewicz, K. M., & Stergiou, N. (2005). A nonlinear dynamic approach for evaluating postural control - New directions for the management of sport-related cerebral concussion. *Sports Medicine*, 35(11), 935-950.
- Chen, J.K., Johnston, K.M., Frey, S., Petrides, M., Worsley, K., & Ptito, A. (2004). Functional abnormalities in symptomatic concussed athletes : an fMRI study. *NeuroImage*, 22(1), 68-82.
- Cohen, B.H., & Saslona, M. (1990). The advantage of being an habitual visualizer. *Journal of Mental Imagery*, 14(3 & 4), 101-112.
- Collins, D.W., & Kimura, D. (1997). A large sex difference on a two-dimensional mental rotation task. *Behavioral Neuroscience*, 111(4), 845-849.
- Collins, M.W., Lovell, M.R, Iverson, G.L., Cantu, R.C., Maroon, J.C., & Field, M. (2002). Cumulative effects of concussion in high school athletes. *Neurosurgery*, 51(5), 1175-1181.
- Covassin, T., Stearne, D., & Elbin, R. (2008). Concussion history and postconcussion neurocognitive performance and symptoms in collegiate athletes. *Journal of Athletic Training*, 43(2), 119-124.
- Covassin, T., Elbin, R., Stiller-Ostowski, J.L. (2009). Current sport-related concussion teaching and clinical practices of sports medicine professionals. *Journal of Athletic Training*, 44(4), 400-404.
- De Beaumont, L., Brisson, B., Lassonde, M., & Jolicoeur, P. (2007). Long-term electrophysiological changes in athletes with a history of multiple concussions. *Brain Injury*, 21(6), 631-644.
- De Beaumont, L., Théoret, H., Mongeon, D., Messier, J., Leclerc, S., Tremblay, S., et al. (2009). Brain function decline in healthy retired athletes who sustained their last sports concussion in early adulthood. *Brain*, 132, 695-678.
- Delaney, J. S., Lacroix, V. J., Leclerc, S., & Johnston, K. M. (2002). Concussions among university football and soccer players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 12(6), 331-338.
- Downs, D. S., & Abwender, D. (2002). Neuropsychological impairment in soccer athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(1), 103-107.
- Driediger, M., Hall, C., & Callow, N. (2006). Imagery use by injured athletes: a qualitative analysis. *J Sports Sci*, 24(3), 261-271.

Driskell, J. E., Copper, C., & Moran, A. (1994). Does mental practice enhance performance? *Journal of Applied Psychology, 79*(4), 481-492.

Dror, I.F., & Kosslyn, S.M. (1994). Mental imagery and aging. *Psychology and Aging, 9*(1), 90-102.

Dulin, D., Hatwell, Y., Pylyshyn, Z., & Chokron, S. (2008). Effects of peripheral and central visual impairment on mental imagery capacity. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 32*(8), 1396-1408.

Dupuis, F., Johnston, K. M., Lavoie, M., Lepore, F., & Lassonde, M. (2000). Concussions in athletes produce brain dysfunction as revealed by event-related potentials. *Neuroreport, 11*(18), 4087-4092.

Echemendia, R. J., Putukian, M., Mackin, R. S., Julian, L., & Shoss, N. (2001). Neuropsychological test performance prior to and following sports-related mild traumatic brain injury. *Clinical Journal of Sport Medicine, 11*(1), 23-31.

Ekstrom, R.B., French, J.W., & Harman, H.H. (1976). Kit of factor-referenced cognitive tests. Princeton, NJ : Educational Testing Service.

Elleberg, D., Henry, L.C., Macciocchi, S.N., Guskiewicz, K.M., & Broglio, S.P. (2009). Advances in sport concussion assessment: from behavioral to brain imaging measures. *Journal of Neurotrauma, 26*, 2365-2382.

Elleberg, D., Leclerc, S., Couture, S., & Daigle, C. (2007). Prolonged neuropsychological impairments following a first concussion in female university soccer athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine, 17*(5), 369-374.

Erlanger, D., Kaushik, T., Cantu, R., Barth, J. T., Broshek, D. K., Freeman, J. R., et al. (2003). Symptom-based assessment of the severity of a concussion. *Journal of Neurosurgery, 98*(3), 477-484.

Evans, I.M., & Kamemoto, W.S. (1973). Reliability of the short form of Bett's questionnaire on mental imagery: replication. *Psychological Reports, 33*(1), 281-282.

Farah, M. J. (1988a). Is visual imagery really visual? Overlooked evidence from neuropsychology. *Psychological Review, 95*(3), 307-317.

Farah, M. J., Hammond, K. M., Levine, D. N., & Calvanio, R. (1988b). Visual and spatial mental imagery: Dissociable systems of representations. *Cognitive Psychology, 20*(4), 439-462.

Feltz, D. L., & Landers, D. M. (1983). The effects of mental practice on motor skill learning and performance: a meta-analysis. *Journal of Sport Psychology, 5*, 25-57.

Field, M., Collins, M. W., Lovell, M. R., & Maroon, J. (2003). Does age play a role in recovery from sports-related concussion? A comparison of high school and collegiate athletes. *Journal of Pediatrics, 142*(5), 546-553.

Gaetz, M., Goodman, D., & Weinberg, H. (2000). Electrophysiological evidence for the cumulative effects of concussion. *Brain Injury*, 14(12), 1077-1088.

Gessel, L. M., Fields, S. K., Collins, C. L., Dick, R. W., & Comstock, R. D. (2007). Concussions among united states high school and collegiate athletes. *Journal of Athletic Training*, 42(4), 495-503.

Goodale, M.A., & Milner, A.D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neuroscience*, 15(1), 20-25.

Gosselin, N., Theriault, M., Leclerc, S., Montplaisir, J., & Lassonde, M. (2006). Neurophysiological anomalies in symptomatic and asymptomatic concussed athletes. *Neurosurgery*, 58(6), 1151-1160.

Grindel, S. H., Lovell, M. R., & Collins, M. W. (2001). The assessment of sport-related concussion: The evidence behind neuropsychological testing and management. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 11(3), 134-143.

Gronwall, D., & Wrightson, P. (1975). Cumulative effect of concussion. *Lancet* 2, 995-997.

Gur, R.C., Ragland, J.D., Moberg, P.J., Turner, T.H., Bilker, W.B., Kohler, C., et al. (2001). Computerized neurocognitive scanning : I. methodology and validation in healthy people. *Neuropsychopharmacology*, 25(5), 766-776.

Guskiewicz, K.M. (2001b). Postural stability assessment following concussion : One piece of the puzzle. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 11(3), 182-189.

Guskiewicz, K.M., Bruce, S.C., Cantu, R.C., Ferrara, M.S., Kelly, J.P., McCrea, M. et al. (2004). National Athletic Trainers' Association position statement: Management of sport-related concussion. *Journal of Athletic Training*, 39(3), 280-297.

Guskiewicz, K.M., Marshall, S.W., Bailes, J., McCrea, M., Cantu, R.C., Randolph, C. (2005) Association between recurrent concussion and late-life cognitive impairment in retired professional football players. *Neurosurgery*, 57(4), 719-726.

Guskiewicz, K. M., McCrea, M., Marshall, S. W., Cantu, R. C., Randolph, C., Barr, W., et al. (2003). Cumulative effects associated with recurrent concussion in collegiate football players - The NCAA Concussion Study. *Jama-Journal of the American Medical Association*, 290(19), 2549-2555.

Guskiewicz, K.M., Perrin, D.H., & Gansneder, B.M. (1996). Effect of mild head injury on postural stability in athletes. *Journal of Athletic Training*, 31(4), 300-306.

Guskiewicz, K.M., Riemann, B.L., Perrin, D.H., & Nashner, L.M. (1997). Alternative approaches to the assessment of mild head injury in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(7), 213-221.

Guskiewicz, K. M., Ross, S. E., & Marshall, S. W. (2001a). Postural stability and neuropsychological deficits after concussion in collegiate athletes. *Journal of Athletic Training*, 36(3), 263-273.

Guskiewicz, K. M., Weaver, N. L., Padua, D. A., & Garrett, W. E. (2000). Epidemiology of concussion in collegiate and high school football players. *American Journal of Sports Medicine*, 28(5), 643-650.

Haxby, J. V., Grady, C. L., Horwitz, B., Ungerleider, L. G., Mishkin, M., Carson, R. E., et al. (1991). Dissociation of object and spatial visual processing pathways in human extrastriate cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 88(5), 1621-1625.

Heuer, F., Fischman, D., Reisberg, D. (1986). Why does vivid imagery hurt colour memory? *Canadian Journal of Psychology*, 40(2), 161-175.

Hiscock, M. (1978). Imagery assessment through self-report: what do imagery questionnaires measure? *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 46(2), 223-230.

Hult, R.E., & Brous, C.W. (1986). Spatial visualization : athletic skills and sex differences. *Perceptual and Motor Skills*, 63(1), 163-168.

Humphrey, G.K., Goodale, M.A., Jakobson, L.S., & Servos, P. (1994). The role of surface information in object recognition: studies of visual form agnostic and normal subjects, *Perception*, 23, 1457-1481.

Hunt, T.N., Ferrara, M.S., Miller, L.S., & Macciocchi, S.N. (2007). The effect of effort on baseline neuropsychological test scores in high school football athletes. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 22(5), 615-621.

Isaac, A.R., & Marks, D.F. (1994). Individual differences in mental imagery experience: developmental changes and specialization. *British Journal of Psychology*, 85(4), 479-500.

Iverson, G.L., Brooks, B.L., Collins, M.W., & Lovell, M.R. (2006). Tracking neuropsychological recovery following concussion in sport. *Brain Injury*, 20(3), 245-252.

Jantzen, K.J., Anderson, B., Steinberg, F.L., & Scott Kelso, J.A. (2004). A prospective functional MR imaging study of mild traumatic brain injury in college football players. *American Journal of Neuroradiology*, 25(5), 738-745.

Jedlic, B., Hall, N., Munroe-Chandler, K., & Hall, C. (2007). Coaches' encouragement of athletes' imagery use. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 78(4), 351-363.

Johnston, K.M., Bloom, G.A., Ramsay, J., Kissick, J., Montgomery, D., Foley, D., Chen, J-K., & Ptito, A. (2004). Current concepts in concussion rehabilitation. *Current Sports Medicine Reports*, 3, 316-323.

Jones, J., & Hardy, L. (Eds.). (1990). *Stress and performance in sport*. New York: Wiley.

- Juhasz, J.B. (1972). On the reliability of two measures of imagery. *Perceptual and Motor Skills*, 35(3), 874.
- Kaas, A., Weigelt, S., Roebroek, A., Kohler, A., & Muckli, L. (2009). Imagery of a moving object: the role of occipital cortex and human MT/V5+. *Neuroimage*, 49(1), 794-804.
- Kaut, K. P., DePompei, R., Kerr, J., & Congeni, J. (2003). Reports of head injury and symptom knowledge among college athletes: Implications for assessment and educational intervention. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 13(4), 213-221.
- Kay, A.D., Thornhill, S., & Teasdale, G.M. (2001). The head injured adult--who cares? *British Journal of Neurosurgery*, 15(6), 508-510.
- Kelly, K. D., Lissel, H. L., Rowe, B. H., Vincenten, J. A., & Voaklander, D. C. (2001). Sport and recreation-related head injuries treated in the emergency department. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 11(2), 77-81.
- Kelly, J. P., & Rosenberg, J. H. (1997). Diagnosis and management of concussion in sport. *Neurology*, 48, 575-580.
- Kelly, J. P., & Rosenberg, J. H. (1998). The development of guidelines for the management of concussion in sports. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 13(2), 53-65.
- Kissick, J., & Johnston, K.M. (2005). Return to play after concussion : principles and practice. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 15(6), 426-431.
- Kojima, M., Furukawa, T.A., Takahashi, H., Kawai, M., Nagaya, T., & Tokudome, S. (2002). Cross-cultural validation of the beck depression inventory – II in Japan. *Psychiatry Research*, 110(3), 291-299.
- Kosslyn, S. M. (1994). *Image and brain: The resolution of the imagery debate*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kosslyn, S. M., Ganis, G., & Thompson, W. L. (2001). Neural foundations of imagery. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(9), 635–642.
- Kosslyn, S. M., & Koenig, O. (1992). *Wet mind: The new cognitive neuroscience*. New York: Free Press.
- Kosslyn, S.M., & Thompson, W.L. (2003). When is early visual cortex activated during visual mental imagery? *Psychological Bulletin*, 129(5), 723–746.
- Kosslyn, S. M., Thompson, W. L., & Alpert, N. M. (1997). Neural systems shared by visual imagery and visual perception: a positron emission tomography study. *Neuroimage*, 6(4), 320-334.
- Kozhevnikov, M., Kosslyn, S. M., & Shepard, J. (2005). Spatial versus object visualizers: a new characterization of visual cognitive style. *Memory and Cognition*, 33(4), 710–726.

Kreiman, G., Koch, C., & Fried, I. (2000). Imagery neurons in the human brain. *Nature*, 408(6810), 357-361.

Kurtz, M.M., Ragland, J.D., Bilker, W.B., Gur, R.C., & Gur, R.E. (2001). Comparison of two forms of the continuous performance test, with and without working memory demands in healthy control patients and patients with schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 48(2 & 3), 307-316.

Langlois, J. A., Rutland-Brown, W., & Wald, M. M. (2006). The epidemiology and impact of traumatic brain injury - A brief overview. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 21(5), 375-378.

Lavoie, M. E., Dupuis, F., Johnston, K. M., Leclerc, S., & Lassonde, M. (2004). Visual P300 effects beyond symptoms in concussed college athletes. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26(1), 55-73.

LeBoutillier, N. & Marks, D. F. (2001). The factorial validity and reliability of the eyes-open version of the vividness of visual imagery questionnaire. *Journal of Mental Imagery*, 25(3 & 4), 107-114.

Lee, C. (1990). Psyching up for a muscular endurance task: Effects of image content on performance and mood state. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 12(1), 66-73.

Lequerica, A., Rapport, L., Axelrod, B. N., Telmet, K., & Whitman, R.D. (2002) Subjective and objective assessment methods of mental imagery control. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 24(8), 1103-1116.

Levine, D. N., Warach, J., & Farah, M. J. (1985). Two visual systems in mental imagery: dissociation of 'what' and 'where' in imagery disorders due to bilateral posterior cerebral lesions. *Neurology*, 35(7), 1010-1018.

Lezak, M.D., Howieson, D.B., & Loring, D.W. (2004). *Neuropsychological Assessment*. Oxford University Press : New York.

Logie, R.H. (1995). *Visuo-spatial working memory*. Hove, UK : Lawrence Erlbaum Associates Press.

Lovell, M.R. & Collins, M.W (1998). Neuropsychological assessment of the college football player. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 13(2), 19-26.

Lovell, M.R., Collins, M.W., Maroon, J.C., Cantu, R.C., Hawn, M.A., Burke, C.J., et al. (2002). Inaccuracy of symptom reporting following concussion in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, S298.

Lovell, M.R., Iverson, G.L., Collins, M.W., Mckeag, D., & Maroon, J.C. (1999). Does loss of consciousness predict neuropsychological decrements after concussion? *Clinical Journal of Sport Medicine*, 9(4), 193-198.

Lovell, M. R., Iverson, G. L., Collins, M. W., Podell, K., Johnston, K. M., Pardini, D., et al. (2006). Measurement of symptoms following sports-related concussion: Reliability and

- normative data for the Post-Concussion Scale. *Applied Neuropsychology*, 13(3), 166-174.
- Lovell, M.R., Pardini, J.E., Welling, J., Collins, M.W., Bakal, J., Lazar, N., et al. (2007). Functional brain abnormalities are related to clinical recovery and time to return-to-play in athletes. *Neurosurgery*, 61(2), 352-360.
- Macciocchi, S. N., Barth, J. T., Alves, W., Rimel, R. W., & Jane, J. A. (1996). Neuropsychological functioning and recovery after mild head injury in collegiate athletes. *Neurosurgery*, 39(3), 510-514.
- Macciocchi, S.N., Barth, J.T., & Littlefield, L.M. (1998). Outcome after mild head injury. *Clinics in Sports Medicine*, 17(1), 27-36.
- Macciocchi, S. N., Barth, J. T., Littlefield, L., & Cantu, R. C. (2001). Multiple concussions and neuropsychological functioning in collegiate football players. *Journal of Athletic Training*, 36(3), 303-306.
- Majerske, C.W., Mihalik, J.P., Ren, D., Collins, M.W., Reddy, C.C., Lovell, M.R., & Wagner, A.K. (2008). Concussion in sports : postconcussive activity levels, symptoms, and neurocognitive performance. *Journal of Athletic Training*, 43(3), 265-274.
- Marks, D.F. (1973). Visual imagery differences in the recall of pictures. *British Journal of Psychology*, 64(1), 17-24.
- Matser, E. J. T., Kessels, A. G., Lezak, M. D., Jordan, B. D., & Troost, J. (1999). Neuropsychological impairment in amateur soccer players. *Jama-Journal of the American Medical Association*, 282(10), 971-973.
- Mazard, A., Tzourio-Mazoyer, N., Crivello, F., Mazoyer, B., & Mellet, E. (2004). A PET meta-analysis of object and spatial mental imagery. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16(5), 673-695.
- McAvinue, L. P., & Robertson, I. H. (2007). Measuring visual imagery ability: a review. *Imagination, Cognition and Personality*, 26(3), 191-211.
- McCauley, S.R., Boake, C., Levin, H.S., Contant, C.F., & Song, J.X. (2001). Postconcussional disorder following mild to moderate traumatic brain injury: Anxiety, depression, and social support as risk factors and comorbidities. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 23(6), 792 - 808.
- McCrea, M., Guskiewicz, K. M., Marshall, S. W., Barr, W., Randolph, C., Cantu, R. C., et al. (2003). Acute effects and recovery time following concussion in collegiate football players - The NCAA Concussion Study. *Jama-Journal of the American Medical Association*, 290(19), 2556-2563.
- McCrory, P. R. (1999). The eighth wonder of the world : the mythology of concussion management. *British Journal of Sports Medecine*, 33, 136-137.

McCrorry, P.R., & Berkovic, S.F. (1998) Concussive convulsions. Incidence in sport and treatment recommendations. *Sports Medicine*, 25 (2), 131-6.

McCrorry, P. R., & Johnston, K. M. (2002). Acute clinical symptoms of concussion - Assessing prognostic significance. *Physician and Sportsmedicine*, 30(8), 43-47.

McCrorry, P. R., Johnston, K., Meeuwisse, W., Aubry, M., Cantu, R., Dvorak, J., et al. (2005). Summary and agreement statement of the 2nd International Conference on Concussion in Sport, Prague 2004. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 178-186.

McCrorry, P. R., Meeuwisse, W., Johnston, K., Dvorak, J., Aubry, M., Molloy, M., et al. (2009). Consensus statement on concussion in sport - The 3rd International Conference on concussion in sport, held in Zurich, November 2008. *Journal of Clinical Neuroscience*, 16(6), 755-763.

McKee, A.C., Cantu, R. C., Nowinski, C. J., Hedley-Whyte E.T., Gavett, B.E., Budson, A.E., et al. (2009). Chronic traumatic encephalopathy in athletes: Progressive tauopathy following repetitive head injury. *Journal of Neurophatology & Experimental Neurology*, 68(7), 709-735.

McKelvie, S.J. (1994). Guidelines for judging the psychometric properties of imagery questionnaires as research instruments: A quantitative proposal, *Perceptual and Motor Skills*, 79(3), 1219-1231.

McKelvie, S.J. (1995). The VVIQ as a psychometric test of individual differences in visual imagery vividness: A critical quantitative review and plea for direction. *Journal of Mental Imagery*, 19(3-4), 1-106.

McKelvie, S.J. & Gingras, P.P. (1974). Reliability of two measures of visual imagery. *Perceptual and Motor Skills*, 39(1), 417-418.

Milner, A. D., & Goodale, M. A. (1995). *The visual brain in action*. Oxford University Press: New York

Notebaert, A.J., & Guskiewicz, K.M. (2005). Current trends in athletic training practice for concussion assessment and management. *Journal of Athletic Training*, 40(4), 320-325.

Orlick, T., & Partington, J. (1988). Mental links to excellence. *Sport Psychologist*, 2, 105-130.

Overby, L.Y. (1990). A comparison of novice and experienced dancer's imagery ability. *Journal of Mental Imagery*, 14(3-4), 173-184.

Ozel, S., Larue, J., & Molinaro, C. (2004). Relation between sport and spatial imagery: comparison of three groups of participants. *J Psychol*, 138(1), 49-63.

Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Parrott, C.A., & Strongman, K.T. (1985). Utilization of visual imagery in creative performance. *Journal of Mental Imagery*, 9(1), 53-66.

- Petchprapai, N., & Winkelman, C. (2007). Mild traumatic brain injury : determinants and subsequent quality of life. A review of the literature. *Journal of Neuroscience and Nursing*, 39(5), 260-272.
- Piland, S.G., Motl, R.W., Ferrara, M.S., & Peterson, C.L. (2003). Evidence for the factorial and construct validity of a self-report concussion symptoms scale. *Journal of Athletic Training*, 38(2), 104-112.
- Piland, S.G., Motl, R.W., Guskiewicz, K.M., McCrea, M. & Ferrara, M.S. (2006). Structural validity of a self-report concussion-related symptom scale. *Journal of the American College of Sports Medicine*, 38(1), 27-32.
- Randolph, C., McCrea, M., & Barr, W.B. (2005). Is neuropsychological testing useful in the management of sport-related concussion? *Journal of Athletic Training*, 40(3), 139–154.
- Reisberg, D., Culver, Heuer, L. C., & Fischman, D. (1986). Visual memory: when imagery vividness makes a difference. *Journal of Mental Imagery*, 10(4), 51–57.
- Richardson, J.T.E. (1995). Gender differences in the vividness of visual imagery questionnaire: a meta-analysis. *Journal of Mental Imagery*, 19(3-4), 177-187.
- Richardson, J.T.E. (1999). *Imagery*. East Sussex : Psychology Press.
- Riemann, B.L., Guskiewicz, K.M., & Shields, E.W. (1999). Relationship between clinical and forceplate measures of postural stability. *Journal of Sport Rehabilitation*, 8(2), 71-82
- Rodgers, W., Hall, C., & Buckolz, E. (1991). The effect of an imagery training program on imagery ability, imagery use, and figure skating performance. *Journal of Applied Sport Psychology*, 3(2), 109-125.
- Rossi, J.S. (1977). Reliability of a measure of visual imagery. *Perceptual and Motor Skills*, 45(3), 694.
- Salmon, J., Hall, C., & Haslam, I. (1994). The use of imagery by soccer players. *Journal of Applied Sport Psychology*, 6(1), 116-133.
- Santarpia, A., Blanchet, A., Poinot, R., Lambert, J.-F., Mininni, G., & Thizon-Vidal, S. (2008). Évaluer la vivacité de différentes images mentales dans différentes populations françaises. *Pratiques Psychologiques*, 14(3), 421-441.
- Saunders, R., & Harbaugh, R. (1984). The second impact in catastrophic contact-sports head trauma. *Jama-Journal of the American Medical Association*, 252(4), 538-539.
- Schretlen, D. J., & Shapiro, A. M. (2003). A quantitative review of the effects of traumatic brain injury on cognitive functioning. *International Review of Psychiatry*, 15(4), 341-349.
- Sheehan, P.W. (1967a). A shortened form of Betts' Questionnaire upon Mental Imagery. *Journal of Clinical Psychology*, 23(3), 386-389.

Sheehan, P.W. (1967b). Reliability of short test of imagery. *Perceptual and Motor Skills*, 25(3), 744.

Silva, J., & Weinberg, R. (1982). Psychological foundations of sports. Champaign, IL: Human Kinetics.

Singer, R.N., Cauraugh, J.H., Tennant, L.K., Murphy, M., Chen, D., & Lidor, R. (1991). Attention and distracters : Considerations for enhancing sport performance. *International Journal of Sport Psychology*, 22(2), 95-114.

Slobounov, S., Cao, C., Sebastianelli, W., Slobounov, E., & Newell, K. (2008) Residual deficits from concussion as revealed by virtual time-to-contact measures of postural stability. *Clinical Neurophysiology*, 119(2), 281-289.

Slobounov, S., Slobounov, E., Sebastianelli, W., Cao, C., & Newell, K. (2007) Differential rate of recovery in athletes after first and second concussion episodes. *Neurosurgery*, 61(2), 338-344.

Specht, J.A., & Martin, J. (1998). Individual differences in imaginal and verbal thinking habits of grade 6 students. *Journal of Mental Imagery*, 22(3& 4), 229-236.

Steer, R.A., Ball, R., Ranieri, W.F., Beck, A.T. (1999). Dimensions of the beck depression inventory – II in clinically depressed outpatients. *Journal of Clinical Psychology*, 55(1), 117-128.

Storch, E.A., Roberti, J.W., & Roth, D.A. (2004). Factor structure, concurrent validity, and internal consistency of the beck depression inventory – second edition in a sample of college students. *Depression and Anxiety*, 19(3), 187-189.

Theriault, M., De Beaumont, L., Gosselin, N., Filipinni, M., & Lassonde, M. (2009). Electrophysiological abnormalities in well functioning multiple concussed athletes. *Brain Injury*, 23(11), 899-906.

Thwaites, J., McKelvie, S.J., & Stout, D. (2007). Imagery vividness, spatial ability, and verbal memory in dancers compared to other athletes and non-athletes. *Journal of Mental Imagery*, 31(3-4), 123-138.

Uhl, F., Goldenberg, G., Lang, W., & Lindinger, G. (1990). Cerebral correlates of imagining colours, faces and a map—II: negative cortical DC potentials. *Neuropsychologia*, 28(1), 81–93.

Ungerleider, L. G., & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. In D. J. Ingle, M. A. Goodale, & R. J. W. Mansfield (Eds.), *Analysis of visual behavior* (pp. 549-586). Cambridge, MA: MIT Press.

Vagnozzi, R., Signoretti, S., Tavazzi, B., Floris, R., Ludovici, A., Marziali, S., et al. (2008). Temporal window of metabolic brain vulnerability to concussion: A pilot H-1 magnetic resonance spectroscopic study in concussed athletes - Part III. *Neurosurgery*, 62(6), 1286-1295.

Van Kampen, D.A., Lovell, M.R., Pardini, J.E., Collins, M.W., & Fu, F.H. (2006). The “value added” of neurocognitive testing after sports-related concussion. *American Journal of Sports Medicine*, 34(10), 1630-1635.

Vannucci, M., De Stefani, F., & Marchetti, I. (2010). Pratica sportive e immaginazione pittorica e spaziale: uno studio su un gruppo di calciatrici professioniste. *Giornale Italiano di Psicologia dello Sport*, 26, 69-73.

Vannucci, M., Mazzoni, G., Chiorri, C., & Cioli, L. (2008). Object imagery and object identification: Object imagers are better at identifying spatially-filtered visual objects. *Cognitive Processing*, 9(2), 137-143.

Viggiano, M.P., Vannucci, M., & Righi, S. (2004). A new standardized set of ecological pictures for experimental and clinical research on visual object processing. *Cortex*, 40(3), 491-509.

Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M.P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, 117(2), 250-270.

Wechsler, D. (2008). *Wechsler adult intelligence scale – fourth edition*. San Antonio, TX: Pearson.

Weinberg, R.S., Gould, D., & Jackson, A. (1980). Cognition and motor performance: Effect of psyching-up strategies on three motor tasks. *Cognitive Therapy and Research*, 4(2), 239-245.

Weinberg, R. (2008). Does imagery work? Effects on performance and mental skills. *Journal of Imagery Research in Sport and Physical Activity*, 3(1), 1-21.

Westcott, T.B., & Rosenstock, E. (1976). Reliability of two measures of imagery. *Perceptual and Motor Skills*, 42(3c), 1037-1038.

White, K., Ashton, R., & Law, H. (1974). Factor analyses of the shortened form of Betts' questionnaire upon mental imagery. *Australian Journal of Psychology*, 26(3), 183-190.

Whisman, M.A., Perez, J.E., & Ramel, W. (2000). Factor structure of the Beck depression inventory – second edition (BDI-II) in a student sample. *Journal of Clinical Psychology*, 56(4), 545-551.

Willer, B., & Leddy, J.J. (2006). Management of concussion and post-concussion syndrome. *Current Treatment Options in Neurology*, 8(5), 415-426.

Annexes

8.1 Certificat d'éthique



Comité d'éthique de la recherche en santé

1er juin 2012

Objet: Approbation éthique - « L'impact de la commotion cérébrale d'origine sportive sur la capacité d'imagerie mentale visuelle d'athlètes »

M. Yves Charbonneau,

Le Comité d'éthique de la recherche en santé (CERES) a étudié le projet de recherche susmentionné et a délivré le certificat d'éthique demandé suite à la satisfaction des exigences précédemment émises. Vous trouverez ci-joint une copie numérisée de votre certificat; copie également envoyée à votre directeur/directrice de recherche et à la technicienne en gestion de dossiers étudiants (TGDE) de votre département.

Notez qu'il y apparaît une mention relative à un suivi annuel et que le certificat comporte une date de fin de validité. En effet, afin de répondre aux exigences éthiques en vigueur au Canada et à l'Université de Montréal, nous devons exercer un suivi annuel auprès des chercheurs et étudiants-chercheurs.

De manière à rendre ce processus le plus simple possible et afin d'en tirer pour tous le plus grand profit, nous avons élaboré un court questionnaire qui vous permettra à la fois de satisfaire aux exigences du suivi et de nous faire part de vos commentaires et de vos besoins en matière d'éthique en cours de recherche. Ce questionnaire de suivi devra être rempli annuellement jusqu'à la fin du projet et pourra nous être retourné par courriel. La validité de l'approbation éthique est conditionnelle à ce suivi. Sur réception du dernier rapport de suivi en fin de projet, votre dossier sera clos.

Il est entendu que cela ne modifie en rien l'obligation pour le chercheur, tel qu'indiqué sur le certificat d'éthique, de signaler au CERES tout incident grave dès qu'il survient ou de lui faire part de tout changement anticipé au protocole de recherche.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments les meilleurs,

Robert Ganache, président
Comité d'éthique de la recherche en santé (CERES)
Université de Montréal

/gp
c.c. Gestion des certificats, BRDV
Dave Ellemberg, professeur agrégé, Département de kinésiologie
Marie-Claire Vachon (Kinésiologie)
p.j. Certificat #12-067-CERES-D

Comité d'éthique de la recherche en santé

CERTIFICAT D'APPROBATION ÉTHIQUE

Le Comité d'éthique de la recherche en santé (CERES), selon les procédures en vigueur, en vertu des documents qui lui ont été fournis, a examiné le projet de recherche suivant et conclu qu'il respecte les règles d'éthique énoncées dans la Politique sur la recherche avec des êtres humains de l'Université de Montréal.

Projet	
Titre du projet	L'impact de la commotion cérébrale d'origine sportive sur la capacité d'imagerie mentale visuelle d'athlètes
Étudiant requérant	Yves Charbonneau (), Candidat à la M. Sc. en Sciences de l'activité physique, Département de kinésiologie
Sous la direction de	Dave Elleberg, professeur agrégé, Département de kinésiologie, Université de Montréal
Financement	
Organisme	Non financé
Programme	
Titre de l'octroi si différent	
Numéro d'octroi	
Chercheur principal	
No de compte	

MODALITÉS D'APPLICATION

Tout changement anticipé au protocole de recherche doit être communiqué au CERES qui en évaluera l'impact au chapitre de l'éthique.

Toute interruption prématurée du projet ou tout incident grave doit être immédiatement signalé au CERES

Selon les règles universitaires en vigueur, un suivi annuel est minimalement exigé pour maintenir la validité de la présente approbation éthique, et ce, jusqu'à la fin du projet. Le questionnaire de suivi est disponible sur la page web du CERES.

Robert Ganache, président
Comité d'éthique de la recherche en santé
Université de Montréal

1er juin 2012
Date de délivrance

1er juillet 2013
Date de fin de validité

8.2 Formulaire de consentement

Formulaire d'information et de consentement

L'impact de la commotion cérébrale d'origine sportive sur la capacité d'imagerie mentale visuelle d'athlètes

ÉTUDIANT-CHERCHEUR :

Yves Charbonneau

Étudiant à la maîtrise en sciences de l'activité physique

DIRECTEUR DE RECHERCHE :

Dave Ellemberg

PH.D. Neuropsychologie

Financement :

Le directeur de recherche déboursera les compensations financières remis aux participants via son fonds de recherche. Ce projet ne bénéficie pas d'autres sources de financement.

Invitation à participer au projet de recherche

Le département de kinésiologie participe à des études ayant pour but d'améliorer les connaissances sur les conséquences des commotions cérébrales d'origine sportive, afin de prendre des décisions plus éclairées quant à leur traitement. Nous sollicitons aujourd'hui votre participation. Nous prendrons le temps de bien expliquer notre projet et nous vous invitons à lire ce formulaire d'informations.

Le présent formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. N'hésitez pas à poser toutes questions que vous jugerez utiles au chercheur et aux autres membres du personnel impliqués dans ce projet de recherche, et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

Suite à nos explications et votre lecture, vous pouvez nous remettre le formulaire signé si vous acceptez de participer dans un délai qui vous convient.

Quelle est la nature de ce projet?

La présente étude cherche à déterminer si un traumatisme crânien léger peut avoir des conséquences sur le cerveau. Ainsi, le présent projet de recherche a pour objectif d'explorer les effets des commotions cérébrales en lien avec l'imagerie mentale visuelle ou visualisation. L'imagerie mentale visuelle correspond à la génération cognitive d'une image sans stimulation visuelle externe. Visualiser une peinture dans sa tête ou un geste moteur, comme danser sans bouger physiquement, en sont deux exemples. Pour réaliser notre objectif, nous allons comparer des athlètes commotionnés avec des non-commotionnés à l'aide de questionnaires et tests cognitifs. Les résultats nous aideront à mieux comprendre les conséquences à moyen terme sur la récupération du cerveau suite à une commotion cérébrale et offrir des suggestions pour optimiser un retour au jeu sécuritaire.

Comment le projet se déroulera?

L'évaluation se fera au département de kinésiologie à l'aide de différents tests de type papier-crayon et informatisés. D'abord, vous passerez une entrevue de 5 minutes avec le chercheur pour comprendre votre historique personnel et vérifier la possibilité d'inclusion ou exclusion à l'étude. Si vous êtes inclus, vous complétez une série de tests qui mesurent votre attention,

mémoire, état affectif, et qualité de votre imagerie mentale. Votre présence ne requiert donc qu'une seule visite pour une durée approximative de 50 minutes.

Conditions de participation

Groupe avec commotion cérébrale : Pour faire partie de la présente étude vous devrez être un homme, étudiant et sportif universitaire, âgés de 18 à 30 ans inclusivement, ayant subi depuis plus d'un mois mais moins d'un an, un traumatisme crânien d'origine sportive. Vous ne pourrez pas participer si vous prenez des médicaments, alcool ou drogue qui interfèrent avec les fonctions cognitives. Aussi, vous serez exclus si vous divulguez avant votre commotion cérébrale des difficultés d'apprentissages, des troubles neurologiques ou certaines conditions médicales.

Groupe sans commotion cérébrale : Pour faire partie de la présente étude vous devrez être un homme, étudiant et sportif universitaire, âgés de 18 à 30 ans inclusivement. Vous ne pourrez pas participer si vous prenez des médicaments, alcool ou drogue qui interfèrent avec les fonctions cognitives. Aussi, vous serez exclus si vous divulguez un traumatisme crânien, des difficultés d'apprentissages, des troubles neurologiques ou certaines conditions médicales.

Avantages et bénéfices

Vous aurez la satisfaction d'avoir contribué à l'avancement des connaissances sur le fonctionnement cognitif chez les athlètes avec ou sans commotions cérébrales d'origine sportive. De plus, vous pouvez mieux connaître vos capacités d'imagerie mentale, une technique mentale qui s'avère très utile dans le domaine athlétique.

Inconvénients et risques

Vous pourrez avoir une faible fatigue transitoire suite à l'accumulation de tâches exigeantes sur le plan cognitif étant donné la durée de 50 minutes d'expérimentation. En cas de fatigue, il est possible de demander une période de repos avant de continuer.

Sachez que nous prendrons tous les mesures nécessaires pour protéger vos informations personnelles et éviter qu'elles soient divulguées à autrui.

Confidentialité

Toutes les informations provenant de l'évaluation seront utilisées pour des fins de recherche. Les noms des participants seront changés par un code afin de rendre anonymes les informations. Les dossiers demeureront sous clé au laboratoire du responsable du projet de recherche. Seul le responsable du projet et l'étudiant assigné à ce projet, Yves Charbonneau, auront accès aux données, et les données brutes ne pourront quitter ces lieux. Les données seront conservées en lieu sûr pour une durée de 7 ans, et seront par la suite détruites. Dans le cas où vous êtes exclus de l'étude, elles seront détruites immédiatement. Les résultats de cette étude pourront être publiés ou communiqués dans un congrès scientifique mais aucune information pouvant vous identifier ne sera alors dévoilée.

Responsabilités des chercheurs

En signant ce formulaire de consentement, vous ne renoncez à aucun de vos droits prévus par la loi. De plus, vous ne libérez pas les investigateurs et le promoteur de leur responsabilité légale et professionnelle advenant une situation qui vous causerait préjudice.

Dédommagement pour les frais de transport

Vous recevrez une somme de 20\$ couvrant les frais encourus.

Liberté de participation

Votre participation à ce projet de recherche est tout à fait volontaire. Vous êtes donc libre de refuser d'y participer. Vous pouvez également vous retirer de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raison. Vous avez simplement à aviser verbalement le chercheur responsable du projet ou l'un des membres de l'équipe.

Le chercheur responsable du projet de recherche peut aussi mettre fin à votre participation si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou si cela n'est plus dans votre intérêt. En cas de retrait ou d'exclusion, les renseignements qui auront été recueillis au moment de votre retrait seront détruits.

En cas de questions ou de difficultés, avec qui peut-on communiquer?

Si vous avez des questions sur les aspects scientifiques du projet de recherche ou si vous voulez vous retirer de l'étude, vous pouvez contacter Dave Ellemberg, Ph.D. ou Yves Charbonneau.

Pour toute information d'ordre éthique concernant les conditions dans lesquelles se déroule votre participation à ce projet, vous pouvez contacter le coordonnateur du Comité d'éthique de la recherche en santé (CERES).

Pour plus d'information sur vos droits comme participants, vous pouvez consulter le portail des participants de l'Université de Montréal à l'adresse suivante :

<http://recherche.umontreal.ca/participants>.

Toute plainte relative à votre participation à cette recherche peut être adressée à l'ombudsman de l'Université de Montréal. L'ombudsman accepte les appels à frais virés. Il s'exprime en français et en anglais et prend les appels entre 9h et 17h.

Advenant une difficulté affective, soit par votre propre constat ou par la rétroaction de vos résultats par le chercheur, n'hésitez pas à communiquer avec le centre de santé et de consultation psychologique de l'Université de Montréal.

Consentement

On m'a expliqué la nature et le déroulement du projet de recherche. J'ai pris connaissance du formulaire de consentement et on m'en a remis un exemplaire. J'ai eu l'occasion de poser mes questions auxquelles on a répondu. Après réflexion, j'accepte de participer à ce projet de recherche.

Nom du participant (Lettres moulées)

Nom du participant (Signature)

Date

8.3 Questionnaire de participation à l'étude

Questionnaire de participation à l'étude

Sujet de recherche

Code du participant : _ _ _ _ _

1. Histoire sportive

Quel sport pratiquez-vous? _____

Depuis combien d'années pratiquez-vous ce sport? _____

À quelle position jouez-vous? _____

Avez-vous déjà joué à d'autres positions? Oui Non

Si oui, laquelle : _____

Dans quelle ligue, association ou niveau avez-vous joué? _____

Avez-vous déjà pratiqué d'autres sports de manière compétitive? Oui Non

Si oui, lequel : _____

2. Histoire scolaire

Années de scolarité (en commençant du primaire): _____

Niveau de scolarité atteint: _____

Domaine d'étude: _____

Année répétée au primaire ou secondaire: Oui Non

Si oui, laquelle: _____

Difficulté académique: Oui Non Si oui, laquelle: _____

Trouble d'apprentissage: Oui Non Si oui, lequel : _____

Trouble d'hyperactivité : Oui Non

Déficit d'attention : Oui Non

3. Histoire médicale

Avez-vous une maladie :

- Cardiaque (hypertension artérielle, angine de poitrine...) Oui Non

Si oui, laquelle : _____

- Respiratoire (asthme, emphysème...) Oui Non

Si oui, laquelle : _____

- Métabolique (diabète, hypoglycémie...) Oui Non

Si oui, laquelle : _____

- Hépatique (hépatite B-C, hémochromatose...) Oui Non

Si oui, laquelle : _____

- Musculo-squelettique (arthrose, dorsalgie...) Oui Non

Si oui, laquelle : _____

- Neurologique (épilepsie, sclérose en plaque...) Oui Non

Si oui, laquelle : _____

- Cancer (leucémie, tumeur au cerveau...) Oui Non

Si oui, laquelle : _____

- Mentale (dépression, schizophrénie...) Oui Non

Si oui, laquelle : _____

Vision

Êtes-vous atteint de daltonisme? Oui Non

Avez-vous des problèmes de perception visuelle (distance, profondeur, vitesse)? Oui Non

Notes : _____

Audition

Êtes-vous atteint d'une perte auditive? Oui Non

Avez-vous des problèmes de perception auditive (localisation de source) ? Oui Non

Notes : _____

Prenez-vous des médicaments? Oui Non

Si oui, lesquels : _____

Avez-vous déjà eu une anesthésie générale ? Oui Non

Si oui, pourquoi? _____

Avez-vous déjà été victime d'un accident avec impact la tête dans une situation autre que votre sport (ex. : accident de la route, accident de travail)? Oui Non

Si oui, dans quelle situation et quel était le trauma à la tête : _____

4. Consommation d'alcool et de drogue

Encerclez votre réponse:

1. Consommez-vous ou avez-vous déjà consommé de l'alcool (bière, vin, spiritueux...)?

Oui Non

2. Si oui, à quelle fréquence?

1 x/mois 2 - 4 x/mois 1 x/semaine 2 - 4 x/semaine Plus de 4 x/semaine

3. Combien de consommations d'alcool buvez-vous en une occasion?

1 - 2 3 - 4 5 - 6 7 - 8 9+

5. Votre entourage vous a-t-il déjà fait des remarques concernant votre consommation d'alcool ?

Oui Non

6. Vous est-il arrivé de consommer de l'alcool et de ne plus vous souvenir des événements de la journée précédente? Oui Non

Si oui, combien de fois : _____

7. Vous est-il arrivé de consommer de l'alcool le matin pour vous sentir en forme?

Oui Non

8. Consommez-vous ou avez-vous déjà consommé des drogues (marijuana, cocaïne, amphétamine...)? Oui Non

9. Si oui, quel type de drogue : _____

10. Si oui, à quelle fréquence?

1 x/mois 2 - 4 x/mois 1 x/semaine 2 - 4 x/semaine Plus de 4 x/semaine

11. Votre entourage vous a-t-il déjà fait des remarques concernant votre consommation de drogue? Oui Non

12. Vous est-il arrivé de consommer de la drogue et de ne plus vous souvenir des événements de la journée précédente? Oui Non

Si oui, combien de fois : _____

13. Vous est-il arrivé de consommer de la drogue le matin pour vous sentir en forme?

Oui Non

5. Imagerie mentale ou visualisation

Écrivez-vous de la main droite? Oui Non

À quel niveau jugez-vous la qualité de votre imagerie mentale?

Débutant Intermédiaire Expert

Précisez de façon explicite la formation reçue en imagerie mentale: _____

Pratiquez-vous de l'imagerie mentale? Oui Non

Si oui, quel(s) type(s) d'imagerie vous utilisez?

Kinesthésique : sentir les mouvements (contractions et étirements musculaires)

Objet : propriétés physiques (couleurs, formes, tailles)

Spatiale : transformations visuelles (relations, localisation et mouvements)

Combien de minutes par semaine en moyenne? _____

5. Fiche d'observation d'accident impliquant la tête

Échelle de symptômes

Veillez indiquer la date de tout incident impliquant la tête durant un match ou une séance d'entraînement ou tout incident avec une partie du corps ayant mené à une secousse au cerveau avec le plus de précision possible. Ensuite, veuillez cocher les symptômes ressentis lors et suite à chaque incident dans la colonne correspondante.

Avez-vous déjà subi une commotion cérébrale? Oui Non

Symptômes	Nombre de commotions subies					
	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Date: JJ/MM/AAAA						
Perte de conscience						
Maux de tête						
Maux de cou						

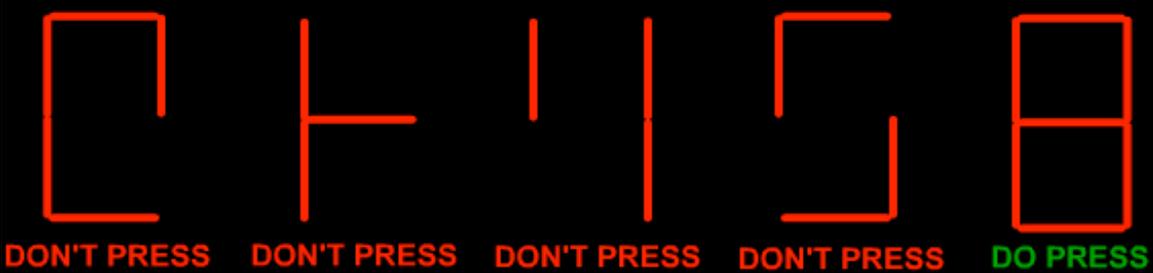
Nausée						
Vomissements						
Pression dans la tête						
Étourdissements						
Engourdissements						
Confusion						
Somnolence						
Vision floue						
Problèmes d'audition						
Sensibilité à la lumière						
Sensibilité au son						
Impression d'être au ralenti						
Impression d'être dans la brume						
Impression de déjà vu						
Ne pas se sentir bien						
Difficulté à se concentrer						
Difficulté à se rappeler						
Perte de mémoire précédant l'incident						
Perte de mémoire suivant l'incident						
Problèmes d'équilibre						
Fatigue ou manque d'énergie						
Être plus émotif (ve)						
Irritabilité						
Tristesse						
Nervosité ou anxiété						
Difficulté à s'endormir						
Dors plus qu'à						

8.4 Penn Continuous Performance Test - Number and Letter Version

Penn Continuous Performance Test-Number and Letter Version

(Un exemple numéro et un exemple lettre)

That was **INCORRECT**.
 You did not see a complete number.
 Press the spacebar **ONLY** when you see a complete **NUMBER**.



DON'T PRESS **DON'T PRESS** **DON'T PRESS** **DON'T PRESS** **DO PRESS**

PRESS THE SPACEBAR TO CONTINUE 

That was **INCORRECT**.
 You did not see a complete letter.
 Press the spacebar **ONLY** when you see a complete **LETTER**.



DON'T PRESS **DON'T PRESS** **DON'T PRESS** **DON'T PRESS** **DO PRESS**

PRESS THE SPACEBAR TO CONTINUE 

8.5 Séquences de chiffres

3. Séquences de chiffres



Point de départ.

Âge 16-90 ans :

Ordre direct : Item 1

Ordre inverse : Exemple, puis Item 1

Ordre croissant : Exemple, puis Item 1



Arrêt

Ordre direct : Après des scores de 0 point aux deux essais d'un item

Ordre inverse : Après des scores de 0 point aux deux essais d'un item

Ordre croissant : Après des scores de 0 point aux deux essais d'un item



Notation

Accordez 0 ou 1 point pour chaque essai.

SCOD, SCOI et SCOC.

Score brut total pour l'ordre direct, l'ordre inverse et l'ordre croissant respectivement

SCDI, SCIL et SCCL

Le score de chiffres est le score au dernier essai valide (0 point pour l'ordre direct, l'ordre inverse et l'ordre croissant respectivement)

Ordre direct

Item	Essai	Réponse	Score à l'essai	Score à l'item
16-31	1. 9-7		0 1	0 1 2
	6-3		0 1	
2.	5-8-2		0 1	0 1 2
	6-9-4		0 1	
3.	7-2-8-6		0 1	0 1 2
	6-4-3-9		0 1	
4.	4-2-7-3-1		0 1	0 1 2
	7-5-8-3-6		0 1	
5.	3-9-2-4-8-7		0 1	0 1 2
	6-1-9-4-7-3		0 1	
6.	4-1-7-9-3-8-6		0 1	0 1 2
	6-9-1-7-4-2-8		0 1	
7.	3-8-2-9-6-1-7-4		0 1	0 1 2
	3-8-1-3-2-6-4-7		0 1	
8.	2-7-5-8-6-3-1-9-4		0 1	0 1 2
	7-1-3-9-4-2-5-6-8		0 1	

SRDL
(Max = 8)

Score brut total pour Séquences de chiffres en ordre direct (SCOD)
(Maximum = 16)

Ordre inverse

Item	Essai	Réponse correcte	Réponse	Score à l'essai	Score à l'item
16-31	Ex. 7-1	1-7		0 1	0 1 2
	3-4	4-3			
16-31	1. 3-1	1-3		0 1	0 1 2
	2-4	4-2			
2.	4-6	6-4		0 1	0 1 2
	5-7	7-5			
3.	6-2-9	9-2-6		0 1	0 1 2
	4-7-3	5-7-4			
4.	8-2-7-9	9-7-2-8		0 1	0 1 2
	4-9-6-8	8-6-9-4			
5.	6-5-8-4-3	3-4-8-5-6		0 1	0 1 2
	1-5-4-8-6	6-8-4-5-1			
6.	5-3-7-4-1-8	8-1-4-7-3-5		0 1	0 1 2
	7-2-4-8-5-6	6-3-8-4-2-7			
7.	8-1-4-9-3-6-2	2-6-3-9-4-1-8		0 1	0 1 2
	4-7-3-9-6-2-8	8-2-6-9-3-7-4			
8.	9-4-3-7-6-2-1-8	8-1-2-6-7-3-4-9		0 1	0 1 2
	7-2-8-1-5-6-4-3	3-4-6-5-1-8-2-7			

SCIL
(Max = 8)

Score brut total pour Séquences de chiffres en ordre inverse (SCOI)
(Maximum = 16)



10 Pleurs

- 0 Je ne pleure pas plus qu'avant.
- 1 Je pleure plus qu'avant.
- 2 Je pleure pour la moindre petite chose.
- 3 Je voudrais pleurer mais je n'en suis pas capable.

11 Agitation

- 0 Je ne suis pas plus agité(e) ou plus tendu(e) que d'habitude.
- 1 Je me sens plus agité(e) ou plus tendu(e) que d'habitude.
- 2 Je suis si agité(e) ou tendu(e) que j'ai du mal à rester tranquille.
- 3 Je suis si agité(e) ou tendu(e) que je dois continuellement bouger ou faire quelque chose.

12 Perte d'intérêt

- 0 Je n'ai pas perdu d'intérêt pour les gens ou pour les activités.
- 1 Je m'intéresse moins qu'avant aux gens et aux choses.
- 2 Je ne m'intéresse presque plus aux gens et aux choses.
- 3 J'ai du mal à m'intéresser à quoi que ce soit.

13 Indécision

- 0 Je prends des décisions toujours aussi bien qu'avant.
- 1 Il m'est plus difficile que d'habitude de prendre des décisions.
- 2 J'ai beaucoup plus de mal qu'avant à prendre des décisions.
- 3 J'ai du mal à prendre n'importe quelle décision.

14 Dévalorisation

- 0 Je pense être quelqu'un de valable.
- 1 Je ne crois pas avoir autant de valeur ni être aussi utile qu'avant.
- 2 Je me sens moins valable que les autres.
- 3 Je sens que je ne vauds absolument rien.

15 Perte d'énergie

- 0 J'ai toujours autant d'énergie qu'avant.
- 1 J'ai moins d'énergie qu'avant.
- 2 Je n'ai pas assez d'énergie pour pouvoir faire grand-chose.
- 3 J'ai trop peu d'énergie pour faire quoi que ce soit.

16 Modifications dans les habitudes de sommeil

- 0 Mes habitudes de sommeil n'ont pas changé.
- 1a Je dors un peu plus que d'habitude.
- 1b Je dors un peu moins que d'habitude.
- 2a Je dors beaucoup plus que d'habitude.
- 2b Je dors beaucoup moins que d'habitude.
- 3a Je dors presque toute la journée.
- 3b Je me réveille une ou deux heures plus tôt et je suis incapable de me rendormir.

17 Irritabilité

- 0 Je ne suis pas plus irritable que d'habitude.
- 1 Je suis plus irritable que d'habitude.
- 2 Je suis beaucoup plus irritable que d'habitude.
- 3 Je suis constamment irritable.

18 Modifications de l'appétit

- 0 Mon appétit n'a pas changé.
- 1a J'ai un peu moins d'appétit que d'habitude.
- 1b J'ai un peu plus d'appétit que d'habitude.
- 2a J'ai beaucoup moins d'appétit que d'habitude.
- 2b J'ai beaucoup plus d'appétit que d'habitude.
- 3a Je n'ai pas d'appétit du tout.
- 3b J'ai constamment envie de manger.

19 Difficulté à se concentrer

- 0 Je parviens à me concentrer toujours aussi bien qu'avant.
- 1 Je ne parviens pas à me concentrer aussi bien que d'habitude.
- 2 J'ai du mal à me concentrer longtemps sur quoi que ce soit.
- 3 Je me trouve incapable de me concentrer sur quoi que ce soit.

20 Fatigue

- 0 Je ne suis pas plus fatigué(e) que d'habitude.
- 1 Je me fatigue plus facilement que d'habitude.
- 2 Je suis trop fatigué(e) pour faire un grand nombre de choses que je faisais avant.
- 3 Je suis trop fatigué(e) pour faire la plupart des choses que je faisais avant.

21 Perte d'intérêt pour le sexe

- 0 Je n'ai pas noté de changement récent dans mon intérêt pour le sexe.
- 1 Le sexe m'intéresse moins qu'avant.
- 2 Le sexe m'intéresse beaucoup moins maintenant.
- 3 J'ai perdu tout intérêt pour le sexe.

Note: Ce formulaire est imprimé en noir et bleu.
Si ces deux couleurs n'apparaissent pas sur le présent exemplaire, c'est qu'il a été photocopié en violant des lois ayant trait aux droits d'auteur.

_____ Sous-total, page 2

_____ Sous-total, page 1

_____ Score total

8.7 Vividness of Visual Imagery Questionnaire

VIVIDNESS OF VISUAL IMAGERY QUESTIONNAIRE

(VVIQ - Marks, 1973)

Traduction en français en version électronique

Santarpia, A., Poinso R. (2007)

Nom : _____

Âge : __ ans Sexe : Féminin Masculin Date : _____

Introduction

Grâce au tableau ci-dessous, vous allez explorer le niveau de vivacité de l'image mentale évoquée par chaque proposition au moyen d'une échelle en 5 points. Vous allez explorer les images mentales obtenues selon la modalité yeux fermés (YF). Exécutez bien toutes les propositions. Essayez de faire chaque item du questionnaire sans être influencé par l'item précédent.

L'image mentale évoquée par une proposition peut correspondre à :

- Aucune image n'est visible. **1**
- L'image est vague et imprécise. **2**
- L'image est moyennement nette et vivace. **3**
- L'image est relativement nette, presque aussi précise et vivace qu'une perception. **4**
- L'image est parfaitement nette, aussi précise et vivace qu'une véritable perception. **5**

ITEMS 1–4 (YF) : *Imaginez attentivement l'image d'un(e) ami(e) que vous voyez fréquemment (qui n'est pas présent(e) en ce moment) :*

1. Le contour exact de son visage, de sa tête, de ses épaules et de son corps :

- Aucune image n'est visible. **1**
- L'image est vague et imprécise. **2**
- L'image est moyennement claire et nette. **3**
- L'image est relativement claire, presque aussi nette et précise qu'une perception. **4**
- L'image est parfaitement claire, aussi nette et précise qu'une véritable perception. **5**

2. Les positions de sa tête, les postures de son corps, etc. :

- Aucune image n'est visible. **1**
- L'image est vague et imprécise. **2**
- L'image est moyennement claire et nette. **3**

L'image est relativement claire, presque aussi nette et précise qu'une perception. **4**
 L'image est parfaitement claire, aussi nette et précise qu'une véritable perception. **5**
3. Sa démarche précise, la longueur de ses pas, etc. lorsqu'il (elle) marche :

Aucune image n'est visible. **1**
 L'image est vague et imprécise. **2**
 L'image est moyennement claire et nette. **3**
 L'image est relativement claire, presque aussi nette et précise qu'une perception. **4**
 L'image est parfaitement claire, aussi nette et précise qu'une véritable perception. **5**

4. Les différentes couleurs de certains de ses vêtements habituels :

Aucune image n'est visible. **1**
 L'image est vague et imprécise. **2**
 L'image est moyennement claire et nette. **3**
 L'image est relativement claire, presque aussi nette et précise qu'une perception. **4**
 L'image est parfaitement claire, aussi nette et précise qu'une véritable perception. **5**

ITEMS 5–8 (YF) : *Imaginez le lever du soleil. Analysez attentivement l'image qui apparaît :*

5. Le soleil se lève à l'horizon dans un ciel brumeux :

Aucune image n'est visible. **1**
 L'image est vague et imprécise. **2**
 L'image est moyennement claire et nette. **3**
 L'image est relativement claire, presque aussi nette et précise qu'une perception. **4**
 L'image est parfaitement claire, aussi nette et précise qu'une véritable perception. **5**

6. Le ciel s'éclaircit et entoure le soleil de bleu :

Aucune image n'est visible. **1**
 L'image est vague et imprécise. **2**
 L'image est moyennement claire et nette. **3**
 L'image est relativement claire, presque aussi nette et précise qu'une perception. **4**
 L'image est parfaitement claire, aussi nette et précise qu'une véritable perception. **5**

7. Nuages. Une tempête éclate avec des éclairs :

Aucune image n'est visible. **1**
 L'image est vague et imprécise. **2**
 L'image est moyennement claire et nette. **3**
 L'image est relativement claire, presque aussi nette et précise qu'une perception. **4**
 L'image est parfaitement claire, aussi nette et précise qu'une véritable perception. **5**

8. Un arc-en-ciel apparaît :Aucune image n'est visible. **1**L'image est vague et imprécise. **2**L'image est moyennement claire et nette. **3**L'image est relativement claire, presque aussi nette et précise qu'une perception. **4**L'image est parfaitement claire, aussi nette et précise qu'une véritable perception. **5****ITEMS 9–12 (YF) : *Imaginez un magasin dans lequel vous allez souvent. Analysez en détail l'image qui vous vient à l'esprit :*****9. La devanture du magasin qui se trouve de l'autre côté de la rue :**Aucune image n'est visible. **1**L'image est vague et imprécise. **2**L'image est moyennement claire et nette. **3**L'image est relativement claire, presque aussi nette et précise qu'une perception. **4**L'image est parfaitement claire, aussi nette et précise qu'une véritable perception. **5****10. Une vitrine avec les couleurs, la forme et les détails des articles en vente :**Aucune image n'est visible. **1**L'image est vague et imprécise. **2**L'image est moyennement claire et nette. **3**L'image est relativement claire, presque aussi nette et précise qu'une perception. **4**L'image est parfaitement claire, aussi nette et précise qu'une véritable perception. **5****11. Vous êtes proche de l'entrée. La couleur, la forme et les détails de la porte :**Aucune image n'est visible. **1**L'image est vague et imprécise. **2**L'image est moyennement claire et nette. **3**L'image est relativement claire, presque aussi nette et précise qu'une perception. **4**L'image est parfaitement claire, aussi nette et précise qu'une véritable perception. **5****12. Vous entrez dans le magasin et vous allez vers la caisse. Le commerçant vous sert. Vous lui donnez l'argent qu'il prend :**Aucune image n'est visible. **1**L'image est vague et imprécise. **2**L'image est moyennement claire et nette. **3**L'image est relativement claire, presque aussi nette et précise qu'une perception. **4**L'image est parfaitement claire, aussi nette et précise qu'une véritable perception. **5**

ITEMS 13–16 (YF) : *Imaginez une scène de campagne avec des arbres, des montagnes, un lac. Analysez, en détail, les images que vous visualisez en esprit :*

13. Les contours du paysage :

Aucune image n'est visible. **1**

L'image est vague et imprécise. **2**

L'image est moyennement claire et nette. **3**

L'image est relativement claire, presque aussi nette et précise qu'une perception. **4**

L'image est parfaitement claire, aussi nette et précise qu'une véritable perception. **5**

14. La couleur et la forme des arbres :

Aucune image n'est visible. **1**

L'image est vague et imprécise. **2**

L'image est moyennement claire et nette. **3**

L'image est relativement claire, presque aussi nette et précise qu'une perception. **4**

L'image est parfaitement claire, aussi nette et précise qu'une véritable perception. **5**

15. La couleur et la forme du lac :

Aucune image n'est visible. **1**

L'image est vague et imprécise. **2**

L'image est moyennement claire et nette. **3**

L'image est relativement claire, presque aussi nette et précise qu'une perception. **4**

L'image est parfaitement claire, aussi nette et précise qu'une véritable perception. **5**

16. Un vent fort s'abat sur les arbres et sur le lac en produisant des vagues :

Aucune image n'est visible. **1**

L'image est vague et imprécise. **2**

L'image est moyennement claire et nette. **3**

L'image est relativement claire, presque aussi nette et précise qu'une perception. **4**

L'image est parfaitement claire, aussi nette et précise qu'une véritable perception. **5**

SCORE TOTAL YF :

YEUX FERMES (YF) :

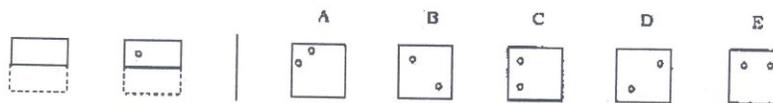
--	--

8.8 Paper Folding Test

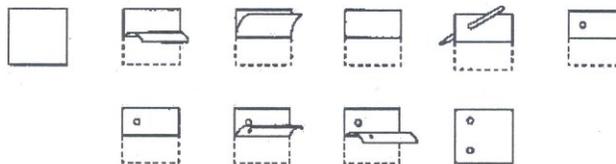
Paper Folding Test

Pour ce test, vous devez imaginer une feuille de papier pliée et dépliée. Il y a des figures dessinées à la gauche et droite d'une ligne verticale pour chaque problème. Les figures à gauche représentent le(s) pli(s) d'une feuille de papier carrée et la dernière figure a un cercle pour indiquer où la feuille est percée. Le trou traverse la feuille de papier de bord en bord. Une seule des cinq figures à droite indiquent où sont le(s) trou(s) une fois la feuille dépliée au complet. Écrivez un X sur la figure qui, selon vous, est la bonne réponse.

Maintenant, essayez de résoudre ce problème.



La bonne réponse est C donc la figure C devrait avoir un X dessus. Les figures en-dessous vous expliquent le raisonnement pour arriver à la réponse C.



Certains problèmes sont plus difficiles. Si vous avez de la difficulté avec un problème, vous pouvez passer au prochain et y revenir plus tard si le temps vous le permet. Vous avez 3 minutes pour chacune des deux parties. Chaque partie est une page. Quand vous avez terminé la première partie, attendre le signal de l'expérimentateur avant de tourner la page pour compléter la deuxième partie.

NE PAS TOURNER LA PAGE AVANT LE SIGNAL

PART ONE (3 MINUTES)

		A	B	C	D	E
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

STOP

DO NOT PROCEED TO THE NEXT PAGE UNTIL ASKED TO DO SO

PART TWO (3 MINUTES)

		A	B	C	D	E
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

**STOP AND WAIT FOR FURTHER INSTRUCTIONS
DO NOT GO BACK TO PART ONE**

8.9 Visual Object Identification Task

Visual Object Identification Task (2 exemples d'images aux 9 niveaux de filtrage)

