

Université de Montréal

Étude sur la flexibilité mentale et l'inhibition et leurs relations avec l'autonomie
fonctionnelle suite à un traumatisme craniocérébral en âge avancé

Par

Océane Beaujean

Département de psychologie - Faculté des Arts et des Sciences

Essai doctoral présenté en vue de l'obtention du
Doctorat en psychologie (D. Psy.) option neuropsychologie clinique

Août, 2019

© Océane Beaujean, 2019

Résumé

Introduction. Le but de la présente étude est d'évaluer les fonctions exécutives et l'autonomie fonctionnelle des patients ayant subi un traumatisme craniocérébral (TCC) en âge avancé et d'explorer les variables sociodémographiques et liées au TCC qui influencent ces performances. **Méthode.** Un total de 53 participants âgés de plus de 55 ans ont été répartis en deux groupes : un groupe TCC (n = 29) et un groupe contrôle (n = 24). Le Trail Making Test (TMT), le Stroop, les sous tests Go – No Go et Consignes contradictoires de la Batterie Rapide d'Efficiency Frontale (BREF) et le Mayo-Portland Adaptability Inventory (MPAI-4) ont été administrés aux deux groupes. L'âge, la scolarité, le score à l'échelle de Glasgow (GCS), le délai d'évaluation post-TCC et la localisation de la lésion ont été recueillis. **Résultats.** Des différences significatives ont été observées entre les groupes au TMT-A, TMT-B ainsi qu'au score total du MPAI-4 et à ses trois échelles. L'âge est associé au TMT -A et TMT-B tandis que la scolarité est associée au TMT-A et au ratio TMT B/A. Le Stroop est associé au délai d'évaluation post-TCC et à la présence de lésion au niveau du lobe occipital. De plus, le score au GCS est associé au Go – No Go. Enfin, une performance déficitaire au TMT-B et la présence de lésion au niveau du lobe frontal sont associés à l'échelle de capacités du MPAI-4. **Conclusion.** Les personnes âgées TCC sont plus lentes que les adultes âgés sains, montrent une autonomie fonctionnelle moindre mais ne présentent pas de déficits exécutifs. Les variables sociodémographiques et le fonctionnement exécutif ne sont pas associés au niveau d'autonomie fonctionnelle alors que l'âge, la scolarité et le délai d'évaluation post-TCC semblent influencer les capacités aux tests exécutifs.

Mots-clés : Traumatisme craniocérébral, fonctions exécutives, devenir fonctionnel, vieillissement, Trail Making Test, Stroop, Batterie Rapide d'Efficiency Frontale (BREF), Mayo-Portland Adaptability Inventory (MPAI-4)

Abstract

Background. The aim of this study was to evaluate executive functions and functional outcomes in elderly patients with traumatic brain injury (TBI) and to explore the effects of demographic and TBI-related variables on these factors. **Methods.** The sampled population included 53 older adults (≥ 55 years old) divided into two groups: a TBI group ($n = 29$) and a control group ($n = 24$). The Trail Making Test (TMT), the Stroop, the Go – No Go and Conflicting instructions subscales from the Frontal Assessment Battery (FAB) along with the Mayo-Portland Adaptability Inventory (MPAI-4) were administered to both groups. Information about age, education, Glasgow coma score (GCS), length of time post-TBI and lesion location was collected. **Results.** Differences between healthy participants and individuals with TBI were found in TMT-A, TMT-B, MPAI-4 total score and all subscales scores. Age was associated with TMT -A and TMT-B while education was associated with TMT-A and the ratio score (TMT B/TMT-A). Stroop was associated with length of time post-TBI and occipital lesions. Furthermore, GCS scores were associated with Go – No Go scores. Finally, deficits in TMT-B and frontal lobe lesions were associated with MPAI-4 Abilities Subscale scores. **Conclusion.** Elderly patients with TBI are slower than control group and show a lower outcome although no executive function deficit was observed. Demographic factors and executive functioning are not associated with functional outcome while age, education, length of time post-TBI influence performances in executive tasks.

Keywords: Traumatic brain injury, executive functions, aging, functional outcome, Trail Making Test, Stroop, Frontal Assessment Battery (FAB), Mayo-Portland Adaptability Inventory (MPAI-4)

Table des matières

Résumé.....	2
Abstract.....	3
Table des matières.....	4
Liste des abréviations.....	7
Introduction.....	9
Contexte théorique	10
1. Le traumatisme craniocérébral (TCC)	10
1.1 Le TCC chez l'aîné	11
2. Les fonctions exécutives	13
2.1 Modèle de Miyake et al. (2000).....	13
3. Les fonctions exécutives, le TCC et le vieillissement non-pathologique	14
4. Pronostic fonctionnel suite à un TCC	17
Objectifs et hypothèses de l'étude	19
Méthodologie	20
1. Participants.....	20
2. Procédures.....	21
3. Mesures	22
4. Statistiques	24
Résultats.....	25
1. Participants.....	25
2. Variables liées à l'accident	26
3. Comparaisons des scores de flexibilité, d'inhibition et d'autonomie fonctionnelle entre les groupes de participants	28
4. Associations entre l'âge, la scolarité, la sévérité du TCC, le délai d'évaluation post- accident et la localisation de la lésion cérébrale traumatique sur les fonctions exécutives des personnes âgées ayant subi un TCC.....	30

5. Associations entre l'âge, la scolarité, la sévérité du TCC, le délai d'évaluation post-accident, la localisation de la lésion cérébrale, les fonctions exécutives et l'autonomie fonctionnelle chez des personnes âgées ayant subi un TCC.	36
Discussion	41
1. Caractéristiques sociodémographiques et liées à l'accident de la clientèle TCC	41
2. Différences entre les patients TCC en âge avancé et les participants contrôles	41
3. Associations entre les variables sociodémographiques et liées à l'accident et les fonctions exécutives	44
4. Associations entre les variables sociodémographiques, liées à l'accident et les fonctions exécutives et l'autonomie fonctionnelle.....	47
Limites de l'étude et recherches futures	48
Implications cliniques	50
Conclusion	51
Références.....	52

Liste des tableaux

- Tableau 1. Données démographiques des participants
- Tableau 2. Variables liées à l'accident (n = 29)
- Tableau 3. Spécifications des résultats au scanner cérébral (n = 25)
- Tableau 4. Résultats aux tests cognitifs et au questionnaire MP AI-4
- Tableau 5. Nombre et pourcentage de participants ayant obtenu un score déficitaire au TMT-A et TMT-B selon les groupes
- Tableau 6. Régressions linéaires simples effectuées sur les variables TMT-A Temps, TMT-B Temps et Ratio TMT B/A en lien avec les variables âge, scolarité, GCS et délai
- Tableau 7. Régressions linéaires simples effectuées sur les variables TMT-A Temps, TMT-B Temps et Ratio TMT B/A en lien avec la localisation de la lésion
- Tableau 8. Régressions linéaires simples effectuées sur les variables Stroop 3 Temps, Stroop 3 Erreur, Go No-Go et Consignes Contradictaires en lien avec les variables âge, scolarité, GCS et délai
- Tableau 9. Régressions linéaires simples effectuées sur les variables Stroop 3 Temps, Stroop 3 Erreur, Go No-Go et Consignes Contradictaires en lien avec la localisation de la lésion
- Tableau 10. Régressions linéaires simples effectuées sur les variables MP AI-4 Total, MP AI-4 Capacités, MP AI-4 Participation et MP AI-4 Adaptation en lien avec les variables âge, scolarité, GCS et délai
- Tableau 11. Régressions linéaires simples effectuées sur les variables MP AI-4 Total, MP AI-4 Capacités, MP AI-4 Participation et MP AI-4 Adaptation en lien avec le ratio TMT B/A et le score composite d'inhibition
- Tableau 12. Régressions linéaires simples effectuées sur les variables MP AI-4 Total, MP AI-4 Capacités, MP AI-4 Participation et MP AI-4 Adaptation et le pourcentage de patients sous les deux écarts-types au TMT-A et TMT-B
- Tableau 13. Régressions linéaires simples effectuées sur les variables MP AI-4 Total, MP AI-4 Capacités, MP AI-4 Participation et MP AI-4 Adaptation en lien avec la localisation de la lésion

Liste des abréviations

APT	Amnésie post-traumatique
BREF	Batterie Rapide d'EfficiencE Frontale
D-KEFS	Delis-Kaplan Executive Function System
GCS	Échelle de Coma de Glasgow
MPAI-4	Mayo-Portland Adaptability Inventory – 4 ^{ème} édition
RC	Réserve cognitive
TCC	Traumatisme craniocérébral
TMT	Trail Making Test

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier ma directrice de recherche, Éline de Guise, pour son soutien, ses précieux conseils et son efficacité à nulle autre pareille.

J'aimerais également remercier ma famille et particulièrement mes parents, sans qui ce beau projet n'aurait pas été réalisable.

Ensuite, je remercie mes amis, qu'ils soient outre-Atlantique ou ici, à Montréal. Ils m'ont été d'un soutien incroyable et m'ont permis de garder la motivation nécessaire à l'aboutissement de ces deux années de travail.

Enfin, je tiens à remercier Catherine Degré avec qui il a vraiment été agréable de travailler dans le cadre de ce projet.

Introduction

Le traumatisme craniocérébral (TCC) est un problème de santé publique mondial important et deviendra, selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), l'une des causes majeures d'handicap dans le monde d'ici 2020, avec une prévalence de 65 millions de nouveaux cas par an (Dewan et al., 2018; Hyder, Wunderlich, Puvanachandra, Gururaj et Kobusingye, 2007). Toutefois, il semble que l'épidémiologie du TCC se différencie selon les âges (Taylor, Bell, Breiding et Xu, 2017). En effet, les personnes âgées de plus de 65 ans sont celles qui connaissent le plus d'hospitalisations à la suite d'un TCC (Centers for Disease Control and Prevention; CDC, 2015) et ce dernier est principalement causé par des chutes (Bruns et Hauser, 2003; Goleburn et Golden, 2001; Taylor et al., 2017). Il a été rapporté qu'à un âge avancé le TCC est associé à un pronostic moins favorable, les personnes âgées sont ainsi plus à risque de subir des séquelles graves, voire fatales (LeBlanc, Guise, Gosselin et Feyz, 2006; Taylor et al., 2017). En outre, elles sont davantage à risque de subir des conséquences à long terme (Goleburn et Golden, 2001), et ce, indépendamment de la sévérité de la blessure (Testa, Malec, Moessner et Brown, 2005).

Suite à un TCC, plusieurs fonctions cognitives sont susceptibles d'être affectées, notamment les fonctions exécutives (De Simoni et al., 2018; Draper et Ponsford, 2008). Ces dernières sont principalement médiées par les lobes frontaux qui représentent des aires très vulnérables et fréquemment atteintes à la suite d'un TCC (Stuss et al., 1985). De fait, les lobes frontaux sont essentiels au bon fonctionnement des fonctions exécutives (McDonald, Flashman et Saykin, 2002; Rabinowitz et Levin, 2014) telles que la planification, la flexibilité, l'inhibition ou encore la mémoire de travail (Serino et al., 2006). Ces fonctions permettent de réaliser plusieurs tâches cognitives orientées vers un but, ainsi que d'accomplir des activités de la vie quotidienne et de s'adapter aux changements de l'environnement (Cicerone et al., 2000). Elles seraient également de bons prédicteurs du devenir fonctionnel des personnes ayant subi un TCC (Boake et al., 2001; Green et al., 2008; Spitz, Ponsford, Rudzki et Maller, 2012). Par ailleurs, les régions frontales sont aussi sensibles au vieillissement dit « normal », avant même la survenue d'un éventuel TCC (Tisserand et al., 2002; West, 1996) notamment à cause des nombreux changements cérébraux, autant anatomiques que biochimiques, qui se produisent chez les personnes âgées et qui sont particulièrement présents dans le cortex préfrontal (Cipolotti et al., 2015; O'Sullivan et al., 2001). Des études ont d'ailleurs mis en évidence une baisse de l'efficacité des fonctions exécutives lors du vieillissement normal (Cacciaglia et al., 2018; Morand et al., 2018).

À ce jour, très peu d'études se sont intéressées spécifiquement au fonctionnement exécutif post-TCC des adultes âgés et aux liens que celui-ci entretiendrait avec l'autonomie fonctionnelle de ces personnes (Spitz et al., 2012). En outre, les variables permettant d'expliquer les différences individuelles tant au plan du fonctionnement exécutif que de l'autonomie fonctionnelle chez la personne TCC en âge avancé sont à ce jour peu connues. L'objectif général de cette étude est d'évaluer les fonctions exécutives et l'autonomie fonctionnelle des patients ayant subi un TCC en âge avancé et d'explorer les variables sociodémographiques et liées au TCC qui influencent ces performances. De plus, nous tenterons d'identifier si le fonctionnement exécutif est associé à l'autonomie fonctionnelle de ces patients. Par le fait même, l'exploration des relations entre les variables individuelles et celles des fonctions exécutives sur l'autonomie fonctionnelle des patients TCC en âge avancé est aussi importante, puisque l'autonomie fonctionnelle des personnes en âge avancé est garant de leur qualité de vie (Tsyben et al., 2018; Williams, 2014). Une meilleure compréhension des facteurs qui influencent le fonctionnement exécutif et l'autonomie fonctionnelle des patients TCC en âge avancé aidera les cliniciens à nuancer et mieux interpréter les résultats obtenus lors des évaluations réalisées auprès de leurs patients en âge avancé. En outre, cela favorisera une prise en charge mieux adaptée et le développement de programmes de rééducation plus ciblés chez une population encore trop peu étudiée (Papa, Mendes et Braga, 2012; Thurman, Alverson, A. Dunn, Guerrero et E. Sniezek, 2000).

Contexte théorique

1. Le traumatisme craniocérébral (TCC)

Menon et al. (2010) définissent le TCC comme étant une altération du fonctionnement cérébral, ou toute autre évidence de pathologie cérébrale causée par une force externe, résultant par exemple du contact avec un objet ou d'une secousse causant une accélération/décélération du cerveau dans la boîte crânienne. Le TCC est une condition hétérogène, il montre dès lors une variabilité de manifestations cliniques (Maas, Stocchetti et Bullock, 2008). On distingue les lésions cérébrales ouvertes, impliquant alors pénétration ou lacération du crâne, des lésions cérébrales fermées (Lezak, Howieson, Bigler et Tranel, 2012). Ces dernières sont classées en deux catégories : les lésions focales, entraînant une blessure localisée au site de l'impact (coup) et/ou diamétralement opposée à celui-ci (contrecoup) (Parikh, Koch et Narayan, 2007), et les lésions diffuses, qui engendrent des

dommages au niveau des fibres axonales de certaines régions cérébrales (Meythaler, Peduzzi, Eleftheriou et Novack, 2001). La sévérité du TCC est évaluée à l'aide de trois indicateurs : le score à l'échelle de coma de Glasgow (Glasgow Coma Scale – GCS ; (Teasdale et Jennett, 1974), qui permet d'obtenir un indice de l'état de conscience du patient en fonction de ses réactions verbales, motrices et visuelles (Maas et al., 2008), la durée de l'amnésie post-traumatique (APT) et la durée de perte de conscience (CDC, 2015 ; MSSS, 2005 ; (Von Holst et Cassidy, 2004). Un TCC est considéré comme « léger » (TCCl) si le score à la GCS se situe entre 13 et 15, que l'APT est inférieure à 24 heures et que la perte de conscience est de moins de 30 minutes (Von Holst et Cassidy, 2004). Un TCC dit « modéré » (TCCm) est caractérisé par un score à la GCS de 9 à 12, une APT qui varie de 24 heures à une semaine ainsi qu'une perte de conscience d'une durée comprise entre 30 minutes et 24 heures (DoD, 2015). Enfin, on qualifiera le TCC de « grave » (TCCg) si le score à la GCS se situe entre 3 et 8, et que l'APT est supérieure à une semaine et que la perte de conscience dure plus de sept jours (DoD, 2015).

Alors que chez certaines personnes les changements neurométaboliques dans le cerveau sont légers et s'atténuent avec le temps, d'autres gardent des séquelles plus importantes en raison de dommages structuraux au cerveau, subissant alors des répercussions à long terme, voire même à vie (Iverson et Lange, 2011). Le TCC entraîne des conséquences au niveau des sphères physique, émotionnelle et cognitive (CDC, 2015), mais également des difficultés de réinsertion sociale, familiale et professionnelle (Dikmen, Machamer, Powell et Temkin, 2003; Kennedy et al., 2008).

1.1 Le TCC chez l'aîné

En 2017, le Canada comptait 6,2 millions de personnes âgées de plus de 65 ans, un nombre qui a plus que triplé par rapport au recensement de 1977 (ICIS, 2017). Ce nombre devrait continuer à croître drastiquement durant les prochaines années, atteignant ainsi un peu moins de 10,4 millions d'ici 2037, ce qui représenterait environ un quart de la population canadienne. Le phénomène du vieillissement rapide de la population est observé mondialement et questionne quant aux conséquences qu'il pourrait engendrer ainsi qu'à l'impact qu'il pourrait avoir sur notre société et sur son bon fonctionnement (Yokobori et al., 2016). Les personnes âgées sont également celles qui sont le plus à risque de subir un TCC (CDC, 2015) et, contrairement aux accidents de voiture chez les jeunes, ce sont les

chutes qui sont le plus fréquemment rencontrées en âge avancé (Testa et al., 2005). L'institut Canadien d'information sur la Santé rapporte d'ailleurs que cette tranche d'âge est la seule à avoir montré une augmentation du nombre d'hospitalisations à la suite d'un TCC (Institut Canadien d'information sur la Santé, 2006). Celle-ci serait la conséquence d'une espérance de vie plus longue, de l'augmentation de la mobilité chez les personnes âgées et du développement des nouvelles techniques d'imagerie améliorant la qualité des diagnostics (Faul, Xu, Wald et Coronado, 2010; Watson et Mitchell, 2011). Quelles qu'en soient les raisons, cette augmentation inquiète dans la mesure où le TCC représentera un problème de santé publique et socioéconomique important, et ce, mondialement (Yokobori et al., 2016).

Le pronostic post-TCC des personnes âgées est également moins favorable que celui des groupes d'âges plus jeunes (Susman et al., 2002). Elles font face à des taux de morbidité et de mortalité supérieurs à ceux des adultes qui ont subi la même blessure (Vollmer et al., 1991) et montrent un moins bon devenir fonctionnel (Spitz et al., 2012; Susman et al., 2002). En effet, elles sont plus enclines à devenir dépendantes des autres dans les activités de la vie quotidienne et la présence de comorbidités a tendance à assombrir le tableau clinique, menant dès lors à plus de risque de complications durant l'hospitalisation ainsi qu'à des conséquences plus lourdes et à un coût financier plus important (Cifu et al., 1996; de Guise et al., 2015; Taylor et al., 2017; Testa et al., 2005).

Par ailleurs, le cerveau d'une personne âgée a subi de nombreuses transformations chimiques, physiologiques et structurelles au fil des années (Cipolotti et al., 2015; Vollmer et al., 1991). Dès lors, les difficultés observées après un TCC chez cette population peuvent être intensifiées par le vieillissement normal du cerveau (Raz, Gunning-Dixon, Head, Dupuis et Acker, 1998; Thompson, McCormick et Kagan, 2006; Vollmer et al., 1991) et différer de celles observées chez les populations plus jeunes (An et Monette, 2018). L'une des régions principalement touchées par le vieillissement est le cortex préfrontal (Tisserand et al., 2002). Cette région est essentielle au bon fonctionnement des fonctions exécutives qui, lorsqu'elles sont atteintes, peuvent amener de graves répercussions comme des difficultés d'adaptation professionnelle ou sociale (Collette et al., 2005; Lezak et al., 2012). Malgré l'augmentation du nombre de personnes âgées victimes d'un TCC et les conséquences négatives globales qui y sont associées, peu de recherches ont été menées pour tenter d'identifier les conséquences sur le fonctionnement cognitif, notamment sur les fonctions exécutives, comparativement aux autres tranches d'âge (An et Monette, 2018).

2. Les fonctions exécutives

Les fonctions exécutives sont un ensemble de processus mentaux qui interviennent dans le comportement orienté vers un but et permettent de s'adapter à des situations nouvelles (Collette et al., 2005; Miyake et al., 2000). Elles interviennent dès lors qu'une action n'est pas sous processus automatiques et sont également la base de nombreuses capacités cognitives, émotionnelles et sociales (Lezak et al., 2012).

2.1 Modèle de Miyake et al. (2000)

En 2000, Miyake et ses collaborateurs proposent un modèle unitaire des fonctions exécutives dans lequel ils distinguent trois fonctions principales de base : *l'inhibition*, *la mise à jour* et *la flexibilité*. Selon ces auteurs, ces trois fonctions ont un facteur commun puisqu'elles corréleront modérément les unes avec les autres, mais sont également formellement distinctes. *L'inhibition* est la capacité à contrôler son attention, son comportement, ses pensées et ses émotions en empêchant la production d'une réponse dominante de manière intentionnelle (Miyake et al., 2000). Elle nous permet de choisir où et vers quoi porter notre attention en supprimant l'attention donnée à d'autres stimuli non désirés (Miyake et Friedman, 2012). Le cortex préfrontal joue un rôle dans notre capacité à inhiber et aurait au moins deux mécanismes distincts ; l'un jouant un rôle d'inhibiteur direct global permettant de stopper intentionnellement des réponses et l'autre d'inhibiteur indirect créant un effet de compétition en activant des aires cérébrales utiles au but recherché (Munakata et al., 2011). Cependant, Collette et al. (2005) affirment qu'une hétérogénéité d'aires serait associée aux capacités d'inhibition, alors que la mise à jour et la flexibilité impliqueraient des aires préfrontales plus spécifiques. *La mise à jour* permet de surveiller constamment les informations qui se trouvent dans la mémoire de travail et permet également leur retrait ou leur ajout (Van der Linden, Seron et Meulemans, 2014). Sa définition est basée sur le modèle de la mémoire de travail de Baddeley et Hitch (Baddeley et Hitch, 1974). Enfin, *la flexibilité* permet de réorienter les pensées dans le but de percevoir, traiter et répondre aux situations de différentes manières et de passer d'une tâche cognitive à une autre (Eslinger et Grattan, 1993).

Des études antérieures ont montré que les fonctions exécutives ont un rôle important dans l'accomplissement des tâches quotidiennes (Cicerone et al., 2000). Elles sont en effet hautement corrélées à diverses habiletés telles que prendre soin de soi-même, s'engager dans

des activités plaisantes ou interagir socialement (Lewis et Horn, 2013). Un déficit du fonctionnement exécutif à la suite d'une blessure cérébrale, telle qu'un TCC, peut ainsi causer différentes difficultés dans la vie de tous les jours (Wood et Worthington, 2017).

3. Les fonctions exécutives, le TCC et le vieillissement non-pathologique

Les fonctions exécutives sont sous-tendues par les régions frontales du cerveau, ces dernières étant très fréquemment affectées dans le TCC, des difficultés quant à leur bon fonctionnement sont dès lors souvent observées (McDonald et al., 2002). Woods et ses collaborateurs (2015) ont par exemple montré qu'indépendamment de l'âge, les personnes ayant souffert d'un TCC prennent davantage de temps à compléter la partie B du Trail Making Test informatisé et ont une vitesse de mouvement diminuée dans les deux parties du test.

Concernant l'inhibition, certains auteurs ont démontré que les patients TCC adultes souffrent d'un déficit de cette fonction durant la tâche du Stroop et que celui-ci serait dû à un manque d'efficacité des lobes frontaux (Dimoska-Di Marco, McDonald, Kelly, Tate et Johnstone, 2011; Plenger et al., 2016; Xu et al., 2017). Toutefois, d'autres chercheurs montrent que, par rapport aux participants contrôles, le groupe TCC présenterait un délai plus long dans les temps de réponse aux stimuli du Stroop, sans pour autant présenter un déficit au niveau des fonctions exécutives (Perlstein, Larson, Dotson et Kelly, 2006). En effet, lorsque l'on contrôle pour la vitesse de traitement, aucune différence n'est observée entre le groupe TCC et le groupe contrôle. Ce ralentissement serait la conséquence des dommages au niveau des fibres axonales qui réduiraient les connexions entre différentes régions cérébrales ainsi que l'efficacité des transmissions neuronales (Felmingham, Baguley et Green, 2004), expliquant ainsi les différences de performances observées entre les deux groupes (Ben-David, Nguyen et van Lieshout, 2011; Mathias et Wheaton, 2007; Ríos, Periañez et Muñoz-Céspedes, 2004).

Quant à la flexibilité, certains auteurs affirment que les participants TCC adultes qui ont subi un TCC sont plus lents que le groupe contrôle mais ont une performance comparable aux deux parties du test (A et B), suggérant l'absence de déficit en flexibilité mentale (Azouvi, Arnould, Dromer et Vallat-Azouvi, 2017), alors que d'autres affirment que des déficits au niveau de la vitesse de traitement et de la flexibilité seraient concomitants et indépendants (Ríos et al., 2004).

Des variables relatives au TCC telle que sa sévérité et le nombre de jours depuis sa survenue induiraient également des variabilités dans les performances aux différents tests. En effet, les patients adultes montrant un degré de sévérité de TCC modéré performeraient moins bien à la tâche de Stroop que les patients qui ont subi un TCC léger. Ces derniers ne se différencieraient par contre pas des patients sains (Dimoska-Di Marco et al., 2011). Cependant, dans leur méta-analyse, Mathias et al. (2007) n'ont pas pu montrer de relation entre la sévérité de la blessure et le temps de réponse dans la tâche d'inhibition du Stroop chez des participants adultes ayant subi un TCC léger à sévère. Contrairement aux performances au Stroop (Dimoska-Di Marco et al., 2011), celles au TMT seraient influencées négativement par la sévérité de la blessure (Lange, Iverson, Zakrzewski, Ethel-King et Franzen, 2005).

Quant au délai post-TCC, Dimoska et al. (2011) n'ont pas montré de lien entre le nombre de jours depuis la survenue du TCC et les performances aux tests d'inhibition chez des adultes ayant subi un TCC léger à sévère, tandis que Belanger, Curtiss, Demery, Lebowitz et Vanderploeg (2005) montrent des améliorations dans le fonctionnement exécutif de patients ayant subi un TCC modéré jusqu'à quatre-vingt-dix jours post-lésion.

Alors que de plus en plus de recherches s'intéressent à l'altération du fonctionnement exécutif post-TCC, les bases neurologiques qui le sous-tendent sont encore peu connues (De Simoni et al., 2018). Le fonctionnement exécutif serait un construit hétérogène qui dépendrait d'une large distribution de divers circuits neuronaux se distribuant entre les régions frontales du cerveau et différentes structures corticales et sous-corticales, comme notamment le lobe pariétal postérieur, le système limbique, les ganglions de la base, le thalamus et le cervelet (Anderson, 2008; Stuss, 2011). Par ailleurs, outre les lésions focales, le traumatisme craniocérébral peut générer des lésions diffuses impactant indirectement ces régions cérébrales extérieures aux lobes frontaux. Dès lors, même si les régions frontales ne sont pas directement affectées, ces dommages au niveau des fibres axonales peuvent engendrer des déficits exécutifs (Bigler, 2001; Mani, Miller, Yanasak et Macciocchi, 2007; Stuss, 2006). Fork et al. (2005) ont par exemple montré la présence de déficits au test du Stroop associés à des lésions cérébrales diffuses chez des adultes ayant subi un TCC.

De Simoni et ses collaborateurs (2018) ont récemment mis en évidence une altération de réseaux spécifiques au fonctionnement exécutif et associés au noyau caudé dans le cas d'un TCC chez l'adulte. Plus particulièrement, ils mettent l'accent sur une mauvaise connectivité entre le noyau caudé et le cortex cingulaire antérieur dorsal, qui serait à l'origine

des difficultés exécutives. Néanmoins, il a été montré que les régions associées à cette altération sont également sensibles au vieillissement non-pathologique, sans la présence d'un quelconque TCC ou autre type de dommage cérébral (Cipolotti et al., 2015; Tisserand et al., 2002; West, 1996). En effet, lorsqu'une personne vieillit, des changements anatomiques et biochimiques se produisent dans son cerveau et certaines régions cérébrales semblent être plus affectées que d'autres, c'est le cas du cortex préfrontal (Cipolotti et al., 2015; O'Sullivan et al., 2001). Ces changements sont corrélés au déclin cognitif observé dans le vieillissement non-pathologique (Raz et al., 1998) et en particulier aux moins bonnes performances dans les tâches avec composante exécutive requérant un effort mental important, comme les tâches nouvelles ou complexes (Fjell, Sneve, Grydeland, Storsve et Walhovd, 2016; Zimmerman et al., 2006). En effet, il a été démontré que les personnes âgées avaient besoin de plus de temps pour compléter une tâche de flexibilité par rapport aux personnes plus jeunes, imitant ainsi le ralentissement observé en présence d'un TCC (Bashore et Ridderinkhof, 2002; Park, 2000; Woods, Wyma, Herron et Yund, 2015). Par exemple, plusieurs auteurs ont mis en évidence des performances plus lentes chez les adultes âgés aux deux parties du TMT (Hester, Kinsella, Ong et McGregor, 2005; Lezak et al., 2012; Mitrushina, Boone, Razani et D'Elia, 2005; Tombaugh, 2004), ainsi qu'au test du Stroop (Moretti et al., 2012). Par conséquent, les difficultés exécutives observées à la suite d'un TCC chez la personne âgée ne seraient pas uniquement dues à l'ébranlement des lobes frontaux, mais également aux changements de ces derniers au cours du vieillissement normal (Zimmerman et al., 2006). Des altérations au niveau des connexions cérébrales seraient en majeure partie responsables de cette réduction dans l'efficacité du fonctionnement exécutif chez la personne âgée (Fjell et al., 2016). Moretti et al. (2012) soulèvent également l'hypothèse que les déficits exécutifs observés chez les adultes âgés sont particulièrement prononcés chez les participants qui ont subi un TCC à un âge plus jeune. En effet, ceux-ci pâtiraient des changements cérébraux liés d'une part au TCC précoce et d'autre part aux changements cérébraux liés à l'âge affectant les structures liées aux fonctions exécutives, bien que les liens entre ces deux variables restent encore peu clairs.

En conclusion, différentes études dans la littérature montrent que les fonctions exécutives sont directement et/ou indirectement affectées après un TCC d'une part et que les personnes âgées sont particulièrement à risque de présenter des troubles des fonctions exécutives d'autre part (Zimmerman et al., 2006). Cependant, les études s'intéressant aux liens existants entre l'âge, le vieillissement et le TCC sont rares, voire inexistantes. Étant

donné l'implication des fonctions exécutives dans les activités de la vie quotidienne et de l'importance accordée à l'autonomie fonctionnelle, des chercheurs mettent en avant le rôle de celles-ci dans le pronostic des patients ayant subi un TCC à l'âge adulte et plus particulièrement dans leur lien avec l'autonomie fonctionnelle (Cicerone et al., 2000; Spitz et al., 2012).

4. Pronostic fonctionnel suite à un TCC

La cognition et les fonctions exécutives

Le TCC peut amener des complications au niveau des sphères physique, cognitive, émotionnelle et comportementale et a dès lors un impact non-négligeable sur l'autonomie fonctionnelle des patients (CDC, 2015). Selon plusieurs auteurs, les résultats aux tests neuropsychologiques sont de bons prédicteurs de l'autonomie fonctionnelle des patients TCC (Atchison et al., 2004; Boake et al., 2001; Draper et Ponsford, 2008; Green et al., 2008; Rassovsky et al., 2015; Spitz et al., 2012). En outre, le modèle des fonctions exécutives serait le plus fortement corrélé à celle-ci puisque ces fonctions affectent un large éventail d'activités de la vie quotidienne (Spitz et al., 2012). En effet, les patients qui ont subi un TCC ont, par exemple, plus de difficultés à initier un comportement, anticiper les conséquences de leurs actions, planifier et orienter leurs comportements vers un but (Kennedy et al., 2008). Certaines études montrent qu'au niveau de la flexibilité, les résultats au TMT-B constituent une mesure du fonctionnement exécutif qui permettrait de prédire l'autonomie fonctionnelle et qu'ils sont corrélés significativement à la réintégration dans une communauté un an après le TCC (Hart et al., 2003; Millis, Rosenthal et Lourie, 1994). Cependant, cette étude se base sur une population adulte et les conséquences chez les personnes TCC vieillissantes sont de ce fait encore inconnues. En outre, aucune recherche, à notre connaissance, n'a été faite à ce jour quant au lien entre les fonctions exécutives, telles que la flexibilité mentale et les capacités d'inhibition, et l'autonomie fonctionnelle chez la personne TCC vieillissante. Davantage de recherches doivent donc être menées pour tenter d'éclaircir le lien qui pourrait exister entre ces variables.

Sévérité du TCC, âge et niveau d'éducation

Au-delà du fonctionnement exécutif, d'autres variables liées au TCC peuvent impacter l'autonomie fonctionnelle, c'est notamment le cas de la sévérité du traumatisme. En effet, les patients ayant subi un TCC plus grave présentent des séquelles fonctionnelles plus importantes (de Guise, LeBlanc, Feyz et Lamoureux, 2005; de Guise, LeBlanc, Feyz, Lamoureux et Greffou, 2017; Rassovsky et al., 2015; Spitz et al., 2012). De plus, selon Spitz et ses collaborateurs (2012), l'âge et la durée de l'amnésie post-traumatique (sévérité du TCC) sont également corrélés à un moins bon devenir fonctionnel durant la première année post-TCC. C'est ainsi que les personnes plus âgées qui ont subi un TCC plus sévère sont plus enclines à devenir dépendantes au niveau fonctionnel par rapport aux groupes d'âges plus jeunes et ayant subi un TCC moins grave (Cifu et al., 1996; Testa et al., 2005). Il a également été démontré que cette clientèle plus âgée et qui a subi un TCC plus sévère avait besoin de plus de temps pour récupérer un niveau de base et qu'elle subirait de plus lourdes conséquences ainsi qu'une durée d'hospitalisation plus longue (de Guise et al., 2015; Taylor et al., 2017; Testa et al., 2005).

Quant au niveau d'éducation, il serait un facteur de protection face aux difficultés cognitives et fonctionnelles consécutives à un TCC (de Guise et al., 2005), et ce, indépendamment de la sévérité de celui-ci (Sumowski, Chiaravalloti, Krch, Paxton et DeLuca, 2013). Plus particulièrement, les personnes ayant un niveau d'éducation plus élevé auraient davantage de connexions corticales et de synapses, ce qui les protégerait des dommages cognitifs dans les cas de TCC (Stern, 2013). En effet, Sumowski et al. (2013) montrent dans leur étude que des adultes TCC qui possèdent un niveau d'éducation plus élevé performant mieux aux tâches cognitives, malgré un niveau de sévérité du TCC comparable. Des chercheurs tentent actuellement d'expliquer cela par l'hypothèse de la réserve cognitive, qui permettrait selon eux d'expliquer les différences interindividuelles observées dans les présentations cliniques des patients qui ont subi un TCC (Stern, 2002). De fait, il existe une grande variabilité entre les individus quant aux manifestations cliniques observées à la suite d'un TCC, et ce quelle que soit sa sévérité (Mathias et Wheaton, 2015). De plus en plus d'études tentent d'expliquer cette différence par l'hypothèse de la réserve cognitive qui se construit et est modulée par les expériences de la vie quotidienne (Mathias et Wheaton, 2015; Stern, 2009, 2012). Deux grands modèles ont été proposés pour expliquer la réserve cognitive : les modèles passifs (quantitatifs) et les modèles actifs (qualitatifs)

(Stern, 2013). Selon les modèles passifs, la réserve cognitive tient compte de facteurs comme la composition ou la taille du cerveau et renvoie ainsi à la quantité de dommage cérébral nécessaire pour que des manifestations cliniques liées à la blessure apparaissent (Stern, 2002). Dès lors, un cerveau qui contient plus de neurones, de cellules gliales ou de synapses aura davantage de substrats neuronaux capables de maintenir un fonctionnement normal et aura par conséquent un seuil de tolérance plus élevé (Katzman, 1993; Satz, 1993). À l'inverse, les modèles actifs tiennent compte des réserves cognitives restantes qui permettent aux individus d'être flexibles et de contrer les déficits par l'utilisation de stratégies cognitives pré-existantes ou de stratégies compensatoires (Stern, 2002).

Objectifs et hypothèses de l'étude

À ce jour et tel que présenté précédemment, très peu d'études se sont intéressées aux relations entre le fonctionnement exécutif et l'autonomie fonctionnelle des personnes TCC en âge avancé. Pourtant, compte tenu du nombre croissant de personnes en âge avancé victimes d'un TCC, il s'avère essentiel et urgent de mieux comprendre le fonctionnement exécutif de ces individus mais également les facteurs sociodémographiques et liés à l'accident qui influencent leur autonomie fonctionnelle, celle-ci étant garante de leur qualité de vie et de leur capacité de vivre de manière indépendante en communauté. L'objectif général de cette étude est donc d'évaluer les fonctions exécutives et l'autonomie fonctionnelle des patients ayant subi un TCC en âge avancé et d'explorer les variables sociodémographiques et liées au TCC qui influencent ces performances.

Le premier objectif spécifique de cette étude est de comparer les scores obtenus à des mesures de flexibilité mentale et d'inhibition ainsi qu'à des mesures d'autonomie fonctionnelle entre un groupe de patients ayant subi un TCC en âge avancé et un groupe de participants âgés en santé. Compte tenu des changements neurométaboliques et structurels suite au TCC, nous émettons l'hypothèse que le groupe de personnes ayant subi un TCC aura de moins bonnes performances aux épreuves mesurant la flexibilité mentale et l'inhibition ainsi qu'un niveau plus faible d'autonomie fonctionnelle que les participants âgés en santé.

Le second objectif spécifique est d'explorer les relations entre l'âge, le niveau de scolarité, la sévérité du TCC (score GCS), le délai d'évaluation (délai de récupération) post accident et la localisation de la lésion cérébrale traumatique sur les performances des fonctions exécutives des personnes âgées ayant subi un TCC. Nous émettons l'hypothèse que les

personnes en âge avancé mais qui sont les plus jeunes, davantage scolarisées, ayant subi un TCC moins sévère (score GCS plus haut), ayant bénéficié de davantage de temps de récupération (délai d'évaluation post accident plus long) et n'ayant pas subi de lésion frontale auront de meilleures performances aux tâches de flexibilité mentale et d'inhibition que les autres patients du groupe.

Le dernier objectif spécifique est d'explorer la relation entre d'une part, les variables sociodémographiques et liées au TCC en âge avancé ainsi que le fonctionnement exécutif et d'autre part, l'autonomie fonctionnelle mesurée par le Mayo-Portland Adaptability Inventory (MPAI-4). Nous émettons l'hypothèse que les personnes plus jeunes, ayant un niveau de scolarité plus élevé, un TCC moins sévère (score GCS plus élevé), un délai de récupération plus long et ne présentant pas de lésions frontales auront un niveau d'autonomie fonctionnelle plus élevé que les autres patients. De plus, considérant l'implication des fonctions exécutives dans la réalisation de tâches fonctionnelles et quotidiennes, nous émettons l'hypothèse que les patients qui auront de meilleurs scores aux mesures des fonctions exécutives de flexibilité mentale et d'inhibition (moins de difficultés) auront une plus grande autonomie fonctionnelle que les autres patients.

Méthodologie

1. Participants

Pour le groupe expérimental, vingt-neuf participants ayant obtenu un diagnostic de TCC tardif, c'est-à-dire au-delà de l'âge de 55 ans, ont été considérés dans cette étude. Pour attester de la présence d'un TCC, une blessure traumatique crânienne ou intracrânienne devait avoir été identifiée à l'imagerie radiologique. À défaut de marqueurs neuroradiologiques, au moins un des indicateurs suivants devait avoir été documenté : perte de conscience, altération de l'état de conscience (score à l'Échelle de Coma de Glasgow (GCS) diminué), amnésie de l'événement et blessures faciales ou extra-crâniennes importantes. De plus, dans tous les cas, le diagnostic médical de TCC a été effectué par un médecin selon les critères et signes probants du TCC (DoD, 2015). Un total de 74 patients TCC ont été recrutés lors de leur hospitalisation, 5 étaient non éligibles, 25 n'ont pas donné suite à notre appel téléphonique, 5 ont refusé et 10 ne se sont pas présentés à l'évaluation. De ce nombre, 9 ont été recrutés par les neuropsychologues du CUSM entre les mois de janvier 2017 et février 2019 lors de leur admission à l'Hôpital Général de Montréal suivant leur TCC. Les vingt autres participants

proviennent d'une base de données antérieure de patients âgés ayant subi un TCC et admis au CUSM entre les mois de septembre 2011 et décembre 2012. Ceux-ci avaient alors participé à une autre étude similaire (protocole entièrement identique) et ont consenti à ce que leurs données soient réutilisées dans d'autres projets de recherche de façon dénominalisée.

Le groupe contrôle, quant à lui, est composé de 24 sujets âgés sains ayant obtenu un score supérieur à 26/30 au Montreal Cognitive Assessment (MoCA, Nasreddine et al., 2005). Au total, 47 participants ont été contactés, 18 ont refusé de participer, deux ont annulé juste avant la rencontre, deux ont été exclus et un n'était pas disponible.

Les deux groupes ont été appariés pour l'âge, le sexe et le niveau de scolarité. Les critères d'exclusion pour les deux groupes étaient : la présence d'antécédents neurologiques (à l'exception du TCC pour le groupe TCC), les troubles psychiatriques sévères diagnostiqués et un abus d'alcool ou de substances. Les participants ne maîtrisant ni le français ni l'anglais de manière fluente et ceux qui n'étaient pas aptes à consentir ont aussi été exclus de l'étude.

2. Procédures

Ce projet a été approuvé par le comité éthique du Centre Universitaire de Santé McGill (CUSM-MP-37-2017-2984) et par le CEREP de l'Université de Montréal. Le recrutement des participants du groupe expérimental (TCC) a été réalisé par l'intermédiaire des neuropsychologues traitants du programme TCC du Centre Universitaire de Santé McGill-Hôpital Général de Montréal (CUSM-HGM). Après présentation de l'étude lors de leur hospitalisation au CUSM-HGM, les intéressés ont été invités à donner leur accord afin d'être recontactés par la coordinatrice de recherche ou ses assistants. Les personnes intéressées ont été contactées ultérieurement dans un délai entre trois et six mois après l'accident par un membre de la recherche qui leur a transmis des informations concernant l'étude. En ce qui concerne le groupe contrôle, les participants ont été recrutés par l'intermédiaire de la banque de participants du Centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal (CRIUGM), ainsi qu'à l'aide d'annonces publiées dans les journaux et affichées à l'IUGM. Les participants ont été invités à contacter directement l'assistante de recherche pour obtenir l'information. Pour les participants de la banque du CRIUGM, ils ont été contactés par la coordinatrice du projet ou un assistant de recherche. Tous les participants ont obtenu de l'information sur l'étude, leur éligibilité selon les critères d'inclusion et d'exclusion a été

évaluée, et leur consentement verbal a été obtenu pour participer à l'étude. Après l'obtention de ce dernier, tous les participants ont été contactés au cours de la semaine suivante afin de programmer un rendez-vous pour une séance d'évaluation. Les évaluations se sont déroulées à domicile, dans un local d'évaluation au CUSM-HGM ou dans les locaux de recherche de l'Université de Montréal, à la guise des participants. Chaque séance d'évaluation avait une durée approximative de 1h45, et des pauses ont été accordées chaque demi-heure et au besoin. Suite à la présentation et à la signature du formulaire de consentement, la batterie de tests neuropsychologiques et les questionnaires ont été administrés par des candidats au doctorat en neuropsychologie ou des assistants de recherche spécialement formés. Ce projet de recherche fait partie d'un projet plus large incluant d'autres mesures non présentées dans cet essai.

3. Mesures

Données sociodémographiques. Une entrevue semi-structurée a permis d'obtenir les informations démographiques pour les deux groupes. Les données démographiques et médicales des participants TCC ont été collectées dans leurs dossiers médicaux au CUSM. L'âge, le sexe, le niveau de scolarité des participants et le nombre d'années d'études ont été collectées de même que le délai d'évaluation post accident pour le groupe TCC (nombre de jours entre l'accident et l'évaluation), le mécanisme de l'accident (chute, accident automobile, sport et autre) et à la sévérité du TCC mesurée par le score au GCS (Teasdale & Jennett, 1974). Un neurochirurgien aveugle à l'évaluation a analysé les images obtenues à la tomodensitométrie cérébrale (scan négatif = aucune lésion objectivée au scanner cérébral, scan positif = lésion objectivée au scanner cérébral). De plus, il a localisé la présence ou l'absence de lésion cérébrale traumatique par sites lobaires (frontal, temporal, pariétal, occipital), peu importe le type de lésion (sous-arachnoïdien, sous-dural, etc.) Ainsi, plusieurs sites lésionnels ont pu être identifiés pour un même patient.

Flexibilité mentale. La flexibilité mentale a été mesurée par le Trail Making Test A et B (Reitan, 1955). Ce test neuropsychologique est largement utilisé dans l'examen des fonctions exécutives chez la personne âgée (Amieva et al., 2009). Il comprend deux parties : une partie A et une partie B. Dans la partie A, il est demandé au participant de relier une série de chiffres répartis aléatoirement sur une page de manière croissante et le plus vite possible. Le principe reste le même pour la partie B, il s'agit cependant d'alterner entre un

chiffre, de manière croissante, et une lettre, dans l'ordre alphabétique (1-A-2-B-3-C...) (Reitan, 1955). Les temps pour compléter la planche A et la planche B ont été comptabilisés et comparés à des normes selon les âges afin de définir si les performances étaient déficitaires (sous les deux écarts-types) ou non, ce qui a permis de calculer le pourcentage de patients ayant une performance déficitaire dans chaque groupe. Un ratio de flexibilité mentale a été calculé en divisant le temps d'achèvement total de la planche B par le temps d'achèvement total de la planche A. Un ratio plus élevé indique davantage de difficultés de flexibilité mentale.

Chez les personnes âgées, le Trail Making Test (TMT) a une fiabilité test-retest se situant entre .53 et .64 pour la partie A et entre .67 et .72 pour la partie B (Mitrushina et Satz, 1991; Snow, Tierney, Zorzitto, Fisher et Reid, 1988).

Inhibition. Les tests qui ont été utilisés pour mesurer l'inhibition sont le test du Stroop ainsi que les sous-tests consignes contradictoires et Go - No Go de la Batterie Rapide d'Efficienne Frontale (BREF).

Le test de Stroop fait partie de la batterie de tests « Delis-Kaplan Executive Function System (D-KEFS) » (Delis, Kaplan et Kramer, 2001) et comprend quatre conditions. Dans la première, il est demandé au participant de nommer, ligne par ligne, le plus rapidement possible et sans faire d'erreur, les couleurs des différents rectangles présents sur la planche. Dans la seconde partie, le participant est amené à lire une liste de mots représentant des couleurs écrits à l'encre noire sous les mêmes conditions. La troisième planche comprend également une liste de mots, cependant ceux-ci sont imprimés dans des couleurs différentes de celles qu'ils identifient. Le participant doit alors nommer la couleur de l'encre, en s'empêchant de lire le mot. Enfin, la dernière et quatrième condition est identique à la troisième, à l'exception que les mots encadrés devront être lus (Delis et al., 2001). Les résultats aux planches 1, 2 et 3 seront présentés dans cette étude ; les deux premières sont surtout des mesures de vitesse de traitement, tandis que la planche 3 mesure les capacités d'inhibition. Étant donné que la planche 4 mesure les capacités de flexibilité et d'inhibition et non pas uniquement l'inhibition, nous ne nous attarderons pas sur celle-ci dans cette étude. Les temps d'achèvement des planches 1, 2 seront collectés ainsi que le nombre d'erreurs. Il en sera de même pour la planche 3 ; un temps d'achèvement et un taux d'erreur plus élevés sont associés à davantage de difficulté d'inhibition.

La Batterie Rapide d'Efficienne Frontale (BREF) (Dubois, Slachevsky, Litvan et Pillon, 2000) est un outil pour évaluer les fonctions exécutives. Elle est sensible aux troubles

des fonctions exécutives et permet de discriminer les patients souffrant de ces difficultés par rapport aux patients sains avec une sensibilité de 89.1% (Hurtado-Pomares et al., 2018). L'épreuve « consignes contradictoires » permet de mesurer la sensibilité à l'interférence en demandant au patient de taper deux coups lorsque l'examineur en tape un et de taper un coup lorsque ce dernier en tape deux. L'épreuve du « Go - No Go », quant à elle, mesure le contrôle inhibiteur. Le patient devra taper un coup lorsque l'examineur en tape un et s'abstenir de taper lorsqu'il en tape deux.

Pour chaque sous-test, un score de 1 point est obtenu lorsque la performance est parfaite, un score de 2 lorsque le patient arrive à faire l'épreuve mais qu'il commet des erreurs ou doit recommencer, et un score de 3 est obtenu lorsque le patient ne réussit pas l'épreuve ou ne réussit pas après deux essais. Ainsi, un score élevé correspond à davantage de difficulté d'inhibition.

Un score composite sera calculé afin de mesurer le concept d'inhibition. Ce score sera obtenu en additionnant le nombre d'erreurs et le temps d'achèvement de la planche 3 du Stroop aux scores obtenus aux deux sous-échelles de la BREF (Go - No Go et Consignes contradictoires). Ainsi, plus le score composite sera élevé et plus cela sera représentatif de difficultés d'inhibition.

Autonomie fonctionnelle. Le niveau d'autonomie fonctionnelle des personnes ayant subi un TCC sera mesuré par le *Mayo-Portland Adaptability Inventory* (MPAI-4, (Malec et Lezak, 2008), autocomplété par les participants. Il est divisé en trois échelles : l'échelle de capacités (items 1-12), l'échelle d'adaptation (items 13-21) et l'échelle de participation (items 22-29) (Malec et al., 2008). Il existe également six items supplémentaires (items 30 à 35) qui permettent d'obtenir des informations concernant les conditions pré-existantes et associées, mais ceux-ci ne seront pas repris dans nos analyses. Les échelles seront analysées de manière séparée et le score total sera calculé. Chacun des items est coté de 0 à 4, le score maximal étant de 119. Plus le score est élevé, plus le niveau d'autonomie fonctionnelle est bas. Enfin, c'est un questionnaire fiable et valide ($\alpha = 0,89$) qui a une bonne sensibilité clinique (Kean, Malec, Altman et Swick, 2011).

4. Statistiques

Dans un premier temps, des test t et des khi-carrés ont permis de déterminer si des différences significatives existaient entre les deux groupes de sujets (contrôles vs TCC)

quant aux variables telles que l'âge, la scolarité et le sexe. Tous les postulats de base pour les analyses présentées ont été respectés. Des tests *t* et khi carrés ont permis de comparer les performances aux tests de mesure de flexibilité mentale (tracés A et B : temps de complétion, erreurs, ratio, pourcentage de patients sous les deux écarts-types), d'inhibition (Stroop conditions 1 à 3 : temps de complétion et erreurs), aux deux sous-scores de la BREF (consignes contradictoires et Go - No Go) ainsi qu'au questionnaire MPAI-4 (échelle de capacités, d'adaptation, de participation et score total) (Objectif 1).

Dans un second temps, des régressions linéaires simples ont été effectuées afin d'établir le lien entre les performances aux tests mesurant les fonctions exécutives (variables dépendantes) et les variables indépendantes telles que l'âge, la scolarité, la sévérité du TCC mesurée par le score GCS, le nombre de jours depuis l'accident ainsi que le site lésionnel (frontal, temporal, pariétal, occipital) (Objectif 2).

Enfin, des régressions linéaires simples ont été réalisées afin d'observer le lien entre toutes ces précédentes variables ainsi que les scores composites des mesures d'inhibition et de flexibilité (variables indépendantes) et l'autonomie fonctionnelle (variable dépendante) mesurée par le MPAI-4. (Objectif 3). Le seuil de signification a été fixé tel que $p < 0.05$.

Résultats

1. Participants

Un total de 53 participants âgés entre 55 et 86 ans ($M = 70,96$, $ET = 6,89$) a été recruté pour cette étude. Plus précisément, les épreuves neuropsychologiques ont été administrées à 24 sujets âgés sains (contrôle) ayant obtenu un score supérieur à 26/30 au Montreal Cognitive Assessment (MoCA, Nasreddine et al., 2005) et 29 sujets ayant subi un TCC après l'âge de 55 ans.

Aucune différence significative entre le groupe de sujets contrôles et le groupe de sujets ayant subi un TCC n'a pu être mise en évidence pour l'âge ($t(51) = 1.75$; $p = .09$) et le nombre d'années d'études ($t(1,51) = .74$; $p = .46$). Des tests khi-carrés ont permis d'affirmer que le sexe ($\chi^2(1, N = 53) = 1.21$, $p = .27$) et le niveau d'éducation ($\chi^2(3, N = 53) = 4.31$, $p = .23$) étaient indépendants aux groupes de sujets. Les données démographiques relatives aux deux groupes de participants sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1.*Données démographiques des participants*

Variables	Contrôles (n=24)		TCC (n=29)		p
	M	ET	M	ET	
Âge	72,75	5,61	69,48	7,56	.09
Sexe	n	%	n	%	.27
Homme	5	20,8	10	34,5	
Femme	19	79,2	19	65,5	
Nombre d'années d'études ¹	14,90	2,89	14,24	3,45	.46
Niveau d'éducation	n	%	n	%	.23
Études universitaires	17	70,8	18	62,1	
Un à trois ans de collège/cégep	3	12,5	1	3,4	
Secondaire complété ou diplôme d'études professionnelles	3	12,5	4	13,8	
Secondaire non complété et moins	1	4,2	6	20,7	

Note. M = Moyenne ; ET = Écart-type. ¹ Une donnée manquante.

2. Variables liées à l'accident

Les participants ont été évalués entre 49 et 528 jours après leur accident ($M = 167,76$, $ET = 86,75$). Le score à l'échelle de coma de Glasgow (GCS) se situait entre 12 et 15 ($M = 14,14$, $ET = 1,22$). En outre, le mécanisme de l'accident le plus fréquent était la chute (44,8%), suivi de l'accident automobile (31%), du sport (10,3%) ou d'une autre cause (6,9%). De plus, les causes de l'accident n'étaient pas documentées au dossier médical chez 7% des participants. Enfin, le scanner cérébral s'est avéré positif chez 86,2% des participants. Plus de la moitié des participants montraient un résultat au scanner cérébral positif au niveau du lobe frontal et temporal (51,7% et 55,2% respectivement), tandis que le scanner était positif chez 34,5% et 37,9% d'entre eux pour le lobe pariétal et occipital respectivement. Les données liées à l'accident sont présentées dans le Tableau 2 et celles liées aux résultats de l'imagerie cérébrale dans le Tableau 3.

Tableau 2.*Variables liées à l'accident (n = 29)*

Variables	<i>M (ET)</i>
Nombres de jours depuis l'accident	167,76 (86,75)
Score à l'échelle de Glasgow (GCS)	14,14 (1,22)
	<i>n (%)</i>
Score de 12	5 (17,2%)
Score de 13	4 (13,8%)
Score de 14	2 (6,9%)
Score de 15	18 (62,1%)
Mécanisme de l'accident ¹	
Chute	13 (44,8%)
Accident automobile	9 (31%)
Sport	3 (10,3%)
Autre	2 (6,9%)
Non documenté	2 (6,9%)
Résultat à l'imagerie cérébrale	
Positif	25 (86,2%)
Négatif	4 (13,8%)

Note. *M* = Moyenne ; *ET* = Écart-type. ¹ deux données manquantes.

Tableau 3.*Spécifications des résultats au scanner cérébral (n = 25)*

Site de la lésion	Nombre de participants (%)	
	Absence de lésion	Présence de lésion
Frontal	10 (40%)	15 (60%)
Temporal	9 (36%)	16 (64%)
Pariétal	15 (60%)	10 (40%)
Occipital	14 (56%)	11 (44%)

3. Comparaisons des scores de flexibilité, d'inhibition et d'autonomie fonctionnelle entre les groupes de participants

Tel qu'illustré dans le tableau 4, les patients TCC montrent des scores aux temps TMT-A et TMT-B significativement plus élevés que les sujets contrôles ($t(51) = 3.97, p < .001, d = 1.09$; $t(51) = 3.20, p < .001, d = .88$), ce qui suggèrent que les patients sont plus lents dans les deux conditions que les participants contrôles. Les valeurs des d de Cohen indiquent que l'effet est grand¹ (Cohen, 1988). Le ratio entre ces deux scores n'est cependant pas significativement différent entre les deux groupes ($t(51) = .09, p = .92$), ce qui témoigne d'une flexibilité cognitive comparable entre les deux groupes. Par ailleurs, tel que présenté dans le tableau 5, pour le groupe TCC, outre avoir des temps moyens de complétion significativement plus élevés (plus lents) aux TMT-A et TMT-B que les sujets contrôles, ont montré un nombre total plus élevé de participants qui ont obtenu des scores déficitaires ($\chi^2(1, N = 53) = 14.25, p < .001, \Phi = -.52$; $\chi^2(1, N = 53) = 7.72, p = .005, \Phi = -.38$) soit au-delà de 2 écart-types sous la moyenne, que les participants contrôles (Tableau 5). Ici, la valeur du phi indique que l'effet est grand pour le TMT-A et moyen pour le TMT-B². Ainsi, la moitié du groupe de patients TCC, soit 45% au tracé A et 59% au tracé B, a présenté un déficit de vitesse de traitement de l'information, contrairement à 0% au tracé A et 21% au tracé B pour les contrôles.

Toujours présenté dans le tableau 4, à ce qui a trait aux scores des tests mesurant les capacités d'inhibition (Stroop et BREF), aucun ne montre de différence significative entre le groupe contrôle et le groupe TCC. Enfin, les résultats au questionnaire MPAI-4 s'avèrent être significativement différents entre les sujets contrôles et les sujet TCC pour les 3 échelles (capacités : $t(50) = 4.82, p < .001, d = 1.34$; adaptation : $t(50) = 5.25, p < .001, d = 1.45$; participation : $t(50) = 4.69, p < .001, d = 1.30$) ainsi que pour le score total ($t(50) = 6.17, p < .001, d = 1.71$) et ce, avec des grandes tailles d'effets. Ces données sont reprises dans le Tableau 4. Ces résultats suggèrent que les patients TCC ont montré des scores significativement plus élevés à l'échelle totale ainsi qu'aux trois échelles (capacités, adaptation et participation) de la MPAI-4, ce qui témoigne d'un niveau d'autonomie fonctionnelle plus bas que les participants du groupe contrôle.

¹ 0.2 = effet faible ; 0.5 = effet moyen ; 0.8 = effet fort (Cohen, 1988)

² 0.1 = effet faible ; 0.3 = effet moyen ; 0.5 = effet fort (Cohen, 1988)

Tableau 4.*Résultats aux tests cognitifs et au questionnaire MPAI-4*

	Contrôles (<i>n</i> =24)		TCC (<i>n</i> =29)		<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>	
FLEXIBILITÉ					
TMT					
TMT-A Temps (s)	36.95	9.35	59.93	27.03	<.001***
TMT-B Temps (s)	95.83	52.45	151.45	70.48	.002**
Ratio TMT-B/TMT-A (s)	2.61	1.18	2.59	0.81	.92
INHIBITION					
Stroop					
Condition 1 - Temps (s)	31.04	5.46	34.36	9.81	.15
Condition 1 - Erreurs	0.21	0.51	0.30	0.61	.58
Condition 2 - Temps (s)	22.87	3.70	25.68	8.78	.15
Condition 2 - Erreurs	0.00	0.00	0.14	0.45	.12
Condition 3 - Temps (s)	65.33	15.05	66.96	29.67	.81
Condition 3 - Erreurs	1.46	2.06	1.46	1.48	.99
BREF					
Go - No Go	1.25	0.44	1.31	0.47	.63
Consignes contradictoires	1.25	0.53	1.07	0.26	.11
AUTONOMIE FONCTIONNELLE					
MPAI-4					
Échelle de capacités	2.17	3.37	18.71	13.51	<.001***
Échelle d'adaptation	2.75	3.9	10.64	6.25	<.001***
Échelle de participation	2.04	5.68	4.93	3.99	.04*
Score total	4.97	6.17	20.75	11.19	<.001***

Note. *M* = Moyenne ; *ET* = Écart-type ; TMT = Trail Making Test ; BREF = Batterie

Rapide d'Efficiency Frontale; MPAI-4 = Mayo Portland Adaptability Inventory. **p* < 0.05.

** *p* < 0.01. *** *p* < 0.001.

Tableau 5.

Nombre et pourcentage de participants ayant obtenu un score déficitaire au TMT-A et TMT-B selon les groupes

Score déficitaire	Contrôles (n=24)		TCC (n=29)		p
	Oui	Non	Oui	Non	
TMT-A	0 (0%)	24 (100%)	13 (45%)	16 (55%)	<.001***
TMT-B	5 (21%)	19 (79%)	17 (59%)	12 (41%)	.005*

Note. * $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. *** $p < 0.001$.

4. Associations entre l'âge, la scolarité, la sévérité du TCC, le délai d'évaluation post-accident et la localisation de la lésion cérébrale traumatique sur les fonctions exécutives des personnes âgées ayant subi un TCC.

En ce qui concerne la flexibilité, les résultats présentés dans le tableau 6 montrent qu'une association positive existe entre l'âge et le temps de complétion du TMT-A ($\beta = .39, p = .04$) et du TMT-B ($\beta = .40, p = .03$). En effet, l'âge permet de prédire significativement 12% de la variabilité observée dans le temps de réponse au TMT-A ($F(1,27) = 4,85 ; p = .04 ; r^2(aj) = .12$) et au TMT-B ($F(1,27) = 5,01 ; p = .03 ; r^2(aj) = .12$). Ainsi, un âge plus élevé contribue significativement à des temps de complétion du TMT-A et TMT-B plus élevés chez les personnes âgées ayant subi un TCC, et donc à des performances plus lentes. Cet effet n'est pas observé dans nos analyses avec le ratio TMT B/A, il est dès lors impossible de statuer sur l'effet que pourrait avoir l'âge sur les capacités de flexibilité. Une association négative est observée entre le nombre d'années d'études et le temps de complétion du TMT-A ($\beta = -.37, p = .05$) ; il permet d'expliquer 11% de sa variance ($F(1,27) = 4,35 ; p = .05 ; r^2(aj) = .11$). En d'autres termes, une scolarisation plus élevée est associée à un temps de complétion du TMT-A moindre (plus rapide) chez les personnes âgées ayant subi un TCC. En outre, une association négative est aussi observée entre le nombre d'années d'études et le ratio TMT B/A et explique 10% de sa variance ($F(1,27) = 4,08 ; p = .05 ; r^2(aj) = .10$). Ce résultat est néanmoins à interpréter avec grande prudence puisque qu'il est à la limite du seuil de significativité. Aucun lien n'a pu être établi entre les scores aux TMT-A et TMT-B ainsi qu'au ratio TMT B/A avec la sévérité du TCC (GCS) et le nombre de jours passés après accident. Par ailleurs, aucun lien significatif n'a été constaté avec les variables relatives à la localisation des lésions (Tableau 7).

Tableau 6.

Régressions linéaires simples effectuées sur les variables TMT-A Temps, TMT-B Temps et Ratio TMT B/A en lien avec les variables âge, scolarité, GCS et délai

Variables	TMT-A Temps						TMT-B Temps						Ratio TMT B/A					
	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r</i> ² (aj)	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r</i> ² (aj)	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r</i> ² (aj)
Âge	1.39	.633	.39	2.20	.04*	.12*	3.69	1.65	.40	2.24	.03*	.12	.02	.02	.17	.91	.37	-
Scolarité	-2.92	1.40	-.37	-2.08	.05*	.11*	-.43	3.93	-.02	-.11	.91	-	.08	.04	.36	2.02	.05*	.10
GCS	-3.85	4,21	-.17	-.91	.37	-	-5.71	11.09	-.10	-.51	.61	-	-.02	.13	-.04	-.20	.85	-
Délai	-.01	.06	-.02	-.1	.92	-	-.05	.16	-.06	-.30	.77	-	-.00	.00	-.12	-.65	.52	-

Note. B = coefficient beta non-standardisé ; SE(B) = erreur standard ; *B* = coefficient beta standardisé ; *t* = valeur du test t utilisé dans le test d'hypothèse nulle ; *r*²(aj) = portion ajustée de la variabilité expliquée par le modèle; GCS : Score à l'échelle de Glasgow. * *p* < 0.05.

Tableau 7.

Régressions linéaires simples effectuées sur les variables TMT-A Temps, TMT-B Temps et Ratio TMT B/A en lien avec la localisation de la lésion

Variables	TMT-A Temps					TMT-B Temps					Ratio TMT B/A				
	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Frontal	-4.00	10.20	-.07	-.39	.70	-10.04	26.60	-.07	-.38	.71	.13	.30	.08	.44	.67
Temporal	-5.70	10.22	-.11	-.56	.58	-10.48	26.72	-.07	-.39	.70	.03	.31	.02	.10	.92
Pariétal	14.76	10.37	.26	1.42	.17	-7.09	28.01	-.05	-.25	.80	-.40	.31	-.24	-1.29	.21
Occipital	17.54	9.98	.32	1.76	.09	52.15	25.57	.36	2.04	.05*	.15	.31	.09	.48	.64

Note. B = coefficient beta non-standardisé ; SE(B) = erreur standard ; *B* = coefficient beta standardisé ; *t* = valeur du test t utilisé dans le test d'hypothèse nulle ; r^2 (aj) = portion ajustée de la variabilité expliquée par le modèle. * $p < 0.05$.

Tel que démontré dans le tableau 8, pour ce qui est de l'inhibition, une association négative est observée entre le nombre de jours depuis l'accident (délai) et le temps à la planche 3 du Stroop ($\beta = -.50, p = .01$). Celui-ci permet d'expliquer 23% de la variabilité ($F(1,26) = 8,90 ; p = .01 ; r^2(aj) = .23$). Plus il y a de jours qui se sont passés depuis l'accident (temps de récupération plus long) et moins le participant va prendre de temps pour réaliser la tâche d'inhibition ; ces résultats sont uniquement significatifs pour la planche 3 du Stroop. Par ailleurs, une association positive est notée entre la sévérité du TCC (GCS) et le score au sous-test Go No-Go de la BREF ($\beta = .42, p = .02$) ; elle permettrait d'expliquer 15% de la variabilité ($F(1,27) = 5,83 ; p = .02 ; r^2(aj) = .15$). Enfin, tel qu'illustré dans le tableau 9, une association positive est observée entre le Stroop 3 Temps et la présence de lésion au niveau du lobe occipital ($\beta = -.48, p = .01$) ; elle prédirait 20% de la variabilité ($F(1,26) = 7,82 ; p = .01 ; r^2(aj) = .20$) (Tableau 9).

Tableau 8.

Régressions linéaires simples effectuées sur les variables Stroop 3 Temps, Stroop 3 Erreur, Go - No Go et Consignes Contradictaires en lien avec les variables âge, scolarité, GCS et délai

Variables	Stroop 3 Temps					Stroop 3 Erreurs					BREF Go-No Go					BREF Consignes Contradictaires					
	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r</i> ² (aj)	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Âge	.27	.75	.07	.36	.72	.03	.04	.13	.69	.49	.00	.01	-.04	-.23	.82	-	.01	.01	.16	.87	.39
Scolarité	-.27	1.69	-.03	-.16	.87	-.02	.08	-.05	-.24	.81	.02	.03	.15	.79	.44	-	.01	.01	.14	.74	.46
GCS	6.30	4.58	.26	1.37	.18	.26	.23	.22	1.13	.27	.16	.07	.42	2.41	.02*	.15	.04	.04	.20	1.04	.31
Délai	-.17	.06	-.50	-2.98	.01*	-.00	.00	-.19	-.99	.33	.00	.00	-.19	-1.00	.32	-	.00	.00	-.24	-1.29	.21

Note. B = coefficient beta non-standardisé ; SE(B) = erreur standard ; *B* = coefficient beta standardisé ; *t* = valeur du test t utilisé dans le test d'hypothèse nulle ; *r*²(aj) = portion ajustée de la variabilité expliquée par le modèle. GCS : Score à l'échelle de Glasgow. * *p* < 0.05.

Tableau 9.

Régressions linéaires simples effectuées sur les variables Stroop 3 Temps, Stroop 3 Erreur, Go - No Go et Consignes Contradictaires en lien avec la localisation de la lésion

Variables	Stroop 3 Temps					Stroop 3 Erreurs					BREF Go - No Go					BREF Consignes Contradictaires				
	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Frontal	-.93	11.43	-.02	-.08	.94	-.36	.56	-.12	-.63	.53	-.23	.17	-.25	-1.32	.20	.00	.10	-.01	-.05	.96
Temporal	-15.57	11.04	-.27	-1.41	.17	-.57	.56	-.20	-1.02	.32	.00	.18	.00	.03	.98	-.01	.10	-.03	-.15	.88
Pariétal	2.34	12.23	.04	.19	.85	.46	.60	.15	.77	.45	-.02	.19	-.02	-.08	.93	.05	.10	.09	-.46	.65
Occipital	-28.69	10.26	-.48	-2.80	.01*	.13	.58	.04	.23	.82	-.06	.18	-.06	-.33	.74	-.11	.10	-.21	-1.13	.27

Note. B = coefficient beta non-standardisé ; SE(B) = erreur standard ; *B* = coefficient beta standardisé ; *t* = valeur du test t utilisé dans le test d'hypothèse nulle ; $r^2(\text{aj})$ = portion ajustée de la variabilité expliquée par le modèle. * $p < 0.05$.

5. Associations entre l'âge, la scolarité, la sévérité du TCC, le délai d'évaluation post-accident, la localisation de la lésion cérébrale, les fonctions exécutives et l'autonomie fonctionnelle chez des personnes âgées ayant subi un TCC.

Tel qu'illustré dans le tableau 10, aucun lien n'a pu être établi entre les variables âge, nombre d'années d'études, sévérité du TCC et nombre de jours après accident et les scores au MPAI-4. De façon similaire, aucune association n'a été obtenue entre les mesures exécutives comme le ratio TMT B/A et le score composite en inhibition et les scores au MPAI-4 (Tableau 11). En outre, tel qu'indiqué dans le tableau 12, il existe une association positive entre le fait d'avoir un résultat déficitaire au TMT-B et le score à l'échelle capacités du MPAI-4 ($\beta = .39, p = .04$). La portion de la variabilité expliquée serait de 12% ($F(1,26) = 4,59 ; p = .04 ; r^2(aj) = .12$). Les analyses ont toutefois permis de montrer qu'une relation négative existe entre la présence de lésion au niveau du lobe frontal et le score à l'échelle capacités du MPAI-4 ($\beta = -.44, p = .02$). En effet, la présence de lésion au niveau du lobe frontal permet d'expliquer 17% de sa variance ($F(1,26) = 6,40 ; p = .02 ; r^2(aj) = .17$) (Tableau 13).

Tableau 10.

Régressions linéaires simples effectuées sur les variables MPAI-4 Total, MPAI-4 Capacités, MPAI-4 Participation et MPAI-4 Adaptation en lien avec les variables âge, scolarité, GCS et délai

Variables	MPAI-4 Total					MPAI-4 Capacités					MPAI-4 Participation					MPAI-4 Adaptation				
	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Âge	-.12	.29	-.09	-.42	.68	-.03	.12	-.05	-.27	.79	.01	.10	.16	.08	.94	-.16	.16	-.20	-1.02	.32
Scolarité	.71	.63	.22	1.13	.27	.23	.26	.17	.90	.38	.11	.22	.1	.50	.62	.30	.36	.16	.85	.40
GCS	1.59	1.76	.17	.90	.37	.66	.72	.18	.91	.37	.13	.62	.04	.21	.83	.13	1.00	.02	.13	.90
Délai	1.60	1.76	.17	.90	.37	.00	.01	.03	.16	.87	-.01	.01	-.24	-1.24	.23	.01	.01	.10	.51	.61

Note. B = coefficient beta non-standardisé ; SE(B) = erreur standard ; *B* = coefficient beta standardisé ; *t* = valeur du test t utilisé dans le test d'hypothèse nulle ; r^2 (aj) = portion ajustée de la variabilité expliquée par le modèle. * $p < 0.05$.

Tableau 11.

Régressions linéaires simples effectuées sur les variables MPAI-4 Total, MPAI-4 Capacités, MPAI-4 Participation et MPAI-4 Adaptation en lien avec le ratio TMT B/A et le score composite d'inhibition

Variables	MPAI-4 Total					MPAI-4 Capacités					MPAI-4 Participation					MPAI-4 Adaptation				
	B	SE(B)	B	t	p	B	SE(B)	B	t	p	B	SE(B)	B	t	p	B	SE(B)	B	t	p
Ratio TMT B/A	2.15	2,65	.16	.81	.42	-.02	1.10	-.00	-.02	.98	.34	.94	.07	.36	.72	.88	1.50	.11	.59	.56
Inhibition - Composite	-.01	.07	-.02	-.11	.91	.01	.03	.09	.45	.66	.02	.02	.13	.70	.49	-.03	.04	-.17	-.88	.38

Note. B = coefficient beta non-standardisé ; SE(B) = erreur standard ; B = coefficient beta standardisé ; t = valeur du test t utilisé dans le test d'hypothèse nulle ; r^2 (aj) = portion ajustée de la variabilité expliquée par le modèle. * $p < 0.05$.

Tableau 12.

Régressions linéaires simples effectuées sur les variables MPAl-4 Total, MPAl-4 Capacités, MPAl-4 Participation et MPAl-4 Adaptation et le pourcentage de patients sous les deux écarts-types au TMT-A et TMT-B

Variables	MPAl-4 Total					MPAl-4 Capacités					MPAl-4 Participation					MPAl-4 Adaptation				
	B	SE(B)	B	t	p	B	SE(B)	B	t	p	B	SE(B)	B	t	p	B	SE(B)	B	t	p
Déficitaire au TMT-A	.00	.01	.09	.47	.64	.03	.02	.24	1.25	.22	-.04	.02	0.29	-1.53	.14	.01	.02	.10	.52	.61
Déficitaire au TMT-B	.01	.01	.22	1.13	.27	.04	.02	.39	2.14	.04*	-.03	.02	-.24	-1.25	.22	.02	.01	.20	1.05	.30

Note. B = coefficient beta non-standardisé ; SE(B) = erreur standard ; B = coefficient beta standardisé ; t = valeur du test t utilisé dans le test d'hypothèse nulle ; $r^2(aj)$ = portion ajustée de la variabilité expliquée par le modèle. * $p < 0.05$.

Tableau 13.

Régressions linéaires simples effectuées sur les variables MPAl-4 Total, MPAl-4 Capacités, MPAl-4 Participation et MPAl-4 Adaptation en lien avec la localisation de la lésion

Variables	MPAl-4 Total					MPAl-4 Capacités					MPAl-4 Participation					MPAl-4 Adaptation				
	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	B	SE(B)	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Frontal	-6.21	4.14	-.28	-1.50	.14	-4.00	1.58	-.45	-2.53	.02*	.28	1.51	.04	.19	.85	-2.93	2.35	-.24	-1.24	.22
Temporal	-.90	4.32	-.04	-.21	.84	-1.78	1.73	-.20	-1.03	.31	.45	1.51	.06	.30	.77	-.30	2.43	-.02	-.12	.90
Pariétal	-3.07	4.58	-.13	-.67	.51	-2.27	1.84	-.24	-1.24	.23	2.01	1.56	.24	1.29	.21	-.40	2.59	-.03	-.16	.88
Occipital	5.95	4.26	.26	1.40	.17	2.59	1.73	.28	1.49	.15	-.81	1.53	-.10	-.53	.60	3.04	2.41	.24	1.26	.22

Note. B = coefficient beta non-standardisé ; SE(B) = erreur standard ; *B* = coefficient beta standardisé ; *t* = valeur du test t utilisé dans le test d'hypothèse nulle ; $r^2(aj)$ = portion ajustée de la variabilité expliquée par le modèle. * $p < 0.05$.

Discussion

L'objectif général de cette étude était d'investiguer les liens entre le fonctionnement exécutif post-TCC des adultes âgés et leur autonomie fonctionnelle ainsi que d'explorer le rôle des variables sociodémographiques et liées au TCC dans les performances aux tâches mesurant les capacités exécutives et l'autonomie fonctionnelle.

1. Caractéristiques sociodémographiques et liées à l'accident de la clientèle TCC

Dans la présente étude, le mécanisme de l'accident le plus fréquemment rencontré chez les participants était la chute (44,8%), ce qui reflète la tendance des statistiques obtenues auprès des personnes âgées qui ont subi un TCC (Bruns et Hauser, 2003; Goleburn et Golden, 2001; Taylor et al., 2017). En outre, les participants présentaient majoritairement des lésions frontales et temporales. Ces régions cérébrales sont en effet rapportées dans la littérature comme étant les plus fréquemment touchées lors d'un TCC (Adams, Graham, Scott, Parker et Doyle, 1980; Levin et Kraus, 1994). La cohorte est composée d'individus ayant subi des TCC modérés à légers comme en témoignent leurs scores à l'échelle de Glasgow qui s'étendent de 12 à 15. De fait, la proportion de la clientèle TCC léger est en effet plus fréquente et représente en général entre 70 et 90% de tous les TCC (Levin et Diaz-Arrastia, 2015). Un biais de sélection pourrait toutefois expliquer en partie cette proportion plus élevée de TCC léger à modéré, puisque seuls les participants en mesure de collaborer à l'étude ont été recrutés. Enfin, les participants TCC de la présente étude ont un niveau d'éducation élevé ; 62,1% d'entre eux ont un niveau universitaire. Par ailleurs, la cohorte est constituée en majorité de femmes puisque celles-ci représentent trois-quarts du groupe. Ceci pourrait être compatible avec une féminisation de la vieillesse, qui est d'ailleurs observée par une augmentation de la proportion de femmes avec l'avancement en âge (Michaud et Francœur, 2012).

Différences entre les patients TCC en âge avancé et les participants contrôles

Le premier objectif spécifique visait à investiguer dans quelle mesure les participants âgés ayant subi un TCC se distinguaient des participants âgés en santé quant à leurs scores aux tâches d'inhibition et de flexibilité ainsi qu'aux mesures d'autonomie fonctionnelle.

Nous avons comme hypothèse que des différences significatives existaient entre les deux groupes quant aux scores de ces variables et que ceux du groupe contrôle seraient supérieurs à ceux du groupe TCC.

Les résultats de nos analyses viennent confirmer cette hypothèse pour les mesures de flexibilité et d'autonomie fonctionnelle, mais pas pour celles d'inhibition. En effet, des différences significatives sont observées entre les deux groupes en ce qui concerne les temps de complétion du TMT-A et du TMT-B ainsi que le score total au MPAI-4 et à ses différentes échelles (capacités, participation, adaptation). Les participants qui ont subi un TCC ont dès lors un niveau d'autonomie fonctionnelle significativement plus faible que les participants du groupe contrôle et prennent significativement plus de temps à compléter les deux parties du TMT. En outre, un pourcentage plus élevé d'entre eux montre des performances déficitaires, soit deux écarts-types sous la norme par rapport au groupe contrôle, en effet, 55% des participants TCC ont une performance déficitaire au tracé A et 45% au tracé B. Cependant, les résultats ne semblent pas refléter la présence de déficit au niveau des capacités de flexibilité chez les personnes TCC puisqu'ils ne se distinguent pas des participants âgés sains à ce qui a trait au ratio TMT B/A. Ces résultats sont similaires à ceux observés dans la littérature, stipulant que les personnes ayant souffert d'un TCC sont plus lentes à la complétion du TMT, sans pour autant qu'un déficit des capacités de flexibilité soit objectivé (Azouvi et al., 2017; Bashore et Ridderinkhof, 2002; Woods et al., 2015). Ce ralentissement serait expliqué par une connexion altérée à la suite de dommages créés par le TCC au niveau des fibres axonales (Ben-David et al., 2011; Felmingham et al., 2004; Mathias et Wheaton, 2007; Ríos et al., 2004).

Comme énoncé plus haut, aucune différence au niveau des scores aux tests d'inhibition (Stroop 3, Go - No Go et consignes contradictoires) n'a pu être décelée entre les deux groupes de participants, contrairement à ce qui est rapporté par différents auteurs dans la littérature (Dimoska-Di Marco et al., 2011; Perlstein et al., 2006; Plenger et al., 2016; Xu et al., 2017). Toutefois, d'autres chercheurs (Perlstein et al., 2006) affirment que les participants TCC présenteraient uniquement un ralentissement dans la tâche du Stroop et non des scores déficitaires. Ce sujet est dès lors assez controversé puisque certains auteurs affirment que la tâche du Stroop ne permettrait pas de bien discriminer les participants TCC ayant subi une lésion modérée à sévère (Anderson, Jaroh, Smith, Strong et Donders, 2017). De surcroît, Dimoska-Di Marco et al. (2011) rapportent que son efficacité dans la différenciation des personnes qui ont subi un TCC par rapport à des sujets sains pose

question car des résultats inconsistants et contradictoires ont été observés. Dans notre étude, les patients TCC semblent effectivement légèrement plus lents que les contrôles à cette tâche, mais ce résultat n'est peut-être pas ressorti comme étant significatif du fait de la petite taille de notre échantillon.

En ce qui a trait aux résultats de la BREF, plusieurs hypothèses pourraient expliquer qu'aucune différence significative n'ait été observée entre les groupes de participants. La première hypothèse est celle du manque de variabilité dans l'échelle de cotation des sous-tests de la BREF. En effet, les scores obtenus variant de un à trois, il est probable que ceux-ci ne soient pas assez sensibles pour détecter les différences de performances entre les groupes de participants. La deuxième hypothèse est que la tâche ait été trop facile pour les participants, créant ainsi un effet plafond. En ce sens, nos scores indiquent des moyennes autour de 1 avec de faibles écarts-types. Par ailleurs, notre groupe TCC était majoritairement composé de TCC légers, donc peu atteints neurologiquement, ayant peut-être des résultats sensiblement similaires à ceux des sujets contrôles et rendant difficile la discrimination entre les deux groupes. De façon similaire, Rojas et al. (2019) n'ont pas trouvé de différence significative entre les performances de patients ayant subi un TCC léger par rapport à ceux qui ont subi un TCC modéré aux différents sous-test de la BREF.

Enfin, les participants TCC se distinguent également du groupe contrôle quant au score total au MPAI-4 ainsi qu'à ses différentes échelles. Ceci implique qu'ils présentent un niveau d'autonomie fonctionnelle moindre et que le TCC, même léger, a un effet sur les trois domaines spécifiques mesurés par le questionnaire : 1) *Capacités* (sensoriel, moteur, résolution de problèmes et habiletés cognitives), 2) *Adaptation* (émotionnel, comportemental, conscience de soi, adaptation sociale), 3) *Participation* (intégration à la communauté à travers les contacts sociaux, activités de plaisir, capacités à prendre soin de soi, initiation et gestion des finances). Ces résultats viennent confirmer les études antérieures qui ont également mis en évidence un impact du TCC sur l'autonomie fonctionnelle (Kean, Malec, Altman et Swick, 2011). Notre étude permet maintenant de confirmer que le MPAI-4 semble être une mesure sensible de l'autonomie fonctionnelle suite à un TCC léger.

2. Associations entre les variables sociodémographiques et liées à l'accident et les fonctions exécutives

Le second objectif spécifique était d'investiguer le lien existant entre l'âge, le niveau de scolarité, la sévérité du TCC, le délai d'évaluation post-accident et la localisation de la lésion cérébrale traumatique sur les performances aux tâches de flexibilité et d'inhibition des personnes âgées ayant subi un TCC. L'hypothèse émise était que les participants les moins âgés, ayant fait davantage d'années d'études, et ayant subi un TCC moins sévère avec un délai post-TCC plus long performeraient mieux aux tests de flexibilité mentale et d'inhibition. Cette hypothèse a été confirmée en partie. En effet, plus l'âge augmente, plus le temps de complétion du TMT augmente chez les participants aux deux parties du test. Il a été largement prouvé que l'âge affectait les performances au TMT A et TMT B chez des participants adultes sains (Hester et al., 2005; Lezak et al., 2012; Mitrushina et al., 2005; Tombaugh, 2004) et ayant subi un TCC (Periáñez et al., 2007; Woods et al., 2015). Certains auteurs affirment également que l'âge n'aurait pas d'impact sur le score au ratio TMT B/A (Azouvi et al., 2017). Les résultats obtenus dans la présente étude sont cohérents avec ceux trouvés par Woods et al. (2015) ainsi que Bashore et al. (2002) qui affirment que de plus faibles résultats au TMT chez les personnes âgées s'expliqueraient par un ralentissement de la vitesse de traitement plutôt que par un déficit des capacités exécutives.

Ceci n'a cependant pas été observé dans les mesures d'inhibition. Ces résultats sont surprenants dans la mesure où nous nous attendrions à également observer des scores significativement moindres aux tâches d'inhibition à un âge plus avancé, comme observé dans l'étude de Moretti et al. (2012). Une hypothèse pouvant expliquer ces résultats serait que contrairement au TMT, le Stroop ne fait pas appel à l'aspect moteur. En effet, il a été mis en évidence dans la littérature que l'âge influençait non seulement la vitesse de traitement mais également la vitesse motrice (Morrison et Newell, 2015). Le ralentissement moteur observé dans le TMT, de surcroît avec le ralentissement cérébral permettrait d'expliquer des différences plus marquées au TMT par rapport au Stroop, qui ne requiert pas de composante motrice.

En ce qui concerne la scolarité, une association négative est observée avec le temps mis au TMT-A uniquement ; un nombre d'années d'études supérieur diminue le temps pris à compléter cette tâche. Sumowski et al. (2013) ont énoncé dans leur étude qu'un niveau d'éducation plus élevé permettait de mieux performer aux tâches cognitives chez les

personnes ayant subi un TCC. L'hypothèse de la réserve cognitive pourrait être un facteur explicatif à cela. En effet, un niveau d'éducation plus élevé serait un facteur de protection face aux difficultés cognitives consécutives à un TCC (de Guise et al., 2005; Sumowski et al., 2013) et permettrait d'expliquer les variabilités des résultats observées aux tests cognitifs des patients qui ont subi un TCC (Stern, 2002). Cependant, il est difficile de statuer sur le rôle du nombre d'années d'éducation et d'un potentiel impact de la réserve cognitive dans notre étude étant donné le peu de résultats significatifs liés à cette variable dans celle-ci. Il s'agit donc de rester prudent quant à nos résultats et aux liens avec la théorie de la réserve cognitive, puisque celle-ci ne serait peut-être pas si évidente en âge avancé chez une population TCC.

En outre, une association positive est notée entre la sévérité du TCC (GCS) et le score au sous-test Go - No Go de la BREF, c'est-à-dire que plus les patients ont un TCC grave (GCS plus bas) et mieux ils performant (score à la BREF plus bas). Ces résultats ne font pas vraiment de sens au niveau clinique et doivent donc être interprétés avec précaution. Dans leur étude, de Guise et al. (2017) n'ont pas trouvé d'association entre les déficits exécutifs et la sévérité de la blessure mesurée par le GCS, il est dès lors possible que celle-ci ne soit pas un si bon outil de prédiction du devenir cognitif des patients traumatisés crâniens, contrairement à ce que Spitz et al. (2012) affirmaient. En outre, les personnes âgées seraient plus vulnérables à des lésions intracrâniennes en raison notamment de la prise fréquente d'anticoagulants, ainsi l'exactitude du score GCS pour les personnes âgées ne serait pas un si bon indicateur de la réelle sévérité de leurs blessures (Tokutomi et al., 2008).

En ce qui concerne le nombre de jours depuis l'accident (délai), il est uniquement associé négativement au temps de la planche 3 du Stroop ; plus il y a de jours qui se sont passés et mieux les participants TCC âgés performant. Des recherches ont mis en évidence qu'après une lésion cérébrale, le cerveau serait capable de s'adapter au niveau structurel et fonctionnel en permettant, par exemple, des changements moléculaires, synaptiques et cellulaires ; c'est ce qu'on appelle la neuroplasticité (Su, Veeravagu et Grant, 2016). Celle-ci, de concert avec d'autres facteurs, serait étroitement liée à la réserve cognitive. En effet, des changements morphologiques issus de la neuroplasticité augmenteraient la réserve cognitive permettant ainsi une meilleure autonomie fonctionnelle à des âges plus avancés (Vance et Crowe, 2006). Nos résultats mettent en évidence qu'une certaine plasticité cérébrale est toujours présente à un âge avancé chez les personnes qui ont subi un TCC. Ces résultats appuient la pertinence des programmes de réadaptation après un TCC malgré un âge avancé. Des études ont

notamment prouvé que des adultes âgés étaient capables d'améliorer leur vitesse de traitement ainsi que leurs capacités mnésiques et attentionnelles après le suivi d'un programme d'entraînement cognitif (Smith et al., 2009; Wadley et al., 2006). Cependant, ces études sont réalisées chez des populations de personnes âgées saines et ne peuvent pas être généralisées à une population traumatisée crânienne. En outre, nos observations ne semblent pas être systématiques pour toutes les mesures, il s'agit donc de rester prudents dans l'interprétation des résultats que de futures études pourront confirmer ou infirmer.

Pour ce qui est de la localisation des lésions cérébrales traumatiques, peu de résultats sont ressortis comme étant significatifs dans notre étude. En fait, seul le lobe occipital s'est avéré être corrélé au temps de complétion du Stroop 3. Le seul lien trouvé à date entre les résultats au Stroop et le lobe occipital dans la littérature sont ceux de Nombela et al. (2014) dans une étude s'intéressant aux ondes cérébrales présentes lors de l'accomplissement de la tâche du Stroop et mesurées par électroencéphalogramme. Les chercheurs montrent qu'il y aurait une réduction de la production d'ondes Alpha dans le lobe occipital droit durant la tâche de résolution de conflit du Stroop, et ce particulièrement chez les personnes plus âgées. Plus précisément, cette zone serait impliquée dans les capacités de traitement des informations visuelles.

Ainsi, nous pouvons affirmer que nos résultats ne vont pas dans le sens d'une association directe entre des lésions frontales et des troubles exécutifs. En effet, bien que les régions frontales aient longuement été considérées comme étant directement responsables des déficits exécutifs observés chez les patients présentant un TCC (McDonald et al., 2002), plusieurs recherches mettent en avant l'impact d'un réseau d'aires cérébrales plus étendu comprenant aussi bien des structures corticales que sous-corticales (Anderson, 2008; Stuss, 2011). Des lésions diffuses créées lors du traumatisme craniocérébral et affectant lesdites structures peuvent alors impacter indirectement les régions frontales et donc, nuire au fonctionnement exécutif ; l'absence de lésion frontale focale à l'imagerie cérébrale ne garantirait donc pas l'absence de déficits exécutifs (Bigler, 2001; Fork et al., 2005; Stuss, 2006). D'autres techniques d'imageries plus sensibles et plus précises, dont il sera discuté plus bas, sont dès lors nécessaires afin de mieux comprendre les bases neurologiques qui sous-tendent l'altération du fonctionnement exécutif.

3. Associations entre les variables sociodémographiques, liées à l'accident et les fonctions exécutives et l'autonomie fonctionnelle

Enfin, le troisième objectif spécifique visait à investiguer, chez les participants âgés ayant subi un TCC, les variables sociodémographiques et celles liées au TCC ainsi que le fonctionnement exécutif en lien avec l'autonomie fonctionnelle mesurée par le MPAI-4. Nous avons émis l'hypothèse, d'une part, que les plus jeunes avec un niveau de scolarité supérieur, une sévérité de TCC moins élevée, un délai de récupération plus long et ne présentant pas de lésions frontales auraient un niveau d'autonomie fonctionnelle plus élevé. D'autre part, nous prédisions que de meilleurs scores aux mesures exécutives seraient liés à une autonomie fonctionnelle supérieure.

Les variables sociodémographiques et le fonctionnement exécutif ne sont pas corrélés aux mesures d'autonomie fonctionnelle dans notre étude. Nos résultats infirment donc notre hypothèse et montrent que dans cette étude, ces différentes variables ne semblent pas impacter le niveau d'autonomie fonctionnelle des patients, comme ce qui était le cas dans d'autres études pour le niveau d'éducation (de Guise et al., 2005; Leary et al., 2018; Sumowski et al., 2013), la sévérité de la blessure (An et Monette, 2018; Cicerone et al., 2000; Spitz et al., 2012) ou les résultats aux tests neuropsychologiques (Atchison et al., 2004; Boake et al., 2001; Draper et Ponsford, 2008; Green et al., 2008; Millis et al., 1994; Rassovsky et al., 2015; Spitz et al., 2012). Ces résultats sont à prendre prudemment étant donné la petite taille de nos échantillons et le manque de variabilité dans la sévérité des TCC.

Cependant, nous avons pu mettre en évidence que la présence de lésions au niveau frontal avait un impact négatif sur l'échelle de capacités du MPAI-4. Les patients présentant une lésion frontale après TCC auraient donc plus de difficultés au niveau de la sphère sensorielle (vision, audition), motrice (utilisation des mains, étourdissements), ainsi qu'au niveau de la résolution de problèmes. Enfin, les habiletés cognitives seraient également plus difficiles (communication verbale et non verbale, attention, concentration, mémoire, connaissances, capacités visuospatiales). Nous avons par exemple pu mettre en évidence que le fait d'avoir une performance déficitaire au TMT-B (plus lent) influençait négativement le score à l'échelle de capacités de la MPAI-4. Ces résultats appuient ceux préalablement trouvés par Hart et al. (2003) et Millis et al. (1994) qui stipulent que les résultats au TMT-B constituent une mesure prédictive de l'autonomie fonctionnelle des patients post-TCC. De faibles performances au TMT-B ont également été associées à un plus grand risque de développer

des difficultés au niveau de la mobilité (Vazzana et al., 2010), ce qui fait également écho avec l'association entre le TMT-B et l'échelle de capacités de la MPAI-4 dans notre étude.

Limites de l'étude et recherches futures

Bien que des résultats significatifs cohérents avec la littérature aient été observés dans cette étude, celle-ci comporte plusieurs limites. Étant donné les petites tailles de nos deux groupes, deux des hypothèses de l'étude étaient de nature exploratoire et les résultats observés doivent dès lors être interprétés prudemment. Le nombre de participants par échantillon n'étant pas assez élevé pour bâtir un modèle de régression multiple avec une puissance statistique adéquate, nous avons préféré explorer les variables de manière isolée à l'aide de régressions linéaires simples. D'autres analyses comportant des échantillons de plus grandes tailles sont donc suggérées afin de permettre d'atteindre une puissance statistique plus importante et de déterminer un meilleur modèle de prédiction respectant les postulats de base de la régression linéaire multiple.

Notre échantillon de participants TCC était essentiellement constitué de patients ayant subi des TCC légers à modérés, il s'agit donc de rester prudent quant à la généralisation des résultats à toutes les clientèles de TCC. Ce manque de variabilité dans la sévérité de la lésion pourrait également expliquer le manque de différence observé entre les groupes de participants. De futures recherches utilisant un échantillon composé de participants se différenciant davantage quant à la sévérité de leurs TCC permettrait de mieux comprendre l'influence de la sévérité de la blessure sur le devenir cognitif et fonctionnel de ces patients.

Par ailleurs, il a été démontré dans la littérature que le scanner cérébral n'était pas assez précis pour détecter les sites lésionnels, les lésions axonales plus diffuses ou les microlésions, comme ceux des régions préfrontales supportant les fonctions exécutives. De plus, sa sensibilité par rapport aux altérations cognitives fait défaut. Étant donné les conséquences cognitives observées à la suite de lésions cérébrales diffuses, notamment au niveau du fonctionnement exécutif (Bigler, 2001; Fork et al., 2005; Mani et al., 2007), l'utilisation de techniques d'imageries plus avancées et plus précises est encouragée. D'autres techniques d'imagerie par résonance magnétique (IRM) comme la représentation de tenseur de diffusion (DTI) ont été prouvées comme étant corrélées au devenir fonctionnel des patients ayant subi un TCC léger et permettent une localisation plus précise des lésions, de par leur plus grande sensibilité aux changements microstructuraux des tissus (Azouvi et al., 2017; Kinnunen et al., 2010; Ramirez, Gao et Black, 2015; Stuss, 2011; Yuh et al., 2014).

L'inhibition est un construit hétérogène composé de deux mécanismes distincts, direct et indirect, mesurés par des tâches différentes (Munakata et al., 2011). Certains auteurs considèrent d'ailleurs qu'il en existe davantage (Bari et Robbins, 2013). Dès lors, les résultats des différentes études sont difficiles à comparer entre eux, sans compter qu'il manque de cohérence dans les indices utilisés pour mesurer les capacités d'inhibition dans la littérature, notamment dans la tâche du Stroop. En effet, certaines études tiennent compte du temps total pris à réaliser la tâche, alors que d'autres se penchent sur le nombre d'erreurs commises ou sur les temps de réaction, ce qui rend la comparaison des études délicate.

En ce qui concerne le Stroop, le temps total de complétion semble être un bon indicateur mais serait en grande partie influencé par la vitesse de traitement, rendant ainsi le rôle des capacités d'inhibition dans la tâche plus difficile à estimer. Étant donné une vitesse de traitement affaiblie dans le vieillissement ainsi que dans les cas de TCC, il est difficile d'obtenir des résultats qui ne soient pas biaisés par l'effet de cette variable. En outre, les deux sous-tests de la BREF choisis dans cette étude ont également donné des résultats peu concluants et semblent être peu indicatifs et discriminants à ce qui a trait aux capacités en inhibition. D'autres mesures plus pures et impliquant la vitesse de traitement d'une moindre façon sembleraient donc de mise pour statuer sur les capacités d'inhibition des personnes âgées ayant subi un TCC.

Par ailleurs, contrairement à ce qui était attendu, la réserve cognitive mesurée par le niveau de scolarité ne semble pas être une variable prédictive du niveau d'autonomie fonctionnelle et exécutif des patients dans cette étude. Une meilleure compréhension du rôle de la réserve cognitive dans le devenir fonctionnel des patients TCC en âge avancé et dans les déficits exécutifs consécutifs à celui-ci est dès lors requise. Enfin, des outils de mesure permettant de calculer la réserve cognitive tout au long de la vie amèneraient à une meilleure compréhension de la relation qui existe entre celle-ci et le fonctionnement cognitif et doivent par conséquent être davantage utilisés (Opdebeeck, Martyr et Clare, 2016). Parmi ceux-ci, le questionnaire de réserve cognitive (CRIq ; (Nucci, Mapelli et Mondini, 2012) semblerait être une mesure prometteuse dans la littérature (Nucci et al., 2012; Opdebeeck et al., 2016). Par ailleurs, les participants recrutés dans l'étude montraient un niveau d'éducation assez élevé, et majoritairement universitaire. Il est alors possible que le niveau d'éducation ait été une variable n'ayant pas joué un rôle important dans l'étude de par son manque de variabilité; il serait donc imprudent de procéder à une généralisation des résultats.

Enfin, il serait intéressant de développer des normes pour les populations cliniques qui permettraient une plus grande sensibilité aux difficultés cognitives et une plus grande compréhension de l'évolution clinique de ces patients (Periáñez et al., 2007).

Implications cliniques

Malgré ses limites, la présente étude dévoile certains intérêts cliniques intéressants. En effet, elle permet une meilleure compréhension du fonctionnement cognitif post-TCC des adultes âgés et met en avant la présence d'une lenteur à réaliser certaines tâches exécutives par rapport aux sujets âgés sains, sans pour autant observer de déficits dans celles-ci.

Cette étude montre également qu'un traumatisme crânien, même léger, peut avoir un impact sur le devenir cognitif et fonctionnel des personnes âgées et que les difficultés rapportées ne sont pas nécessairement des conséquences directes des lésions focales. Il s'agit alors pour les cliniciens de rester prudents dans l'interprétation des données d'imagerie cérébrale et de considérer la prise en charge des patients ayant subi un TCC léger tout autant que ceux présentant un TCC modéré/sévère.

En outre, l'utilisation de technique d'imagerie plus sensibles afin de pouvoir obtenir un diagnostic plus précis et une aide personnalisée et adaptée aux troubles présentés par les patients est à promouvoir afin d'identifier efficacement les patients à risque pouvant bénéficier de services d'aide rapidement. Ainsi l'échelle de coma de Glasgow ne semble pas être une mesure suffisamment liée au devenir fonctionnel des patients, les cliniciens devraient dès lors utiliser d'autres outils afin de mieux dépister les personnes les plus à risque. Le Trail Making Test et plus particulièrement le TMT-B s'est avéré être une mesure cognitive liée au devenir fonctionnel des patients, son utilisation en clinique est donc tout à fait pertinente. Le TMT est par ailleurs doté d'une bonne sensibilité à l'âge et aux blessures cérébrales puisqu'il permet de distinguer les participants âgés ayant subi un TCC des participants âgés en santé. Le questionnaire MPAI-4 semble également être un outil sensible pour mesurer l'autonomie fonctionnelle des patients ayant subi un TCC et permettrait de mieux comprendre les difficultés des patients dans leurs vies quotidiennes. Il a d'ailleurs permis de montrer dans cette étude que le TCC a des conséquences sur un large éventail de domaines.

En revanche, les sous-test Go – No Go et Consignes contradictoires de la BREF ne semblent pas être des mesures assez sensibles pour détecter des difficultés d'inhibition chez les patients TCC et d'autres tâches devraient être utilisées. En effet, la BREF administrée

avec tous ses sous-tests semblerait être une mesure davantage utile au chevet des patients pour dépister précocement les troubles exécutifs et le devenir fonctionnel à court terme mais apparaît comme être peu indicatifs du devenir exécutif et fonctionnel à plus long terme (Rojas et al., 2019).

Par ailleurs, les personnes âgées semblent également capables de s'améliorer malgré la présence d'un TCC. Les programmes de réadaptation restent donc pertinents pour cette population clinique.

Enfin, comme observé dans la présente étude et dans la littérature, les chutes sont le mécanisme de l'accident le plus fréquemment rencontré chez les personnes âgées, et leurs impacts sur leur autonomie fonctionnelle est non-négligeable. Dès lors, les cliniciens intervenant auprès des personnes âgées devraient être sensibilisés aux facteurs de risque que pourraient présenter leurs patients. De plus, des programmes de prévention et d'intervention suite à des chutes devraient continuer à se développer afin de diminuer leur incidence.

Conclusion

En conclusion, cette étude semble être jusqu'à présent la première à s'intéresser au lien existant entre l'autonomie fonctionnelle et les fonctions exécutives chez les personnes âgées ayant subi un TCC. Elle a permis de montrer que les personnes âgées qui ont subi un TCC sont plus lentes aux tâches exécutives et montrent une moins bonne autonomie fonctionnelle que les personnes âgées saines, mais que les variables sociodémographiques et le fonctionnement exécutif n'y sont pas corrélés. L'âge, la scolarité et le délai d'évaluation post-TCC semblent affecter les capacités aux tests exécutifs dans une certaine mesure. Bien que le lobe frontal soit associé à l'autonomie fonctionnelle, le lien entre les lésions frontales et les difficultés exécutives serait mieux expliquée par la présence d'un réseau d'aires cérébrales plus étendu comprenant aussi bien des structures corticales que sous-corticales.

Nonobstant le fait que des résultats intéressants aient été trouvés dans cette étude, cette dernière présente des résultats préliminaires avec lesquels il faut rester prudents. Elle permet de donner des pistes aux futures recherches qui pourront explorer les variables détectées dans la présente étude qui pourraient être explicatives avec une puissance statistique plus élevée afin de mieux comprendre les conséquences du TCC sur le devenir fonctionnel et cognitif de ces patients.

Références

- Adams, J., Graham, D., Scott, G., Parker, L. et Doyle, D. (1980). Brain damage in fatal non-missile head injury. *Journal of clinical pathology*, 33(12), 1132.
- Amieva, H., Le Goff, M., Stoykova, R., Lafont, S., Ritchie, K., Tzourio, C., . . . Dartigues, J.-F. (2009). Trail Making Test A et B (version sans correction des erreurs): normes en population chez des sujets âgés, issues de l'étude des trois Cités. *Revue de neuropsychologie*, 1(3), 210-220. doi: 10.3917/rne.013.0210
- An, K. Y. et Monette, M. C. E. (2018). Cognitive profiles of older adults with a prior traumatic brain injury versus healthy controls: A meta-analysis. *Brain Injury*, 1-11. doi: 10.1080/02699052.2018.1463104
- Anderson, L. B., Jaroh, R., Smith, H., Strong, C.-A. H. et Donders, J. (2017). Criterion validity of the D-KEFS color–word and verbal fluency switching paradigms following traumatic brain injury. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 39(9), 890-899. doi: 10.1080/13803395.2016.1277513
- Anderson, P. J. (2008). Towards a developmental model of executive function (*Executive functions and the frontal lobes: A lifespan perspective*. (p. 3-21). Philadelphia, PA, US: Taylor & Francis. doi: 10.1163/ej.9789004158917.i-627.11
- Atchison, T., Sander, A., Struchen, M., High, W., Roebuck, T., Contant, C., . . . Sherer, M. (2004). Relationship Between Neuropsychological Test Performance and Productivity at 1-Year Following Traumatic Brain Injury. *The Clinical Neuropsychologist*, 18(2), 249-265. doi: 10.1080/13854040490501475
- Azouvi, P., Arnould, A., Dromer, E. et Vallat-Azouvi, C. (2017). Neuropsychology of traumatic brain injury: An expert overview. *Revue neurologique*, 173(7-8), 461-472. doi: 10.1016/j.neurol.2017.07.006
- Baddeley, A. et Hitch, G. J. (1974). Working Memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 8(5044), 47-89. doi: 10.1016/S0079-7421(08)60452-1

- Bari, A. et Robbins, T. W. (2013). Inhibition and impulsivity: Behavioral and neural basis of response control. *Progress in Neurobiology*, 108, 44-79. doi: 10.1016/j.pneurobio.2013.06.005
- Bashore, T. R. et Ridderinkhof, K. R. (2002). Older age, traumatic brain injury, and cognitive slowing: Some convergent and divergent findings. *Psychological Bulletin*, 128(1), 151-198. doi: 10.1037/0033-2909.128.1.151
- Belanger, H. G., Curtiss, G., Demery, J. A., Lebowitz, B. K. et Vanderploeg, R. D. (2005). Factors moderating neuropsychological outcomes following mild traumatic brain injury: A meta-analysis. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 11(3), 215-227. doi: 10.1017/S1355617705050277
- Ben-David, B. M., Nguyen, L. L. T. et van Lieshout, P. H. H. M. (2011). Stroop Effects in Persons with Traumatic Brain Injury: Selective Attention, Speed of Processing, or Color-Naming? A Meta-analysis. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17(2), 354-363. doi: 10.1017/S135561771000175X
- Bigler, E. D. (2001). The lesion(s) in traumatic brain injury: implications for clinical neuropsychology. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 16(2), 95-131. doi: 10.1016/S0887-6177(00)00095-0
- Boake, C., Millis, S. R., High, W. M., Jr., Delmonico, R. L., Kreutzer, J. S., Rosenthal, M., . . . Ivanhoe, C. B. (2001). Using early neuropsychologic testing to predict long-term productivity outcome from traumatic brain injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(6), 761-768. doi: 10.1053/apmr.2001.23753
- Bruns, J. et Hauser, W. A. (2003). The Epidemiology of Traumatic Brain Injury: A Review. *Epilepsia*, 44(s10), 2-10. doi: doi:10.1046/j.1528-1157.44.s10.3.x
- Cacciaglia, R., Molinuevo, J. L., Sánchez-Benavides, G., Falcón, C., Gramunt, N., Brugulat-Serrat, A., . . . Gispert, D. (2018). Episodic memory and executive functions in cognitively healthy individuals display distinct neuroanatomical correlates which are differentially modulated by aging. *Human Brain Mapping*. doi: 10.1002/hbm.24306

- Cicerone, K. D., Dahlberg, C., Kalmar, K., Langenbahn, D. M., Malec, J. F., Bergquist, T. F., . . . Morse, P. A. (2000). Evidence-based cognitive rehabilitation: Recommendations for clinical practice. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *81*(12), 1596-1615. doi: 10.1053/apmr.2000.19240
- Cifu, D. X., Kreutzer, J. S., Marwitz, J. H., Rosenthal, M., Englander, J. et High, W. (1996). Functional outcomes of older adults with traumatic brain injury: A prospective, multicenter analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *77*(9), 883-888. doi: 10.1016/S0003-9993(96)90274-9
- Cipolotti, L., Healy, C., Chan, E., MacPherson, S. E., White, M., Woollett, K., . . . Shallice, T. (2015). The effect of age on cognitive performance of frontal patients. *Neuropsychologia*, *75*, 233-241. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2015.06.011
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the social sciences*.
- Collette, F., Van der Linden, M., Laureys, S., Delfiore, G., Degueldre, C., Luxen, A. et Salmon, E. (2005). Exploring the unity and diversity of the neural substrates of executive functioning. *Human Brain Mapping*, *25*(4), 409-423. doi: doi:10.1002/hbm.20118
- de Guise, E., LeBlanc, J., Dagher, J., Tinawi, S., Lamoureux, J., Marcoux, J., . . . Feyz, M. (2015). Traumatic brain injury in the elderly: A level 1 trauma centre study. *Brain Inj*, *29*(5), 558-564. doi: 10.3109/02699052.2014.976593
- de Guise, E., LeBlanc, J., Feyz, M. et Lamoureux, J. (2005). Prediction of the level of cognitive functional independence in acute care following traumatic brain injury. *Brain Injury*, *19*(13), 1087-1093. doi: 10.1080/02699050500149882
- de Guise, E., LeBlanc, J., Feyz, M., Lamoureux, J. et Greffou, S. (2017). Prediction of behavioural and cognitive deficits in patients with traumatic brain injury at an acute rehabilitation setting. *Brain Injury*, *31*(8), 1061-1068. doi: 10.1080/02699052.2017.1297485
- De Simoni, S., Jenkins, P. O., Bourke, N. J., Fleminger, J. J., Hellyer, P. J., Jolly, A. E., . . . Sharp, D. J. (2018). Altered caudate connectivity is associated with executive

- dysfunction after traumatic brain injury. *Brain*, 141(1), 148-164. doi: 10.1093/brain/awx309
- Delis, D. C., Kaplan, E. et Kramer, J. H. (2001). *Delis-Kaplan Executive function system: examiners manual*. Psychological Corporation.
- Dewan, M. C., Rattani, A., Gupta, S., Baticulon, R. E., Hung, Y.-C., Panchak, M., . . . Rubiano, A. M. (2018). Estimating the global incidence of traumatic brain injury. *Journal of neurosurgery*, 1(aop), 1-18. doi: 10.3171/2017.10.JNS17352
- Dikmen, S. S., Machamer, J. E., Powell, J. M. et Temkin, N. R. (2003). Outcome 3 to 5 years after moderate to severe traumatic brain injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84(10), 1449-1457. doi: 10.1016/S0003-9993(03)00287-9
- Dimoska-Di Marco, A., McDonald, S., Kelly, M., Tate, R. et Johnstone, S. (2011). A meta-analysis of response inhibition and Stroop interference control deficits in adults with traumatic brain injury (TBI). *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 33(4), 471-485. doi: 10.1080/13803395.2010.533158
- Draper, K. et Ponsford, J. (2008). Cognitive functioning ten years following traumatic brain injury and rehabilitation. *Neuropsychology*, 22(5), 618-625. doi: 10.1037/0894-4105.22.5.618
- Dubois, B., Slachevsky, A., Litvan, I. et Pillon, B. (2000). The FAB: a frontal assessment battery at bedside. *Neurology*, 55(11), 1621-1626. doi: 10.1212/WNL.55.11.1621
- Eslinger, P. J. et Grattan, L. M. (1993). Frontal lobe and frontal-striatal substrates for different forms of human cognitive flexibility. *Neuropsychologia*, 31(1), 17-28. doi: 10.1016/0028-3932(93)90077-D
- Faul, M., Xu, L., Wald, M. M. et Coronado, V. G. (2010). Traumatic brain injury in the United States: emergency department visits, hospitalizations and deaths 2002–2006. *Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Injury Prevention and Control, Atlanta (GA)*.

- Felmingham, K. L., Baguley, I. J. et Green, A. M. (2004). Effects of Diffuse Axonal Injury on Speed of Information Processing Following Severe Traumatic Brain Injury. *Neuropsychology*, 18(3), 564-571. doi: 10.1037/0894-4105.18.3.564
- Fjell, A. M., Sneve, M. H., Grydeland, H., Storsve, A. B. et Walhovd, K. B. (2016). The Disconnected Brain and Executive Function Decline in Aging. *Cerebral Cortex*, 27(3), 2303-2317. doi: 10.1093/cercor/bhw082
- Fork, M., Bartels, C., D Ebert, A., Grubich, C., Synowitz, H. et Wallesch, C.-W. (2005). Neuropsychological sequelae of diffuse traumatic brain injury. *Brain injury : [BI]*, 19, 101-108. doi: 10.1080/02699050410001726086
- Goleburn, C. R. et Golden, C. J. (2001). Traumatic Brain Injury Outcome in Older Adults: A Critical Review of the Literature. *Journal of Clinical Geropsychology*, 7(3), 161-187. doi: 10.1023/A:1011335027445
- Green, R. E., Colella, B., Hebert, D. A., Bayley, M., Kang, H. S., Till, C. et Monette, G. (2008). Prediction of Return to Productivity After Severe Traumatic Brain Injury: Investigations of Optimal Neuropsychological Tests and Timing of Assessment. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(12), S51-S60. doi: 10.1016/j.apmr.2008.09.552
- Hart, T., Millis, S., Novack, T., Englander, J., Fidler-Sheppard, R. et Bell, K. R. (2003). The relationship between neuropsychologic function and level of caregiver supervision at 1 year after traumatic brain injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84(2), 221-230. doi: 10.1053/apmr.2003.50023
- Hester, R. L., Kinsella, G. J., Ong, B. et McGregor, J. (2005). Demographic influences on baseline and derived scores from the trail making test in healthy older australian adults. *The Clinical Neuropsychologist*, 19(1), 45-54. doi: 10.1080/13854040490524137
- Hurtado-Pomares, M., Carmen Terol-Cantero, M., Sánchez-Pérez, A., Peral-Gómez, P., Valera-Gran, D. et Navarrete-Muñoz, E. M. (2018). The frontal assessment battery in clinical practice: a systematic review. *International journal of geriatric psychiatry*, 33(2), 237-251. doi: 10.1002/gps.4751

- Hyder, A. A., Wunderlich, C. A., Puvanachandra, P., Gururaj, G. et Kobusingye, O. C. (2007). The impact of traumatic brain injuries: a global perspective. *NeuroRehabilitation*, 22(5), 341-353.
- Iverson, G. L. et Lange, R. T. (2011). Moderate and Severe Traumatic Brain Injury. Dans M. R. Schoenberg. & J. G. Scott. (dir.), *The Little Black Book of Neuropsychology: A Syndrome-Based Approach* (p. 663-696): Springer US.
- Katzman, R. (1993). Education and the prevalence of dementia and Alzheimer's disease. *Neurology*, 43(1), 13. doi: 10.1212/WNL.43.1_Part_1.13
- Kean, J., Malec, J. F., Altman, I. M. et Swick, S. (2011). Rasch Measurement Analysis of the Mayo-Portland Adaptability Inventory (MPAI-4) in a Community-Based Rehabilitation Sample. *Journal of Neurotrauma*, 28(5), 745-753. doi: 10.1089/neu.2010.1573
- Kennedy, M. R. T., Coelho, C., Turkstra, L., Ylvisaker, M., Moore Sohlberg, M., Yorkston, K., . . . Kan, P.-F. (2008). Intervention for executive functions after traumatic brain injury: A systematic review, meta-analysis and clinical recommendations. *Neuropsychological Rehabilitation*, 18(3), 257-299. doi: 10.1080/09602010701748644
- Kinnunen, K. M., Greenwood, R., Powell, J. H., Leech, R., Hawkins, P. C., Bonnelle, V., . . . Sharp, D. J. (2010). White matter damage and cognitive impairment after traumatic brain injury. *Brain*, 134(2), 449-463. doi: 10.1093/brain/awq347
- Lange, R. T., Iverson, G. L., Zakrzewski, M. J., Ethel-King, P. E. et Franzen, M. D. (2005). Interpreting the Trail Making Test Following Traumatic Brain Injury: Comparison of Traditional Time Scores and Derived Indices. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 27(7), 897-906. doi: 10.1080/1380339049091290
- Leary, J. B., Kim, G. Y., Bradley, C. L., Hussain, U. Z., Sacco, M., Bernad, M., . . . Chan, L. (2018). The association of cognitive reserve in chronic-phase functional and neuropsychological outcomes following traumatic brain injury. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 33(1), E28-E35. doi: 10.1097/HTR.0000000000000329

- LeBlanc, J., Guise, E. d., Gosselin, N. et Feyz, M. (2006). Comparison of functional outcome following acute care in young, middle-aged and elderly patients with traumatic brain injury. *Brain Injury*, 20(8), 779-790. doi: 10.1080/02699050600831835
- Levin, H. et Kraus, M. F. (1994). The frontal lobes and traumatic brain injury. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*. doi: 10.1176/jnp.6.4.443
- Levin, H. S. et Diaz-Arrastia, R. R. (2015). Diagnosis, prognosis, and clinical management of mild traumatic brain injury. *The Lancet Neurology*, 14(5), 506-517. doi: 10.1016/S1474-4422(15)00002-2
- Lewis, F. D. et Horn, G. J. (2013). Traumatic brain injury: analysis of functional deficits and posthospital rehabilitation outcomes. *J Spec Oper Med*, 13(3), 56-61.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D. et Tranel, D. (2012). *Neuropsychological Assesment (5e éd.)*. New-York: Oxford University Press Inc.
- Maas, A. I. R., Stocchetti, N. et Bullock, R. (2008). Moderate and severe traumatic brain injury in adults. *The Lancet Neurology*, 7(8), 728-741. doi: 10.1016/S1474-4422(08)70164-9
- Malec, J. F. et Lezak, M. D. (2008). Manual for the Mayo-Portland Adaptability Inventory (MPAI-4) for adults, children and adolescents.
- Mani, T. M., Miller, L. S., Yanasak, N. et Macciocchi, S. (2007). Variability in Stroop Task Performance and Functional Activation among a Small Brain-Injured Group. *Neurocase*, 13(4), 229-236. doi: 10.1080/13554790701594862
- Mathias, J. L. et Wheaton, P. (2007). Changes in attention and information-processing speed following severe traumatic brain injury: A meta-analytic review. *Neuropsychology*, 21(2), 212-223. doi: 10.1037/0894-4105.21.2.212
- Mathias, J. L. et Wheaton, P. (2015). Contribution of brain or biological reserve and cognitive or neural reserve to outcome after TBI: A meta-analysis (prior to 2015). *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 55, 573-593. doi: 10.1016/j.neubiorev.2015.06.001

- McDonald, B. C., Flashman, L. A. et Saykin, A. J. (2002). Executive dysfunction following traumatic brain injury: Neural substrates and treatment strategies. *NeuroRehabilitation*, 17(4), 333-344.
- Meythaler, J. M., Peduzzi, J. D., Eleftheriou, E. et Novack, T. A. (2001). Current concepts: Diffuse axonal injury–associated traumatic brain injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(10), 1461-1471. doi: 10.1053/apmr.2001.25137
- Michaud, A. et Francœur, M.-C. (2012). *Les aînés du Québec: quelques données récentes*. Famille et aînés Québec.
- Millis, S. R., Rosenthal, M. et Lourie, I. F. (1994). Predicting community integration after traumatic brain injury with neuropsychological measures. *International Journal of Neuroscience*, 79(3-4), 165-167. doi: 10.3109/00207459408986077
- Mitrushina, M., Boone, K. B., Razani, J. et D'Elia, L. F. (2005). *Handbook of normative data for neuropsychological assessment*. Oxford University Press.
- Mitrushina, M. et Satz, P. (1991). Effect of repeated administration of a neuropsychological battery in the elderly. *Journal of Clinical Psychology*, 47(6), 790-801. doi: 10.1002/1097-4679(199111)47:6<790::AID-JCLP2270470610>3.0.CO;2-C
- Miyake, A. et Friedman, N. P. (2012). The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions: Four General Conclusions. *Current directions in psychological science*, 21(1), 8-14. doi: 10.1177/0963721411429458
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. et Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. doi: 10.1006/cogp.1999.0734
- Morand, A., Segobin, S., Viader, F., Eustache, F., Rauchs, G. et Desgranges, B. (2018). Impact des altérations de la substance blanche liées à l'âge sur les performances cognitives: Études en imagerie par tenseur de diffusion. [Impact of age-related alterations of white matter on cognitive performance: A review of DTI studies.]. *Revue*

- de Neuropsychologie, Neurosciences Cognitives et Cliniques*, 10(2), 139-149. doi: 10.1684/nrp.2018.0459
- Moretti, L., Cristofori, I., Weaver, S. M., Chau, A., Portelli, J. N. et Grafman, J. (2012). Cognitive decline in older adults with a history of traumatic brain injury. *The Lancet Neurology*, 11(12), 1103-1112. doi: 10.1016/S1474-4422(12)70226-0
- Morrison, S. et Newell, K. M. (2015). Aging and slowing of the neuromotor system. *Encyclopedia of geropsychology*, 1-12. doi: 10.1007/978-981-287-082-7_230
- Munakata, Y., Herd, S. A., Chatham, C. H., Depue, B. E., Banich, M. T. et O'Reilly, R. C. (2011). A unified framework for inhibitory control. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(10), 453-459. doi: 10.1016/j.tics.2011.07.011
- Nombela, C., Nombela, M., Castell, P., García, T., López-Coronado, J. et Herrero, M. T. (2014). Alpha-theta effects associated with ageing during the Stroop test. *PloS one*, 9(5), e95657. doi: 10.1371/journal.pone.0095657
- Nucci, M., Mapelli, D. et Mondini, S. (2012). Cognitive Reserve Index questionnaire (CRIq): a new instrument for measuring cognitive reserve. *Aging clinical and experimental research*, 24(3), 218-226. doi: 10.3275/7800
- Opdebeeck, C., Martyr, A. et Clare, L. (2016). Cognitive reserve and cognitive function in healthy older people: a meta-analysis. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 23(1), 40-60. doi: 10.1080/13825585.2015.1041450
- O'Sullivan, M., Jones, D. K., Summers, P. E., Morris, R. G., Williams, S. C. R. et Markus, H. S. (2001). Evidence for cortical "disconnection" as a mechanism of age-related cognitive decline. *Neurology*, 57(4), 632. doi: 10.1212/WNL.57.4.632
- Papa, L., Mendes, M. E. et Braga, C. F. (2012). Mild Traumatic Brain Injury among the Geriatric Population. *Current translational geriatrics and experimental gerontology reports*, 1(3), 135-142. doi: 10.1007/s13670-012-0019-0
- Parikh, S., Koch, M. et Narayan, R. K. (2007). Traumatic brain injury. *International anesthesiology clinics*, 45(3), 119-135. doi: 10.1097/AIA.0b013e318078cfe7

- Park, D. C. (2000). The basic mechanisms accounting for age-related decline in cognitive function (*Cognitive aging: A primer*, (p. 3-21). New York, NY, US: Psychology Press.
- Periáñez, J. A., Ríos-Lago, M., Rodríguez-Sánchez, J. M., Adrover-Roig, D., Sánchez-Cubillo, I., Crespo-Facorro, B., . . . Barceló, F. (2007). Trail Making Test in traumatic brain injury, schizophrenia, and normal ageing: Sample comparisons and normative data. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 22(4), 433-447. doi: 10.1016/j.acn.2007.01.022
- Perlstein, W. M., Larson, M. J., Dotson, V. M. et Kelly, K. G. (2006). Temporal dissociation of components of cognitive control dysfunction in severe TBI: ERPs and the cued- Stroop task. *Neuropsychologia*, 44(2), 260-274. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2005.05.009
- Plenger, P., Krishnan, K., Cloud, M., Bosworth, C., Qualls, D. et Marquez de la Plata, C. (2016). fNIRS-based investigation of the Stroop task after TBI. *Brain Imaging and Behavior*, 10(2), 357-366. doi: 10.1007/s11682-015-9401-9
- Rabinowitz, A. R. et Levin, H. S. (2014). Cognitive Sequelae of Traumatic Brain Injury. *Psychiatric Clinics of North America*, 37(1), 1-11. doi: 10.1016/j.psc.2013.11.004
- Ramirez, J., Gao, F. Q. et Black, S. E. (2015). Structural neuroimaging: Defining the cerebral context for cognitive rehabilitation. *Cognitive Neurorehabilitation*, 124-148. doi: 10.1017/CBO9781316529898.011
- Rassovsky, Y., Levi, Y., Agranov, E., Sela-Kaufman, M., Sverdlik, A. et Vakil, E. (2015). Predicting long-term outcome following traumatic brain injury (TBI). *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 37(4), 354-366. doi: 10.1080/13803395.2015.1015498
- Raz, N., Gunning-Dixon, F. M., Head, D., Dupuis, J. H. et Acker, J. D. (1998). Neuroanatomical correlates of cognitive aging: Evidence from structural magnetic resonance imaging. *Neuropsychology*, 12(1), 95-114. doi: 10.1037/0894-4105.12.1.95
- Reitan, R. M. (1955). The relation of the trail making test to organic brain damage. *Journal of consulting psychology*, 19(5), 393. doi: 10.1037/h0044509

- Rojas, N., Laguë-Beauvais, M., Belisle, A., Lamoureux, J., AlSideiri, G., Marcoux, J., . . . Guise, E. d. (2019). Frontal assessment battery (FAB) performance following traumatic brain injury hospitalized in an acute care setting. *Applied Neuropsychology: Adult*, 26(4), 319-330. doi: 10.1080/23279095.2017.1422506
- Ríos, M., Periañez, J. A. et Muñoz-Céspedes, J. M. (2004). Attentional control and slowness of information processing after severe traumatic brain injury. *Brain Injury*, 18(3), 257-272. doi: 10.1080/02699050310001617442
- Satz, P. (1993). Brain reserve capacity on symptom onset after brain injury: A formulation and review of evidence for threshold theory. *Neuropsychology*, 7(3), 273-295. doi: 10.1037/0894-4105.7.3.273
- Serino, A., Ciaramelli, E., Di Santantonio, A., Malagu, S., Servadei, F. et Ladavas, E. (2006). Central executive system impairment in traumatic brain injury. *Brain Inj*, 20(1), 23-32. doi: 10.1080/02699050500309627
- Smith, G. E., Housen, P., Yaffe, K., Ruff, R., Kennison, R. F., Mahncke, H. W. et Zelinski, E. M. (2009). A cognitive training program based on principles of brain plasticity: results from the Improvement in Memory with Plasticity-based Adaptive Cognitive Training (IMPACT) Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 57(4), 594-603. doi: 10.1111/j.1532-5415.2008.02167
- Snow, W., Tierney, M., Zorzitto, M., Fisher, R. et Reid, D. (1988). One-year test-retest reliability of selected neuropsychological tests in older adults. Paper presented to the International Neuropsychological Society, New Orleans.
- Spitz, G., Ponsford, J. L., Rudzki, D. et Maller, J. J. (2012). Association between cognitive performance and functional outcome following traumatic brain injury: A longitudinal multilevel examination. *Neuropsychology*, 26(5), 604-612. doi: 10.1037/a0029239
- Stern, Y. (2002). What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 8(3), 448-460. doi: 10.1017/S1355617702813248

- Stern, Y. (2009). Cognitive Reserve. *Neuropsychologia*, 47(10), 2015-2028. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.03.004
- Stern, Y. (2012). Cognitive reserve in ageing and Alzheimer's disease. *Lancet neurology*, 11(11), 1006-1012. doi: 10.1016/S1474-4422(12)70191-6
- Stern, Y. (2013). Cognitive Reserve: Implications for Assessment and Intervention. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 65(2), 49-54. doi: 10.1159/000353443
- Stuss, D. T. (2006). Frontal lobes and attention: Processes and networks, fractionation and integration. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 12(2), 261-271. doi: 10.1017/S1355617706060358
- Stuss, D. T. (2011). Traumatic brain injury: relation to executive dysfunction and the frontal lobes. *Current Opinion in Neurology*, 24(6), 584-589. doi: 10.1097/WCO.0b013e32834c7eb9
- Stuss, D. T., Ely, P., Hugenholtz, H., Richard, M. T., LaRochelle, S., Poirier, C. A. et Bell, I. (1985). Subtle neuropsychological deficits in patients with good recovery after closed head injury. *Neurosurgery*, 17(1), 41-47. doi: 10.1097/00006123-198507000-00007
- Su, Y. S., Veeravagu, A. et Grant, G. (2016). Neuroplasticity after traumatic brain injury. *Translational Research in Traumatic Brain Injury*, Laskowitz D, Grant G, editors. Boca Raton (FL): CRC Press/Taylor and Francis Group, USA.
- Sumowski, J. F., Chiaravalloti, N., Krch, D., Paxton, J. et DeLuca, J. (2013). Education Attenuates the Negative Impact of Traumatic Brain Injury on Cognitive Status. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94(12), 2562-2564. doi: 10.1016/j.apmr.2013.07.023
- Susman, M., DiRusso, S. M., Sullivan, T., Risucci, D., Nealon, P., Cuff, S., . . . Benzil, D. (2002). Traumatic brain injury in the elderly: increased mortality and worse functional outcome at discharge despite lower injury severity. *J Trauma*, 53(2), 219-223; discussion 223-214. doi: 10.1097/00005373-200208000-00004

- Taylor, C. A., Bell, J. M., Breiding, M. J. et Xu, L. (2017). Traumatic Brain Injury–Related Emergency Department Visits, Hospitalizations, and Deaths — United States, 2007 and 2013. *MMWR Surveillance Summaries*, 66(9), 1-16. doi: 10.15585/mmwr.ss6609a1
- Teasdale, G. et Jennett, B. (1974). Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet*, 2(7872), 81-84.
- Testa, J. A., Malec, J. F., Moessner, A. M. et Brown, A. W. (2005). Outcome After Traumatic Brain Injury: Effects of Aging on Recovery. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(9), 1815-1823. doi: 10.1016/j.apmr.2005.03.010
- Thompson, H. J., McCormick, W. C. et Kagan, S. H. (2006). Traumatic Brain Injury in Older Adults: Epidemiology, Outcomes, and Future Implications. *Journal of the American Geriatrics Society*, 54(10), 1590-1595. doi: 10.1111/j.1532-5415.2006.00894.x
- Thurman, D., Alverson, C., A. Dunn, K., Guerrero, J. et E. Sniezek, J. (2000). Traumatic Brain Injury in the United States: A Public Health Perspective. *The Journal of head trauma rehabilitation*, 14(6), 602-615. doi: 10.1097/00001199-199912000-00009
- Tisserand, D. J., Pruessner, J. C., Sanz Arigita, E. J., van Boxtel, M. P. J., Evans, A. C., Jolles, J. et Uylings, H. B. M. (2002). Regional Frontal Cortical Volumes Decrease Differentially in Aging: An MRI Study to Compare Volumetric Approaches and Voxel-Based Morphometry. *NeuroImage*, 17(2), 657-669. doi: 10.1006/nimg.2002.1173
- Tokutomi, T., Miyagi, T., Ogawa, T., Ono, J.-i., Kawamata, T., Sakamoto, T., . . . Nakamura, N. (2008). Age-associated increases in poor outcomes after traumatic brain injury: a report from the Japan Neurotrauma Data Bank. *Journal of neurotrauma*, 25(12), 1407-1414. doi: 10.1089/neu.2008.0577
- Tombaugh, T. N. (2004). Trail Making Test A and B: Normative data stratified by age and education. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 19(2), 203-214. doi: 10.1016/S0887-6177(03)00039-8

- Tsyben, A., Guilfoyle, M., Timofeev, I., Anwar, F., Allanson, J., Outtrim, J., . . . Helmy, A. (2018). Spectrum of outcomes following traumatic brain injury-relationship between functional impairment and health-related quality of life. *Acta neurochirurgica*, 160(1), 107-115. doi: 10.1007/s00701-017-3334-6
- Van der Linden, M., Seron, X. et Meulemans, T. (2014). L'évaluation des fonctions exécutives. *Traité de neuropsychologie clinique (tome 1)-2ème édition*, 461-497.
- Vance, D. E. et Crowe, M. (2006). A proposed model of neuroplasticity and cognitive reserve in older adults. *Activities, Adaptation & Aging*, 30(3), 61-79. doi: 10.1300/J016v30n03_04
- Vazzana, R., Bandinelli, S., Lauretani, F., Volpato, S., Lauretani, F., Di Iorio, A., . . . Ferrucci, L. (2010). Trail Making Test predicts physical impairment and mortality in older persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 58(4), 719-723. doi: 10.1111/j.1532-5415.2010.02780.x
- Vollmer, D. G., Torner, J. C., Jane, J. A., Sadovnic, B., Charlebois, D., Eisenberg, H. M., . . . Marshall, L. F. (1991). Age and outcome following traumatic coma: why do older patients fare worse? *Special Supplements*, 75(1S), S37-S49.
- Von Holst, H. et Cassidy, J. D. (2004). Mandate of the WHO Collaborating Centre Task Force on Mild Traumatic Brain Injury. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 43 Suppl, 8-10. doi: 10.1080/16501960410023633
- Wadley, V. G., Benz, R. L., Ball, K. K., Roenker, D. L., Edwards, J. D. et Vance, D. E. (2006). Development and evaluation of home-based speed-of-processing training for older adults. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 87(6), 757-763. doi: 10.1016/j.apmr.2006.02.027
- Watson, W. L. et Mitchell, R. (2011). Conflicting trends in fall-related injury hospitalisations among older people: variations by injury type. *Osteoporosis International*, 22(10), 2623-2631. doi: 10.1007/s00198-010-1511-z
- West, R. L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, 120(2), 272-292. doi: 10.1037/0033-2909.120.2.272

- Williams, M. W., Rapport, L. J., Millis, S. R., & Hanks, R. A. (2014). Psychosocial outcomes after traumatic brain injury: Life satisfaction, community integration, and distress. *Rehabilitation psychology, 59*(3), 298. doi: 10.1037/a0037164
- Wood, R. L. et Worthington, A. (2017). Neurobehavioral Abnormalities Associated with Executive Dysfunction after Traumatic Brain Injury. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, 11*(195). doi: 10.3389/fnbeh.2017.00195
- Woods, D. L., Wyma, J. M., Herron, T. J. et Yund, E. W. (2015). The Effects of Aging, Malingering, and Traumatic Brain Injury on Computerized Trail-Making Test Performance. *PLoS ONE, 10*(6), e0124345. doi: 10.1371/journal.pone.0124345
- Xu, B., Sandrini, M., Levy, S., Volochayev, R., Awosika, O., Butman, J. A., . . . Cohen, L. G. (2017). Lasting deficit in inhibitory control with mild traumatic brain injury. *Scientific Reports, 7*(1), 14902. doi: 10.1038/s41598-017-14867-y
- Yokobori, S., Yamaguchi, M., Igarashi, Y., Hironaka, K., Onda, H., Kuwamoto, K., . . . Yokota, H. (2016). Outcome and Refractory Factor of Intensive Treatment for Geriatric Traumatic Brain Injury: Analysis of 1165 Cases Registered in the Japan Neurotrauma Data Bank. *World Neurosurgery, 86*, 127-133.e121. doi: 10.1016/j.wneu.2015.09.105
- Yuh, E. L., Cooper, S. R., Mukherjee, P., Yue, J. K., Lingsma, H. F., Gordon, W. A., . . . Track-Tbi, I. (2014). Diffusion tensor imaging for outcome prediction in mild traumatic brain injury: a TRACK-TBI study. *Journal of neurotrauma, 31*(17), 1457-1477. doi: 10.1089/neu.2013.3171
- Zimmerman, M. E., Brickman, A. M., Paul, R. H., Grieve, S. M., Tate, D. F., Gunstad, J., . . . Gordon, E. (2006). The Relationship Between Frontal Gray Matter Volume and Cognition Varies Across the Healthy Adult Lifespan. *The American Journal of Geriatric Psychiatry, 14*(10), 823-833. doi: 10.1097/01.JGP.0000238502.40963.ac