

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ À

L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN PSYCHOLOGIE

PAR

FRANÇOIS MATHIEU

LES DÉFICITS DE L'ATTENTION CHEZ LES ENFANTS AYANT SUBI UN

TRAUMATISME CRANIO-CÉRÉBRAL LÉGER.

OCTOBRE 1997

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

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

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

Ce document est rédigé sous la forme d'un article scientifique, tel qu'il est stipulé dans les règlements des études avancées (art. 16.4) de l'Université du Québec à Trois-Rivières. L'article a été rédigé selon les normes du protocole de présentation d'une revue reconnue par le comité des études avancées. Le nom du directeur pourrait donc apparaître comme co-auteur de l'article soumis pour publication.

Sommaire

Les effets à long terme (3 mois à 3 ans après l'accident) d'un traumatisme crano-cérébral léger (TCL) sur l'attention sont étudiés chez des enfants âgés de 8 à 15 ans. Quinze sujets ayant subi un TCL ont été comparés à 15 sujets sans atteinte cérébrale. Les deux groupes ont présenté une histoire développementale sans particularité. L'appariement s'est fait selon l'âge, le sexe, le niveau scolaire, le sous-test vocabulaire du WISC-R et le milieu socio-économique. Huit tests ont été administrés: le Stroop modifié, le CHIPASAT, le test d'Annulation 2 et 7 de Ruff, le test des Tracés A & B, le test de Performance continue et trois sous-tests du WISC-R (Arithmétique, Substitution et Répétition de chiffres). Le modèle théorique retenu pour permettre l'analyse des différents types d'attention (focalisée-exécutée, flexibilité mentale, encodage, attention soutenue) est celui de Mirsky et al. (1991). Les enfants TCL ont démontré des résultats inférieurs aux tests d'attention complexes mesurant la flexibilité mentale et au niveau du traitement contrôlé de l'information. Les résultats suggèrent qu'un TCL peut causer des atteintes cérébrales subtiles qui perturbent le fonctionnement cognitif de l'enfant et que ces déficits ne peuvent être démontrés que par des tâches d'attention complexes. Selon le modèle de Mirsky et al. (1991), ces déficits impliqueraient davantage la région cérébrale préfrontale. Ce type d'atteinte cérébrale suggère des répercussions à long terme sur l'intégrité du développement de l'enfant et peut causer des difficultés scolaires et d'adaptation dans l'ensemble des sphères de la vie de l'enfant.

Table des matières

SOMMAIRE.....	iii
REMERCIEMENTS.....	vi
CONTEXTE THÉORIQUE.....	1
Modèle de l'attention.....	5
Problématique.....	8
MÉTHODE.....	9
Attention focalisée-exécutée.....	10
Encodage.....	14
Flexibilité	14
Attention soutenue.....	15
RÉSULTATS.....	15
Mesures de pairage.....	15
Analyses statistiques.....	15
Différences entre les groupes selon les quatre types d'attention.....	16
Attention Focalisée-exécutée.....	16
Encodage.....	17
Flexibilité.....	18
Attention soutenue.....	20
Analyses a posteriori.....	21
Attention focalisée-exécutée.....	21
Encodage.....	23

DISCUSSION.....	23
CONCLUSION.....	30
ABSTRACT.....	32
RÉFÉRENCES.....	33

Remerciements

L'auteur tient à remercier monsieur Pierre Nolin, Ph.D., professeur au Département de psychologie à l'Université du Québec à Trois-Rivières pour l'aide apportée à titre de directeur de mémoire.

L'auteur désire également remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de cette recherche et en particulier les enfants qui ont accepté de participer à cette étude.

CONTEXTE THÉORIQUE

Un million de traumatismes crano-cérébraux (TCC) sont rapportés aux États-Unis chaque année et 70 à 90% de ces derniers sont classés comme étant légers (Culotta, Sementilli, Gerold & Watts, 1996; Koch, Merz & Lynch, 1995; Rimel, Giordani, Bart, Boll & Jane, 1981; Segalowitz & Lawson, 1995). Sur ce million de TCC, près de 375 000 affectent des enfants et la majorité de ces cas sont eux aussi considérés comme étant légers (Bijur, Haslum & Golding, 1990).

Un traumatisme crano-cérébral léger (TCL) est défini comme étant une perturbation du fonctionnement normal du tissu cérébral induit par un coup direct à la tête, une accélération ou une décélération rapide (Beers, 1992). Il peut entraîner ou non une perte de conscience, une courte amnésie rétrograde ou antérograde, une altération de la pensée (confusion ou désorientation) dans les premiers moments suivant l'accident et un déficit neurologique focal transitoire. Par contre, la gravité de la blessure ne doit pas entraîner une perte de conscience de plus de 30 minutes, un Glasgow de 13 à 15 doit être présent lors de l'admission à l'hôpital et la durée de l'amnésie post-traumatique doit être inférieure à 24 heures (Kibby & Long, 1996).

Des controverses existent en regard de l'origine des déficits cognitifs retrouvés chez les personnes ayant subi un TCL. Certains auteurs (Gentilini et al., 1985; Levin et al., 1987) indiquent qu'il peut s'agir de troubles préexistants, alors que d'autres (Beers, 1992; Binder, 1986; Binder & Rattok, 1989; Mariadas, Rao, Gangadhar & Hegde, 1989) croient que les déficits observés sont le résultat de lésions micro-axonales cérébrales. Ces lésions demeurent généralement non

observables par les techniques habituelles de neuroimagerie telles que la tomodensitométrie cérébrale et la résonance magnétique (Koch et al., 1995). D'autres affirment qu'un TCL entraîne un dysfonctionnement électrophysiologique (Ford & Khalil, 1996) ou un dérèglement dans la régulation des neurotransmetteurs cérébraux (Dixon, Taft & Hayes, 1993).

Sur le plan neuropsychologique, un TCL peut engendrer des déficits cognitifs subtils (Beers, 1992; Bohnen, Jolles & Twijnstra, 1992a; Middleton, 1989; Wrightson, McGinn & Gronwall, 1995). Les difficultés d'attention, de concentration et de traitement de l'information sont les problèmes cognitifs les plus retrouvés à la suite d'un TCL (Cicerone, 1996; Gronwall, 1989; Schapiro & Sacchetti, 1993), bien que la majorité des recherches aient porté sur des sujets adultes.

Des déficits d'attention, de traitement de l'information et de mémoire ont été relevés par Levin et al. (1987) dans les jours suivant un TCL. Les résultats demeurent toutefois controversés sur le fait que ces déficits persistent dans le temps (Leininger & Kreutzer, 1992), et plus spécifiquement au delà d'un à trois mois (Dikmen, McLean & Temkin, 1986; Gentilini, Nichelli & Schoenhuber, 1989; Levin et al., 1987). Les études qui ont contrôlé les éléments de pré morbidité tels que les troubles d'apprentissage, les problèmes psychiatriques, les problèmes neurologiques, la présence d'un second traumatisme cérébral et les abus de drogues ou d'alcool ont démontré que les déficits neuropsychologiques disparaissent entre un à trois mois (Dikmen et al., 1986; Gentilini et al., 1985). Par contre, d'autres études ont démontré que des déficits spécifiques de l'attention pouvaient exister.

En effet, Gentilini et al. (1989) ont rapporté des déficits au niveau de l'attention distribuée (flexibilité mentale) persistant jusqu'à cinq mois après le traumatisme. De plus, dans une étude de Ferron (1991), des déficits attentionnels ont été retrouvés spécifiquement à l'égard de l'attention sélective (focalisée-exécutée) et du traitement de l'information entre 10 à 32 mois après le TCL chez des enfants. Dans l'ensemble, plusieurs auteurs s'accordent pour dire qu'il existe des séquelles neuropsychologiques dans les premiers jours ou mois suivant un TCL tandis que le maintien de ces déficits dans le temps n'est pas toujours corroboré (Leininger & Kreutzer, 1992; Maddocks & Saling, 1996).

Gronwall et Wrightson (1974) ont proposé d'analyser les effets d'un TCL selon un modèle de traitement de l'information. En effet, Gronwall (1989) et Wrightson et al. (1995) ont mis en évidence que des déficits au niveau de l'attention peuvent persister plusieurs mois à la suite d'un TCL chez les adultes. Selon eux, le principal dysfonctionnement inhérent à un TCL serait un ralentissement de la capacité du traitement de l'information, en terme de quantité et de vitesse, en raison d'une atteinte cérébrale diffuse causée par le traumatisme léger (Beers, 1992; Gronwall, 1989).

La controverse liée à l'existence de déficits suite à un TCL se retrouve également dans les études réalisées chez les enfants. Ainsi, certains auteurs (Bijur et al., 1990; Winogren, Knights & Bawden, 1984) ont rapporté qu'un TCL n'a peu ou pas de conséquences à long terme pouvant affecter la performance scolaire des enfants. Néanmoins, d'autres recherches (Gulbrandsen, 1984; Ferron, 1991; Wrightson et al., 1995) qui comparent les enfants ayant subi un TCL avec des

enfants sans atteinte cérébrale indiquent qu'un TCL peut avoir des effets persistants sur leurs capacités cognitives et sur leur performance scolaire.

Selon Beers (1992), Murray, Shum et McFarland (1992), un déficit de l'attention peut avoir un effet néfaste sur le développement de l'enfant. Pourtant, peu d'études ont essayé d'identifier ou de décrire la nature du déficit de l'attention chez les enfants (Beers, 1992). Par ailleurs, il a longtemps été inféré que les enfants récupèrent mieux d'un traumatisme cérébral que les adultes (Ylvisaker, 1989). Des études tendent cependant à reconnaître le contraire. Les enfants seraient même désavantagés en raison de l'aspect développemental des fonctions cognitives (Middleton, 1989). Ainsi, un TCL pourrait avoir un impact important sur le développement de l'enfant et sur ses interactions avec sa famille (Shapiro & Sacchetti, 1993).

Barth et al. (1983) et Boll (1983) recommandent d'étudier l'attention et la concentration de manière plus exhaustive et ce, plus particulièrement chez les enfants ayant subi un TCL. Dans la même lignée, Beers (1992) déplore qu'il n'y ait pas eu d'étude spécifique sur les conséquences d'un TCL sur l'attention des enfants par rapport aux nombreuses études menées chez l'adulte. En raison du déficit dans la capacité du traitement de l'information, Boll (1983) stipule que les enfants ayant subi un TCL ont des problèmes au niveau de l'apprentissage sous des conditions complexes, lorsqu'ils doivent fonctionner efficacement dans des situations nouvelles et lorsqu'ils doivent composer avec des situations stressantes.

Les propos de Boll (1983) supportent l'idée que les séquelles d'un TCL ne peuvent être démontrées que si les tâches d'attention utilisées sont suffisamment

sensibles, complexes, cognitivement exigeantes et réalisées sous la pression du temps (Bohnen et al., 1992a; Batchelor, Harvey & Bryant, 1995; Cicerone, 1996; Leininger & Kreutzer, 1992). Le "Paced Auditory Serial Addition Task" (PASAT) (Gronwall & Wrightson, 1974), une version modifiée du "Stroop Color Word Test" (Bohnen et al., 1992a) et une version modifiée du test d'Annulation 2 et 7 de Ruff (Cicerone, 1996), requérant tous les trois un traitement rapide de l'information et de la flexibilité mentale, ont d'ailleurs démontré une grande sensibilité pour détecter des déficits subtils suite à un TCL chez les adultes.

Mirsky, Anthony, Duncan, Ahearn & Kellam (1991) suggèrent qu'il ne faut pas aborder l'attention en terme de concept global. Les études de Gentilini et al. (1985; 1989) illustrent bien cette affirmation. Une première étude (Gentilini et al., 1985) a démontré que des adultes ayant subi un TCL ne démontraient pas de difficulté significative aux mesures globales de l'attention. Par contre, dans une deuxième étude, des différences significatives ont été mises en évidence lorsque différents aspects de l'attention (sélective, soutenue, divisée et distribuée) ont été explorés (Gentilini et al., 1989). L'étude des troubles découlant d'un TCL doit donc se faire en tenant compte d'un modèle reposant sur l'existence de différents types d'attention et sur des instruments de mesure suffisamment sensibles.

Modèle de l'attention

Afin d'étudier la nature des problèmes de l'attention, le modèle de Mirsky et al. (1991) a été retenu pour cette recherche. Ce modèle n'a jamais été utilisé pour étudier les séquelles d'un TCL sur l'attention. Il a été vérifié auprès de 203 adultes et 403 enfants de niveau élémentaire (Mirsky et al., 1991). Dans ce modèle, chacun

des tests mesurant chaque type d'attention a été identifié à l'aide d'une analyse factorielle. Mirsky et al. (1991) en sont venus à la conclusion que l'attention peut être vue comme un traitement de l'information impliquant quatre éléments indépendants. De plus, ce modèle associe des régions cérébrales spécifiques à chacune des composantes de l'attention.

Un premier type d'attention est appelé l'attention focalisée-exécutée. Il se représente par l'habileté à sélectionner une cible parmi plusieurs pour en bonifier le traitement. C'est une habileté visuo-perceptive qui permet de balayer visuellement des stimuli et de viser une cible rapidement et efficacement. La fonction focalisée est supportée par les régions corticales temporales supérieures et pariétales inférieures et par le striatum. La fonction d'exécution est dépendante de l'intégrité du cortex pariétal inférieur et des régions du corps strié (Mirsky et al., 1991).

Le deuxième type d'attention de ce modèle correspond à l'encodage. Cet aspect a été ajouté au modèle *a posteriori* afin d'inclure le sous-test arithmétique et répétition des chiffres du WISC-R, car ces derniers n'appartaient pas, après expérimentation, aux trois éléments de l'attention énoncés *a priori*. Cet élément de l'attention requiert un enregistrement séquentiel, un rappel et une manipulation mentale d'informations numériques. Ce type d'attention dépendrait de l'hippocampe et de l'amygdale (Mirsky et al., 1991).

Le troisième type d'attention est la flexibilité mentale. C'est l'habileté de changer son "focus" de manière flexible et adaptative pour passer d'un aspect particulier de l'environnement à un autre aspect. Mirsky et al. (1991) rejoignent la définition de l'attention alternative de Sohlberg et Mateer (1989). Ce type

d'attention est localisé dans la région du cortex préfrontal dorsolatéral (Mirsky et al., 1991).

Le dernier type d'attention est l'attention soutenue représentant la capacité de maintenir le "focus" et l'état d'alerte ou de vigilance dans le temps. Le fait de pouvoir maintenir un "focus" dépend de l'intégrité des structures rostrales du mésencéphale incluant la formation réticulaire, le tectum et les régions mésopontines, de même que d'autres structures du tronc cérébral et du thalamus (Mirsky et al., 1991).

Pour bien comprendre la problématique de cette recherche, il est important de mentionner que lorsque le cerveau reçoit trop d'informations, il les traite soit de manière automatique ou soit de manière contrôlée (Schneider & Shiffrin, 1977). Toutes les informations sont traitées d'emblée de manière automatique et inconsciente. Ainsi la personne fait appel à ses apprentissages antérieurs. Par contre, si la personne devient incapable de composer avec l'intensité de l'information à traiter, surtout dans les situations nouvelles, le système de traitement contrôlé de l'information est activé. Dès lors, la personne utilise son attention pour bonifier sa capacité à traiter l'information. Celle-ci demeure tributaire d'un cerveau sans atteinte cérébrale (Johnson, Roethig-Johnston & Middleton, 1988). Enfin, on doit tenir compte des différences individuelles, car les limites de l'attention peuvent être représentées en terme d'un réservoir unique de capacités (Kahneman, 1973).

Problématique

Trois objectifs ont été ciblés pour cette recherche. L'objectif premier est de vérifier s'il existe une différence significative entre les enfants TCL et les enfants sans atteinte cérébrale, en ce qui concerne les résultats aux tests neuropsychologiques mesurant l'attention trois mois ou plus après le traumatisme. De plus, cette recherche vise à examiner la nature du déficit de l'attention à la suite d'un TCL à l'aide du modèle de Mirsky et al. (1991). Finalement, des analyses seront exécutées *a posteriori* afin d'évaluer la capacité des tests simples d'attention versus les tests complexes pour discriminer les sujets expérimentaux et les sujets témoins.

Les trois objectifs permettent de vérifier les hypothèses de travail relevées dans la revue des écrits scientifiques:

- (1) Un TCL ayant pour effet de diminuer la performance des sujets aux tests d'attention, les sujets TCL prendront plus de temps et feront plus d'erreurs que les sujets sans atteinte cérébrale.
- (2) La flexibilité mentale sera le type d'attention le plus touché à la suite d'un TCL.
- (3) Les tests complexes d'attention requérant un plus grand effort mental seront ceux qui discrimineront le mieux les deux groupes.

MÉTHODE

Les sujets rencontrés dans le cadre de cette recherche ont été recrutés par le biais des archives médicales du Centre Hospitalier Régional de Trois-Rivières. Ils ont été sélectionnés parmi 100 dossiers médicaux faisant état d'un diagnostic de TCL ou de commotion cérébrale. Un triage a été effectué en prenant soin d'éliminer les enfants ayant des antécédents de traumatismes, des complications médicales et des problèmes d'intoxication. Quarante et un dossiers furent retenus et, de ce nombre, 24 sujets ont accepté de participer à l'expérimentation. Une histoire de cas exhaustive a été réalisée pour les deux groupes de sujets (TCL, témoin) pour éliminer toutes les composantes pré morbides qui auraient pu influencer les résultats de l'évaluation neuropsychologique [déficit de l'attention/ hyperactivité, retard de développement ou déficience intellectuelle, prématûrité, troubles d'apprentissage, problèmes familiaux graves (divorce ou abus), troubles de comportement]. Suite à celle-ci, 15 sujets du groupe expérimental (TCL) furent gardés pour la recherche. Les sujets retenus devaient avoir un Glasgow de 13 à 15 lors de l'admission à l'hôpital, une amnésie post-traumatique n'excédant pas 24 heures, une perte de conscience inférieure à 30 minutes ou aucune perte de conscience. Les résultats aux examens neurologiques (tomographie cérébrale, radiographie du crâne et électroencéphalogramme) ne révélaient aucune anomalie chez les sujets ayant passé un tel type d'examen au moment de leur traumatisme. Le temps écoulé depuis le TCL variait de 3 à 35 mois ($M = 15.27$, $ET = 11.35$). Les 15 sujets retenus furent appariés avec 15 autres enfants formant le groupe témoin selon le sexe (6 filles et 9 garçons), l'âge, le niveau scolaire, le milieu socio-économique et le résultat au

sous-test vocabulaire du WISC-R. Le sous-test vocabulaire a été sélectionné, car il permet d'estimer rapidement le potentiel cognitif global du sujet (Johnson et al., 1988). Les sujets expérimentaux ont proposé des sujets contrôles parmi la famille, des amis ou des camarades de classe ("case control pairing"), selon les critères de paireage de chacun. Le tableau 1 indique les données biographiques des sujets ayant subi un TCL. Enfin, la séquence d'administration des tests a été alternée de manière aléatoire pour éviter l'effet cumulatif de la passation.

Les épreuves expérimentales sont regroupées selon les quatre types d'attention présentés dans le modèle de Mirsky et al. (1991). Les tests sont identiques à ceux utilisés par les auteurs de ce modèle sauf pour le "Talland letter cancellation test" et le "Wisconsin card sorting test" qui ont été remplacés respectivement par le test d'Annulation 2 et 7 et le CHIPASAT.

Le tableau 2 présente une synthèse des différents tests neuropsychologiques utilisés dans le cadre de la présente recherche.

Attention focalisée-exécutée

Pour évaluer l'attention focalisée-exécutée, le test d'Annulation 2 et 7 (Ruff, Hendrick & Allen, 1992) a été choisi. Ce test papier-crayon consiste à biffer les chiffres 2 et 7 dans deux conditions. Dans la première condition, les chiffres 2 et 7 sont parmi d'autres chiffres et dans la seconde condition, ils sont parmi des lettres (Cicerone, 1996). Ces deux conditions permettent d'évaluer deux types de traitement d'information: contrôlé ou automatique (Schneider & Shiffrin, 1977). Ce test mesure trois choses: la vitesse de traitement de l'information basée sur le

Tableau 1

Données biographiques des sujets TCL

Sujet	Sexe	Âge lors de l'évaluation (année; mois)	Temps écoulé depuis le TCL (mois)	GCS
1	F	11; 11	28	13
2	F	11; 08	7	14
3	M	7; 10	5	15
4	F	9; 11	21	15
5	M	13; 03	7	15
6	M	8; 11	7	13
7	F	14; 00	18	13
8	M	14; 05	3	13
9	M	9; 07	7	14
10	M	9; 07	22	13
11	F	16; 00	7	13
12	M	9; 03	35	15
13	F	10; 06	27	14
14	M	11; 05	3	15
15	M	10; 08	32	14

Note: GCS: échelle de coma de Glasgow à l'admission à l'hôpital;

M: masculin; F: féminin.

Tableau 2

Modèle de l'attention de Mirsky et al. (1991) et liste des tests utilisés

Types d'attention	Tests utilisés
Focalisée-exécutée	Test d'Annulation 2 et 7 Tracés A & B Substitution (WISC-R) Stroop modifié
Encodage	Répétition de chiffres (WISC-R) Arithmétique (WISC-R)
Flexibilité	CHIPASAT
Soutenue	Test de Performance continue

nombre total de bonnes réponses dans un temps limité, la justesse de la réponse à l'aide d'un ratio (total de bonnes réponses - total des erreurs / total de bonnes réponses) et finalement le style de traitement composé d'un ratio (bonnes réponses - erreurs) pour la condition où il y a des lettres divisé par l'autre condition (bonnes réponses - erreurs) où il y a des chiffres. Ce ratio indique une moyenne à l'égard

du traitement contrôlé versus automatique. Un ratio plus grand que 1.0 suggère un traitement plus automatique (Ciceronne, 1996). Ruff et al. (1986) ont démontré que les adultes sans atteinte cérébrale étaient significativement plus lents dans les conditions de traitement contrôlé qu'automatique (Ciceronne, 1996).

Le test des Tracés (Trail making test) fait parti de la batterie d'évaluation neuropsychologique de Halstead-Reitan (Reitan & Davidson, 1974). Il requiert du sujet l'habileté de relier dans l'ordre les chiffres (partie A) et de joindre de manière alternative des lettres et des chiffres (partie B).

Le sous-test Substitution du test d'intelligence pour enfants de Wechsler sous sa forme révisée (WISC-R) a été utilisé pour évaluer l'attention focalisée-exécutée. Dans cette tâche le sujet doit inscrire des formes géométriques simples en dessous des chiffres selon un code.

Le test de Stroop est constitué de trois planches de 21x29,5 cm. Sur chaque planche, il y a 10 lignes avec 10 items par ligne. Ce test mesure la vitesse avec laquelle les noms de 100 couleurs (rouge, vert et bleu) sont lus (sous-test I) et la vitesse avec laquelle sont dénommés 100 carrés de couleurs (rouge, vert et bleu) (sous-test II). Dans le sous-test III, le sujet doit dénommer la couleur du mot sans le lire. Les lettres sont imprimées en couleur conflictuelle (ex. le mot rouge est imprimé en bleu). La mesure d'interférence est calculée en soustrayant le temps pris à la planche III du temps pris à la planche II.

Dans la planche IV, il y a 20 petits encadrés autour de mots pris au hasard. Les instructions données aux sujets ont été les mêmes que pour la planche III sauf

que les sujets devaient lire le mot au lieu de dénommer la couleur, lorsque le mot était encadré. Cela demande au sujet d'alterner entre le fait de nommer la couleur du mot et de lire le mot (flexibilité mentale). Cette condition fut ajoutée par Bohnen et al. (1992) pour rajouter un autre type d'interférence et ainsi augmenter la complexité de la tâche. La mesure d'interférence est calculée en soustrayant le temps pris à la planche IV du temps pris à la planche II. Tous les sujets devaient performer le plus rapidement et le plus précisément possible. Enfin, la planche II a été administrée avant la planche I pour augmenter la difficulté lors de la passation des planche III et IV tel que proposé par Kaplan (1993).

Encodage

Les sous-tests Répétition de chiffres et Arithmétique (WISC-R) ont servi à mesurer ce type d'attention. Ils impliquent un traitement séquentiel de rappel de l'information auditive de la part du sujet et des habiletés arithmétiques.

Flexibilité

Gronwall et Wrightson (1974) ont développé le PASAT. Ce test audito-verbal mesure la vitesse et l'efficience du traitement contrôlé de l'information (Johnson et al., 1988; Dyche & Johnson, 1991). Le sujet doit porter son attention sur les entrées auditives, répondre verbalement et inhiber l'encodage de la réponse pendant qu'il se concentre sur le prochain stimulus de la série de chiffres. Une version pour enfant a été réalisée par Johnson et al. (1988). Ce test consiste à écouter un enregistrement de chiffres consécutifs présentés en 5 essais. Il y a 61 chiffres par essai qui sont présentés à des vitesses de 2.8, 2.4, 2.0, 1.6 et 1.2 secondes

d'intervalles entre les chiffres. Le sujet doit additionner chaque paire de chiffres consécutifs et il doit donner immédiatement la réponse verbalement.

Attention soutenue

Le test de Performance continue évalue les atteintes cérébrales (Mirsky et al., 1991). Les sujets doivent regarder sur un écran d'ordinateur une cible pendant une période de 7 à 10 minutes et presser un bouton lorsque la lettre "X" ou le "X" suivi de la lettre "A" apparaît à l'écran. Ce test mesure le maintien de l'attention.

RÉSULTATS

Mesures de pairage

Le tableau 3 permet de constater qu'il n'existe aucune différence significative entre le groupe expérimental et le groupe témoin en ce qui concerne l'âge [$t(28) = -0.10; p > 0.05$], le sous-test vocabulaire du WISC-R [$t(28) = -0.06; p > 0.05$] et la scolarité [$t(28) = 0.14; p > 0.05$]. Ces deux groupes sont homogènes en ce qui a trait à ces variables.

Analyses statistiques

Des analyses de type paramétrique ont pu être utilisées après vérification auprès des distributions de fréquence des résultats. Ainsi, les *test-t* et les analyses de variance multivariées (MANOVA) ont permis la comparaison des groupes en ce qui concerne les différentes variables de la présente recherche. Les résultats (moyenne

et écart-type) des deux groupes sont présentés dans les tableaux 4 à 7 pour chacune des variables en les regroupant selon les quatre types d'attention.

Tableau 3

Moyenne (écart-type) pour l'âge, le vocabulaire et la scolarité des enfants TCL et du groupe témoin

Groupe	n	Âge		Vocabulaire		Scolarité	
		M	ÉT	M	ÉT	M	ÉT
TCL	15	11.26	2.30	12.13	2.77	5.53	2.62
Témoin	15	11.34	2.09	12.20	3.05	5.40	2.50

Différences entre les groupes selon les quatre types d'attention

Attention focalisée-exécutée

Les résultats pour l'attention focalisée-exécutée sont présentés dans le tableau 4. Des *test-t* indiquent qu'il existe des différences significatives en ce qui a trait au score "justesse" du test d'Annulation 2 et 7 [$t(28) = -2.32; p < 0.05$], au temps global pris pour compléter les quatre planches du test de Stroop [$t(28) = 2.60; p < 0.05$] et aux erreurs totales pour les quatre planches du test de Stroop [$t(28) = 2.41; p < 0.05$].

Tableau 4

Résultats des sujets des groupes TCL et témoin aux tests mesurant l'attention focalisée-exécutée

Variables	Groupe TCL		Groupe témoin	
	M	ÉT	M	ÉT
Substitution	11.67	3.02	13.58	2.88
2 et 7 (vitesse)	202.67	39,62	212.93	51.40
2 et 7 (justesse)	89.29	4.20	92.93	4.40*
2 et 7 (traitement)	1.55	0.25	1.50	0.31
Tracé A	16.47	7.46	14.93	4.59
Tracé B	35.27	11.18	32.87	14.51
Stroop (temps)	121.85	27.66	99.65	18.17*
Stroop (erreurs totales)	5.02	2.50	3.23	1.40*

* valeur significative à $p < 0,05$

Encodage

Le tableau 5 présente les résultats pour les analyses de *test-t* effectuées pour l'encodage. Les résultats indiquent une différence significative au score pondéré du sous-test répétition de chiffres du WISC-R [$t(28) = -2.17; p < 0.05$].

Tableau 5

Résultats des sujets des groupes TCL et témoin aux tests mesurant l'encodage

Variables	Groupe TCL		Groupe témoin	
	M	ÉT	M	ÉT
Répétition de chiffres	9.20	1.57	11.07	2.94*
Arithmétique	11.93	2.76	12.47	2.39

* valeur significative à $p < 0,05$

Flexibilité

Une première MANOVA a été réalisée sur les résultats du CHIPASAT mesurant le nombre de bonnes réponses pour les cinq essais avec mesure répétée sur le facteur essai (1 à 5) (Tableau 6). Une différence significative est notée entre les deux groupes [$F(1,28) = 5.49; p < 0.05$]. On remarque aussi un effet lié au facteur essai [$F(4,25) = 50.60; p < 0.001$]. Cependant, il n'y a pas d'effet d'interaction entre les deux facteurs [$F(4,25) = 1.62; p > 0.05$].

Une seconde MANOVA a été faite sur les résultats du CHIPASAT mesurant le nombre de bonnes réponses sans interruption (séquence) avec mesure répétée sur le facteur essai (1 à 5) (Tableau 6). De nouveau, une différence significative est remarquée entre les deux groupes [$F(1,28) = 4.71; p < 0.05$]. On remarque aussi

un effet lié au facteur essai [$F(4,25) = 6.76; p < 0.001$]. Enfin, il n'y a pas d'effet d'interaction entre les deux facteurs [$F(4,25) = 1.62; p > 0.05$].

Tableau 6

Résultats des sujets des groupes TCL et témoin au test mesurant la flexibilité

Variables	Groupe TCL		Groupe témoin	
	M	ÉT	M	ÉT
Bonne réponses:				
CHIPASAT essai 1	35.27	8.84	40.67	13.55
CHIPASAT essai 2	31.33	9.10	38.00	10.84
CHIPASAT essai 3	25.27	5.15	34.60	12.06
CHIPASAT essai 4	19.00	6.81	28.00	10.18
CHIPASAT essai 5	14.33	4.39	20.27	8.61
Séquence:				
CHIPASAT essai 1	8.67	4.12	17.07	17.00
CHIPASAT essai 2	7.80	6.21	14.33	13.81
CHIPASAT essai 3	4.53	1.89	11.00	10.64
CHIPASAT essai 4	2.80	1.32	7.33	6.86
CHIPASAT essai 5	1.13	1.39	4.07	4.76

Attention soutenue

Le tableau 7 présente les résultats pour les analyses de *test-t* effectuées pour l'attention soutenue. Les résultats n'indiquent pas de différence significative entre les deux groupes en ce qui concerne ces variables.

Tableau 7

Résultats des sujets des groupes TCL et témoin au test mesurant l'attention soutenue

Variables	Groupe TCL		Groupe témoin	
	M	ÉT	M	ÉT
Bonnes réponses "X"	34.69	0.59	34.25	1.65
Fausse détection "X"	1.72	1.11	2.47	1.72
Moyenne du TR "X"	526.88	30.99	506.56	37.20
Bonne réponses "AX"	32.09	2.66	31.78	3.63
Fausses détections "AX"	3.66	1.90	4.06	3.43
Moyenne du TR "AX"	391.56	159.41	398.13	79.87

Analyses a posteriori

Des analyses ont été effectuées pour plusieurs des tests afin de vérifier la troisième hypothèse.

Attention focalisée-exécutée

Une analyse plus exhaustive des résultats obtenus grâce aux *test-t* suggèrent que c'est le nombre d'erreurs qui discrimine le mieux les deux groupes de cette recherche au test d'Annulation 2 et 7. En effet, les analyses précédentes ont démontré que les enfants ayant subi un TCL font plus d'erreurs [$t(28) = -2.32; p < 0.05$] que les enfants sans atteinte cérébrale. En regardant davantage la nature des erreurs, on constate qu'elles sont faites au niveau de la condition où le sujet doit biffer le 2 et le 7 parmi des chiffres [$t(28) = 2.46; p < 0.05$]. On ne retrouve pas de différence significative en ce qui concerne le nombre de bonnes réponses [$t(28) = -0.61; p > 0.05$]. Ceci suggère que les sujets TCL éprouvent plus de difficultés à la mesure des processus contrôlés que celles des processus automatiques.

La même observation est notée lorsque l'on vérifie le nombre d'erreurs exécutées lors de la passation des Tracés A et B. En effet, le nombre d'erreurs du Tracé B permet de bien discriminer les deux groupes [$t(28) = 2.27; p < 0.05$]. Alors que ce n'est pas le cas pour le Tracé A. Les sujets TCL ont donc davantage de difficultés dans la partie du test exigeant une plus grande décentration mentale.

Les analyses précédentes ont démontré des différences significatives entre les groupes à l'égard de la moyenne des résultats obtenus aux quatre planches du

Stroop. Or, les analyses réalisées séparément sur le nombre de mauvaises réponses et sur le temps pris pour chacune des quatre planches au Stroop démontrent que les résultats à la planche 1 [$t(28) = 1.13; p > 0.05$][$t(28) = 1.25; p > 0.05$] et à la planche 2 [$t(28) = 1.44; p > 0.05$][$t(28) = 1.53; p > 0.05$] ne sont pas significatifs. Cependant, l'analyse des planches les plus difficiles met en relief des différences significatives. Les résultats de la planche 3 sont significatifs à l'égard du temps [$t(28) = 2.50; p < 0.05$] tout comme ceux de la planche 4 [$t(28) = 2.93; p < 0.01$]. Il est à noter que la planche 4 est plus difficile à exécuter que la planche 3. En ce qui concerne les erreurs totales pour les planches les plus difficiles, la planche 3 est non-significative [$t(28) = 1.77; p > 0.05$], mais la planche 4 est significative [$t(22.13) = 2.28; p < 0.05$].

Une analyse plus poussée des résultats obtenus au test de Stroop permet de souligner que les scores d'interférence font ressortir des différences significatives entre les groupes. Le score d'interférence de la planche III [$t(18.65) = 2.64; p < 0.05$] est significatif et le score de la planche IV [$t(28) = 3.17; p < 0.01$] l'est encore plus. La différence significative entre les groupes notée au score global du test de Stroop provient donc des planches plus complexes du test qui exigent une meilleure résistance à l'interférence et de la flexibilité mentale.

De façon générale, les analyses a priori ont suggéré qu'il y avait peu de différences significatives entre les deux groupes au niveau de l'attention focalisée-exécutée. Cependant, à l'aide d'analyses plus discrètes, il est possible d'enrichir nos interprétations. En effet, en comparant les parties plus faciles des tests aux parties plus exigeantes cognitivement, c'est-à-dire qui font davantage appel à des

notions de flexibilité mentale / traitement contrôlé de l'information, plutôt qu'à une composante d'attention sélective (focalisée-exécutée), les résultats sont alors nettement significatifs.

Encodage

L'analyse a posteriori des deux composantes du sous-test de Répétition de chiffres du WISC-R indique que seule la composante à rebours est significative [$t(28) = -2.53; p < 0.05$]. Cette analyse démontre donc que la différence entre les groupes est attribuable à la partie du test qui est la plus difficile. Cette partie du test exige que le sujet soit capable de rotation mentale des chiffres. Ce qui correspond à la flexibilité mentale plutôt qu'un simple encodage requis par le rappel à l'endroit.

Le TCL semble jouer surtout sur la flexibilité mentale et sur le traitement contrôlé de l'information et il est de plus important de ne pas se limiter aux scores globaux des épreuves.

DISCUSSION

Le principal résultat de cette recherche est qu'une atteinte cérébrale mineure entraîne un problème de flexibilité mentale chez les enfants et que ce problème peut s'étendre sur une période allant de 3 mois à 3 ans après le traumatisme. Ceci est en accord avec la recherche de Gentilini et al. (1989) qui avait dénoté un déficit spécifique au niveau de l'attention distribuée (flexibilité mentale) 5 mois après le TCL chez l'adulte. De plus, cette recherche corrobore celle de Cicerone (1996) qui avait démontré que les personnes ayant subi un TCL performent moins bien aux

tâches d'attention qui demandent de traiter et de répondre à plus d'une tâche à la fois (flexibilité mentale). Les sujets avaient été testés de 6 à 30 mois après leur TCL.

Certains auteurs (Dikmen et al., 1986; Gentilini et al., 1985) ont démontré que les déficits neuropsychologiques disparaissaient un à trois mois après le TCL. Dans cette recherche, des troubles d'attention (flexibilité mentale) persistent après une période de plus de 3 mois suivant le traumatisme. Dès lors, les résultats de cette recherche appuient les travaux de Boll (1983), Gulbrandsen (1984), Ferron (1991) et Wrightson et al. (1995) qui suggèrent qu'un déficit du traitement de l'information et de l'attention peut persister plusieurs mois après un TCL chez les enfants.

Compte tenu des résultats de cette recherche, on constate que les sujets ayant subi un TCL commettent plus d'erreurs que les sujets du groupe témoin. Les tests du Tracé B, le Stroop modifié et le test d'Annulation 2 et 7 appuient cette affirmation. Les premières parties du test des Tracés et du test de Stroop sont bien réussies. Par contre, dans les parties plus complexes, la performance diminue et les sujets éprouvent plus de difficultés. Le nombre élevé d'erreurs peut être vu comme un indice d'impulsivité. Les sujets TCL auraient tendance à miser sur la vitesse plutôt que sur la précision.

Au Stroop, ils font plus d'erreurs et utilisent plus de temps que les sujets du groupe témoin. Ce qui peut laisser croire que les sujets TCL ont plus de difficultés à inhiber la réponse de lecture au lieu d'évoquer la couleur. Cela peut indiquer chez le sujet TCL des lacunes à l'égard de l'attention focalisée-exécutée (attention sélective). De plus, le nombre d'erreurs plus élevé peut être interprété comme un

ralentissement du traitement adéquat de l'information. Les sujets TCL auraient besoin de plus de temps pour arriver à la même performance que les sujets sans atteinte cérébrale.

En ce qui concerne le test d'Annulation 2 et 7, les sujets du groupe expérimental et du groupe témoin n'ont pas démontré de différence significative à l'égard de la vitesse de traitement basée seulement sur le nombre de bonnes réponses dans un temps donné. Cependant, si on tient compte de la précision, les sujets TCL performent moins bien. Le style de traitement préféré pour les deux groupes expérimentaux est le traitement automatique et ils ne démontrent pas de différence à ce niveau. On remarque que les erreurs des sujets TCL au test d'Annulation 2 et 7 sont commises lorsque le traitement est fait parmi les chiffres au lieu des lettres. La condition des chiffres est plus difficile, car le sujet doit biffer les 2 et les 7 parmi des chiffres au lieu de lettres, ce qui nécessite un traitement contrôlé. Dès lors, les sujets doivent activer le traitement contrôlé pour pouvoir composer avec l'intensité de l'information à traiter. Celui-ci semble déficitaire, car le groupe témoin performe mieux. Le traitement contrôlé demeure tributaire d'un cerveau sans atteinte cérébrale (Johnson et al., 1988). Cela pourrait corroborer l'hypothèse d'un déficit de l'attention dans les tâches complexes.

Les résultats de la présente recherche appuient les études de Boll (1983) et Beers (1992) qui prônent l'utilisation de tests complexes pour détecter les déficits subtils à la suite d'un TCL. Le sous-test modifié du Stroop démontre bien cet aspect. Ce sous-test augmente la complexité de la tâche et les sujets TCL performent moins bien qu'au sous-test original du Stroop. Ce sous-test demande de l'attention

focalisée-exécutée et de plus le sujet doit faire preuve de flexibilité mentale pour diriger son attention (Bohnen et al., 1992a). Le CHIPASAT est un autre test complexe qui requiert une grande capacité de flexibilité mentale et qui exige l'intégrité du traitement contrôlé de l'information . De plus, à l'égard de ce test on remarque aussi que les sujets TCL ont beaucoup plus de difficultés à maintenir le rythme au niveau de la séquence d'addition des chiffres que les sujets sans atteinte cérébrale.

Le CHIPASAT et le Stroop modifié demandent plus d'efforts de la part des sujets et cela permet de mettre en évidence certains problèmes cognitifs que les sujets TCL peuvent rencontrer lorsqu'ils devront composer avec des tâches complexes ou lorsqu'ils devront performer sous la pression du temps. Les enfants ayant subi un TCL peuvent performer normalement dans des tâches quotidiennes ou simples ou lorsque l'on permet qu'ils n'exécutent qu'une tâche à la fois (Boll, 1983; Beers, 1992). Ainsi, leurs déficits peuvent passer inaperçus.

Le sous-test modifié du Stroop et le CHIPASAT permettent de tester plus adéquatement les limites des sujets. Tandis que les tests d'attention habituellement utilisés, comme les sous-tests du WISC-R ou le test du Tracé A, ne sont pas assez difficiles ou pas suffisamment sensibles pour détecter un problème d'attention subtil.

Les sous-tests Substitutions, Répétition de chiffres et Arithmétique de la triade attentionnelle du WISC-R ne sont pas aussi sensibles que l'on pouvait s'y attendre pour détecter une atteinte cérébrale mineure. En effet, il n'y a que la Répétition de chiffres qui discrimine les deux groupes et seulement lorsque le sujet doit répéter les

chiffres à rebours. Cela va à l'encontre des résultats de Ferron (1991) qui avait trouvé des résultats significatifs à ces trois sous-tests. Ces résultats pourraient être expliqués par le fait que les sous-tests Substitution et Arithmétique ne sont pas suffisamment sensibles pour détecter une atteinte mineure au cerveau longtemps après le traumatisme.

Les résultats supportent également les hypothèses de Bohnen et al. (1992a) et de Cicerone (1996) selon lesquelles les épreuves faisant appel à un plus haut niveau de traitement sont celles qui discriminent le mieux les individus de cette population. Les enfants ayant subi un TCL semblent conserver un fonctionnement satisfaisant au niveau des mesures simples d'attention qui font surtout référence à l'attention focalisée-exécutée, à l'encodage et à l'attention soutenue du modèle de Mirsky et al. (1991). Par contre, les tâches plus complexes laissent voir des problèmes de décentration, de sensibilité à l'interférence et d'attention divisée à la suite d'un TCL. À preuve, dans le modèle de Mirsky et al. (1991), ce sont les tâches d'attention faisant appel à la flexibilité mentale qui sont particulièrement sensibles à ce type d'atteinte cérébrale.

D'autre part, Gronwall (1989) a suggéré que le dysfonctionnement du système de contrôle attentionnel pouvait réduire la capacité à traiter de l'information après un traumatisme crânio-cérébral. Les personnes ayant subi un TCC éprouvent fréquemment de la difficulté avec leur attention lorsqu'elles doivent composer avec plus d'un item d'information en même temps. Les enfants TCL semblent être plus lents, plus facilement distraits et inattentifs, car ils doivent déployer plus d'effort pour traiter l'information. Par contre, Chadwick (1985) conclut qu'il n'y a pas de

dysfonctionnement de l'attention, mais plutôt qu'il y a moins d'attention disponible dû au fait qu'il y a une augmentation du temps pris pour traiter l'information. Ce qui rejoint le modèle sans filtre de l'attention de Kahneman (1973). Celui-ci représente l'attention comme un réservoir unique de capacités et en terme d'effort mental. Donc, les difficultés d'attention seraient dues selon Kahneman (1973) au fait que les tâches complexes assèchent plus rapidement le réservoir attentionnel que les tâches simples.

Dans l'ensemble, les résultats supportent les études qui pointent l'origine neurologique (lésions micro-axonales cérébrales) des déficits (Beers, 1992; Binder, 1986; Binder & Rattok, 1989; Mariadas et al., 1989) étant donné les critères sévères d'inclusion et d'exclusion dans le choix des sujets. Aucun des enfants TCL de la présente recherche n'avait de composantes pré morbides qui auraient pu influencer les présents résultats. À preuve, le rôle des facteurs pré morbides dans l'explication des séquelles retrouvées à la suite d'un TCL est par ailleurs amoindrit par les récents travaux de Pelco, Sawyer, Duffield et Prior (1992). Ceux-ci avaient démontré que les enfants TCL n'avaient pas plus de troubles de comportement ou de problèmes émotifs pré morbides que les autres enfants de la communauté.

Le trouble de flexibilité mentale retrouvé dans la présente recherche serait relié, selon le modèle de Mirsky et al. (1991), aux régions du cortex préfrontal. Ceci est compatible avec les études de Ylvisaker, Feeney et Mullins (1995) et de Segalowitz et Lawson (1995) qui démontrent une vulnérabilité des régions préfrontales chez les enfants qui ont subi un TCC.

Des micro-lésions dans les régions préfrontales peuvent passer inaperçues dans les examens neuroradiologiques et n'avoir aucun effet négatif sur le comportement général de l'enfant. Toutefois, elles peuvent se manifester lorsque l'enfant aura à utiliser au maximum ses fonctions cognitives ou encore, elles ne se manifesteront que plus tard dans le développement de l'enfant (Ylvisaker et al., 1995).

Toutefois, il faut demeurer prudent dans la généralisation des résultats de cette recherche étant donné le nombre restreint de sujets qui peut en amoindrir la portée. D'autres études devront être faites pour investiguer la différence entre les enfants ayant subi un TCL qui rapportent ou non des symptômes post-commotionnels. Il y a peu d'études qui décrivent la relation entre les symptômes post-commotionnels et la performance des personnes TCL à des tests neuropsychologiques (Bohnen, Twinjnstra & Jolles, 1992b).

Certains enfants qui ont subi un TCL présentent des problèmes de comportement ou des difficultés à composer avec leur travail scolaire lorsqu'ils retournent à l'école. Segalowitz et Lawson (1995) ont trouvé une relation significative entre le TCL survenu durant l'enfance et une variété de symptômes psychologiques, de même que des problèmes scolaires. En effet, les personnes ayant subi un TCL révèlent, lorsqu'elles ont répondu aux questionnaires des chercheurs, qu'elles ont plus de problèmes de sommeil, de difficultés sociales, de problèmes de latéralisation, de problèmes d'attention (déficit de l'attention), de dépression, de troubles de langage et de difficultés à la lecture.

Il a été démontré par Wrightson et Gronwall (1981) que la vitesse de traitement de l'information a un impact important sur l'adaptation et sur les ajustements

sociaux. Les personnes qui sont lentes pour traiter l'information ont tendance à s'isoler des interactions sociales afin d'éviter des réactions négatives. Ces personnes préfèrent rester dans des environnements simples et prédéterminés plutôt que complexes et imprévus. Il est commun pour ces personnes d'éviter les réunions familiales (Schapiro & Sacchetti, 1993).

Les déficits à l'égard de la flexibilité mentale et du traitement efficace de l'information retrouvés dans cette recherche peuvent avoir une influence importante sur la vie de l'enfant. Celui-ci aura tendance à éviter les tâches ou des situations où il devra utiliser au maximum ses capacités cognitives. De plus, lorsqu'il sera confronté à des tâches demandant de bonnes capacités d'attention, il sera désavantage comparativement aux autres enfants. Le traitement de l'information étant plus lent, ces enfants manquent des informations pertinentes et ils sont plus lents à répondre aux stimuli. Ce qui peut avoir un impact important sur l'adaptation générale de l'enfant à son environnement (Schapiro & Sacchetti, 1993).

CONCLUSION

Les résultats que nous avons obtenus dans cette étude confirment nos trois hypothèses de travail. Ainsi, il apparaît qu'un TCL perturbe le fonctionnement attentionnel, et ce, même sur une période allant de 3 à 35 mois après le traumatisme chez les enfants. Cette constatation permet d'inférer que la récupération peut être plus longue que prévue par certains auteurs (Dikmen et al., 1986; Gentilini et al., 1985). Le TCL aurait un effet spécifique sur la flexibilité mentale et sur le

traitement contrôlé de l'information. Selon le modèle de Mirsky et al. (1991), ces déficits impliqueraient davantage la région cérébrale préfrontale. Ces résultats soulignent de nouveau l'importance de reconnaître l'existence de déficits subtils suite à un TCL et que seulement des tests très sensibles peuvent les détecter (Bohnen et al., 1992a). Enfin, ils invitent à être vigilant sur les effets négatifs que peuvent entraîner ces déficits de type attentionnel dans les processus d'apprentissage et dans les activités scolaires des enfants.

Abstract

Long-term effects (3 months to 3 years following the accident) of a mild head injury on attention are studied in children between 8 and 15 years old. Fifteen subjects having sustained mild head injury are compared to 15 subjects with no head injury. No appreciable particularities was noted in the developmental history of either group. Pairing was based on age, sex, level of schooling, the WISC-R vocabulary subtest and socio-economic environment. Eight tests are performed: The Modified Stroop Color-Word Interference Test, the Children's Paced Auditory Serial Addition Task, the 2 and 7 Selective Attention Test, the Trail Making Test, the Continuous Performance Test and the WISC-R (the Digit Span Test, the Digit Symbol Substitution Test and Arithmetic Test). The theoretical model chosen in order to analyze the various attention types (Focus-Execute, Encode, Shift and Sustain) follows that of Mirsky et al.(1991). Children with mild head injury scored less than control when it came to the complex attention tests used for measuring cognitive flexibility and regarding controlled processing of information. The results suggest that mild head injury may cause subtle cognitive deficits in these children that are apparent only through complex attention tasks. According to Mirsky et al.'s (1991) Model, these deficits mostly involve the prefrontal cerebral cortex. We may therefore assume that this type of brain injury has long-term repercussions on the integrity of the child's development and can cause learning and adjustment difficulties in all areas of the child's life.

Références

- Barth, J. T., Macciocchi, S. N., Gioardani, B., Rimel, R., Jane, J. A. & Boll, T. J. (1983). Neuropsychological sequelae of minor head injury. Neurosurgery, 13, 529-532.
- Batchelor, J., Harvey, A. Bryant, R. A. (1995, May). Stroop colour word test as a measure of attentional deficit following mild head injury. Clinical neuropsychologist, 9(2) 180-186.
- Beers, S. R. (1992). Cognitive effects of mild head injury in children and adolescents. Neuropsychology review, 3 (4), 281-320.
- Bijur, P. E., Haslum, M. & Golding, J. (1990). Cognitive and behavioral sequelae of mild head injury in children. Pediatrics, 86, 337-344
- Binder, L. (1986). Persisting symptoms after mild head injury: a review of the postconcussive syndrome. Clinical and experimental neuropsychology, 8 (4), 323-346.
- Binder, L. & Rattok, J. (1989). Assessment of the postconcussive syndrome after mild head trauma. Assessment of the behavioral consequences of head trauma, 37-48.
- Bohnen, N., Jolles, J. & Twijnstra, A. (1992). Modification of the stroop color word test improves differentiation between patients with mild head injury and matched controls. The clinical neuropsychologist, 6(2), 178-184.

- Bohnen, N., Twijnstra, A., Jolles, J. (1992). Performance in the stroop color word test in relationship to the persistence of symptoms following mild head injury. Acta-neurologica-Scandinavica, 85(2), 116-121.
- Boll, T. J. (1983). Minor head injury in children-out of sight but not out of mind. Journal of clinical child psychology, 12(1), 74-80.
- Chadwick, O. (1985). Psychological sequelae of head injury in children. Developmental medecine, 27, 69-79.
- Cicerone, K. (1996). Attention deficit and dual task demands after mild traumatic brain injury. Brain injury. 10 (2), 79-90.
- Culotta, V., Sementilli, M., Gerold, K., & Watts, C. (1996). Clinicopathological heterogeneity in the classification of mild head injury. Neurosurgery. 38(2), 245-250.
- Dixon, C. E., Taft, W. C., Hayes, R. L. (1993). Mechanisms of mild traumatic brain injury. Journal of head rehabilitation, 8(3), 1-12.
- Dikmen, S., McLean, A. & Temkin, N. (1986). Neuropsychological and psychosocial consequences of minor head injury. Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry, 49, 1227-1232.
- Dyche, G. M., & Johnson, D. A.(1991). Development and evaluation of CHIPAST, an attention test for children: II. test-retest reliability and practice effect for a normal sample. Perceptual and motor skill, 72, 563-572.

- Ferron, S. (1991). Étude des effets neuropsychologiques persistant à la suite d'un traumatisme crano-cérébral léger chez les enfants. Thèse de maîtrise inédite, Université du Québec à Trois-Rivières.
- Ford, R., & Khalil, M. (1996). Evoked potential findings in mild traumatic brain injury 1: middle latency component augmentation and cognitive component attenuation. Journal of head trauma rehabilitation, 11(3), 1-15.
- Gentilini, M., Nichelli, P., Schoenhuber, R., Bortolotti, P., Tonelli, L., Falasca, A., Merli, G. A. (1985). Neuropsychological evaluation of mild head injury. Journal of neurology, neurosurgery and psychiatry, 48, 137-140.
- Gentilini, M., Nichelli, P. & Schoenhuber, R. (1989). Assement of attention in mild head injury. In H.S. Levin, H.M. Eisenberg & A.L. Benton (Éds), Mild head injury (pp.163-175). New York: Oxford University Press.
- Gronwall, D. & Wrightson, P. (1974). Delayed recovery of intellectual fonction after minor head injury. Lancet, 2, 995-997.
- Gronwall, D. (1989). Cumulative and persisting effects of concussion on attention and cognition. In H. S. Levin, H. M. Eisenberg & A. L. Benton (Éds), Mild head injury (pp. 153-162). New York: Oxford university press.
- Gulbrandsen, G. B. (1984). Neuropsychological sequelae of light head injuries in older children 6 months after trauma. Journal of clinical neuropsychology, 6, 257-268.

- Johnson, D. A., Roethig-Johnston, K., & Middleton, J. (1988). Development and evaluation of an attentional test for head injured children-1. information processing capacity in a normal sample. Journal of child psychology and psychiatry, 29 (2), 199-208.
- Kaplan, E. (1993). Analyse des processus dans l'évaluation neuropsychologique. Présenté par le Centre de formation en neuropsychologie clinique enr., Montréal.
- Kahneman, D. (1973). Attention and effort. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall
- Kibby, M., & Long, C. (1996). Minor head injury: attempts at clarifying the confusion. Brain injury, 10(3), 159-186.
- Koch, L., Merz, M., & Lynch, R. (1995). Screening for mild traumatic brain injury. The journal of rehabilitation, 61(4), 50-56.
- Leininger, B. E., & Kreutzer, J. S. (1992). Neuropsychological outcome of adults with mild traumatic brain injury: implication for clinical practice and research. Physical medicine and rehabilitation, 6(1), 169-182.
- Levin, H. S., William, D. H., Eisenberg, H. M., High, W. M., Guinto, F. C. (1992). Serial MRI and neurobehavioural findings after mild to moderate closed head injury. Journal of neurology, neurosurgery and psychiatry, 55(4), 255-262.

- Levin, H. S., Mattis, S., Ruff, R. M., Eisenberg, H. M., Marshall, L. F., Tabaddor, K., High, Jr., W. M., Frankowski, R. F. (1987). Neurobehavioral outcome following minor head injury: a three-center study. Journal of neurosurgery, 66, 234-243.
- Maddock, D., & Saling, M. (1996). Neuropsychological deficits following concussion. Brain injury, 10(2), 99-104.
- Mariadas, A. C., Rao, S. L., Gangadhar, B. N. & Hegde, A. S. (1989, January). Neuropsychological functioning in postconcussion syndrome. Nimhans journal, 7(1), 37-41.
- Middleton, J. (1989). Annotation: Thinking about Head Injuries in Children. Journal of child psychology and psychiatry, 30(5), 663-670.
- Mirsky, A. F., Anthony, B. J., Duncan, C. C., Ahearn, M. B., & Kellam, S. G. (1991). Analysis of the elements of attention: a neuropsychological approach. Neuropsychology review, 2, 109-146.
- Murray, R., Shum, D., McFarland, K. (1992). Attentional deficits in head-injured; an information processing analysis. Brain and cognition, 18, 99-115.
- Pelco, L., Sawyer, M., Duffield, G. Prior, M. (1992, Jan-Fev). Premorbid emotional and behavioural adjustment in children with mild head injuries. Brain injury, 6(1), 29-37.

Reitan, R. M. & Davidson, L. A. (1974). Clinical neuropsychology: current status and applications, Washington, DC: V. H. Winston and Sons.

Rimel, R. W., Giordani, B., Barth, J. T., Boll, T. J. & Jane, J. A. (1981). Disability caused by minor head injury. Neurosurgery, 9(3), 221-228.

Ruff, R. M., Hendrik, N., Allen, C. C. (1992). The Ruff 2 and 7 selective attention test: a neuropsychological application. Perceptual and motor skills, 75, 1311-1319.

Schapiro, S. R. & Sacchetti, T. S. (1993). Neuropsychological sequelae of minor head trauma. In S. Mandel, R. T. Sataloff & S.R. Schapiro (Eds), Minor head trauma: assessment, management and rehabilitation (pp. 87-106). New-York: Springer-Verlag.

Schneider, W. & Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I: Detection, search and attention. Psychological review, 84, 1-126.

Segalowitz, S. & Lawson, S. (1995, May). Subtle symptoms associated with self-reported mild head injury. Journal of learning disabilities, 28(5), 309-319.

Sohlberg, M. M. & Mateer, C. A. (1989). Theory and remediation of attention disorders. in M. M. Sohlberg & C. A. Mateer (Eds.) Introduction to cognitive rehabilitation: theory and practice (pp. 110-135). New-York, London: The Guilford press.

- Winogren, H. W., Knights, R. M., & Bawden, H. N. (1984). Neuropsychological deficits following head injury in children. Journal of clinical neuropsychology, 6, 268-279.
- Wrightson, P. & Gronwall, D. (1981). Time off work and symptoms after minor head injury. Injury, 12, 445-454.
- Wrightson, P., McGinn, V., & Gronwall, D. (1995). Mild head injury in preschool children: evidence that it can be associated with persisting cognitive defect. Journal of neurology, neurosurgery & psychiatry, 59, 375-380.
- Ylvisaker, M.. (1989). Cognitive and psychosocial outcome following head injury in children. In J. T. Hoff, T. E. Anderson & T. M. Cole (Eds) Mild to moderate head injury (pp. 203-216). Boston: Blackwell scientific publications.
- Ylvisaker, M., Feeney, T., Mullins, K. (1995). School reentry following mild traumatic brain injury: a proposed hospital to school protocol. Journal of head trauma rehabilitation, 10(6), 42-49.