

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LES SÉQUELLES COGNITIVES POST-PONTAGE :
LA VALEUR PRÉDICTIVE DE L'OXYMÉTRIE CÉRÉBRALE ET L'EFFET D'UN
ENTRAÎNEMENT COGNITIF

THÈSE
PRÉSENTÉE
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DU DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE, PROFIL SCIENTIFIQUE-PROFESSIONNEL

PAR
EMILIE DE TOURNAY-JETTÉ

JUIN 2010

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier en tout premier lieu tous les patients de l'Institut de Cardiologie de Montréal qui ont accepté de participer à ce projet. La recherche serait impossible sans ces gens généreux qui acceptent de contribuer à l'avancement des connaissances scientifiques. Je leur en suis très reconnaissante. Ce projet n'aurait pas non plus été possible sans l'appui financier des Instituts de Recherche en Santé du Canada. Les bourses offertes par le Réseau de Formation Interdisciplinaire sur la Santé et le vieillissement (FORMSAV) et par la Fondation J. A. De Sève m'ont aussi permis de m'investir complètement dans cette aventure doctorale.

Ce projet de recherche est aussi l'œuvre de toute une équipe. Les assistantes de recherche, Emilia Bogdanowich, Danièle Marois et Pascale Gingras, ont toutes fait un travail remarquable. Je tiens aussi à remercier Denis Babin et Dr André Denault pour le partage de leur expertise en ce qui a trait à la saturométrie. Enfin, l'analyse des données issues de l'entraînement attentionnelle aurait été beaucoup plus ardue sans les précieuses macros de Maxime Lussier, étudiant au doctorat en psychologie.

Ce doctorat n'aurait pas non plus été possible sans l'appui et la confiance de mes deux directeurs : Gilles Dupuis et Louis Bherer. Gilles, vous êtes non seulement un grand chercheur, mais aussi un grand pédagogue qui savez tirer le meilleur de vos étudiants. Merci de toute la confiance que vous m'avez témoignée et merci de m'avoir fait découvrir les joies de la recherche. Louis, je te remercie de m'avoir ouvert les portes de ton labo. Tu as bâti un lieu d'échange unique qui nous oblige à pousser notre réflexion et parfaire nos connaissances.

Enfin quelques mots à mes proches. Maman, Papa, Paul-Antoine, merci infiniment d'avoir été les tous premiers à croire en mon potentiel et à m'avoir encouragée et soutenue, tant sur le plan émotif que financier. Un merci particulier à mon amie Caroline qui réussit à faire des petits miracles de restructuration cognitive. Enfin, merci à mon mari, mon complice de vie, Nikolas, qui a vécu cette aventure doctorale au quotidien. Merci pour tes encouragements, ton écoute, et bien sûr ton humour!

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES ABBRÉVIATIONS ET DES ACRONYMES	viii
RÉSUMÉ	x
CHAPITRE I.....	1
CONTEXTE THÉORIQUE	1
1.1 Introduction.....	2
1.2 La maladie cardiaque chez les aînés.....	2
<i>1.2.1 Les taux de mortalité.....</i>	<i>3</i>
<i>1.2.2 Les complications les plus souvent rapportées</i>	<i>4</i>
<i>1.2.3 Les coûts de l'opération.....</i>	<i>5</i>
1.3 Les séquelles cognitives post pontage.....	5
<i>1.3.1 Taux de prévalence</i>	<i>6</i>
<i>1.3.2 L'étiologie</i>	<i>7</i>
<i>1.3.3 Les principales séquelles cognitives relevées</i>	<i>8</i>
1.4 L'oxymétrie cérébrale.....	9
<i>1.4.1 Principe de l'oxymétrie cérébrale non invasive (INVOS).....</i>	<i>9</i>
<i>1.4.2 Implications cliniques de l'oxymétrie</i>	<i>11</i>
1.5 Les entraînements cognitifs	12
<i>1.5.1 La pertinence d'un entraînement cognitif.....</i>	<i>12</i>
<i>1.5.2 Les entraînements en mémoire</i>	<i>13</i>
<i>1.5.3 Les entraînements en attention.....</i>	<i>14</i>
1.7 Conclusion	16

CHAPITRE II.....	18
THE RELATIONSHIP BETWEEN CEREBRAL OXYGEN SATURATION (rSO ₂) CHANGES AND POSTOPERATIVE COGNITIVE DYSFUNCTION IN ELDERLY PATIENTS AFTER CORONARY ARTERY BYPASS SURGERY	18
RÉSUMÉ.....	20
ABSTRACT	21
INTRODUCTION.....	23
METHODS.....	25
RESULTS.....	31
DISCUSSION	34
CONCLUSION	38
REFERENCES.....	40
LIAISON ENTRE LES DEUX ARTICLES.....	57
CHAPITRE III	58
COGNITIVE TRAINING BENEFITS AFTER A CORONARY ARTERY BYPASS GRAFT SURGERY IN OLDER ADULTS	58
Résumé	60
Abstract	61
Methods.....	64
Results	71
Discussion	76
References	80
CHAPITRE IV	94
DISCUSSION	94
4.1 Discussion générale.....	95
4.2 Le modèle de Baltes	95

4.2.1 Les composantes du modèle de sélection-optimisation avec compensation	96
4.2.3 L'opérationnalisation du modèle SOC dans le quotidien des aînés	98
4.3 Les résultats généraux des deux articles de thèse	99
4.4 Implications cliniques et méthodologiques	103
4.5 Limites et forces	106
4.5.1 L'évaluation neuropsychologique	106
4.5.2 Les entraînements cognitifs	108
4.5.3 Le monitoring cérébral.....	109
4.5.4 Le design expérimental.....	110
4.5.5 La taille de l'échantillon	110
4.6 Pistes futures	111
APPENDICES.....	113
APPENDICE A	114
FORMULAIRES DE CONSENTEMENT	114
APPENDICE B	124
LES TESTS NEUROPSYCHOLOGIQUES	124
B.1 MINI –MENTAL STATE EXAMINATION.....	125
B.2 HISTOIRES DU RIVERMEAD I.....	127
B. 3 TEST D'APPRENTISSAGES DES 15 MOTS DE REY	147
B. 4 SUBSTITUTION DE SYMBOLES (WAIS-III).....	155
B. 5 TRAÇAGES DE PISTES A et B	157
B. 6 LE STROOP DE VICTORIA.....	163
B. 7 ÉPREUVE DE FLUIDITÉ VERBALE	167
APPENDICE C	168
PROTOCOLE DE TESTING	169

APPENDICE D.....	170
LES FONCTIONS COGNITIVES TOUCHÉES PAR LA CHIRURGIE DE PONTAGE	170
APPENDICE E.....	176
DONNÉES COMPLÉMENTAIRES À L'ARTICLE 1.....	176
APPENDICE F.....	180
ACCUSÉS DE RÉCEPTION DE L'ÉDITEUR	180
APPENDICE G.....	183
RÉFÉRENCES.....	184

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I

Figure 1. L'oxymétrie cérébrale 10

CHAPITRE II

Figure 2. Le modèle de sélection-optimisation-compensation 97

Figure 3. Le modèle théorique de Baltes avec l'ajout de Owehan 98

Figure 4. Les interventions péri et post pontage intégrées dans le modèle théorique de Baltes
avec composante de prévention d'Ouwehan 99

Figure 5. Modèle adapté de l'algorithme élaborée par Denault, Deschamps et Murkin (2007)
..... 104

LISTE DES ABBRÉVIATIONS ET DES ACRONYMES

ACC	Accuracy
ANOVA	Analyse de variance/analysis of variance
AVC	Accident Vasculaire Cérébral
AUC	Area under curve
BMI	Body Mass index
CABG	Coronary artery bypass graft surgery
CEC	Circulation extra-corporelle
CPB	Cardiopulmonary bypass
CVA	Cerebrovascular accident
ECC	Extracorporeal circulation
Hb	Haemoglobin
Hz	Hertz
ICM	Institut de Cardiologie de Montréal
MCI	Mild cognitive impairment
MMSE	Mini-Mental State Examination
Ms	Millisecond
NIRS	Near-Infrared Spectroscopy
POCD	Post operative cognitive deficit
RAVLT	Rey Auditory Verbal Learning Test
rSO ₂	Regional cerebral oxygen saturation
RT	Reaction Time
SD	Standard deviation

TMT	Trail Making Test
WAIS-R	Weschler Adult Intelligence Scale

RÉSUMÉ

Introduction

Les séquelles cognitives post pontage chez les aînés sont fréquentes et semblent touchées principalement les fonctions mnésiques et attentionnelles. Ces déficits pourraient avoir un impact sur la qualité de vie, le fonctionnement quotidien et la capacité du patient à s'impliquer activement dans sa réadaptation. Bien que cette problématique soit reconnue, peu de recherches se sont intéressées aux interventions visant à prévenir ces déficits ou à y pallier suite à la chirurgie. Certaines études suggèrent une association entre une désaturation cérébrale au cours de la chirurgie et des déficits cognitifs post pontage. Aussi, des études sur le vieillissement suggèrent que certains entraînements cognitifs permettent d'améliorer la mémoire et l'attention chez les personnes âgées. L'absence d'études d'intervention chez les aînés ayant subi un pontage coronarien alors que des stratégies visant à améliorer le fonctionnement cognitif chez les aînés ont été démontrées efficaces suggèrent l'importance d'évaluer l'efficacité de ces stratégies chez une population qui pourrait grandement en bénéficier.

Objectifs

Article 1

Examiner la valeur prédictive du rSO₂ (saturation en oxygène cérébrale) dans le développement de séquelles cognitives au cours du mois suivant la chirurgie chez des aînés de 65 ans et plus ayant subi un pontage coronarien.

Article 2

Évaluer l'efficacité d'un entraînement cognitif axé sur la mémoire et l'attention chez des aînés de 65 ans et plus ayant subi un pontage coronarien.

Méthode

Article 1

Une batterie de tests neuropsychologiques a été administrée à soixante-et-un (61) patients le jour précédent la chirurgie, de quatre à sept jours suivant la chirurgie et un mois suivant la chirurgie. Lors de la chirurgie, une mesure continue d'oxymétrie cérébrale a été prise.

Article 2

Quarante-six (46) participants ont été répartis dans trois groupes: 1- groupe contrôle (évalué à un et trois mois post chirurgie), 2- groupe recevant un entraînement attentionnel suivi d'une entraînement mnésique (testé à un, deux, et trois mois après la chirurgie) et, 3- groupe

recevant un entraînement mnésique suivi d'un entraînement attentionnel (testé à un, deux, et trois mois après la chirurgie). Les huit séances d'entraînement avaient lieu entre la sixième et la dixième semaine post chirurgie.

Statistiques

Article 1

Les valeurs prédictives du rSO_2 dans le développement de séquelle cognitive ont été catégorisées et explorées principalement à l'aide de Chi-carrés.

Article 2

Des ANOVAS à mesures répétées ont permis d'évaluer l'efficacité des entraînements cognitifs. Par la suite des corrélations et des analyses de tendance ont été utilisées pour explorer les associations entre les améliorations aux tâches d'entraînement et aux tests neuropsychologiques.

Résultats

Article 1

Les patients ayant eu une désaturation cérébrale sous le seuil des 50% au cours de l'opération ou une diminution de plus de 30% de leur rSO_2 initial sont plus susceptibles d'avoir un déficit cognitif post pontage. De plus, chez les patients ayant subi une chirurgie de pontage sous CEC et ayant des séquelles cognitives post, une valeur minimale plus basse de leur rSO_2 au cours de la chirurgie et des désaturations cérébrales plus longues et plus fréquentes sous le seuil des 50% ont été observées.

Article 2

L'entraînement cognitif post pontage s'est avéré efficace pour améliorer les performances cognitives chez les aînés tant sur la tâche attentionnelle que mnésique. De plus, les effets des entraînements étaient spécifiques à la fonction entraînée. Enfin, une amélioration a aussi été observée sur certains tests neuropsychologiques.

Conclusion

Les patients de 65 ans et plus ayant subi une chirurgie de pontage sont plus susceptibles de développer des séquelles cognitives post pontages s'ils ont subi des désaturations en oxygène cérébrales au cours de la chirurgie. L'utilisation de la CEC pourrait augmenter le risque de désaturation. L'utilisation de l'oxymétrie par proche-infrarouge est donc une approche

prometteuse pour la détection de séquelles cognitives subtiles. Par ailleurs, les interventions visant à prévenir les désaturations cérébrales semblent avoir un effet limité quant à la prévention des séquelles cognitives. Une intervention cognitive post chirurgie devient alors une stratégie d'optimisation intéressante auprès des patients de 65 ans et plus qui ont subi une chirurgie de pontage. En effet, les patients semblent bénéficier d'un entraînement cognitif informatisé post pontage.

Mots clés : Séquelles cognitives, chirurgie de pontage, entraînement cognitif, oxymétrie proche infrarouge, circulation extra-corporelle.

Contributions au projet de recherche

L'auteure de la présente thèse a tout d'abord participé à la conceptualisation du projet en discutant de ses intérêts de recherche et en formulant des questions précises concernant les séquelles cognitives post pontage et les possibilités de programmes de prévention et d'intervention. Elle a ensuite complété une recension des écrits scientifiques à ce sujet et analysé, de façon critique, ces écrits. Par la suite, elle a travaillé avec Dr Dupuis et Dr Bherer à la conception de la méthodologie de recherche, au choix des procédures utilisées ainsi qu'aux discussions éthiques. L'auteure a aussi participé à la rédaction de la demande de subvention soumise aux IRSC.

L'auteure a agi à titre de coordonnatrice d'une étude pilote portant sur l'efficacité de l'entraînement mnésique chez une population de personnes âgées saines. C'est ensuite cet entraînement qui a été utilisé dans la présente étude. L'auteure a aussi agi à titre de coordonnatrice du projet de recherche. Au cours du projet, elle a participé au développement des bases de données informatisées (avec les logiciels Microsoft Excel, SPSS et E-Prime), à l'entrée et à la vérification des données, a discuté avec les médecins, infirmières et inhalothérapeutes afin de faciliter la réalisation du projet et a participé à la gestion des obstacles rencontrés. À titre de coordonnatrice, elle a formé les assistantes de recherche qui ont contribué au recrutement et à l'entrée de données. Elle a participé au recrutement et au suivi des participants. Par la suite, elle a collaboré à la planification et à la réalisation des analyses statistiques. Finalement, elle a présenté les résultats de la recherche dans des congrès nationaux et internationaux ainsi que contribué à la planification des articles écrits suite à ce projet.

CHAPITRE I
CONTEXTE THÉORIQUE

1.1 Introduction

La proportion des aînés par rapport au reste de la population est de plus en plus importante. En 2006, Statistique Canada estimait que les aînés représentaient 13% de l'ensemble de la population, comparativement à 10% en 1981, et à seulement 5% en 1921 (Statistique Canada, 2007). Statistique Canada prévoit que le pourcentage des 65 ans et plus pourrait atteindre 27% en 2056 (Statistique Canada, 2007).

Évidemment, le vieillissement de la population a un impact considérable sur le système de santé. Il y aurait plus de 80% des personnes âgées vivant à la maison qui souffrirait d'une maladie chronique. Par ordre d'importance, ces maladies sont principalement l'arthrite et les rhumatismes, suivies par l'hypertension, les allergies, les maux de dos, les troubles cardiaques, la cataracte et le diabète (Santé Canada, 2002). Les aînés tendent donc à éprouver plus de troubles de santé et à recourir plus souvent aux services médicaux que le reste de la population. Les aînés constituent la population la plus susceptible d'être hospitalisée et il semble que le taux d'hospitalisation croît à mesure qu'ils avancent en âge (Santé Canada, 2002; United States Census Bureau, 2003). Les coûts pour le système de santé sont donc importants. Santé Canada, dans son deuxième rapport sur les *dépenses de santé au Canada selon l'âge et le sexe, 1980-1981 à 2000-2001*, estimait que 42.7% des dépenses totales de santé de 2000-2001 étaient destinées aux aînés et qu'il en coûtait en moyenne 10 834\$ annuellement par habitant de 65 ans et plus (Santé Canada, 2001).

1.2 La maladie cardiaque chez les aînés

Bien que le taux de mortalité dû aux maladies cardiaques ait considérablement diminué au cours des dernières décennies, principalement grâce aux avancées scientifiques et technologiques, de même qu'à l'amélioration des habitudes de vie (Santé Canada, 1996), les maladies cardiovasculaires demeurent la principale cause de décès dans le monde, tant chez les hommes que chez les femmes (World Health Organization, 2008a). Au Canada, les maladies de l'appareil circulatoire représentent environ 34% de la totalité des décès enregistrés annuellement (Statistique Canada, 2003).

L'ampleur des maladies cardiaques entraîne inévitablement une hausse des interventions chirurgicales. Le pontage coronarien se pratique depuis 1964 et est devenu l'une des interventions chirurgicales des plus répandus, atteignant aujourd'hui près de 23 000

pontages effectués annuellement dans la population canadienne (Santé Canada, 2003). Aux États-Unis, c'est plus de 425 000 individus qui subissent un pontage coronarien chaque année (American Heart Association, 2007).

Le vieillissement de la population de même que les progrès scientifiques font en sorte qu'un nombre de plus en plus important de personnes âgées subit des interventions chirurgicales telles que le pontage coronarien. Au cours des dernières années, les chercheurs ont pu démontrer que le pontage coronarien pouvait être effectué chez les personnes âgées avec un risque de mortalité et de morbidité acceptable (Ascione et al., 2002; Avery et al., 2001; Dalrymple-Hay et al., 1999; Deiwick et al., 2001; Engoren et al., 2002; Fruitman et al., 1999; Ghosh et al., 2003; Hagl et al., 2001; Hirose et al., 2000; Hoff et al., 2002; Immer et al., 2003; Kawachi et al., 2002; Smith et al., 2001).

1.2.1 Les taux de mortalité

Le taux de mortalité consécutif à un pontage se situe généralement entre 1% et 2% (American Psychological Association, 1996). Par ailleurs, ce taux augmente chez la femme et chez les personnes âgées (American Psychological Association, 1996). En effet, chez les personnes âgées, les taux de mortalité et de morbidité augmentent principalement en raison de l'état préopératoire souvent plus précaire (Ghosh et al., 2003).

Une étude récente a déterminé que le taux de mortalité chez les moins de 75 ans se situait à 0.9% alors que chez les 75 ans et plus, ce taux augmentait à 4.5% (Toor *et al.*, 2009). Une étude comparant les résultats chez des patients de 70 à 74 ans et des patients de 75 ans et plus a démontré une différence significative entre les groupes avec un taux de mortalité hospitalière de 0.9% chez les patients de 70-74 ans et un taux de 3.9% chez les patients de 75 ans et plus (Ascione et al., 2002). Une autre étude comparant des patients âgés entre 65-75 ans et des patients de plus de 80 ans a aussi trouvé une différence quant au taux de mortalité (3.4% vs 13.5%) (Avery et al., 2001).

Plusieurs études se sont intéressées à la mortalité chez les octogénaires subissant une chirurgie cardiaque. Un taux de mortalité hospitalière de 4.7% a été trouvé chez des octogénaires subissant une chirurgie avec circulation extra-corporelle (CEC) (Hoff et al., 2002). Des taux plus élevés de mortalité, soit 9.5%, 12% et 16% ont été trouvés chez d'autres populations d'octogénaires subissant le même type de chirurgie (Deiwick et al., 2001; Hagl et al., 2001; Kawachi et al., 2002).

Certains facteurs augmentent le risque de mortalité suite à une chirurgie cardiaque. Un historique d'AVC (accident vasculaire-cérébral) (Engoren et al., 2002), des chirurgies cardiaques dites complexes où plus d'une intervention sont effectuées (Ghosh et al., 2003; Toor et al., 2009) et l'urgence de l'intervention (Avery et al., 2001; Dalrymple-Hay et al., 1999; Hirose et al., 2001) sont des facteurs prédictifs d'une plus grande mortalité hospitalière.

1.2.2 Les complications les plus souvent rapportées

Tel que mentionné précédemment, le taux de morbidité augmente avec l'âge. Il est tout de même important de noter que chez la majorité des patients (73%), il ne survient aucune complication majeure (Kawachi et al., 2002). Chez les personnes âgées, la présence d'un AVC antérieur (Ghosh et al., 2003), de diabète mellitus (Ghosh et al., 2003), d'angine de classe IV sur la classification d'angine de la New-York Heart Association (NYHA) (Deiwick et al., 2001; Ghosh et al., 2003) et le temps de clampage prolongé (le temps où l'artère est clampée et que la circulation sanguine est arrêtée) (Ghosh et al., 2003) semblent être des facteurs prédictifs de la morbidité.

La fibrillation auriculaire est une des complications les plus souvent rapportées. Les taux de prévalence chez les personnes âgées se situent entre 23.3% et 55.3% (Avery et al., 2001; Engoren et al., 2002; Hoff et al., 2002). Une des complications aussi fréquemment rapportée et qui semble augmenter avec l'âge est la dysfonction rénale : 5.5% chez les 70-74 ans et 9.4% chez les 75 ans et plus (Ascione et al., 2002). L'incidence d'insuffisance rénale peut atteindre jusqu'à 22% chez les aînés (Deiwick et al., 2001). L'occurrence de la réintubation des patients semble aussi plus élevée chez les personnes âgées (Ascione et al., 2002; Avery et al., 2001).

Les complications neurologiques ont fait l'objet d'un nombre important d'études. Aux États-Unis, les complications neurologiques majeures consécutives à un pontage coûtent entre deux et quatre milliards de dollars au système de soins de santé (Nussmeier, 2002). Plusieurs études se sont donc intéressées à l'incidence et l'étiologie des séquelles neurologiques majeures, telles des accidents vasculaire-cérébraux, de même que des hémipariés. Les taux de séquelles neurologiques majeures se situent autour des 3% et peuvent augmenter jusqu'à 9% chez les personnes âgées. Kawachi et al. se sont intéressés aux résultats chez l'octogénaire et ont trouvé un taux d'AVC de 2.4% (Kawachi et al., 2002). Avery et al. (Avery et al., 2001) ont démontré une différence significative dans l'occurrence d'AVC selon l'âge avec un taux de 4.3% chez les patients âgés entre 65 et 75 ans et un taux de 7.8% chez les patients de plus

de 80 ans (Avery et al., 2001). Des problèmes neurologiques transitoires ou de la confusion ont été constatés chez 36% d'un échantillon de patients âgés de plus de 80 ans (Deiwick et al., 2001). Le même type de complications neurologiques a été constaté chez 73% d'un échantillon composé aussi de patients de plus de 80 ans (Hagl et al., 2001). On remarque aussi que l'utilisation de la CEC peut augmenter les risques de séquelles, mais les résultats entre les études ne sont pas consistants. Hirose et ses collègues (Hirose et al., 2001) ont trouvé que l'utilisation de la CEC était un facteur prédictif des AVC alors que Immer et ses collègues (2003) n'ont trouvé aucune différence significative quant à l'incidence d'une telle complication (0.7% vs 0%) (Immer et al., 2003).

1.2.3 Les coûts de l'opération

Même si les études tendent à démontrer que la chirurgie cardiaque peut être effectuée chez les personnes âgées avec des taux de mortalité et de morbidité acceptable, il est généralement reconnu que les coûts liés à l'intervention sont plus élevés chez les personnes âgées (Avery et al., 2001; Engoren et al., 2002; Toor et al., 2009). Le temps passé aux soins intensifs et la durée d'hospitalisation chez les aînés seraient plus longs (Ascione et al., 2002; Avery et al., 2001; Hirose et al., 2000; Kawachi et al., 2002; Toor et al., 2009).

L'utilisation de la CEC semble aussi influencer la durée d'hospitalisation chez les aînés (Hirose et al., 2001; Hoff et al., 2002). La durée d'hospitalisation, l'utilisation d'agents inotropiques (ex. Lanoxin) et le nombre de transfusions sanguines sont différentes variables qui peuvent expliquer qu'il en coûte en moyenne 9 363 \$ US pour une chirurgie à cœur battant et 12 312 \$ US pour une chirurgie sous CEC (Hoff et al., 2002). La chirurgie à cœur battant permet une réduction des coûts puisqu'elle nécessite une moins grande utilisation d'agents inotropiques (Ascione et al., 2002) et de transfusions sanguines (Ascione et al., 2002; Hirose et al., 2001; Hoff et al., 2002).

1.3 Les séquelles cognitives post pontage

L'avancement des connaissances et le perfectionnement des techniques chirurgicales ont permis de diminuer considérablement les taux de mortalité et de morbidité qui étaient associés à cette intervention chirurgicale. Aujourd'hui, les séquelles post-pontages plus subtiles, tel qu'un déclin cognitif, deviennent un sujet d'intérêt pour la communauté scientifique. En effet, les séquelles neuropsychologiques sont fréquentes et pourraient avoir

un impact considérable sur la qualité de vie et le fonctionnement psychosocial du patient, mais aussi sur la capacité du patient à s'impliquer activement dans sa réadaptation (Moser et al., 1999). Les résultats d'une étude rétrospective, menée par Lee et ses collègues, auprès de patients ayant subi une chirurgie de pontage ou une angioplastie, suggèrent d'ailleurs que les patients qui ont subi une chirurgie de pontage seraient plus à risque de développer une maladie d'Alzheimer que ceux ayant subi une angioplastie (Lee et al., 2005). Par ailleurs, une autre équipe de chercheurs n'a trouvé aucune corrélation entre la chirurgie et le développement d'une démence (Bursi et al., 2005).

1.3.1 Taux de prévalence

L'incidence de dysfonctions neuropsychologiques postopératoires varie entre 25% et 80% selon les études (Funder et al., 2009; Gill & Murkin, 1996; Rasmussen et al., 2001). L'incidence à court terme (moins de 2 semaines après l'opération) varie entre 30% et 80% et l'incidence à long-terme (plus d'un mois après l'opération) varie entre 10% et 60% (Borowicz et al., 1996; Rasmussen, 2006). Certains rapportent même des taux allant au-delà des 80% dans des populations plus âgées (Murkin et al., 1995; Newman et al., 1993).

Même si les taux de prévalence peuvent paraître impressionnants, il semble que l'importance des séquelles cognitives ait longtemps été minimisée, principalement à cause du caractère souvent temporaire de ces séquelles. La plupart des séquelles sont effectivement réversibles (Åberg, 1995). L'étude de Dupuis et al., qui s'est intéressée aux déficits neurocognitifs post pontage chez une population âgée de 21 ans et plus, suggère d'ailleurs que les fonctions cognitives s'amélioreraient quelques mois après la chirurgie, lorsque l'on considère l'évolution des moyennes globales des scores aux différents tests (Dupuis et al., 2006). Par ailleurs, Keith et al., dans une recension des écrits, rapporte qu'environ 75% des patients montrent des évidences de déclin cognitif au cours de la semaine suivant le pontage et chez 10% à 57% des patients, ces déclin persisteraient au cours du mois suivant (Keith et al., 2002). Newman et ses collègues rapportent que 24% de leur échantillon avaient toujours des séquelles six mois après l'opération (Newman et al., 2001). Ahlgren et ses collègues ont démontré que 35% de leur échantillon constitué de gens âgés de plus de 70 ans montraient encore des séquelles cognitives un an après la chirurgie (Ahlgren et al., 2003). En parcourant les différentes études, il semble que les séquelles cognitives post pontage soient fréquentes et que dans certains cas, elles persistent longtemps après la chirurgie.

1.3.2. L'étiologie

L'étiologie des complications cérébrales post pontage est multifactorielle et différents facteurs préopératoires et opératoires entrent en jeu dans le développement des séquelles (Ahlgren et al., 2003; Arrowsmith et al., 2000; Borger et al., 2001; Royter et al., 2005; Shaw et al., 1989). Parmi les variables préopératoires qui augmentent le risque de développement de séquelles cognitives post opératoires, la sévérité et la durée de la maladie, la présence de diabète et une histoire de maladie neurologique sont les principaux facteurs prédictifs (Arrowsmith et al., 2000; Kadoi et al., 2005; Kadoi et al., 2001; Shaw et al., 1989). Un âge avancé est aussi un facteur prédictif fréquemment rapporté (Ahlgren & Arèn, 1998; Arrowsmith et al., 2000; Newman et al., 1995a; Roach et al., 1996). Même si quelques études ont montré un effet de l'âge uniquement dans des analyses univariées (Di Carlo et al., 2001; Shaw et al., 1989), la plupart ont démontré que l'âge avancé était un facteur indépendant dans l'apparition d'un déficit cognitif (Ahlgren & Arèn, 1998; Gill & Murkin, 1996; Zimpfer et al., 2004).

Deux principaux mécanismes au cours de l'opération seraient impliqués dans le développement de séquelles cognitives post-pontage, soit une hypotension et de multiples microembolies. Différentes revues de littératures mentionnent que les microembolies constituent le facteur étiologique le plus fréquemment rapporté et qu'elles sont souvent associées à l'utilisation de la CEC (Åberg, 1995; Pugsley et al., 1994). La CEC est une procédure de perfusion artificielle qui permet la circulation et l'oxygénation du sang au cours de l'opération et, par le fait même, la manipulation d'un cœur statique. Au cours de l'opération, de petits fragments de plastique ou de silicone, des agrégats de plaquettes ou des poches d'air provenant de l'oxygénateur peuvent se développer. Même si la quantité de tels débris a diminué avec les avancées technologiques, un nombre significatif de ces débris peut traverser vers le cerveau aussi loin que leur taille le permette, et se loger éventuellement dans les branches distales de l'arbre artériel, causant ainsi des microembolies (Benedict, 1994). Par ailleurs, les microembolies peuvent aussi être la conséquence des manipulations chirurgicales, sans égard à l'utilisation de la CEC (Diegeler et al., 2000; Hammon et al., 2006; Stroobant, 2005). L'hypotension et l'hypoperfusion ont aussi été ciblées comme des facteurs prédictifs important de séquelles cognitives post-pontages chez les aînés (Grocott et al., 2005; Newman et al., 1995a).

1.3.3 Les principales séquelles cognitives relevées

Les fonctions cognitives étudiées dans les études portant que les séquelles cognitives post pontage sont principalement l'attention et les fonctions exécutives, la mémoire et l'apprentissage, ainsi que l'aspect moteur. Une revue de littérature portant sur 16 études s'étant spécifiquement intéressées aux séquelles cognitives touchées suite à une chirurgie de pontage a été faite antérieurement à cette thèse (De Tournay-Jetté, 2007) et l'appendice D présente les tableaux synthèse de ces études. L'examen attentif de ces 16 études (Bruggemans et al., 1995; Fearn et al., 2001; Hammeke & Hastings, 1988; Heyer et al., 1995; Heyer et al., 2002; Knipp et al., 2004; Lee et al., 2003; Mora et al., 1996; Newman et al., 1995b; O'Brien et al., 1992; Plourde et al., 1997; Raymond et al., 1984; Shaw et al., 1986; Toner et al., 1998; Westaby et al., 2001; Zamvar et al., 2002) révèle que l'attention soutenue et l'attention sélective semblent être les fonctions les plus fréquemment touchées. En effet, les études impliquant un seul groupe de chirurgie, les études comparant des chirurgies de pontage et des groupes sans chirurgie de même que les études comparant des chirurgies de pontage et d'autres types de chirurgie, montrent dans une proportion impressionnante (plus de 66%) des déficits au niveau de l'attention soutenue et de l'attention sélective pour les chirurgies de pontage.

Au niveau de la mémoire, on constate qu'un grand nombre de tests est utilisé. La mémoire à long terme ne semble pas fortement touchée alors que les processus d'apprentissage et la mémoire immédiate verbale semblent l'être davantage. En considérant l'ensemble des études et des tests utilisés, il semble que la mémoire immédiate soit touchée dans environ 30% des études (14 déficits trouvés sur 46 évaluations de la mémoire immédiate). Par ailleurs, on peut constater que les études ayant examiné un seul groupe de chirurgie de pontage révèlent, dans 66% des études, des déficits au niveau de la mémoire immédiate verbale. Par ailleurs, comme le suggère O'Brien (O'Brien et al., 1992), il semble que les patients cardiaques montrent plus de déficits à des tests mesurant l'attention. Il est possible que des déficits subtils au niveau de l'apprentissage ou de la mémoire soit le résultat de difficultés plus fondamentales au niveau des ressources attentionnelles. En effet, l'attention étant un système qui interagit avec d'autres systèmes et structures, elle est très souvent impliquée dans les tâches de mémoire.

La vitesse psychomotrice semble aussi fortement touchée. Par ailleurs, il est important de souligner que plusieurs tests, tels que le test de substitution de symboles ou le traçage de piste, donnent un indice des changements au niveau de la vitesse psychomotrice mais visent d'abord à mesurer les fonctions attentionnelles. Si on examine les résultats aux tests mesurant

uniquement l'aspect moteur tels que le test des chevilles (Grooved Pegboard Test), c'est environ 50% des études qui ont utilisé ce type de test qui ont trouvé des différences significatives. Par ailleurs, ces déficits psychomoteurs ne semblent pas être spécifiques aux chirurgies de pontage puisqu'ils sont aussi observés chez des groupes de patients qui subissent des chirurgies non cardiaques.

Les fonctions cognitives les plus fréquemment touchées suite à une chirurgie de pontage semblent donc être les processus attentionnels et, dans une moindre proportion, les fonctions mnésiques.

Nussmeier (2002), dans sa revue de littérature sur les facteurs de risques des séquelles neurologiques consécutives à une chirurgie cardiaque, constate que le système de soins de santé a besoin de développer des stratégies visant à prévenir ces complications de même qu'à développer des interventions permettant de minimiser l'apparition de ces complications. En effet, à la lumière de ce qui a été présenté précédemment, on peut s'apercevoir que les séquelles cognitives sont fréquentes, qu'elles touchent principalement les processus attentionnels et mnésiques et qu'elles peuvent persister longtemps après l'opération. Afin de prévenir l'apparition de ces séquelles, il semble que certaines technologies, telle que la spectroscopie proche par infrarouge pourrait être prometteuse puisqu'elle permet une observation continue des fluctuations du niveau de l'oxygénation cérébrale et que l'équipe de chirurgie peut tenter plus rapidement de corriger ces fluctuations. Aussi, une réadaptation cognitive post-pontage pourrait être envisagée. En effet, des études auprès d'autres populations cliniques, telles que la maladie d'Alzheimer ou la maladie de Parkinson, ont utilisé des programmes d'interventions cognitives et montrent des résultats intéressants (Loewenstein et al., 2004; Sinforiani et al., 2004).

1.4 L'oxymétrie cérébrale

1.4.1 Principe de l'oxymétrie cérébrale non invasive (INVOS)

L'oxymètre cérébral, développé dans les années soixante-dix, fait appel à la spectroscopie proche infrarouge et vise à mesurer les fluctuations de la saturation en oxygène régional du cerveau (rSO₂). L'appareil de mesure de la saturation cérébrale via le cortex frontal (Invos Cerebral oximeter) a été récemment approuvé au Canada pour le monitoring cérébral non invasif. Cet oxymètre cérébral se base sur la loi de Beer-Lambert qui stipule

qu'il est possible de mesurer la concentration d'une substance selon son degré d'absorption de lumière. La spectroscopie proche infrarouge permet d'évaluer la saturation en oxygène de l'hémoglobine cérébrale à partir d'une diode émettrice à infrarouge. Des photons de deux longueurs d'onde différentes de 730 nm et 810 nm sont envoyés à travers la région frontale. Les photons sont alors absorbés par le chromophore de l'hémoglobine oxygénée et désoxygénée des vaisseaux sanguins de plus de 1 mm. La pénétration des photons prend donc la forme d'un arc qui traverse le cuir chevelu, le crâne et le tissu cérébral et revient vers les 2 récepteurs, l'un proximal (à 30 mm de l'émetteur) et l'autre distal (à 40 mm de l'émetteur). La pénétration des photons est d'environ 1.5 cm et le volume interrogé correspond à environ 1.5 cm^3 . Le signal acquis par le récepteur proximal provient d'une source plus superficielle et le signal acquis par le récepteur distal inclut cette zone superficielle et une composante plus profonde. En soustrayant la valeur du signal proximal à la valeur du signal distal, il est possible d'éliminer une grande partie des composantes superficielles ou extra-crâniennes et d'avoir une mesure de la saturation en oxygène des tissus cérébraux seulement. Le $r\text{SO}_2$ est donc le résultat de la soustraction de la valeur des signaux proximaux et distaux. Le $r\text{SO}_2$ est exprimé en pourcentage qui réfère à la saturation en oxygène dans le sang.

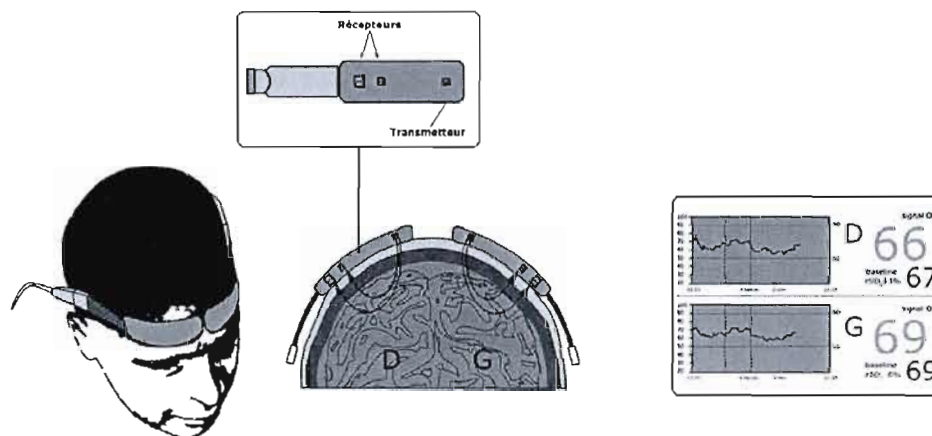


Figure 1 L'oxymétrie cérébrale

La valeur de la saturométrie est influencée par tous les paramètres pouvant affecter le transport d'oxygénation cérébrale (oxygénation, ventilation, hémoglobine, débit cardiaque, pression artérielle, etc.). Les valeurs normales chez le sujet sain éveillé sont de $65 \pm 9\%$ (Edmonds, 1999) et chez des patients subissant une chirurgie cardiaque, elles varient de 47 à 83% (Kim et al., 2000).

La validation de cette technologie a été démontrée selon plusieurs modalités, que ce soit la saturométrie jugulaire (Kim et al., 2000) ou les mesures de débit cérébral (Madsen & Secher, 1999), ainsi que dans de nombreux contextes : chirurgie cardiaque adulte et pédiatrique, non cardiaque, en neurochirurgie, chez les fœtus et nouveaux-nés en dysoxie, aux soins intensifs et en cardiologie d'intervention (Dujovny et al., 1998; Edmonds, 1999; Edmonds, 2001; Edmonds, 1996; Edmonds, 1998; Edmonds, 2002; Hans & Damas, 1999; Madsen & Secher, 1999; Wahr et al., 1996).

1.4.2 Implications cliniques de l'oxymétrie

Lors d'une intervention, il est généralement reconnu que plus la désaturation est sévère et/ou prolongée, plus les déficits ou leurs impacts seront importants (Edmonds, 1998; Yao et al., 1999a; Yao et al., 2000; Yao et al., 2001). Dans la plupart des études, une diminution entre 20% et 30% de la valeur de base ou une valeur absolue inférieure à 50% est considérée comme une indication d'intervenir pour l'équipe chirurgicale (Cho et al., 1998; Edmonds, 2001; Edmonds et al., 2002; Samra et al., 2000; Taillefer & Denault, 2005; Yao et al., 2004). L'intervention vise à corriger la désaturation cérébrale en identifiant la cause et en la traitant. Denault, Deschamps et Murkin (2007) proposent un algorithme visant à optimiser un ensemble de facteurs qui peuvent affecter la saturation en oxygène cérébrale (Denault et al., 2007). Cette équipe de chercheurs a donc développé une approche systématique basée sur l'identification et le traitement des désaturations en oxygène cérébrale.

L'étude randomisée à double insu de Murkin démontre que l'utilisation de l'oxymétrie cérébrale afin de corriger rapidement les désaturations réduit la morbidité en chirurgie cardiaque et la durée de séjour aux soins intensifs (Murkin, 2004). D'autres relations ont aussi été faites entre la désaturation cérébrale pendant l'opération et le temps d'hospitalisation (Murkin et al., 2007; Slater et al., 2009). Une étude de cohorte publiée en 2004 a décrit l'impact de l'utilisation prospective de la saturométrie cérébrale chez plus de 1034 patients qui s'est traduit par une réduction des accidents vasculaires cérébraux (Goldman et al., 2004).

Aussi, puisque les microembolies cérébrales et l'hypoperfusion pendant l'opération semblent être les principales causes des déficits cognitifs post-pontage, le rSO₂ pourrait corrélérer avec l'apparition de séquelles cognitives post pontage. Certaines études récentes concluent effectivement à une relation significative entre la désaturation cérébrale et le développement de dysfonctions cognitives post opératoires (Casati et al., 2005; Monk et al., 2002; Murkin et al., 2007; Slater et al., 2009; Yao et al., 2004). Une étude ayant utilisé la

saturométrie jugulaire a aussi démontré une corrélation avec des séquelles cognitives post pontage (Yoda et al., 2004). Par contre, d'autres études ne trouvent pas de relation entre la saturométrie cérébrale et les complications neuropsychologiques (Hong et al., 2008; Negargar et al., 2007; Reents et al., 2002). Par ailleurs, il est important de noter que le test le plus fréquemment utilisé pour mesurer les séquelles neuropsychologiques est le Mini-Mental State Examination de Folstein (MMSE). Le MMSE a une sensibilité de 87% et une spécificité de 82% dans la détection des démences et des delirium. Par ailleurs, il n'a qu'une sensibilité de 52% et une spécificité de 87% dans la prédiction des déficits cognitifs suite à une chirurgie cardiaque (Anthony et al., 1982). Un groupe de recherche a utilisé seulement deux tests neuropsychologiques standards, soit le traçage de piste A et un test de dextérité motrice (Grooved Pegboard Test), chez un échantillon de 100 patients qui ont eu des chirurgies de valve, et n'ont pas non plus trouvé de corrélation avec l'oxymétrie cérébrale (Hong et al., 2008). Bien que cette étude ait utilisé des épreuves neuropsychologiques plus sensibles que le MMSE, il est important de noter que ces deux épreuves visent à évaluer la vitesse psychomotrice. Tel que mentionné précédemment, des déficits moteurs sont souvent observés suite à une chirurgie, mais ne sont pas spécifiques aux chirurgies cardiaques. Il est alors possible que les facteurs étiologiques de ces déficits soient différents des déficits qui sont spécifiques aux chirurgies cardiaques. La désaturation en oxygène cérébrale pourrait donc ne pas être impliqué dans le développement d'un déficit psychomoteur. De plus, l'âge de leur échantillon était relativement jeune, soit environ 60 ans. Il est aussi possible que leur réserve cognitive soit mieux préservée que les populations plus âgées.

Ces résultats sont donc un indice intéressant que les séquelles neuropsychologiques pourraient être prédites par l'indice de saturation cérébrale, mais on observe un manque flagrant d'études portant sur les associations entre le rSO_2 et les dysfonctions cognitives postopératoires chez les aînés mesurées par des épreuves neuropsychologiques standards.

1.5 Les entraînements cognitifs

1.5.1 La pertinence d'un entraînement cognitif

Il a été mentionné précédemment que les séquelles neuropsychologiques consécutives à un pontage pourraient avoir un impact considérable sur la qualité de vie, le fonctionnement psychosocial et la capacité du patient à participer activement à sa réadaptation. Une étude de Barclay et al. a examiné un groupe de patients cardiaques en réadaptation, dont 70% d'entre

eux avaient des séquelles cognitives (Barclay et al., 1988). Ils ont démontré que 35% de ces patients étaient incapables de gérer leur médication. Les séquelles cognitives consécutives à une chirurgie cardiaque peuvent donc avoir des conséquences importantes dans le quotidien du patient. Il est bien connu que la vitalité cognitive est un déterminant important de la qualité de vie et de la survie chez les aînés (Fillit et al., 2002). Conséquemment, l'amélioration du fonctionnement cognitif des patients ayant subi un pontage pourrait contribuer à améliorer leur qualité de vie.

Au cours des dernières années, un certain nombre de chercheurs ont mis sur pied des entraînements cognitifs structurés afin d'améliorer différents aspects du fonctionnement cognitif chez les aînés. Ces études ont montré que les aînés peuvent apprendre de nouvelles tâches ou de nouvelles habiletés cognitives (Bherer, 2004) et que la réadaptation socio-professionnelle est possible (Goy et al., 1984). Bherer (2004) rapporte trois types de résultats possibles suite à un entraînement cognitif. Les aînés peuvent apprendre de nouvelles tâches ou développer de nouvelles habiletés au même rythme que les plus jeunes, ils peuvent montrer une amélioration moins marquée que les plus jeunes ou peuvent bénéficier davantage de l'entraînement que les plus jeunes. Il est intéressant de noter que dans tous les cas, une amélioration est notée. Bien que ces études aient été réalisées auprès des populations de personnes âgées saines, elles suggèrent que les déclinés que pourraient subir les personnes âgées consécutivement à un pontage pourraient être renversés. Les études effectuées sur les séquelles cognitives post-pontage semblent démontrer jusqu'à présent que les fonctions les plus susceptibles d'être affectées sont la mémoire et l'attention. Des entraînements cognitifs à ces deux niveaux ont d'ailleurs été démontrés efficaces chez les personnes âgées.

1.5.2 Les entraînements en mémoire

Dans le domaine des entraînements en mémoire, trois études faisant une revue des études portant sur les entraînements mnésiques chez l'aîné concluent que ces entraînements peuvent être bénéfiques, non seulement pour les personnes âgées dites normales, mais aussi pour celles qui présentent un trouble léger de la cognition (Belleville, 2008; Bier et al., 2006; Verhaeghen et al., 1992). Les stratégies habituellement employées dans les entraînements mnésiques peuvent être classées en deux grandes catégories, soit les méthodes d'imagerie, telle que la méthode des lieux ou l'association visage-nom et les méthodes d'organisation du matériel, telle que la génération d'histoires.

La majorité des études ont évaluées des méthodes d'imagerie et ont démontré des effets bénéfiques chez les aînés (Cavallini et al., 2003; O'Hara et al., 2007). Par contre, les résultats à long-terme de ces entraînements sont mitigés et il semble que le maintien des acquis dépendent de la possibilité pour la personne d'intégrer facilement les stratégies de rappel à son quotidien (Bottiroli et al., 2008; Cavallini et al., 2003; O'Hara et al., 2007).

Très peu d'études ont évalué spécifiquement les stratégies d'organisation du matériel. L'étude de Hill et al. (1991) a démontré un effet bénéfique d'un entraînement en utilisant la méthode de la génération d'histoires. Une étude pilote a aussi démontré un effet bénéfique de cette stratégie, mais précise qu'un entraînement répété ne semble pas nécessaire puisque l'efficacité de la stratégie est observée dès l'explication de la méthode (De Tournay-Jetté et al., 2006).

D'autres études ont élaboré des entraînements mnésiques basés essentiellement sur des méthodes d'imagerie, mais en y intégrant des éléments d'information sur le vieillissement cognitif normal, l'évolution des différentes habiletés cognitives et les habitudes de vie pouvant affecter les capacités mnésiques (McDougall, 2002; O'Hara et al., 2007; Troyer, 2001; Valentijn et al., 2005). Ces programmes se sont avérés bénéfiques non seulement sur le plan des performances mnésiques, mais aussi sur l'auto-évaluation que les aînés faisaient de leur mémoire. Une étude américaine faite auprès de 2802 personnes âgées, l'étude ACTIVE, indique qu'un enseignement de stratégies de résolution de problème et de notions associées au vieillissement normal, ajouté à un entraînement de la mémoire, a conduit à une amélioration sur le plan cognitif. Ils jugent que cette amélioration équivaut à un « rajeunissement cognitif » de 7-14 ans (Ball et al., 2002). De plus, ces effets positifs étaient toujours observés cinq ans après la participation au programme d'entraînement (Willis et al., 2006). Ce type d'entraînement a aussi été évalué chez des personnes âgées présentant un trouble léger de la cognition (TCL). Une revue de littérature récente identifie sept études qui se sont intéressées à l'évaluation d'un entraînement cognitif chez les TCL (Belleville, 2008). De ces sept études, une seule ne rapporte aucun effet positif, alors que les six autres rapportent des améliorations significatives des performances cognitives.

1.5.3 Les entraînements en attention

En ce qui a trait aux entraînements axés sur l'attention, des résultats tout aussi impressionnants sont observés (Baltes & Kliegl, 1992; Bherer et al., 2008; Kramer et al.,

1995; Verhaeghen & Cerella, 2002). Les entraînements attentionnels visent principalement les fonctions relatives au contrôle attentionnel, c'est-à-dire, la capacité à sélectionner l'information pertinente (inhibition et attention sélective) ou à alterner son attention entre différentes sources (attention divisée). Quelques études se sont intéressées à l'entraînement de l'attention sélective. Pour ce faire, ils ont pu élaborer soit une tâche de recherche visuelle comme Ho et Scialfa (2002) ou une tâche de recherche en mémoire à court terme comme Baron et Mattila (1989). L'étude de Ho et Scialfa (2002) incluait dix jeunes adultes et dix aînés qui ont fait 16 sessions d'entraînement. Il s'agissait d'une tâche de recherche visuelle sur un plan comportant la cible à identifier et différents distracteurs. Ils concluent que l'ampleur de l'amélioration des aînés à la tâche est comparable à l'ampleur de l'amélioration chez les plus jeunes. L'étude Baron et Mattila (1989) est parmi les premières études d'entraînement cognitif. Ils ont comparé des hommes, jeunes et aînés, qui ont reçu un entraînement de 44 heures. La tâche consistait à identifier des stimuli visuels et auditifs qu'ils avaient mémorisés. Les items pouvaient leur être présentés un à la fois (essais simples) ou deux à la fois (essais doubles). Ils ont démontré que pour les jeunes et les aînés, l'identification des stimuli en condition double prenait plus de temps, mais que suite à l'entraînement, l'amélioration était plus importante chez les aînés.

L'entraînement de l'attention soutenue se fait fréquemment par des tâches de préparation à répondre. Les tâches de préparation à répondre visent à améliorer la capacité de la personne à répondre efficacement. Pour ce faire, la personne voit un signal préparatoire dans un premier temps, lui indiquant ainsi qu'il doit se préparer à répondre. Après un délai variable, le stimulus apparaît et la personne doit l'identifier le plus rapidement possible. Bherer et Belleville (2004) ont évalué l'efficacité d'un tel entraînement chez 32 aînés et 20 jeunes adultes qu'ils ont divisé en deux groupes : groupe contrôle et groupe entraîné. Ils ont démontré que les participants entraînés en venaient à moduler plus efficacement leur préparation à répondre et que l'ampleur de l'amélioration était équivalente chez les deux groupes d'âge.

Enfin, des études d'entraînement en attention divisée ont utilisé des tâches où la personne avait à identifier plus d'un stimulus (Bherer et al., 2006; Kramer et al., 1995). Ces études ont démontré que les aînés, suite à un entraînement, peuvent mieux partager leur attention entre les tâches, que cette amélioration est plus importante chez les aînés que chez les jeunes et que les apprentissages peuvent leur permettre d'accomplir plus efficacement

une nouvelle tâche semblable. Enfin, certaines études, notamment celle de Gray, Robertson, Pentland, et Anderson (1992) ont évalué l'efficacité d'un programme visant l'entraînement de différents aspects de l'attention. Leur programme, d'une quinzaine d'heures, comprend (1) une tâche de temps de réaction avec rétroaction sur la vitesse, (2) une tâche d'identification de deux symboles identiques parmi un ensemble de quatre symboles présentés brièvement, (3) une tâche de substitution de symboles, et (4) une épreuve de mots et de couleurs de Stroop. Les résultats ont montré une amélioration générale lors de la période d'entraînement, mais aussi suite à la période d'entraînement. Cette amélioration, notée après la période d'entraînement, suggère ainsi non seulement un maintien des acquis, mais aussi une consolidation des apprentissages. D'ailleurs, d'autres études ont aussi montré un maintien des gains (Bherer et al., 2006; Kramer et al., 1995). En somme, il semble se dégager de la littérature certaines preuves soutenant l'efficacité des entraînements axés sur l'attention.

1.7 Conclusion

Les séquelles cognitives post pontage chez les aînés sont fréquentes et peuvent avoir un impact sur la capacité du patient à s'impliquer dans sa réadaptation. Il est donc important de développer des stratégies visant à prévenir ces séquelles et à y pallier. L'oxymétrie cérébrale semble être une avenue intéressante pour la détection et la prévention des séquelles cognitives puisqu'elle permet une intervention visant à corriger les désaturations cérébrales tout au long de la chirurgie. Par ailleurs, il y a un manque flagrant d'écrits dans ce domaine et les quelques études effectuées semblent avoir utilisé des mesures cognitives ne tenant pas compte de déclin cognitifs subtils pouvant survenir suite à une chirurgie. Aussi, les études dans le domaine du vieillissement nous confirment que les personnes âgées ont la capacité d'apprendre et peuvent développer des stratégies compensatoires. D'ailleurs des entraînements cognitifs se sont révélés efficaces chez des populations saines et cliniques. À notre connaissance, aucune étude de ce genre n'a jamais été réalisée auprès de populations cardiaques.

Afin de répondre à ces différentes lacunes, ce projet de recherche prospectif a pour objectif global d'évaluer des stratégies de détection et d'intervention des séquelles cognitives post pontage chez les aînés. Plus précisément, ce projet sera effectué auprès de personnes de 65 ans et plus qui seront opérées pour une chirurgie de pontage à l'Institut de Cardiologie de Montréal. Ce projet visera à répondre à ces deux questions : 1) L'utilisation de l'oxymétrie cérébrale dans la détection de déficits cognitifs post pontage subtils évalués à l'aide d'une

batterie de tests neuropsychologiques standard est-elle pertinente? 2) Les aînés ayant subi une chirurgie de pontage peuvent-ils bénéficier d'un entraînement cognitif post pontage?

Les résultats de cette recherche pourront avoir des implications cliniques concrètes importantes. En effet, s'il s'avère que l'oxymétrie cérébrale est efficace pour prédire le développement de séquelles cognitives post pontage, des interventions préventives au cours de la chirurgie pourraient être développées. Aussi, s'il s'avère que les aînés bénéficient d'un entraînement cognitif post pontage, des modifications aux programmes de réadaptation post pontage pourraient être développées.

Le premier article intitulé «The relationship between cerebral oxygen saturation changes and postoperative cognitive dysfunction in elderly patients after coronary artery bypass surgery » ciblera les variables qui permettent de distinguer les patients ayant développé des séquelles cognitives post-pontage et ceux n'en ayant pas développé. Les variables pré et péri-opératoire, dont les variables de rSO₂ seront examinées. Le deuxième article, intitulé « Cognitive training benefits after a coronary artery bypass graft surgery in older adults » décrira l'impact d'un entraînement cognitif axé sur la mémoire et l'attention des aînés ayant subi une chirurgie de pontage.

CHAPITRE II

THE RELATIONSHIP BETWEEN CEREBRAL OXYGEN SATURATION (rSO_2)
CHANGES AND POSTOPERATIVE COGNITIVE DYSFUNCTION IN ELDERLY
PATIENTS AFTER CORONARY ARTERY BYPASS SURGERY

Article sous presse dans *The Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*

The Relationship between Cerebral Oxygen Saturation Changes and Postoperative Cognitive
Dysfunction in Elderly Patients after Coronary Artery Bypass Surgery

Emilie de Tournay-Jetté, MPs,* Gilles Dupuis, PhD,*† Alain Deschamps, MD, PhD,†
Raymond Cartier, MD,† Louis Bherer, PhD,*‡ and André Denault, MD, PhD, FASE†

From the *Department of Psychology, Université du Québec à Montréal, Montreal, Quebec;
†Research Center, Montreal Heart Institute, Montreal, Quebec; and
‡Cognitive Health and Aging Research Laboratory, Institut Universitaire de Gériatrie de
Montréal, Montreal, Quebec.

Funding: Montreal Heart Institute Foundation

Address for correspondence and reprints: Dr. Gilles Dupuis, PhD, Psychosomatic Medicine,
Montreal Heart Institute, 5000 Belanger Street, Montreal, Quebec, HIT 1C8, Canada.

Tel (514) 376-3330 ext. 3255; Fax: (514) 376-1355.

E-mail: dupuis.gilles@uqam.ca

RÉSUMÉ

Objectif: L'objectif de cette étude est d'évaluer la valeur prédictive de l'oxymétrie cérébrale dans la détection des séquelles cognitives post pontage chez les aînés. **Design:** Il s'agit d'une étude prospective qui s'est déroulée dans un hôpital universitaire. **Participants:** Un total de 61 patients (84% d'hommes) avec un âge moyen de 70.39 ± 4.69 ans en attente d'une chirurgie de pontage ont participé à cette étude. **Intervention:** Une batterie de tests neuropsychologiques a été administrée la veille de la chirurgie ainsi que 4-7 jours et un mois suivant la chirurgie. Au cours de la chirurgie, une mesure continue de la saturation en oxygène cérébrale (rSO₂) a été prise. **Résultats:** Les séquelles cognitives post pontage ont été définies comme étant une baisse d'au moins un écart-type sur deux tests neuropsychologiques ou plus. Un déficit cognitif post pontage dans la semaine suivant la chirurgie a été détecté chez 46 patients (80.7%) et chez 23 patients (38.3%) un déficit cognitif a été détecté un mois suivant la chirurgie. Les patients dont le rSO₂ a baissé sous les 50% au cours de la chirurgie étaient plus susceptibles d'avoir des déficits cognitifs post pontage 4-7 jours post chirurgie ($p = .04$). De plus, une diminution de plus de 30% du rSO₂ par rapport au niveau initial était aussi associée à des déficits cognitifs un mois suivant la chirurgie. ($p = .03$). **Conclusion:** Les désaturations en oxygène cérébrale sont associés à des déficits cognitifs post pontage dans la semaine suivant la chirurgie et un mois suivant la chirurgie chez les patients âgés. L'oxymétrie cérébrale semble être un outil prometteur, non seulement pour la détection des déficits cognitifs modérés à sévères, mais aussi pour les déficits neuropsychologiques plus subtils.

Key words: Déficit cognitif, oxymétrie cérébrale, pontage aorto-coronarien, aîné.

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to evaluate the predictive value of cerebral regional oxygen saturation (rSO₂) in the occurrence of postoperative cognitive dysfunction (POCD) in elderly patients undergoing CABG.

Design: A prospective study.

Setting: University Hospital.

Participants: A total of 61 patients (84% male) with a mean age of 70.39 ± 4.69 on a waiting list for a CABG surgery were enrolled in the study.

Intervention: A complete neurocognitive evaluation was performed 1 day before surgery, as well as 4-7 days and one month after surgery. During surgery, rSO₂ was continuously monitored.

Measurements and Main Results: POCD was defined as a reduction of one standard deviation on two or more neuropsychological indices. Forty-six patients (80.7%) developed early POCD and 23 (38.3%) showed late POCD. Patients whose rSO₂ decreased to under 50% during the surgery experienced more POCD 4-7 days post-surgery ($p = 0.04$). In addition, a decrease of more than 30% from the patient's baseline rSO₂ was associated with POCD one month after surgery ($p = 0.03$).

Conclusion: Intraoperative cerebral oxygen desaturation is associated with early and late POCD in elderly patients. Cerebral oximetry is a promising tool in prediction of subtle neuropsychological deficits and further studies are needed.

KEY WORDS: Cognitive dysfunction, cerebral oximetry, coronary artery bypass surgery, elderly

LIST OF ABBREVIATIONS

AUC = area under curve

BMI = body mass index

CABG = coronary artery bypass graft surgery

CPB = cardiopulmonary bypass

Hb = Hemoglobin

MMSE = Mini-Mental State Examination

NIRS = Near-Infrared Spectroscopy

POCD = Postoperative Cognitive Dysfunction

RAVLT = Rey Auditory Verbal Learning Test

rSO₂ = regional cerebral oxygen saturation

TMT = Trail Making Test

SD = standard deviation

INTRODUCTION

Cognitive deficits following coronary artery bypass graft surgery (CABG) are frequent in the elderly population and can persist during several months after the surgery. The incidence of postoperative cognitive dysfunction (POCD) varies between 33% and 83%.¹⁻³ The short-term incidence (less than two weeks after surgery) varies between 26% and 79%, and the long-term incidence (over one month after surgery) varies between 0% and 37%.⁴ A few studies have even shown an incidence of over 80%.^{5; 6} Even though such an incidence seems impressive, the significance of cognitive dysfunction has been minimized in the past, probably because cognitive dysfunction was considered transient and reversible. Moreover, there was no clear definition of POCD and it is often confounded with delirium.⁷ However, postoperative cognitive dysfunction has repercussions such as length of hospital stay, quality of life, psychosocial functioning, and also the patient's ability to be involved in his rehabilitation.^{8; 9} Furthermore, long-term consequences of POCD (more than five years) remained understudied, but early cognitive dysfunction could be predictors of a subsequent cognitive decline.² However, this issue remains controversial when such results are compared with those of patients undergoing non-cardiac surgery.¹⁰

The etiology of cerebral complications and POCD is likely multifactorial and different preoperative and operative factors are associated with the development of cognitive dysfunction.^{11; 12} Some preoperative variables increase the risk of POCD. For instance, factors such as the severity and duration of heart disease, the presence of diabetes and a history of neurological disease are strong predictors of cognitive complications following surgery.^{11; 13-15} Older age is also a frequently reported risk factor.^{13; 16-18} The most generally accepted mechanisms responsible for cognitive dysfunction are intraoperative hypotension and multiple microembolization. In both situations, cerebral tissue hypoxia might result from these insults. The use of cardiopulmonary bypass (CPB) could also play a role in the

development of POCD through an inflammatory process.¹⁹ Some studies comparing CABG with or without CPB concluded that CABG without CPB could reduce the risk of major postoperative complications,^{20; 21} and could improve short- and long-term cognitive outcome²² while other showed any improvement for long-term cognitive outcome.²³

These issues justify efforts to improve neuromonitoring during cardiac surgery. Some studies show that intraoperative neuromonitoring helps prevent POCD, reduces the length of hospital stay and costs, and minimizes many adverse effects in several vital organs.^{24; 25} Recent studies using near-infrared spectroscopy (NIRS) have shown a significant relationship between low cerebral regional oxygen saturation (rSO₂) values and neurological complications,^{24; 26; 27} cognitive dysfunction²⁸ and prolonged hospital stay^{24; 27; 29-33} in CABG patients. Other studies assessing cognitive dysfunction after a major abdominal surgery under general anesthesia found a similar relationship.^{34; 35} However, other studies did not find a relationship between reduced NIRS values and POCD.³⁶ Conflicting results can be due to differences in the definition of POCD, to the age of the population studied or to the use of non-sensitive cognitive tests. In fact, most studies evaluated the relationship between reduced NIRS values and POCD in relatively young population³⁶⁻³⁸ or used only few tests to evaluate the POCD instead of a complete neuropsychological battery.^{28; 36}

The objective of this study was to evaluate the predictive value of intraoperative rSO₂ using NIRS in relationship with the occurrence of early (4 to 7 days) and late (one month) POCD in an elderly population, using a complete array of neuropsychological tests. We hypothesized that there would be a relationship between the severity of rSO₂ desaturation and POCD occurrence both in the early postoperative period and up to one month after CABG. We also hypothesized that this association would be stronger in patients undergoing CABG with CPB compared to those undergoing CABG without CPB.

METHODS

Patient Selection

Following approval by the Institutional Review Board and after obtaining written informed consent, 76 patients of at least 65 years of age undergoing CABG were recruited between January 2006 and September 2008 at a tertiary care hospital.

Inclusion criteria were: 1) scheduled for a primary CABG surgery, 2) 65 years of age or older, and 3) able to speak and read French. **Exclusion criteria** were: 1) Mini-Mental State Examination (MMSE) score < 24 before surgery, 2) emergency cases, 3) history of drug or alcohol abuse, 4) history of psychiatric disorder, 5) neurological disease (including stroke history), or 6) a prescription of antidepressants or lithium.

Out of the 76 recruited patients, eight were excluded because they underwent valve surgery and seven dropped out of the study after the first evaluation. The final number of patients included in the analyses was 61 (80%).

Procedure

The patients were met the day before surgery in their hospital room for the first neuropsychological evaluation. All neuropsychological evaluations were conducted by trained research assistants. The training of the research assistants took an average of 60 hours and were supervised was done throughout the project. The evaluation took an average of 45 minutes to complete. During the surgery, rSO₂ on the forehead region was continuously monitored using an INVOS 4100 device (Somanetics, Troy, MI, USA) under the supervision of the attending anesthesiologist. The postoperative evaluation also took an average of 45 minutes and was conducted in the hospital room 4-7 days after the surgery. Finally, patients underwent their one-month evaluation at home or at the hospital, according to patient

preference. The research assistants performing the neuropsychological evaluations were blinded to the use or not of CPB during CABG.

Demographic and Medical Variables

Age, sex, body mass index (BMI) and educational level (number of years) were recorded. Personal history of cardiac events and other health conditions (e.g. diabetes, cancer, hypertension, dyslipidemia, angina, stroke, hypo- or hyperthyroidism, chronic pain, previous myocardial infarction, depression and anxiety as well as medication) were also self-reported by patients. Finally, perioperative variables (patient condition (stable or unstable), type of CABG surgery, temperature of the CPB circuit, total duration of surgery), and postoperative variables (duration of stay in intensive care unit, total length of hospital stay and complications) were retrieved from the patients' medical records.

Anesthetic and CABG Management

Surgical procedures were classified as CABG with or without CPB. All patients were premedicated with morphine 0.1 mg/kg *im* and midazolam 3-8 mg *im* administered approximately 1 hr before surgery. In the operating room, standard monitoring was used, including five-lead electrocardiogram, digital pulse oximeter, capnography, radial arterial line, a 15-cm triple-lumen catheter (CS-12703, Arrow International Inc, Reading, CA, USA) and a pulmonary artery catheter (Swan-Ganz Thermodilution catheter 7.5 Fr; Baxter Healthcare Corporation, Irvine, CA, USA). Anesthesia was induced with 0.04 mg/kg midazolam and 1 µg/kg sufentanil, and muscle relaxation was achieved with 0.1 mg/kg pancuronium or 0.3 mg/kg rocuronium. After tracheal intubation, anesthesia was maintained using 1 µg/kg/hr sufentanil and 0.04 mg/kg/hr midazolam. No anesthetic gases were used during induction but isoflurane was used during the procedure and during CPB. Minute

ventilation was adjusted with an infrared carbon dioxide analyzer to maintain end-tidal carbon dioxide between 30 and 40 mmHg. All patients were ventilated with 100% oxygen and minute ventilation was adjusted to maintain PaCO₂ 40 ± 5 mmHg, as confirmed by serial arterial blood gas analysis. Intravenous fluids (0.9% normal saline) were administered according to estimated insensible losses of 7 cc/kg/hr during the surgery and titrated according to blood pressure and central venous pressure. A decrease in the mean arterial blood pressure to below 60 was treated with fluid administration in presence of low central venous pressure, or by the use of vasopressors according to a predetermined protocol.³⁹ In case of low cardiac output, milrinone was administered at the attending anesthesiologist's discretion. CPB was initiated and maintained according to a strict protocol with standardized cannulation sites, pump flow, blood gas management, and mean arterial pressure and temperature targets. Blood cardioplegia was used in all patients. Induction and maintenance cardioplegic solutions were cold to tepid (15 to 29° Celsius). The blood to crystalloid ratio was 4:1. The pump flow was adjusted to obtain an adjusted output of 2.2 L/m² of body surface area (BSA). The pump flow was reduced to 0.5 L/min for aortic clamping and unclamping. The pumps for all patients were SIII (Stockert, Munich, Germany) roller pumps. Oxygenators were Sorin Monolyth (Mirandola, MO, Italy). For CABG procedures, temperature was allowed to drift to 34°C. Selective antegrade and retrograde cerebral perfusion was used on a case-by-case basis. Weaning from CPB was attempted once systemic temperature (central and vesical) was > 36°C using previously described protocol.

NIRS Monitoring

The NIRS technology is based on the principle that between 700nm and 900nm, light penetrates most biological tissue and bones and that oxyhemoglobin and deoxyhemoglobin have distinct optical absorption characteristics.⁴⁰ Two probes attached to the forehead contain

the light sources, each providing two continuous wavelengths of near-infrared light (730 and 810 nm) that reach the brain area corresponding to the junction between the anterior and middle cerebral artery vascularization territory. We used the INVOS 4100 system and followed the manufacturer's instructions in all patients. The baseline pre-induction rSO₂ values obtained over 5 minutes, defined as the mean left and right rSO₂ values, were used for data analysis. Acquisition was done while the patients were receiving oxygen through nasal prongs at 2 liters/minutes.

Both the right and the left frontal rSO₂ values were simultaneously recorded. The lower values of either side were collected for analysis. Cerebral oxygenation data were analyzed at multiple thresholds reflecting different degrees of cerebral hypoxia. The thresholds were chosen according to their clinical relevance and the thresholds found in other studies.^{28; 34; 36-38} The incidence and duration of the decrease in rSO₂ values (cerebral desaturation) were recorded as one of the following two values: (1) decrease in absolute rSO₂ values to less than 50%, and (2) decrease in relative rSO₂ value of 30% compared to individual baseline value. For example, a patient with a baseline of 70% and a 30% decrease will show an absolute rSO₂ of 49% during desaturation. Baseline, mean and minimum values of rSO₂ were then calculated for each patient, as were the area under the curve of rSO₂ readings of less than 50% and the area under the curve of rSO₂ readings of 30% lower than baseline.

An algorithm to correct intraoperative cerebral desaturation was applied. We used the algorithm proposed by Denault *et al.* (2007),⁴¹ which includes the following steps: rule out mechanical obstruction, increase mean arterial pressure, verify systematic oxygenation, normalize partial pressure of carbon dioxide, optimize hemoglobin, evaluate cardiac function

and decrease the cerebral metabolic rate of oxygen. Use of the algorithm was under the responsibility of the attending anesthesiologist.

Neuropsychological Assessment

Cognitive function was assessed by an investigator blinded to the result of the NIRS. The following tests were used: Mini-Mental State Examination (MMSE); Logical Memory Subtest of the Rivermead battery (with three alternatives stories); Rey Auditory Verbal Learning Test (RAVLT) (three alternatives versions); the digit symbol subtest of the Wechsler Adult Intelligence Scale-revised (WAIS-R); the Trail Making Test (TMT) part A and B, the Stroop Test and the Verbal Fluency Test (three alternatives versions). The MMSE was used only before surgery to determine the eligibility of the patient in the study while other tests have been used for the three neuropsychological evaluations. MMSE tested neurocognitive functions such as orientation, attention and calculation, memory and language (internal consistency in a sample of patients, 0.96, inter-judge reliability, 0.65 and over according to studies, and test-retest stability varying between 0.80 and 0.95).⁴² The Logical Memory Subtest of the Rivermead battery examined the immediate and delayed memory as well as the recovery capacity (inter-judge reliability, 100%, and validity between forms A and B (for example), 0.84).⁴³ The RAVLT examined learning, immediate and delayed memory, recovery capacity and interference effect (test-retest reliability, 0.55).⁴² The digit symbol subtest of the WAIS-R tested the psychomotor speed and sustained attention (test-retest reliability, 0.69).⁴⁴ The TMT examined attention and complex visual-motor coordination. The switching attention was implicated in part B of this test (test-retest reliability varying between 0.64 and 0.78 (part A) and between 0.67 and 0.72 (part B)).⁴² The Stroop Test, Victoria version, consisted of three trials and examined the inhibition capacity and selective attention (test-retest reliability, 0.90 (first trial), 0.83 (second trial) and 0.91 (third trial)).⁴² Finally, the

Verbal Fluency Test assessed the patient's executive functions (test-retest reliability, 0.70 for elderly population and 0.88 for adult population).⁴²

Early (4-7 days) and late (1 month) POCD was defined as a drop of 1 standard deviation from baseline (day prior surgery) on two or more neuropsychological indices. According to Mahanna *et al.*, this criterion is the most frequently used to define POCD.⁴⁵

Statistical Analysis

Data were analyzed with SPSS (version 15.0, SPSS Inc., Chicago, IL). Before conducting analyses on the associations between NIRS values and POCD, correlations between continuous variables were performed and chi-square or Fisher's exact tests were conducted for categorical variables to ascertain that there were no covariables which could potentially be associated with POCD. None of the following variables correlated with POCD: age, sex, BMI, educational level, systolic and diastolic blood pressure, heart rate, hypertension, diabetes, dyslipidemia, hypo- or hyperthyroidism, angina pectoris, anxiety or depressive disorder.

As no covariable was identified, analyses between patients with or without POCD and NIRS variables were performed using the chi-square test or Fisher's exact test for categorical variables, and the unpaired-t test or Mann-Whitney U-Test for continuous variables. One-sample t-tests were used and 0 was indicated as the test value in case of a value of 0 for a group (e.g.: no patient with a rSO₂ below 50% and without POCD). A *p* value less than 0.05 was considered to be statistically significant.

RESULTS

The clinical and demographic characteristics of the 61 patients and the comparison between CABG patients with and without CPB are presented in Table 1. Patients with and without CPB were comparable on each preoperative variable except for hypertension with the CABG group without CPB showing a higher incidence of hypertension.

The majority of patients ($n = 45$) were recruited a day prior to surgery. The others were recruited at the pre-admission clinic ($n = 16$), that is 27 ± 24 days prior to surgery, and the neuropsychological tests battery was administered the day before the surgery. The post-surgery evaluation was performed 5.43 ± 2.59 days after the surgery and the one-month postoperative evaluation was performed 37.83 ± 4.85 days after surgery.

Only 57 patients out of the 61 performed the early cognitive post-test (among the four patients not taking this test, two developed complications, one was not in an adequate psychological condition (bereavement) and one was transferred to another hospital center). Of these 57 patients, 46 (80.7%) showed early POCD. One month after the surgery, all 61 patients completed the cognitive evaluation and 24 (39.3%) showed late POCD. Table 2 shows demographic and medical data recorded during the early and late post-surgery evaluation for each group. Surprisingly, the POCD group demonstrated a better pre-surgery MMSE score (28.2 ± 1.31 vs. 27.09 ± 1.51 , $p = 0.02$). However, the POCD group also had a higher hypertension rate. A secondary analysis showed that these variables did not have a significant impact on the association between POCD and NIRS variables. Although the length of hospitalization seems longer in the group without POCD, the difference remained nonsignificant. It is also important to note that a majority of patients transferred from another hospital center, and were transferred back a few days postoperation. The days of hospitalization in other hospitals cannot be calculated.

First, the POCD and the no-POCD groups were compared for baseline, mean and minimum rSO₂ values during surgery and for the total area under the curve of rSO₂ readings that were lower than an absolute 50% rSO₂ and the area under the curve of the relative 30% baseline rSO₂. The number of patients who experienced these two types of desaturation was also recorded. Results of the early and late postoperative evaluation are presented in Tables 3 to 5 and Figure 1 to 3 respectively.

In the entire sample (both with and without CPB groups), the analyses between the POCD and the-no POCD groups for the early period revealed that there was a greater area under the curve of the absolute 50% rSO₂ in the POCD group $t(45) = 2.08, p < 0.05, r = 0.30$. The proportion of patients who experienced this type of brain desaturation ($p = 0.041, r = 0.28$) and had POCD was also higher than patients without POCD. One month after the surgery, 38% of the entire sample still experienced POCD. Analyses that compared the POCD and the no-POCD groups during the late period showed there was a higher proportion of patients presenting POCD who also experienced a desaturation of the relative 30% rSO₂ threshold ($p = 0.034, r = 0.27$). A trend was observed between POCD with the area under the curve of the absolute 50% rSO₂ threshold ($U = 323, p = 0.07, r = 0.23$) and the relative 30% rSO₂ threshold ($U = 324, p = 0.06, r = 0.24$).

The same analysis between the POCD and no-POCD groups was done only for CABG patients with CPB. In the early postoperative period, a greater area under the curve of the absolute 50% rSO₂ was observed in the POCD group $t(32) = 2.19, p < 0.05, r = 0.36$. The proportion of patients who experienced this type of brain desaturation and had POCD was higher than patient without POCD $\chi^2(1) = 6.36, p < 0.05, r = 0.39$ in the early period. Another variable associated with POCD occurrence was the lowest rSO₂ value reached during surgery: $t(40) = 2.55, p < 0.05, r = 0.37$. One month after the surgery, in the CABG with CPB group, analyses showed significant associations between late POCD occurrence and an area under

the curve showing a desaturation of the relative 30% rSO₂ threshold ((U = 168), $p = 0.05$, $r = 0.29$). There were more patients with POCD who experienced this type of desaturation $\chi^2(1) = 4.73$, $p < 0.05$, $r = 0.32$. However, groups differed for the area under the curve of the absolute 50% rSO₂ and showed a trend to significance ((U = 173), $p = 0.08$, $r = 0.26$) and had effect sizes comparable with significant variables.

Finally, we performed the same analysis for the CABG without CPB group. POCD and no-POCD groups (early and late) did not differ on any of the oximetry variables. This result should be interpreted with caution given the relatively small sample size ($n = 15$) of patients that underwent CABG without CPB.

DISCUSSION

POCD following cardiac surgery is a frequently reported complication affecting patients' postoperative outcomes. The etiology of POCD can be multifactorial, the most commonly cited etiologies being embolism and hypoperfusion related to extra-corporeal circulation (ECC), which affect the cerebral oxygen supply-demand balance.⁴⁶ Among the neurological monitoring techniques available to detect a cerebral oxygen supply-demand imbalance during cardiac surgery, NIRS allows the continuous and non-invasive monitoring of rSO₂ and provides information regarding the occurrence of cerebral desaturation that is as accurate as information obtained by means of invasive techniques.^{47; 48}

In our study, 80.7% of the sample showed a cognitive decline four to seven days after the surgery (early POCD) a rate that dropped to 38.3% one month later (late POCD). These results are consistent with those found in other studies.^{5; 6} Older patients are at greater risk of developing POCD, and POCD is more likely to persist postoperatively in this population.¹³ Newman *et al.*⁴⁹ reported that 24% of their sample population (mean age of 60.9 ± 10.6), which was younger than ours, showed evidence of cognitive decline six months after surgery. Ahlgren *et al.*⁵⁰ also showed that, in an elderly sample population similar to ours, 35% still manifested cognitive decline one year after surgery. Some studies have shown that anesthetics may lead to POCD, but most studies found that the incidence of POCD after regional anesthesia and after general anesthesia is similar.^{7; 51} These findings suggest that factors other than anesthetic agents are responsible for the development of POCD.

In our study, which included patients 65 years of age and older undergoing CABG, we observed that cerebral desaturation as assessed by NIRS was significantly correlated with the occurrence of early and late POCD. Our main finding was that the clinical cut-off point of 50% is relevant not only with respect to the outcome of major surgeries, as mentioned in other studies,^{52; 53} but also with respect to POCD. In the early period following the surgery, a patient

experiencing cerebral oxygenation desaturation below 50% has 7.69 times greater risk of developing POCD in the week following the surgery. In the CABG with CPB group, the cut-off point of 50% cerebral oxygenation was still associated with early POCD. Furthermore, effect sizes in the CABG with CPB group were higher than in the sample as a whole, which suggests a stronger association between POCD and NIRS variables in the CABG with CPB group. The minimal rSO_2 value reached during the surgery was also associated with early POCD in the CABG with CPB group. Indeed, patients with POCD had lower minimum values, which suggest deeper desaturations. We also observed that a desaturation of 30% from the baseline rSO_2 seemed to be a better predictor of late POCD. Indeed, a patient experiencing a desaturation of 30% from his baseline has 3.32 times greater risk of developing late POCD. In the CABG with CPB group, this risk climbed to 4.13. As in the early period, effect sizes in the CABG with CPB group were higher at the one-month evaluation than in the sample as a whole, which suggests a stronger association between POCD and NIRS variables.

Surprisingly, we observed that a desaturation of 30% from the baseline value was not a predictor of early POCD but only of late POCD. The examination of the effect sizes suggested that such a desaturation could be significant in a larger population. In addition, four patients were included in the one-month analyses and not in the four to seven day analyses because they were not able to undergo the first neurocognitive evaluation: two experienced surgical complications, and we can hypothesize that their cognitive evaluation would have been worse than that of the other patients, which could have had an impact on the results needed to reach significance.

Previous studies which evaluated rSO_2 and POCD have shown contradictory results to each other. Negagar *et al.*³⁶ evaluated the relationship between cerebral oxygen saturation changes and postoperative neurological complications in 72 patients undergoing CABG with or without CPB or valve surgery. They did not find any correlation between cerebral oxygen

saturation changes and postoperative neurological complications using MMSE scores. It is important to note that MMSE, when used to evaluate neuropsychological deficits in patients referred for dementia evaluations, has a sensitivity of 87% and a specificity of 82% for detecting dementia or delirium with use of the conventional cut-off of 24. However, the MMSE only has a sensitivity of 52% and a specificity of 87% for the prediction of cognitive dysfunction after cardiac surgery.⁵⁴ Also, the population studied by Negagar *et al.*³⁶ was younger (approximately 47 years old) and it is well known that the effect of age on cognition reserve is important⁵⁵. Interestingly, these authors compared CABG with and without CPB and found that more patients in the CABG with CPB group experienced a desaturation of 20% than was observed in our study. Hong *et al.*³⁷ used a two standardized neuropsychological tests which essentially evaluated psychomotor speed such as the Trail Making Test Part A and the Grooved Pegboard test in 103 patients undergoing valvular surgery. These authors did not find any correlation between POCD and cerebral oximetry. Although these neuropsychological tests are more sensitive than the MMSE, it is important to note that the population in Hong's study was younger (approximately 52 years old) and that the authors used two psychomotor speed tests. In addition, verbal memory, divided attention and executive functions were not evaluated. Reents *et al.*³⁸ also did not find a relationship between cerebral desaturation and POCD in 47 patients undergoing CABG with CPB – and they used a more comprehensive neuropsychological battery than the previous study. This may have been due to the choice of a low cut-off point at an absolute value of 40% of cerebral oxygen saturation, which may have limited their ability to detect mild desaturation. Also, the age group was limited to patients below 75 years of age. As Monk *et al.*³⁵ suggested, age is probably an important factor to consider. In studies focusing on cognitive dysfunction after CABG, old age is a frequently reported risk factor.^{13; 16-18} Studies have shown the effect of age on cognitive function using univariate analyses,^{11; 56} but most studies using a multivariate

approach have shown that advanced age is an independent predictor in the development of cognitive dysfunction.^{2; 17; 57} In patients undergoing cardiac surgery, two studies have shown a relationship between cerebral oxygen desaturation and cognitive decline. Yao *et al.*'s²⁸ study focused on a population of 101 CABG with CPB patients and showed that patients with postoperative antisaccadic eye movement (ASEM) or MMSE impairment had significantly larger areas of $rSO_2 < 40\%$, $< 45\%$, and $< 50\%$ than those with normal postoperative outcomes. Although these results suggest a strong association between intraoperative oxygen desaturation and cognitive decline, an important limitation of this study is the use of non-specific tests such as the MMSE and the ASEM. In a sample of 240 CABG patients, Slater *et al.*³³ observed an association between intraoperative oxygen desaturation and cognitive decline using a comprehensive neuropsychological battery. They also randomized patients into intervention (correction of cerebral desaturation) and control group. In the intervention group, an algorithm similar to the one used in the present study was used. The authors observed that in the intervention group, there was a non-significant trend towards a lower rate of cognitive decline in comparison with the control group. However, the observed desaturation rates in both the control and intervention groups were nearly identical. Slater *et al.* suggested that the observed lack of impact in the intervention group was likely due to poor compliance to the treatment protocol. Murkin *et al.*²⁷ reported that therapeutic efforts to avoid cerebral desaturation as assessed by rSO_2 values are associated with significantly fewer cases of major organ dysfunction, a shorter stay in the intensive care unit, and a trend toward fewer patients requiring prolonged hospitalization in patients undergoing CABG with ECC. In our study, none of the interventions that were performed by the anesthesiologist to correct brain desaturation were recorded. Consequently, we cannot comment on the efficacy of the intervention proposed by Denault *et al.*⁴¹ However, the objective of the present study was to

confirm the relationship between POCD and brain desaturation in elderly patients undergoing CABG by using comprehensive neuropsychological testing.

In summary, few studies have evaluated the association between intraoperative cerebral oxygen desaturation as assessed by NIRS and cognitive decline. The studies published so far show conflicting findings. Most of these studies used basic neuropsychological tests such as MMSE or psychomotor speed tests, studied younger populations and did not evaluate the impact of CPB on cognitive outcomes. The current study addresses these limitations by using a complete neuropsychological battery in an elderly population which is most susceptible to be affected by POCD and by exploring the impact of CPB on negative cognitive outcomes. Therefore our goal was not to determine the precise mechanisms of POCD, the effect of benzodiazepines or psychotropic medications, arterial pressure measurement or temperature regulation, time point for evaluation, nor the efficacy of the algorithm that we used during these procedures. The key message is that POCD is very common in elderly patients and it does correlate with intraoperative brain desaturation. Studying the impact of precise factors involved in POCD would require a much larger cohort of patients. However, as these tests are very sensitive and POCD is very common, this approach could be promising in the evaluation of strategies whose goal would be to reduce POCD. Furthermore the relatively small number of patients undergoing CABG without CPB in the present study hinders definitive conclusions and future studies are needed to confirm the decrease in POCD in patients undergoing CABG without CPB.

CONCLUSION

In elderly patients undergoing CABG, we observed that POCD occurs in up to 80% of patients during CABG, especially if CPB is used. We also observed a significant association between POCD and brain desaturation using cerebral oximetry. Furthermore, recent studies have shown that memory and attention can be improved through cognitive training programs

in healthy elderly patients.⁵⁸⁻⁶³ Further studies assessing larger numbers of patients undergoing CABG are still needed to evaluate interventions designed to correct brain desaturation, and whether an integrated rehabilitation program including cognitive training programs can reduce late POCD and enhance the recovery after CABG in the elderly.

REFERENCES

1. Newman S: The incidence and nature of neuropsychological morbidity following cardiac surgery. *Perfusion* 4:93-100, 1989
2. Gill R, Murkin JM: Neuropsychologic dysfunction after cardiac surgery: What is the problem? *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 10:91-98, 1996
3. Smith PL, Newman SP, Ell P, et al.: Cerebral consequence of cardiopulmonary bypass. *The Lancet*:823-825, 1986
4. Borowicz LM, Goldsborough MA, Selnes OA, et al.: Neuropsychologic changer after cardiac surgery: A critical review. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 10:105-112, 1996
5. Murkin JM, Martzke JS, Buchan AM, et al.: A randomized study of the influence of perfusion technique and pH management strategy in 316 patients undergoing coronary artery bypass surgery. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 110:349-362, 1995
6. Newman MF, Schell RM, Croughwell N, et al.: Pattern and time course of cognitive dysfunction following cardiopulmonary bypass. *Anesthesia and Analgesia* 76:s294, 1993
7. Rasmussen LS: Postoperative cognitive dysfunction: incidence and prevention. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 20:315-330, 2006
8. Moser DJ, Cohen RA, Clark MM, et al.: Neuropsychological functioning among cardiac rehabilitation patients. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation* 19:91-97, 1999
9. Gao L, Taha R, Gauvin D, et al.: Postoperative cognitive dysfunction after cardiac surgery. *CHEST* 128:3664-3670, 2005

10. Selnes OA, Grega MA, Bailey MM, et al.: Neurocognitive outcomes 3 years after coronary artery bypass graft surgery: A controlled study. *Annals of Thoracic Surgery* 84:1885-1896, 2007
11. Shaw PJ, Bates D, Cartlidge NEF, et al.: An analysis of factors predisposing to neurological injury in patients undergoing coronary bypass operations. *Quarterly Journal of Medicine* 72:633-646, 1989
12. Grocott HP, Homi HM, Puskas F: Cognitive dysfunction after cardiac surgery: revisiting etiology. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 9:123-129, 2005
13. Arrowsmith JE, Grocott HP, Reves JG, et al.: Central Nervous System complications of cardiac surgery. *British Journal of Anesthesia* 84:378-393, 2000
14. Kadoi Y, Saito S, Goto F, et al.: Decrease in jugular venous oxygen saturation during normothermic cardiopulmonary bypass predicts short-term postoperative neurologic dysfunction in elderly patients. *Journal of American College of Cardiology* 38:1450-1455, 2001
15. Kadoi Y, Saito S, Fujita N, et al.: Risk factors for cognitive dysfunction after coronary artery bypass graft surgery in patients with type 2 diabetes. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 129:576-583, 2005
16. Roach GW, Kanchuger M, Mangano CM, et al.: Adverse cerebral outcomes after coronary bypass surgery. *The New England Journal of Medicine* 335:1857-1863, 1996
17. Ahlgren E, Arèn C: Cerebral complications after coronary artery bypass and heart surgery: Risk factors and onset of symptoms. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 12:270-273, 1998
18. Newman MF, Croughwell ND, Blumenthal JA, et al.: Predictors of cognitive decline after cardiac operation. *The Annals of Thoracic Surgery* 59:1326-1330, 1995

19. Funder KS, Steinmetz J, Rasmussen LS: Cognitive dysfunction after cardiovascular surgery. *Minerva Anesthesiol* 75:329-332, 2009
20. Parolari A, Alamanni F, Cannata A, et al.: Off-pump versus on-pump coronary artery bypass: Meta-analysis of currently available randomized trials. *The Annals of Thoracic Surgery* 76:37-40, 2003
21. Al-Ruzzeh S, Nakamura K, Athanasiou T, et al.: Does off-pump coronary artery bypass (OPCAB) surgery improve the outcome in high-risk patients? a comparative study of 1398 high-risk patients. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 23:50-55, 2003
22. Stroobant N, Van Nooten G, Van Belleghem Y, et al.: Short-term and long-term neurocognitive outcome in on-pump versus off-pump CABG. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 22:559-564, 2002
23. Van Dijk D, Jansen EWL, Hijman R, et al.: Cognitive outcome after off-pump and on-pump coronary artery bypass graft surgery: A randomized trial. *Journal of the American Medical Association* 287:1405-1412, 2002
24. Edmonds HLJ: Multi-modality neurophysiologic monitoring for cardiac surgery. *The Heart Surgery Forum* 5:225-228, 2002
25. Murkin JM: Perioperative detection of brain oxygenation and clinical outcomes in cardiac surgery. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth* 8:13-14, 2004
26. Goldman S, Sutter F, Ferdinand F, et al.: Optimizing intraoperative cerebral oxygen delivery using noninvasive cerebral oximetry decreases the incidence of stroke for cardiac surgical patients. *The Heart Surgery Forum* 7:392-387, 2004
27. Murkin JM, Adams SJ, Novick RJ, et al.: Monitoring brain oxygen saturation during coronary bypass surgery: A randomized, prospective study. *Anesth Analg* 104:51-58, 2007

28. Yao FS, Tseng CC, Ho CY, et al.: Cerebral oxygen desaturation is associated with early postoperative neuropsychological dysfunction in patients undergoing cardiac surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 18:552-558, 2004
29. Yao FSF, Tseng CC, Trifiletti RR, et al.: Low perioperative cerebral oxygen saturation is associated with postoperative frontal lobe and cognitive dysfunction and prolonged ICU and hospital stays. *Anesthesia and Analgesia* 90:SCA30, 2000
30. Yao FSF, Tseng CC, Braverman JM, et al.: Cerebral oxygen desaturation is associated with prolonged lengths of stay in the intensive care unit (ICU) and hospital. *Anesthesiology* 91:A123, 1999
31. Yao FSF, Tseng CC, Woo D, et al.: Maintaining cerebral oxygen saturation during cardiac surgery decreased neurological complications. *Anesthesiology* 95:A152, 2001
32. Yao FF, Ho CA, Huang SW, et al.: Maintaining adequate cerebral oxygen saturation during cardiac surgery shortened intensive care unit stay in female gender. *Anesth Analg* 94: (abstract), 2002
33. Slater JP, Guarino T, Stack J, et al.: Cerebral oxygen desaturation predicts cognitive decline and longer hospital stay after cardiac surgery. *Annals of Thoracic Surgery* 87:36-45, 2009
34. Casati A, Fanelli G, Pietropaoli P, et al.: Continuous Monitoring of cerebral oxygen saturation in elderly patients undergoing major abdominal surgery minimizes brain exposure to potential hypoxia. *Anesth Analg* 101:740-747, 2005
35. Monk TG, Weldon BC, Weldon JE, et al.: Cerebral oxygen desaturations are associated with postoperative cognitive dysfunction in elderly patients. *Anesthesiology* 96:A40, 2002

36. Negargar S, Mahmoudpour A, Taheri R, et al.: The relationship between cerebral oxygen saturation changes and post operative neurologic complications in patients undergoing cardiac surgery. *Pak J Med Sci* 23:380-385, 2007
37. Hong SW, Shim JK, Choi YS, et al.: Prediction of cognitive dysfunction and patient's outcome following valvular heart surgery and the role of cerebral oximetry. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 33:560-565, 2008
38. Reents W, Muellges W, Franke D, et al.: Cerebral oxygen saturation assessed by near-infrared spectroscopy during coronary artery bypass grafting and early postoperative cognitive function. *Annals of Thoracic Surgery* 74:109-114, 2002
39. Piquette D, Deschamps A, Belisle S, et al.: Effect of intravenous nitroglycerin on cerebral saturation in high-risk cardiac surgery. *Can J Anaesth* 54:718-727, 2007
40. Taillefer M-C, Denault AY: Cerebral near-infrared spectroscopy in adult heart surgery: Systematic review of its clinical efficacy. *Canadian Journal of Anesthesiology* 52:79-87, 2005
41. Denault A, Deschamps A, Murkin JM: A proposed algorithm for the intraoperative use of cerebral near-infrared spectroscopy. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth* 11:274-281, 2007
42. Spreen O, Strauss E: *A Compendium of Neuropsychological Tests: Administration, Norms, and Commentary* (ed 2nd edn). New York: Oxford University Press, 1998
43. Wilson B, Cockburn J, Baddeley A: The development and validation of a test battery for detecting and monitoring everyday memory problems. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 11:855-870, 1989
44. Franzen MD, Robbins DE, Sawicki RF: *Reliability and validity in neuropsychological assessment*. New York: Plenum Press, 1989

45. Mahanna EP, Blumenthal JA, White WD, et al.: Defining neuropsychological dysfunction after coronary artery bypass grafting. *The Annals of Thoracic Surgery* 61:1342-1347, 1996
46. Diegeler A, Hirsch R, Schneider F, et al.: Neuromonitoring and neurocognitive outcome in off-pump versus conventional coronary bypass operation. *The Annals of Thoracic Surgery* 69:1162-1166, 2000
47. Kim MB, Ward DS, Carthright CR, et al.: Estimation of jugular venous O₂ saturation from cerebral oximetry or arterial O₂ saturation during isocapnic hypoxia. *Journal of CLinical Monitoring and Computing* 16:191-199, 2000
48. Madsen PL, Secher NH: Near-infrared oximetry of the brain. *Prog Neurobiol* 58:541-560, 1999
49. Newman MF, Kirchner JL, Phillips-Bute B, et al.: Longitudinal assessment of neurocognitive function after coronary artery bypass surgery. *The New England Journal of Medicine* 344:395-402, 2001
50. Ahlgren E, Lundqvist A, Nordlund A, et al.: Neurocognitive impairment and driving performance after coronary artery bypass surgery. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 23:334-340, 2003
51. Sauer AM, Kalkman C, van Dijk D: Postoperative cognitive decline. *J Anesth* 23:256-259, 2009
52. Edmonds HL, Jr.: Pro: all cardiac surgical patients should have intraoperative cerebral oxygenation monitoring. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 20:445-449, 2006
53. Schon J, Serien V, Hanke T, et al.: Cerebral oxygen saturation monitoring in on-pump cardiac surgery - A 1 year experience. *Applied Cardiopulmonary Pathophysiology* 13:243-252, 2009

54. Anthony JC, Lekesche L, Niaz U: Limits of the "Mini Mental State" as a screening test for dementia and delirium among hospital patients. *Psychological Medicine* 12:397-408, 1982
55. Verhaeghen P, Salthouse TA: Meta-analyses of age-cognition relations in adulthood: estimates of linear and nonlinear age effects and structural models. *Psychol Bull* 122:231-249, 1997
56. Di Carlo A, Perna AM, Pantoni L, et al.: Clinically relevant cognitive impairment after cardiac surgery: a 6 month follow-up study. *Journal of Neurological Sciences* 188:85-93, 2001
57. Zimpfer D, Czerny M, Vogt F, et al.: Neurocognitive deficit following coronary artery bypass grafting: A prospective study of surgical patients and nonsurgical controls. *The Annals of Thoracic Surgery* 78:513-519, 2004
58. Bherer L, Kramer AF, Peterson MS: Transfer effects in task-set cost and dual-task cost after dual-task training in older and younger adults: Further evidence for cognitive plasticity in attentional control in late adulthood. *Experimental Aging Research* 34:188-219, 2008
59. Cavallini E, Pagnin A, Vecchi T: Aging and everyday memory: The beneficial effect of memory training. *Archives of Gerontology and geriatrics* 37:241-257, 2003
60. Ho G, Scialfa CT: Age, skill transfer, and conjunction search. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences* 57:277-287, 2002
61. Baltes PB, Kliegl R: Further testing of limits of cognitive plasticity: Negative age differences in a mnemonic skill are robust. *Developmental Psychology* 28:121-175, 1992

62. Kramer AF, Larish J, Strayer DL: Training for attentional control in dual task settings: A comparison of young and old adults. *Journal of Experimental Psychology applied* 1:50-76, 1995
63. Verhaeghen P, Marcoen A, Goossens L: Improving Memory performance in the aged through mnemonic training: a Meta-Analytic study. *Psychology and Aging* 7:242-251, 1992

LEGENDS

Figure 1. Intraoperative baseline, mean and minimum rSO₂ values for patients with and without POCD. (rSO₂, cerebral regional oxygen saturation; POCD, postoperative cognitive dysfunction).

Figure 2. Percentage of patients with intraoperative rSO₂ values below 50% or below 30% of baseline for patients with and without POCD. (rSO₂, cerebral regional oxygen saturation; POCD, postoperative cognitive dysfunction; * $p < 0.05$).

Figure 3. Intraoperative changes in rSO₂ values expressed as percentage per seconds (%/sec) for patients with and without POCD. (rSO₂, cerebral regional oxygen saturation; POCD, postoperative cognitive dysfunction; * $p < 0.05$).

Table 1. Clinical and Perioperative Characteristics of the Studied Population and for CABG Patients with or without CPB

Characteristics	Study Sample (n = 61)	With CPB group (n = 46)	Without CPB (n = 15)	p value
Age (yr)	70.39 ± 4.69	69.98 ± 4.26	71.67 ± 5.80	0.31
Gender (male/female)	51/10	39/7	12/3	0.67
Education (yr)	10.51 ± 4.20	10.37 ± 4.39	10.93 ± 3.65	0.66
MMSE	28 ± 1.39	28.02 ± 1.36	27.93 ± 1.53	0.83
BMI	28.27 ± 4.37	28.16 ± 4.25	28.61 ± 4.86	0.73
Hypertension (%)	39 (64)	26 (56.5)	13 (86.7)	0.00
Dislipidemia (%)	45 (73.8)	34 (73.9)	11 (73.3)	0.97
Diabetes (%)	21 (34.4)	16 (34.8)	5 (33.3)	0.92
Angina (%)	40 (65.6)	30 (65.2)	10 (66.7)	0.74
Anxio-depressive problems (%)	1 (1.6)	1 (2.2)	0	0.57
Previous cardiac event (%)	20 (32.8)	15 (32.6)	5 (33.3)	0.96
Beating heart surgery (%)	15 (24.6)			
Systolic pressure (mmHg)	124.90 ± 25.99	124 ± 28	122 ± 21	0.81
Diastolic pressure (mmHg)	64.44 ± 15.82	66 ± 17	59 ± 12	0.13
Heart rate (beats/min)	59 ± 10	60 ± 9	58 ± 13	0.53
Duration of surgery (%)	3:43 ± 0:40	3:44 ± 0:39	3:41 ± 0:42	0.82
Length of hospital stay (days)	8.94 ± 3.31	8.4 ± 2.9	10.73 ± 4.5	0.27
Length of intensive care unit stay (days)	2 ± 1.43	1.84 ± 1.30	2.55 ± 1.9	0.73

CABG, coronary artery bypass surgery; CPB, cardiopulmonary bypass; MMSE, Mini-Mental State Examination; BMI, body mass index.

Table 2. Clinical and Perioperative Characteristics for Patients with or without Early and Late Postoperative Cognitive Dysfunction

Characteristics	Study sample (n = 61)	Early POCD (n = 46)	No early POCD (n = 11)	p value	Late POCD (n = 23)	No late POCD (n = 37)	p value
Age (yr)	70.39 ± 4.69	69.72 ± 4.57	72.73 ± 4.65	0.06	69.57 ± 3.95	71.05 ± 5.04	0.21
Gender (male/female)	51/10	38/8	10/1	0.51	20/3	30/7	0.55
Education (yr)	10.51 ± 4.20	10.80 ± 4.40	9.73 ± 3.69	0.46	11.00 ± 3.80	10.35 ± 4.42	0.55
MMSE	28 ± 1.39	28.2 ± 1.31	27.09 ± 1.51	0.02	27.78 ± 1.31	28.14 ± 1.46	0.34
BMI	28.27 ± 4.37	28.62 ± 4.73	27.11 ± 2.90	0.32	27.64 ± 3.69	28.80 ± 4.73	0.29
Hypertension (%)	39 (64)	32 (69.5)	4 (36.4)	0.05	15 (65.2)	24 (64.9)	0.98
Dislipidemia (%)	45 (73.8)	34 (73.9)	9 (81.8)	0.59	15 (65.2)	30 (81.1)	0.17
Diabetes (%)	21 (34.4)	16 (34.8)	4 (36.4)	0.92	7 (30.4)	14 (37.8)	0.56
Angina (%)	40 (65.6)	29 (63)	9 (81.8)	0.17	13 (56.5)	27 (73.0)	0.32
Anxio-depressive problems (%)	1 (1.6)	1 (2.2)	0	0.63	1 (4.3)	0	0.21
Previous cardiac event (%)	20 (32.8)	14 (30.4)	6 (54.5)	0.14	8 (34.8)	12 (32.4)	0.85
Beating heart surgery (%)	15 (24.6)	13 (28.3)	2 (18.2)	0.50	6 (26.1)	9 (24.3)	0.88
Systolic pressure (mmHg)	124.90 ± 25.99	126 ± 27	114 ± 15	0.15	128.61 ± 30.96	120.46 ± 22.44	0.28
Diastolic pressure (mmHg)	64.44 ± 15.82	66 ± 17	59 ± 12	0.19	67.61 ± 20.11	62.32 ± 12.58	0.27
Heart rate (beats/min)	59 ± 10	59 ± 11	60 ± 7	0.90	62.00 ± 9.02	57.64 ± 10.01	0.09
Duration of surgery (%)	3:43 ± 0:40	3:44 ± 0:41	3:34 ± 0:30	0.46	3:48 ± 0:43	3:38 ± 0:35	0.35
Length of hospital stay (days)	8.94 ± 3.31	8.4 ± 2.9	10.73 ± 4.5	0.13	9.06 ± 3.78	8.94 ± 3.14	0.91
Length of intensive care unit stay (days)	2 ± 1.43	1.84 ± 1.30	2.55 ± 1.9	0.16	1.71 ± 0.92	2.18 ± 1.62	0.19

POCD, postoperative cognitive deficit; MMSE, Mini-Mental State Examination; BMI, body mass index.

Table 3. Relationship between Early and Late POCD and rSO₂ Values

rSO ₂	Total POCD (n)		Total without POCD (n)		With POCD		Without POCD		Effect size		p value		
	Early	Late	Early	Late	Early	Late	Early	Late	Early	Late	Early	Late	
Baseline	All	46	23	11	37	66 ± 7	68 ± 7	69 ± 9	66 ± 8	0.147	0.106	0.21	0.42
	with CPB	33	17	9	28	68 ± 7	70 ± 6	71 ± 8	67 ± 8	0.162	0.179	0.30	0.24
	without CPB	13	6	2	9	63 ± 7	62 ± 1	63 ± 15	63 ± 8	0.036	0.064	0.98	0.82
Mean	All	46	23	11	37	65 ± 7	65 ± 7	68 ± 6	65 ± 6	0.184	0.043	0.19	0.74
	with CPB	33	17	9	28	65 ± 6	65 ± 7	68 ± 6	65 ± 6	0.234	0.053	0.14	0.73
	without CPB	13	6	2	9	65 ± 8	64 ± 6	65 ± 10	64 ± 9	0.006	0.020	0.52	0.95
Minimum	All	46	23	11	37	50 ± 10	48 ± 11	55 ± 5	52 ± 9	0.220	0.163	0.11	0.21
	with CPB	33	17	9	28	50 ± 8	49 ± 9	55 ± 4	52 ± 7	0.374	0.154	0.02	0.31
	without CPB	13	6	2	9	49 ± 15	47 ± 18	57 ± 11	52 ± 12	0.180	0.195	0.52	0.49

POCD, postoperative cognitive deficit; CPB, cardiopulmonary bypass.

Table 4. Relationship between the Number of Patients with Desaturation and Cognitive Evaluation

rSO ₂	Total POCD (n)		Total without POCD (n)		With POCD (%)		Without POCD (%)		Effect size		p value		OR		CI	
	Early	Late	Early	Late	Early	Late	Early	Late	Early	Late	Early	Late	Early	Late	Early	Late
All	46	23	11	37	20(43)	12(52)	1(9)	11(29)	0.281	0.224	0.04	0.08	7.69	2.58	(0.91, 65.16)	(0.88, 7.59)
< 50%	33	17	9	28	15(45)	9(53)	0	8(29)	0.389	0.244	0.02	0.10	N/A	2.81	N/A	(0.80, 9.88)
	13	6	2	9	5(38)	3(50)	1(50)	3(33)	0.080	0.167	1.00	0.62	0.63	2.00	(0.31, 12.41)	(0.24, 16.61)
All	46	23	11	37	16(35)	11(48)	1(9)	8(22)	0.222	0.274	0.14	0.03	5.33	3.32	(0.63, 45.48)	(1.07, 10.31)
< 30%	33	17	9	28	12(36)	9(53)	1(11)	6(21)	0.224	0.324	0.23	0.03	4.57	4.12	(0.51, 41.11)	(1.11, 15.32)
of baseline	13	6	2	9	4(27)	2(33)	0	2(22)	0.237	0.123	1.0	1.00	N/A	1.75	N/A	(0.17, 17.69)

POCD, postoperative cognitive deficit; OR, odds ratio; CI, confidence interval; CPB, cardiopulmonary bypass; N/A, not applicable.

Table 5. Relationship between Desaturation (%/sec) and Cognitive Evaluation

rSO ₂	Total		Total without		With		Without		Effect size		p value	
	POCD (n) Early	POCD (n) Late	POCD (n) Early	POCD (n) Late	POCD (%/sec) Early	POCD (%/sec) Late	POCD (%/sec) Early	POCD (%/sec) Late	Early	Late	Early	Late
< 50%	All	46	23	11	37	42 ± 139	51 ± 133	0	39 ± 152	0.296	0.229	0.04
	with CPB	33	17	9	28	56 ± 150	56 ± 150	20 ± 70	20 ± 70	0.259	0.259	0.08
	without CPB	13	6	2	9	84 ± 239	36 ± 69	0.91 ± 1.29	97 ± 287	0.049	0.136	0.93
< 30% of baseline	All	46	23	11	37	27 ± 73	26 ± 64	5 ± 18	20 ± 66	0.209	0.239	0.12
	with CPB	33	17	9	28	23 ± 60	27 ± 68	7 ± 20	13 ± 40	0.205	0.288	0.29
	without CPB	13	6	2	9	34 ± 95	24 ± 58	0	40 ± 118	0.342	0.077	0.19

POCD, postoperative cognitive deficit; CPB, cardiopulmonary bypass.

Figure 1.

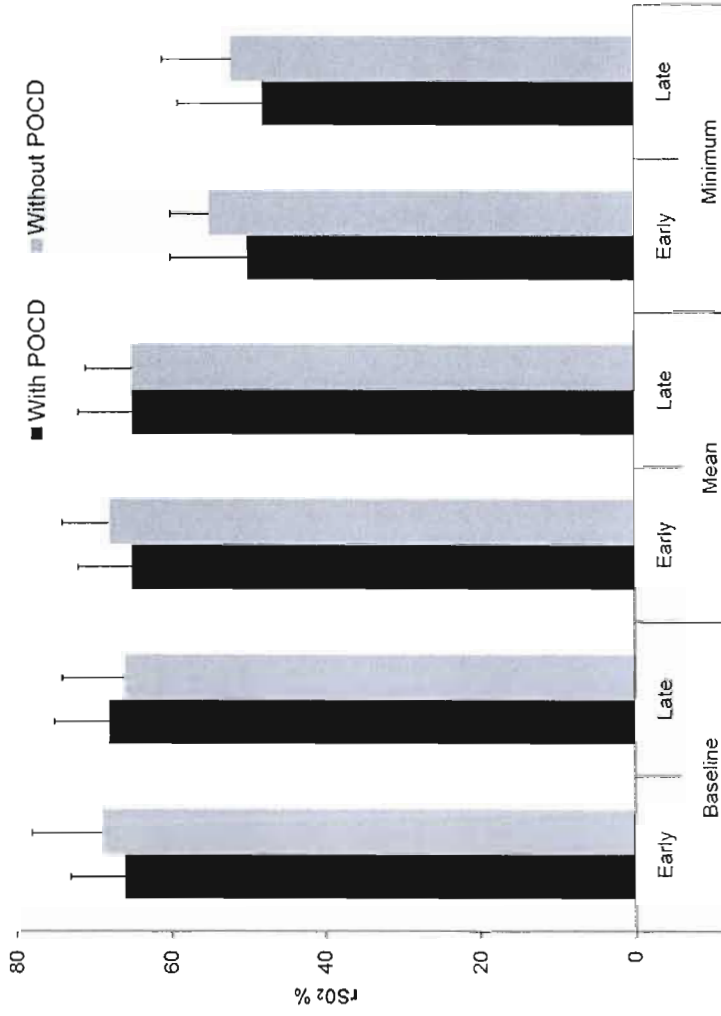
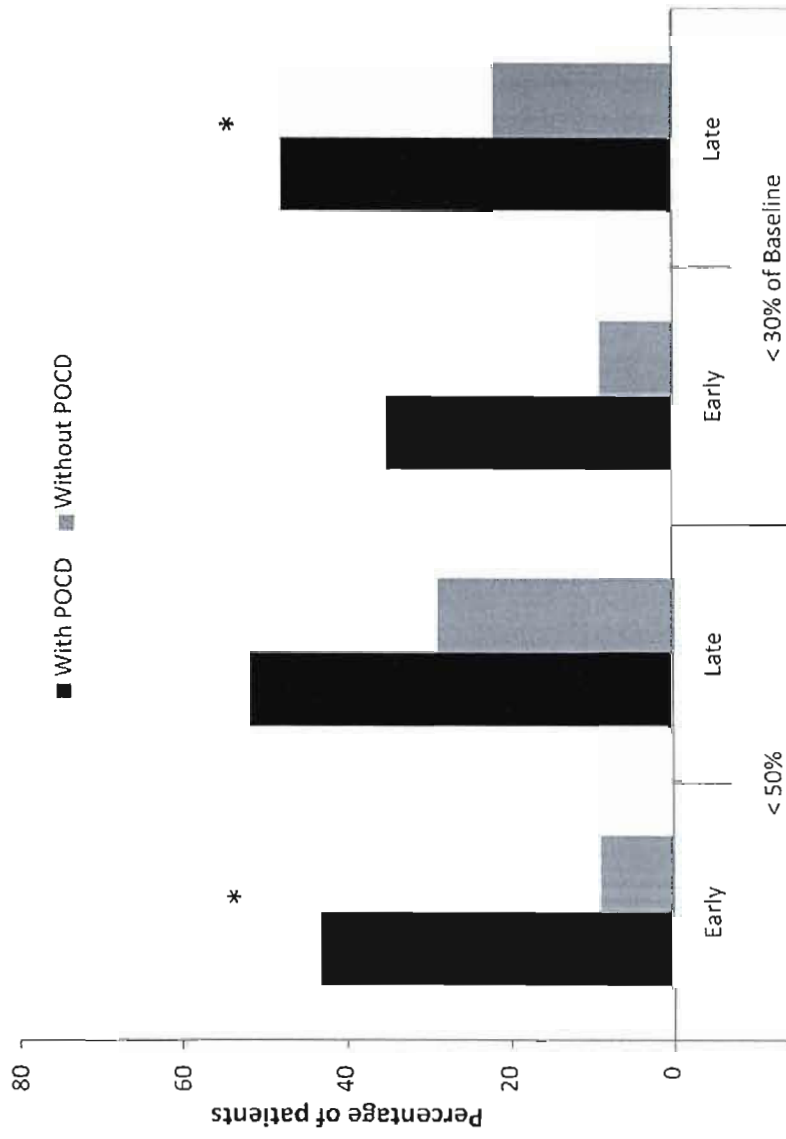


Figure 2.



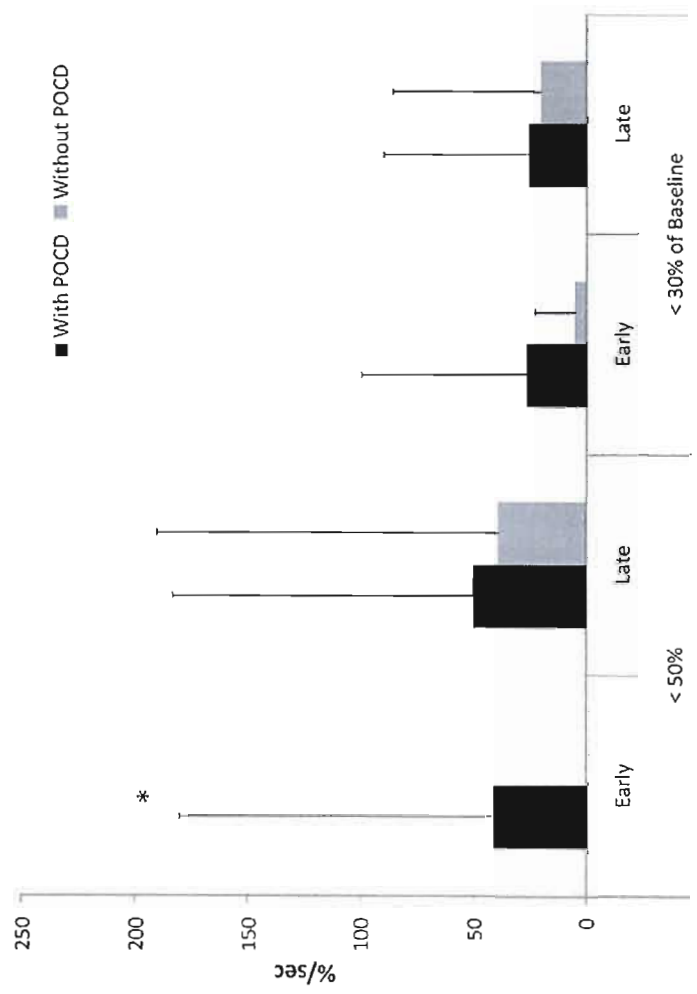


Figure 3.

LIAISON ENTRE LES DEUX ARTICLES

L'article intitulé « The relationship between cerebral oxygen saturation changes and postoperative cognitive dysfunction in elderly patients after coronary artery bypass surgery » visait à explorer la valeur prédictive de la désaturation en oxygène cérébrale au cours de la chirurgie dans le développement des séquelles cognitives post pontage. Cet article visait donc à explorer davantage un des facteurs étiologiques possible du développement des séquelles cognitives post pontage. L'exploration de ce facteur s'inscrivait alors dans une optique de prévention. En effet, en ciblant un facteur étiologique, il devient ensuite possible de développer des stratégies visant à contrôler ce facteur de risque ou à en limiter les effets.

Par ailleurs, les interventions visant à limiter les désaturations en oxygène cérébrale au cours de la chirurgie semblent avoir eu un effet limité pour prévenir les séquelles cognitives. En effet, bien que les désaturations observées dans notre échantillon soient moins fréquentes et plus brèves que celles observées dans d'autres études, il semble impossible à l'heure actuelle de prévenir entièrement l'occurrence de désaturations. De plus, les études s'entendent pour dire que les séquelles cognitives post pontage sont multifactorielles. C'est donc dire que les désaturations cérébrales, même si elles s'avèrent un important facteur de risque du développement des séquelles cognitives post pontage, ne peuvent expliquer à elles seules ce phénomène. Plusieurs études ont démontré que d'autres variables, telles la sévérité de la maladie ou l'âge pouvaient aussi constituer des facteurs de risque importants. Des interventions préventives peuvent donc être très utiles, mais ne peuvent pas permettre de contrôler pour l'ensemble des facteurs de risque et une proportion importante des patients continueront à avoir des séquelles malgré le développement de meilleures techniques chirurgicales et anesthésiques et d'un meilleur monitoring au cours de la chirurgie. Dans cette optique, il devient important de développer des stratégies visant la réadaptation cognitive post pontage. Le second article intitulé « Cognitive training benefits after a coronary artery bypass graft surgery in older adults » va donc dans ce sens et présente les résultats d'une intervention d'entraînement cognitif post pontage chez les personnes âgées de 65 ans et plus.

CHAPITRE III

COGNITIVE TRAINING BENEFITS AFTER A CORONARY ARTERY BYPASS GRAFT
SURGERY IN OLDER ADULTS

Article soumis à la revue *Health Psychology*

Running Head : COGNITIVE TRAINING AND CABG

Cognitive training benefits after a
coronary artery bypass graft surgery in older adults

Emilie de Tournay-Jetté

Université du Québec à Montréal and Montreal Heart Institute

Louis Bherer

Université du Québec à Montréal and Centre de Recherche de l'Institut Universitaire de
Gériatrie de Montréal

Gilles Dupuis

Université du Québec à Montréal and Montreal Heart Institute

André Denault and Raymond Cartier

Université de Montréal and Montreal Heart Institute

This research was supported by an operating grant award by the Canadian Institute of Health
Research

Article submitted to *Health Psychology*

Résumé

Les déficits cognitifs post pontage sont fréquents chez l'ainé et peuvent persister plusieurs mois après la chirurgie. L'attention et la mémoire seraient les fonctions cognitives les plus susceptibles d'être affectées suite à la chirurgie. Des entraînements cognitifs à ces deux niveaux ont été démontrés efficaces chez les aînés. Cette étude vise à examiner l'efficacité d'un entraînement cognitif composé d'un entraînement mnésique et attentionnel chez 44 patients âgés de 65 ans et plus qui ont subi une chirurgie de pontage. Les participants ont été répartis dans à un des trois groupes suivants : 1- groupe contrôle (évalué à 1, 3 et 6 mois après la chirurgie), 2- entraînement attentionnel suivi d'un entraînement mnésique, 3- entraînement mnésique suivi d'un entraînement attentionnel (groupes 2 et 3: évalués à 1, 2, 3 et 6 mois après la chirurgie). Les trois groupes ont été comparés à chaque moment de mesure sur leurs temps de réaction et l'exactitude de leurs réponses (tâche attentionnelle) et sur le nombre de mots correctement rappelés (tâche mnésique) ainsi que sur plusieurs tests neuropsychologiques. L'entraînement cognitif a permis d'améliorer les performances des patients sur la tâche attentionnelle et la tâche mnésique. Les scores aux tests neuropsychologiques se sont aussi améliorés suite à l'entraînement cognitif. De plus, les effets de l'entraînement ont été spécifiques à la fonction cognitive entraînée. L'entraînement cognitif semble donc être une avenue prometteuse pour l'amélioration des fonctions cognitives suite à une chirurgie de pontage.

Key Words: Pontage aorto-coronarien, entraînement cognitive, déficit cognitif.

Abstract

Cognitive deficits are frequent after coronary artery bypass graft surgery (CABG) in elderly population and they can persist several months after the surgery. Studies have shown that memory and attention are particularly sensitive to CABG surgery. Recent studies have shown that memory and attention can be improved through cognitive training program in older adults. This study examined the efficacy of memory training (method of loci and story mnemonic technique) and attentional training (dual-task computerized training) to enhance cognitive functions in 44 patients aged 65 years and older who underwent CABG surgery. Participants were assigned to one of three groups; 1- control group (tested at 1, 3 and 6 months after the surgery), 2- attention training followed by memory training, 3- memory training followed by attention training (groups 2 and 3: tested at 1, 2, 3 and 6 months after the surgery). The trainings took place between the 6th and 10th week following the surgery. The three groups were compared before and after each training program on reaction time and accuracy measures (attention task), number of words recalled (memory task) and neuropsychological measures. Both cognitive training (attention and memory) improved cognitive performance. Moreover, training effects were specific to the cognitive domain that had been trained. Neuropsychological tests scores also improved after training. Cognitive training thus seems to be a promising tool to enhance cognitive performance after a CABG surgery.

Key Words: Coronary artery bypass surgery, cognitive training, cognitive deficit

Cognitive training benefits after a coronary artery bypass graft surgery in older adults

The world's elderly population is currently 650 million and is expected to reach two billion by 2050 (World Health Organization, 2008). This has important implications for the health care system as seniors are generally more likely to be hospitalized than other age groups (United States Census Bureau, 2003). Cardiovascular disease is the main cause of mortality, for both men and women (World Health Organization, 2008). Due to advances in technology and growth of the elderly population, an increasing number of coronary artery bypass graft surgeries (CABG) are performed. In United States, more than 425 000 patients undergo a CABG each year (American Heart Association, 2007). Studies have shown that CABG can be performed safely on the elderly population (Ascione et al., 2002). Although post surgery complication rates are acceptable, cognitive deficits after a CABG are common in older adults and they can persist several months after the surgery. The incidence of post surgery cognitive deficits varies between 25 and 80% (Funder, Steinmetz, & Rasmussen, 2009). The short term incidence (less than two weeks after the surgery) varies between 30% and 80% and the long-term incidence (more than one month after the surgery) varies between 10% and 60% (Rasmussen, 2006). This wide range of incidence is due to a variability in the study inclusion and exclusion criteria, the time interval of follow-ups, the specific neuropsychological battery employed, and the statistical criteria used to define cognitive decline (Selnes & McKhann, 2005).

The aetiology of cerebral complications after CABG is multifactorial (Royter, Bornstein, & Russel, 2005) and different preoperative and operative factors may be associated with the cognitive deficits observed in some studies. Decline in sustained and selective attention are the most common cognitive deficits following CABG and can be observed within 10 days of surgery (Bruggemans, Van Dijk & Huysmans, 1995; Knipp et al., 2004;

Mora et al., 1996; Newman et al., 1995; O'Brien et al., 1992; Plourde et al., 1997; Shaw et al., 1986; Toner, Taylor, Newman & Smith, 1998; Westaby et al., 2001). Immediate verbal memory also seems to be affected within ten days post surgery (Bruggemans et al., 1995; Knipp et al., 2004; Lee et al., 2003; Mora et al., 1996; Newman et al., 1995; Plourde et al., 1997; Shaw et al., 1986; Westaby et al., 2001). Previous literature review on attentional processes in healthy older adults have reported age-related deficits in attentional control functions (Verhaeghen & Cerella, 2002). It has been observed that sustained attention, inhibition of non-relevant information, and the ability to divide attention between multiple concurrent tasks becomes more difficult with age (Kramer & Madden, 2008). Age-related memory deficits have also been reported in different literature reviews (Giffard, Desgranges, & Eustache, 2001; McDaniel, Einstein, & Jacoby, 2008). Thus, CABG surgery seems to alter cognitive functions that are typically affected by the aging process.

Interestingly, the declines in cognitive function associated with the aging process (i.e., memory and attention) can be improved through cognitive training programs (Baltes & Kliegl, 1992; Bherer, Kramer, & Peterson, 2008; Cavallini, Pagnin, & Vecchi, 2003; Ho & Scialfa, 2002; Kramer, Larish, & Strayer, 1995; Verhaeghen, Marcoen, & Goossens, 1992). In cognitive training interventions, participants engage in substantial practice using computerized tasks designed to target a specific cognitive function. Individualized feedback is often used to maximize training benefits. Typically, training effects in older and younger adults are quantified by contrast with test-retest improvement observed in control groups that did not receive any training. Some cognitive training studies have reported an equivalent training benefit for younger and older adults (Bherer et al., 2008; Cavallini et al., 2003; Ho & Scialfa, 2002), some a reduced benefit for older adults (Baltes & Kliegl, 1992; Verhaeghen et al., 1992) and others a greater benefit for older compared to younger adults (Bherer et al.,

2008; Kramer et al., 1995). Together, all these studies suggest that healthy older adults can learn new tasks and benefit from cognitive training.

To our knowledge, cognitive training has never been used to improve cognition in a cardiac population of older adults after CABG. The aim of this study was to assess the efficacy of attentional training (dual task computerized training) and memory training (method of loci and story generation) to enhance cognitive function in patients aged 65 years and older who underwent CABG surgery. Given the incidence variability in post-operative cognitive decline, this study was designed to minimize variability with specific inclusion/exclusion criteria, assessments at several time intervals, including a 6 month follow-up, and using a specific neuropsychological test battery that assesses cognitive abilities typically found to decline after CABG surgery. In line with existing CABG findings, declines in cognitive function were expected post-surgery. These declines were targeted with both memory training and attention training, and specific benefits to memory and attentional processes were predicted. Additionally, individuals who received training were expected to outperform controls. Further, trained individuals were expected to demonstrate greater improvements than controls in neuropsychological assessment scores.

Methods

Participants

Between January 2006 and March 2008, 87 patients were enrolled in this study. Patients were recruited from specialized cardiology hospital from the Montreal area. Patients were included if they were 65 years old or older and were scheduled for a first CABG surgery without concomitant surgery. Patients were not recruited for the following reasons: history or current drug or alcohol abuse, psychotic disorder, neurological disease (including having a stroke), or a prescription of antidepressants or lithium. Also, patients were excluded if they had a Mini-Mental State Examination (MMSE) score < 24 before surgery. MMSE was

administered by a trained research assistant and other exclusion criteria were evaluated from the patient's medical record. Of the 87 patients who provided informed consent, only 50 had started the cognitive training program one month after their surgery. Finally, a total of 44 patients completed the study (see Figure 1 for a flow chart).

Neuropsychological assessment

The neuropsychological battery was composed of six tests that have been shown to be sensitive to cognitive changes following cardiac surgery (Pugsley et al., 1994) and can be performed in the limited time available the day prior the surgery given the many professionals that the patient had to meet the day before the surgery. All neuropsychological assessments and training sessions were conducted by trained research assistants. The training of the research assistants took an average of 60 hours and they were supervised throughout the project. The following tests were used: Mini-Mental State Examination (MMSE); Logical Memory Subtest of the Rivermead battery (with three alternatives stories); Rey Auditory Verbal Learning Test (RAVLT) (three alternatives versions); the digit symbol of the Weschler Adult Intelligence Scale-revised (WAIS-R); the Trail Making Test (TMT) part A and B, the Stroop Test and the Verbal Fluency Test (three alternatives versions). The MMSE was used only before surgery to determine the eligibility of the patient in the study while other tests have been used for each neuropsychological assessments.

MMSE tested neurocognitive functions such as orientation, attention and calculation, memory and language (internal consistency in a sample of patients, 0.96, inter-judge reliability, 0.65 and over according to studies, and test-retest stability varying between 0.80 and 0.95) (Spren & Strauss, 1998). The Logical Memory Subtest of the Rivermead battery examined the immediate and delayed memory as well as the recovery capacity (inter-judge reliability, 100%, and fidelity between forms A and B (for example), 0.84) (Wilson, Cockburn, & Baddeley, 1989). The RAVLT examined learning, immediate and delayed

memory, recovery capacity and interference effect (test-retest reliability, 0.55) (Spree & Strauss, 1998). The digit symbol of the WAIS-R tested the psychomotor speed and sustained attention (test-retest reliability, 0.69) (Franzen, Robbins, & Sawicki, 1989). The TMT examined attention and complex visual-motor coordination. The switching attention was implicated in part B of this test (test-retest reliability varying between 0.64 and 0.78 (part A) and between 0.67 and 0.72 (part B)) (Spree & Strauss, 1998). The Stroop Test, Victoria version, consisted of three trials and examined the inhibition capacity and selective attention (test-retest reliability, 0.90 (first trial), 0.83 (second trial) and 0.91 (third trial)) (Spree & Strauss, 1998). Finally, the Verbal Fluency Test assessed the patient's executive functions (test-retest reliability, 0.70 for elderly population and 0.88 for adult population) (Spree & Strauss, 1998).

Attention training task

The dual-task training used in this study has been used successfully to improve divided attention in healthy older adults (Bherer et al., 2005). In this task, participants performed two discrimination tasks (visual and auditory) individually (single task) or concurrently (dual task: both visual and auditory). In the visual task, the letters (B or C) appeared in white on a black background and participants had to respond with one key for B and another key for C. In the auditory task, participants discriminated between a low tone and a high tone pitch (440Hz vs 990 Hz; duration = 250ms) delivered through headphones equipped with a volume control. Similar to the visual task, one key was pressed for a high tone and another key for a low tone.

Training involved pure blocks (single task trials: only one of the two tasks was performed) and mixed blocks (single mixed and dual mixed). A pure block contained 20 single-task trials (10 of each stimulus). The mixed blocks were composed of 40 single-task trials (20 visual and 20 auditory: single mixed) and 40 dual-task trials (dual mixed). In the pre

and post-training assessments, participants completed two pure blocks (one visual one auditory) followed by two mixed blocks. In each training session, they completed two pure blocks followed by eight mixed blocks. Instructions emphasized delivery quick and accurate responses. The order of the single and dual task trials within the mixed blocks was unpredictable.

At pre- and post-assessments, no feedback was presented for speed, but incorrect responses were indicated by a message (“wrong answer”) appearing in red in the middle of the screen. During the training sessions, individualized performance feedback was provided. The feedback took the form of an odometer presented on the top left part on the computer screen. The needle of the odometer moved according to response speed and the color of the odometer (red, yellow, green) indicated to the participant whether the performance was slower, faster or equal to the mean reaction time (RT) of the last 5 trials in a pure block divided by a ratio of 1.8. In the mixed blocks, the feedback depended on the ratio of the dual-mixed trials on the single-mixed trials and was intended to help participants to achieve a level of performance in dual-task trials close those obtained in single-task trials. Therefore, the odometer appeared in red (slow performance) when the mean RT for the last 5 dual-mixed trials was larger or equal to the mean RT of the single-mixed trials multiplied by a ratio of 3.6. It appeared in green (good performance) when the mean RT for the last 5 dual-mixed trials was smaller or equal to the mean RT of the single-mixed trials multiplied by a ratio of 1.6. The odometer appeared yellow when performance fell between these two criteria.

Memory training task

In the memory training task, participants learned to use two different memory strategies; the method of loci and self-generated stories. The software used for memory training is part of the remediation module commercialized for psychologists (Chatelois, 1997). Participants were presented with word lists (containing 15 words each) to memorize

and were provided with memory strategies that were explained by the trained research assistant. For the method of loci, the participants were told to create a mental map of some familiar locations in their home and then imagine each target word from the list in one of these familiar locations. The software program proposed four locations: kitchen, living room, bedroom and washroom. In each of these locations, there was some specific position where it was possible to put an object (ex: refrigerator, table, coach, etc). Locations' names remained on the computer screen during testing and could be used as clues for remembering target words. For the self-generated stories strategy, participants were asked to integrate each word in a story that they generated spontaneously.

At each assessment time (pre-training, training, and post-training) strategies were practiced and then target words were presented successively in a box at the bottom of the screen. A total of 16 lists were available and eight of them were used for the pre and post assessments. The eight remaining lists were used for training sessions. Each of these lists was used twice, never in the same session, and never with the same learning strategies. Time presentation of the stimuli was 3 seconds for the method of loci and 4 seconds for the self-generated stories strategy. The number of lists was greater in training sessions (two lists for each strategy) versus pre and post assessments (one list for each strategy) and during training sessions the experimenter provided tips and examples to facilitate the use of the memory strategies.

After the presentation of an entire list, the participant recalled words using a memory strategy and wrote them down on a white sheet. The method of loci was always the first strategy to be assessed. The number of words correctly recalled was calculated for each trial. The experimenter ensured the use of memory strategies by asking participants to provide the location of each word for the method of loci and by asking the participant to repeat the story aloud for the self-generated stories.

Procedure

Participants were assigned to one of three cohorts. Since double-blind could not be preserved, a cohort design was preferred to a randomisation design to avoid a negative expectation effect in the control group. Recruitment lasted 26 months. In order to ensure that each cohort had a minimal number of patients that completed the trial at the same time, thus avoiding seasonal effects between participants of a given cohort, two patients from each cohort were randomly assigned to one of the three experimental conditions (1- control group, 2- attention training followed by memory training, 3- memory training followed by attention training). Assignment followed a randomization schedule generated by a computer. To ensure that differences between groups would not be due to negative expectations, participants of the control group were not informed of the two experimental groups and were given a different consent form.

Study design is presented in Figure 1. All patients completed a neuropsychological assessment the day prior to surgery and 3-10 days after, usually a day after leaving the intensive care unit. During the first assessment, which lasted between 30 and 45 minutes, they also answered questions about their health, demographic information, psychological distress and subjective cognitive functioning. Information was also gathered from patients' medical chart (medication). One month after the surgery, all patients completed the same neuropsychological battery and they were tested on attention and memory training tasks. Between the sixth and the eighth week after the surgery, the first part of the training took place; the attention-memory (A-M) group completed the attentional training, while the memory-attention (M-A) group did the memory training. Each cognitive training was composed of four training sessions and the frequency of training sessions was twice a week. Each training session lasted approximately 50 minutes. After this first training, the two experimental groups were assessed again with the neuropsychological battery and the

experimental tasks (attention and memory). Between the eighth and tenth week, the second part of the training took place (memory training for the A-M group and attentional training for the M-A group). Finally, the three groups of patients were assessed three and six months after surgery with the neuropsychological battery and the attention and memory training tasks. Patients of the control group thus completed five neuropsychological assessments and experimental groups completed six assessments.

Statistical Analyses

First, an analysis of variance (ANOVA) was conducted prior to CABG surgery to assess baseline differences in demographics, baseline neuropsychological test results, and intra-operative data. For the first hypothesis (cognitive decline after surgery), postoperative cognitive deficit (POCD) was defined as a drop of one standard deviation (SD) on two or more neuropsychological tests from the preoperative evaluation and the first postoperative evaluation. According to Mahanna et al., this criteria is the most frequently used index to define decline (Mahanna et al., 1996). Moreover, the one SD criterion is widely used in cognitive aging literature to dissociate potential mild cognitive impairment (MCI) to normal aging (Åberg, 1995; Kramer et al., 2006).

For the second hypothesis (specific training gains of attentional and memory training programs), repeated ANOVAs between the two experimental groups (M-A and A-M) at 1, 2 and 3 months after surgery were conducted. Up to the 2-month assessment, the M-A group had only received memory training and the A-M group had only received attentional training. At 3-months, both groups had received both types of training. The dependent variables of interest in the attentional task were reaction time (RT) and accuracy (ACC). RT was calculated from stimulus onset to the participant's response. Trials were not included in the analyses when an incorrect response was produced or when RT was longer than 5000 ms or shorter than 100 ms. Accuracy data corresponded to the percentage of correct answers in each

condition. The dependent variable of interest in the memory task was the number of words recalled. Analyses were performed using the total number of words recalled after five trials (maximum of 75 words). Repeated ANOVAs were conducted for each task type to assess if training was specific to the task.

For the third hypothesis (the trained group would outperform controls), it was planned that groups' data would be pooled if order of training was not significant. Repeated ANOVAs between the control group and experimental groups at 1, 3 and 6 months after the surgery were conducted to assess the impact of the cognitive training program.

To test the fourth and final hypothesis that the benefits of training would extend to clinical measures, ANCOVAs were performed on neuropsychological test scores with one between-subjects factor (control group vs experimental groups) and one within-subjects factor (first, third and sixth month assessments), while controlling for education level (covariate). When the time of assessment X group interaction was significant, the linear and quadratic trends were tested in each group. A linear trend reflects difference between groups in changes from the first month to the sixth, whereas a quadratic trend reflects a difference between groups in the comparison between the third month (end of training) and the first and sixth pooled. Univariate correlations were also performed between the improvements observed during the computerized tasks and the improvements observed during neuropsychological assessments for trained groups. All analyses were performed using SPSS software for windows (SPSS 15.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA). A *p*-value (two-tailed) below 0.05 was considered to be statistically significant.

Results

Pre-operative baseline

The preoperative neuropsychological testing was performed the day prior the CABG surgery. The first postoperative neuropsychological testing was performed 5.35 ± 2.73 days

after CABG, and the 1-month neuropsychological testing was done 38.39 ± 6.04 days after surgery. Finally the 3 and 6 month neuropsychological assessments were done respectively 98.02 ± 6.88 days and 191.28 ± 8.91 days after surgery. ANOVAs performed at baseline revealed that the three groups of patients and the drop-out group were comparable for demographics, clinical and intra operative data (see Table 1). For neuropsychological scores, groups were also comparable on all tests except that the control group has higher score than the drop-out group on the Rivermead delayed $F(1, 21) = 0.08, p < .05$ and recognition $F(1, 21) = 0.004, p < .05$ and the A-M group was faster on trail making part A than the control group $F(1,45) = 7.08, p < .05$

Hypothesis 1: Patients will show cognitive deficits after CABG

The first hypothesis was supported as 68% of the sample showed a postoperative cognitive decline. The most sensitive tests were the number of words recalled for the Rey auditory verbal learning test (47% of patients showed a decline), verbal fluency (40% of patients showed a decline) and the Digit Symbol subtest of the WAIS-R (29% showed a decline). One month after the surgery, 19 (41%) patients still showed a cognitive decline. Three months post CABG, only six (14%) showed a cognitive decline. Three of them were in the control group, two in the A-M group and one in the M-A group.

Hypothesis 2: There will be a specific effect of both attention and memory trainings

In the attentional training program, the specificity of training was verified with repeated ANOVAs containing one between-subjects factor (A-M group and M-A group) and three within-subject factors: task (visual and auditory), assessments time (first, second and third month after surgery) and trial type (single pure, single mixed, and dual mixed). When significant, interactions were analysed by examining simple effects or repeated-contrasts if the interaction involved more than two levels of a repeated factor (e.g. three assessments time and three trials types). When Mauchly's test of sphericity indicated violation of homogeneity

of variance, adjusted alpha levels were used with Greenhouse-Geisser correction coefficient. There was no main effect of task (visual vs. audio) or interaction involving this factor in the RT and ACC (all F , n.s.) and therefore results are presented with data pooled for the two tasks.

For the RT measure, there was a Assessment time x Group interaction, $F(1.55, 37.14) = 11.20$, $p < .001$, $\eta^2 = .32$ due to larger improvement in the A-M group (588 ms faster) as compared to the M-A group (161 ms faster) at two months. Moreover, a significant Assessment time x Condition x Group interaction, $F(2.77, 66.43) = 4.39$, $p < .01$, $\eta^2 = .16$ was observed due to significantly larger improvements in the dual-mixed trials (from 2363 to 1405 ms) compared to the single-mixed trials (from 1598 to 1098 ms) in the A-M group at two months $F(1, 12) = 28.21$, $p < .001$, $\eta^2 = .70$ compare to the M-A group $F(1, 12) = .37$, $p = \text{n.s.}$, $\eta^2 = .03$. There was no difference between single-mixed trials and single-pure trials at two months for either group $F(1, 12) = 2.99$, $p = \text{n.s.}$, $\eta^2 = .20$, $F(1, 12) = 3.31$, $p = \text{n.s.}$, $\eta^2 = .22$. Mean RTs for all groups and conditions are presented in Table 2.

A similar pattern of results was observed in accuracy (see Figure 2). A significant Assessment time x Group interaction, $F(1.28, 24) = 10.77$, $p < .001$, $\eta^2 = .31$, indicated a larger improvement for the A-M group (16%) as compared to the M-A group (0.7%) at the two month assessment. A significant Assessment time x Condition X Group interaction, $F(1.96, 46.99) = 5.65$, $p < .01$, $\eta^2 = .19$, also revealed a larger improvement in dual-mixed trials compared to single-mixed trials in the A-M group at two months $F(1, 12) = 18.90$, $p < .001$, $\eta^2 = .61$ compared to the M-A group $F(1, 12) = 1.49$, $p = \text{n.s.}$, $\eta^2 = .11$. There was no difference between single-mixed and single-pure trials in either both groups $F(1, 12) = .61$, $p = \text{n.s.}$, $\eta^2 = .05$, $F(1, 12) = .46$, $p = \text{n.s.}$, $\eta^2 = .04$. Both, RT and accuracy results, suggest that the attentional training had a specificity effect. At two months, the A-M group exhibited better performances and became more efficient at executing the two tasks at the same time

than the M-A group. At three months, there was no longer a difference between the groups in attentional performances.

In the memory tasks, separate repeated ANOVAs with a between-subjects factor (group: A-M and M-A) and a within-subject factor; Assessment time (first, second and third month assessment) were conducted separately for each memory task (method of loci and self-generated stories). Results of the method of loci task showed a significant Assessment time x Group interaction, $F(2, 48) = 3.97, p < .05, \eta^2 = .14$ (see Figure 3). One-way ANOVAs comparing groups at each follow-up assessment, revealed that the difference between groups appeared only at the second month assessment, $F(1, 25) = 4.021, p < .05$, where the mean number of words recalled was higher (47 words) for the M-A group than the A-M group (36 words). When both groups had received the memory training (third month assessment), performances were equivalent in both groups, $F(1, 25) = .67, p = \text{n.s.}$ Results obtained with the self-generated stories method (see Figure 3) showed a main effect of Time assessment, $F(1.24, 29.75) = 18.83, p < .001, \eta^2 = .44$, due to an increase in the number of words recalled between the first (38 words) and the second (51 words) assessment, $F(1, 24) = 11.24, p < .01, \eta^2 = .32$, and between the second and the third (57 words) assessment, $F(1, 24) = 18.08, p < .001, \eta^2 = .43$. However, this increase was not specific to a group as indicated by the absence of a significant interaction involving the group factor $F(1.24, 29.75) = .42, p = \text{n.s.}, \eta^2 = .02$.

Hypothesis 3: Patients that completed the training will show larger improvement than control patients

A repeated ANOVA comparing group (control vs experimental) and Assessment time (1-month, 3-month, 6-month assessment) was conducted for each task (attention and memory) and each measure (RT and ACC). For the attention task, a significant Assessment time x Group interaction in RT, $F(1.58, 65.01) = 12.57, p < .001, \eta^2 = .24$, was observed, such that between the first and third month, the RT's of the control group only decreased by 81 ms in

comparison with a 562 ms decrease in RT for the experimental group. Similarly, between the third and sixth month evaluation, the RT's of the control group decreased by 57 ms whereas those in the experimental group decreased by 238 ms. A similar pattern was found for ACC. A significant Assessment time x Group interaction, $F(1.61, 67.76) = 5.57, p < .009, \eta^2 = .12$, was observed. Again, between the first and third month, the ACC of the control group increased by 4% in comparison with a 12% improvement in the experimental group. Similarly, between the third and sixth month assessment, ACC increased by 1% in the control group and 4% in the experimental group.

For the memory tasks, results obtained with the method of loci showed a Assessment time x Group interaction, $F(2, 82) = 7.16, p < .001, \eta^2 = .15$. The total number of words recalled by the control group between the first and third month dropped from 35 to 29 words, whereas it increased from 37 to 43 words in the experimental group (see Figure 3). In the self-generated stories task, there was a significant main effect of Assessment time $F(1.33, 53.13) = 27.65, p < .001, \eta^2 = .41$, due to an increase in words recalled between the first month (35 words) and the third month (51 words) $F(1, 40) = 39.50, p < .001, \eta^2 = .50$, but not between the third month (51 words) and the sixth month (47 words) $F(1, 40) = 3.25, p = n.s., \eta^2 = .08$. This was equivalent in all groups since the interaction with group was not significant $F(1.33, 53.13) = .40, p = n.s., \eta^2 = .01$.

Hypothesis 4: Cognitive training benefits will transfer to clinical tests.

Of the ANCOVA results that produced a significant Assessment time X Group interaction, a difference between group was found in the quadratic trend for the digit symbol, $F(1, 41) = 6.00, p < .05, \eta^2 = .13$, as well as for the inhibition condition of the Stroop test (Stroop 3 in Table 3), $F(1, 39) = 4.19, p < .05, \eta^2 = .10$. Indeed, experimental groups showed greater improvements after cognitive training in comparison to the control group. A significant linear trend indicated differential improvement between groups for several subtests

of the RAVLT: the immediate recall after the interference list, $F(1, 41) = 12.09, p < .001, \eta^2 = .23$, the delayed recall, $F(1, 41) = 8.46, p < .01, \eta^2 = .17$, and the number of false recognitions $F(1, 41) = 5.15, p < .03, \eta^2 = .11$. For each subtest, the performance of the control group did not change over time while the performance of the experimental groups improved.

Univariate correlations between the improvements observed during the computerized tasks with the improvements observed during the neuropsychological tests were also conducted in the trained groups (M-A + A-M, $N = 26$). For the divided attention task, one RT score was computed based on the average RT from the three types of trials (single-pure, single mixed and dual-mixed). Improvement scores were computed by subtracting this mean RT score at the third month from the mean RT at the first month. For each neuropsychological test, an improvement score was also computed. Improvement in RT observed after attention training was significantly correlated with changes in the Trail making test part B ($r = .34, p < .05$), and was marginally correlated with the results of the Digit Symbol test, ($r = -.28, p = .07$). In the memory task, significant correlations were observed between improvements in the number of words recalled using the method of loci task and improvements observed in the Digit Symbol test, $r = .29, p < .05$. Improvements associated with the self-generated stories memory training task were also correlated with changes in the immediate recall ($r = .36, p < .05$) and the delay recall of the Rivermead test ($r = .34, p < .05$) and with the inhibition condition of the Stroop test ($r = -.44, p < .01$) three months after the surgery.

Discussion

Results of the present study suggest that older adults who underwent a CABG were likely to show post-operative cognitive deficits. However, the results for this study also showed that these patients could benefit from a cognitive training program designed to improve performances on attentional and memory tasks. The first major finding of the

present study is that 65% of the patients showed an early POCD one week after CABG, and 41.3% still showed a POCD one month after the surgery. This result is consistent with some studies on incidence of POCD (Grote et al., 1992; Newman et al., 2001; Rasmussen et al., 2001) but others have reported higher prevalence in elderly population (Murkin et al., 1995; Newman et al., 1993).

This study also demonstrated the specific effects of cognitive training. Participants improved on the attention task only after they received the attention training, with larger improvements in dual-task compared to single task performances. This suggests that training leads to enhance divided-attention and the ability to coordinate the execution of multiple tasks. The effect of memory training with the method of loci task was also specific to memory tasks. However, the self-generated stories task did not show specific training effects, as all participants showed spontaneous improvements as early as the first assessment time.

A third important finding of the present study was that those who received cognitive training showed significant improvements in performance compared to the control group. These observations are in line with studies that showed a positive effect of attention training (Bherer et al., 2008) and memory training (Cavallini et al., 2003) in healthy older adults. Moreover, the improvements observed in the trained individuals were correlated with improvements in some neuropsychological tests that have shown cognitive decline in CABG patients. Improvements in RT observed after attention training was significantly correlated with changes in the Trail making test part B and was marginally correlated with the Digit Symbol subtest of the WAIS-R which both involved attentional functions. Moreover, improvements observed in the immediate and the delayed recall of the Rivermead Test correlated with changes in performances in the self-generated stories task. Again, cognitive functions which are implied in both tasks are apparently the same. The improvements in the inhibition condition of the Stroop test correlated with improvements in the self-generated

stories task. This association suggests that the generation of stories does not only rely on memory, but also requires manipulation of information. Executive functions which are heavily used for the recall strategy, as the condition of the Stroop inhibition. Finally, a trend was observed between the improvements in the method of loci task and the digit symbol subtest of the WAIS-R. In both tasks, the participant is asked to make an association between two stimuli: a place and a word to the method of loci, a number and a symbol for the substitution of symbols.

Taken together, these results suggest that cognitive training can be a useful rehabilitation tool in CABG patients that show post-operative declines in cognition. The modest results obtained by neuropsychological tests scores may be the result of test-retest effect of multiple assessments in a small sample. Further studies with a larger sample might allow further these relationships. But, the principal limitation of this study is the multiple neuropsychological evaluations which probably imply a test-retest effect. Future studies need to develop a cognitive assessment battery designed specifically for research protocols that use repeated measures to assess improvement or deterioration processes.

This study had multiple strengths. The research design allowed participants to benefit from the two cognitive trainings and to examine the specificity of the training by analysing order effects. There was also a follow-up at six month after the surgery which revealed that training benefits were maintained over time. It would be interesting to extend the follow-up to a year in future research.

Results of this study might have a significant impact on cognitive rehabilitation after CABG. Many studies have shown that cognitive deficits can follow CABG surgery and that decline can persist months and years following the surgery. Such decline can severely impair patients' quality of life. Moreover, the increasing number of older adults in cardiac population will likely increase the likelihood of cognitive deficits. Therefore, there is an urgent need to

develop rehabilitation programs that target the cognitive deficits commonly observed after CABG surgery. The results reported here suggest that cognitive training could be involved as one component of a rehabilitation program. Future studies with larger cohort of patients are needed to confirm this finding and to assess the relevance of using cognitive training as part of a broader and integrated rehabilitation strategy to enhance cognition and quality of life of older patients that underwent CABG surgery.

References

- Åberg, T. (1995). Signs of brain cell injury during open heart operations: Past and Present. *Annals of Thoracic Surgery*, *59*, 1312-1315.
- American Heart Association. (2007). Heart disease and stroke statistics, *Amerc.*
- Ascione, R., Rees, K., Santo, K., Chamberlain, M. H., Marchetto, G., Taylor, F., et al. (2002). Coronary artery bypass grafting in patients over 70 years old: The influence of age and surgical technique on early and mid-term clinical outcomes. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, *22*, 124-128.
- Baltes, P. B., & Kliegl, R. (1992). Further testing of limits of cognitive plasticity: Negative age differences in a mnemonic skill are robust. *Developmental Psychology*, *28*, 121-175.
- Bherer, L., Kramer, A. F., & Peterson, M. S. (2008). Transfer effects in task-set cost and dual-task cost after dual-task training in older and younger adults: Further evidence for cognitive plasticity in attentional control in late adulthood. *Experimental Aging Research*, *34*, 188-219.
- Bherer, L., Kramer, A. F., Peterson, S. P., Colcombe, S., Erickson, K., & Becic, E. (2005). Training effects on dual-task performance: Are there age-related differences in plasticity of attentional control. *Psychology and Aging*, *20*(4), 695-709.
- Bruggemans, E. F., Van Dijk, J. G., & Huysmans, H. A. (1995). Residual cognitive dysfunctioning at 6 months following coronary artery bypass graft surgery. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, *9*, 636-643.
- Cavallini, E., Pagnin, A., & Vecchi, T. (2003). Aging and everyday memory: The beneficial effect of memory training. *Archives of Gerontology and geriatrics*, *37*, 241-257.
- Chatelois, J. (1997). Les logiciels de remédiation cognitive.

- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatry Research, 12*(3), 189-198.
- Funder, K. S., Steinmetz, J., & Rasmussen, L. S. (2009). Cognitive dysfunction after cardiovascular surgery. *Minerva Anestesiologica, 75*(5), 329-332.
- Ho, G., & Scialfa, C. T. (2002). Age, skill transfer, and conjunction search. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences, 57*(B), 277-287.
- Knipp, S. C., Matatko, N., Wilhelm, H., Schlamann, M., Massoudy, P., Forsting, M., et al. (2004). Evaluation of brain injury after coronary artery bypass grafting. A prospective study using neuropsychological assessment and diffusion-weighted magnetic resonance imaging. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery, 25*, 791-800.
- Kramer, A. F., Larish, J., & Strayer, D. L. (1995). Training for attentional control in dual task settings: A comparison of young and old adults. *Journal of Experimental Psychology applied, 1*, 50-76.
- Kramer, A. F., & Madden, D. J. (2008). Attention. In F. I. M. C. T. A. Salthouse (Ed.), *The handbook of aging and cognition* (3rd ed ed., pp. 189-249). New York: Psychology Press.
- Kramer, J. H., Nelson, A., Johnson, J. K., Yaffe, K., Glenn, S., Rosen, H. J., et al. (2006). Multiple cognitive deficits in amnesic mild cognitive impairment. *Dementia and Geriatric Cognition Disorders, 22*(4), 306-311.
- Lee, J. D., Lee, S. J., Tsushima, W. T., Yamauchi, H., Lau, W. T., Popper, J., et al. (2003). Benefits of off-pump bypass on neurologic and clinical morbidity: A prospective randomized trial. *The Annals of Thoracic Surgery, 76*, 18-26.

- Mahanna, E. P., Blumenthal, J. A., White, W. D., Croughwell, N. D., Clancy, C. P., Smith, L. R., et al. (1996). Defining neuropsychological dysfunction after coronary artery bypass grafting. *The Annals of Thoracic Surgery*, *61*, 1342-1347.
- McDaniel, M. A., Einstein, G. O., & Jacoby, L. L. (2008). New considerations in aging and memory: The glass may be half full. In F. Craik & T. Salthouse (Eds.), *The Handbook of Aging and Cognition* (3rd Edition ed., pp. 251-310). Hove, East Sussex: Psychology Press.
- Mora, C. T., Henson, M. B., Weintraub, W. S., Murkin, J. M., Martin, T. D., Craver, J. M., et al. (1996). The effect of temperature management during cardiopulmonary bypass on neurologic and neuropsychologic outcomes in patients undergoing coronary revascularization. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, *112*, 514-522.
- Murkin, J. M., Martzke, J. S., Buchan, A. M., Bentley, C., & Wong, C. J. (1995). A randomized study of the influence of perfusion technique and pH management strategy in 316 patients undergoing coronary artery bypass surgery. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, *110*, 349-362.
- Newman, M. F., Croughwell, N. D., Blumenthal, J. A., Lowry, E., White, W. D., Spillane, W., et al. (1995). Predictors of cognitive decline after cardiac operation. *The Annals of Thoracic Surgery*, *59*, 1326-1330.
- Newman, M. F., Kirchner, J. L., Phillips-Bute, B., Gaver, V., Grocott, H., Jones, R. H., et al. (2001). Longitudinal assessment of neurocognitive function after coronary artery bypass surgery. *The New England Journal of Medicine*, *344*, 395-402.
- O'Brien, D. J., Bauer, R. M., Yarandi, H., Knauf, D. G., Bramblett, P., & Alexander, J. A. (1992). Patient memory before and after cardiac operations. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, *104*, 1116-1124.

- Plourde, G., Sapin-Leduc, A., Morin, J. E., DeVarenes, B., Latter, D., Symes, J., et al. (1997). Temperature during cardiopulmonary bypass for coronary artery operations does not influence postoperative cognitive function: A prospective, randomised trial. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, *114*, 123-128.
- Pugsley, W., Klinger, L., Paschalis, C., Treasure, T., Harrison, M., & Newman, S. (1994). The impact of microemboli during cardiopulmonary bypass on neuropsychological functioning. *Stroke*, *25*, 1393-1399.
- Rasmussen, L. S. (2006). Postoperative cognitive dysfunction: incidence and prevention. *Best Practice Research in Clinical Anaesthesiology*, *20*(2), 315-330.
- Royter, V., Bornstein, N. M., & Russell, D. (2005). Coronary artery bypass grafting (CABG) and cognitive decline: a review. *Journal of Neurological Sciences*, *229-230*, 65-67.
- Selnes, O. A., & McKhann, G. M. (2005). Neurocognitive complications after coronary artery bypass surgery. *Annals of Neurology*, *57*, 615-621.
- Shaw, P. J., Bates, D., Cartlidge, N. E. F., French, J. M., Heaviside, D., Julian, D. G., et al. (1986). Early intellectual dysfunction following coronary bypass surgery. *Quarterly Journal of Medicine*, *58*(225), 59-68.
- Toner, I., Taylor, K. M., Newman, S., & Smith, P. L. C. (1998). Cerebral functional changes following cardiac surgery: Neuropsychological and EEG assessment. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, *13*, 13-20.
- United States Census Bureau. (2003). *Population Division*
- Verhaeghen, P., & Cerella, J. (2002). Aging, executive control, and attention: a review of meta-analyses. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *26*(7).
- Verhaeghen, P., Marcoen, A., & Goossens, L. (1992). Improving Memory performance in the aged through mnemonic training: a Meta-Analytic study. *Psychology and Aging*, *7*(2), 242-251.

Wechsler, D. (1981). *WAIS-R manual*. New York: The Psychological Corporation.

Westaby, S., Saatvedt, K., White, S., Katsumata, T., van Oeveren, W., & Halligan, P. W.

(2001). Is there a relationship between cognitive dysfunction and systemic inflammatory response after cardiopulmonary bypass? *Annals of Thoracic Surgery*, *71*, 667-672.

World Health Organization. (2008a). *The 10 leading causes of death by broad income group 2004*. World Health Organization.

World Health Organization. (2008b). *Active ageing: Towards age friendly primary health care*: World Health Organization.

Table 1

Demographics and medical variables for the each group

	Control group	A-M group	M-A group	drop-out patients
Variables				
Sample Size	18	13	13	7
Age				
<i>M</i>	70.89	69.92	70.85	71.00
<i>SD</i>	4.44	3.93	4.51	5.20
Scolarity (y)				
<i>M</i>	10.78	9.58	10.31	13.58
<i>SD</i>	5.23	3.7	3.59	4.20
Sex				
<i>Female n (%)</i>	1 (5.6)	3 (23.1)	5 (38.5)	1 (14.3)
<i>Male n (%)</i>	17 (94.4)	10 (76.9)	8 (61.5)	6 (85.7)
Clinical variables				
BMI				
<i>M</i>	27.50	28.87	28.19	26.40
<i>SD</i>	3.54	4.02	4.73	2.11
Diabetes n (%)	5 (27.8)	4 (30.8)	4 (30.8)	3 (57.1)
Hypertension n (%)	11 (61.1)	10 (76.9)	10 (76.9)	5 (71.4)
Dyslipidemia n (%)	12 (66.7)	9 (69.2)	10 (76.9)	5 (71.4)
Angina Pectoris n (%)	14 (77.8)	9 (69.2)	9 (69.2)	3 (85.7)
Heart failure n (%)	2 (11.1)	3 (23.1)	2 (15.4)	1 (14.3)
Intraoperative parameters				

Duration of ECC (min)				
<i>M</i>	42.14	71.80	60	64.20
<i>SD</i>	33.76	29.99	33.95	36.89
Cross clamp time (min)				
<i>M</i>	42.67	43.70	34.6	41.00
<i>SD</i>	45.25	27.44	17.39	20.08
Postoperative outcomes				
ICU (days)				
<i>M</i>	4.94	4.45	4	5.43
<i>SD</i>	1.52	2.07	1.47	2.99
Total LOS (days)				
<i>M</i>	8.82	9.50	9.30	9.14
<i>SD</i>	3.48	2.75	4.59	2.41

Note: BMI = Body Mass Index, ECC= Extracorporeal circulation, ICU= Intensive care unit, LOS= Length of stay, SD= standard deviation

Table 2
Mean reaction times (ms) for each group, assessment time and condition

	Control group (n=18)						Attention-Memory group (n=13)						Memory-Attention group (n=13)					
	First month		Third month		Sixth month		First month		Third month		Sixth month		First month		Third month		Sixth month	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Single Pure	1042	88	989	42	984	47	1085	101	823	48	918	55	1047	102	794	49	960	55
Single Mixed	1850	96	1746	60	1728	63	1598	110	1172	68	1414	72	1722	110	1015	68	1307	72
Dual mixed	2344	119	2258	72	2108	76	2363	136	1523	82	1836	86	2266	136	1380	83	1706	87

Table 3
Performance scores on neuropsychological tests for which interaction group X assessment time were significant

Neuropsychological test	Control group						Experimental groups					
	1 month		3 month		6 month		1 month		3 month		6 month	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Digit symbol	47.06	11.66	49.17	8.72	50.33	8.52	50.58	13.46	56.08	13.61	54.54	12.68
Stroop 3	34.44	10.83	33.93	8.53	32.72	7.64	36.73	11.16	31.94	10.25	34.49	14.47
RAVLT_recall after interference list	6.17	2.48	7.61	3.07	5.94	2.80	6.38	2.89	8.12	2.75	8.65	2.97
RAVLT-delayed recall	5.67	2.99	7.44	3.07	5.89	2.70	5.77	3.14	8.27	2.95	8.31	2.43
RAVLT-false recovery	6.89	5.01	5.78	3.77	7.50	4.48	5.15	4.60	4.38	4.75	2.65	3.62

RAVLT, Rey Auditory Verbal Learning Test; SD, Standard Deviation

Figure captions

Figure 1. Flow chart

Figure 2. Experimental design

Figure 3. Mean reaction time in milliseconds (ms) and percentage of correct responses for the Memory-Attention, the Attention-Memory and the control group at one, two, three, and six months after the surgery.

Figure 4. Total of words recalled after five trials with the loci method and the self-generated stories method for the Memory-Attention, the Attention-Memory and the control group at one, two, three, and six months after the surgery.

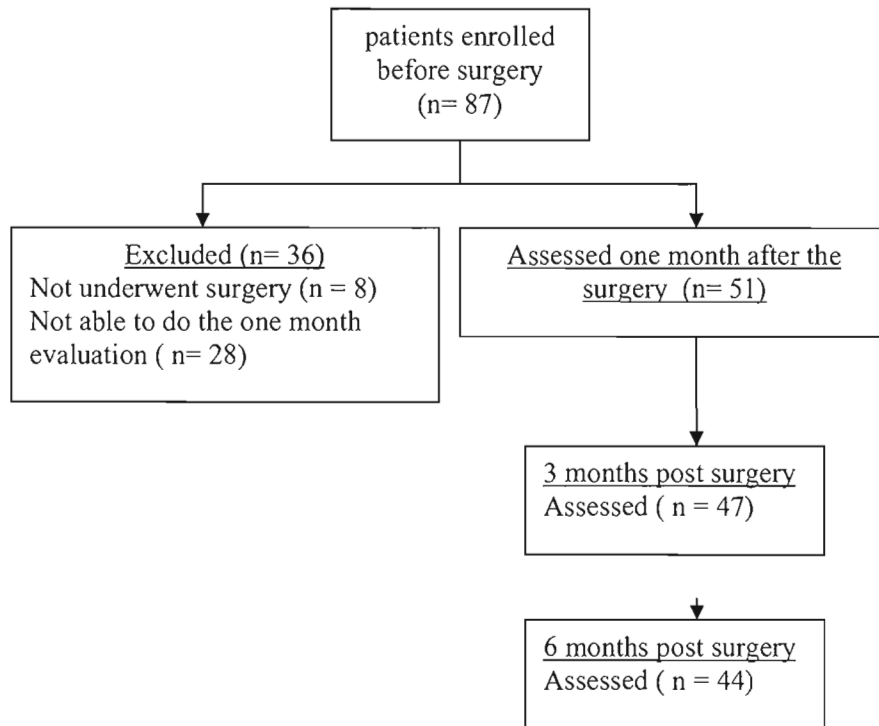
Fig. 1 Flowchart of the study

Figure 2. Study design

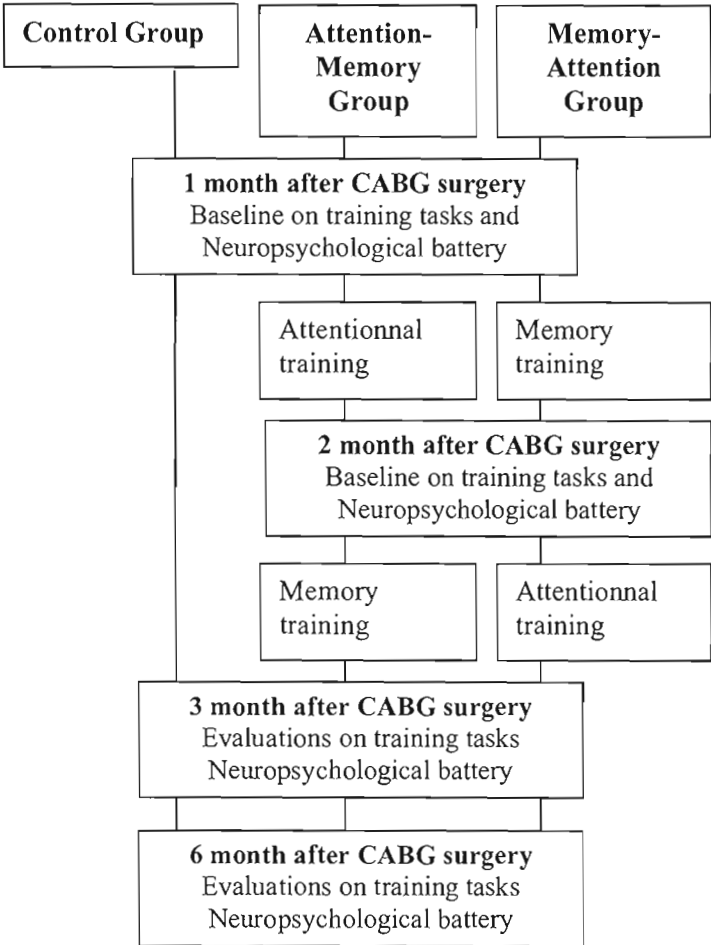


Figure 3. Mean reaction time (ms) and percentage of correct responses for the Memory-Attention (M-A), the Attention-Memory (A-M) and the control group at one, two, three, and six months after the surgery.

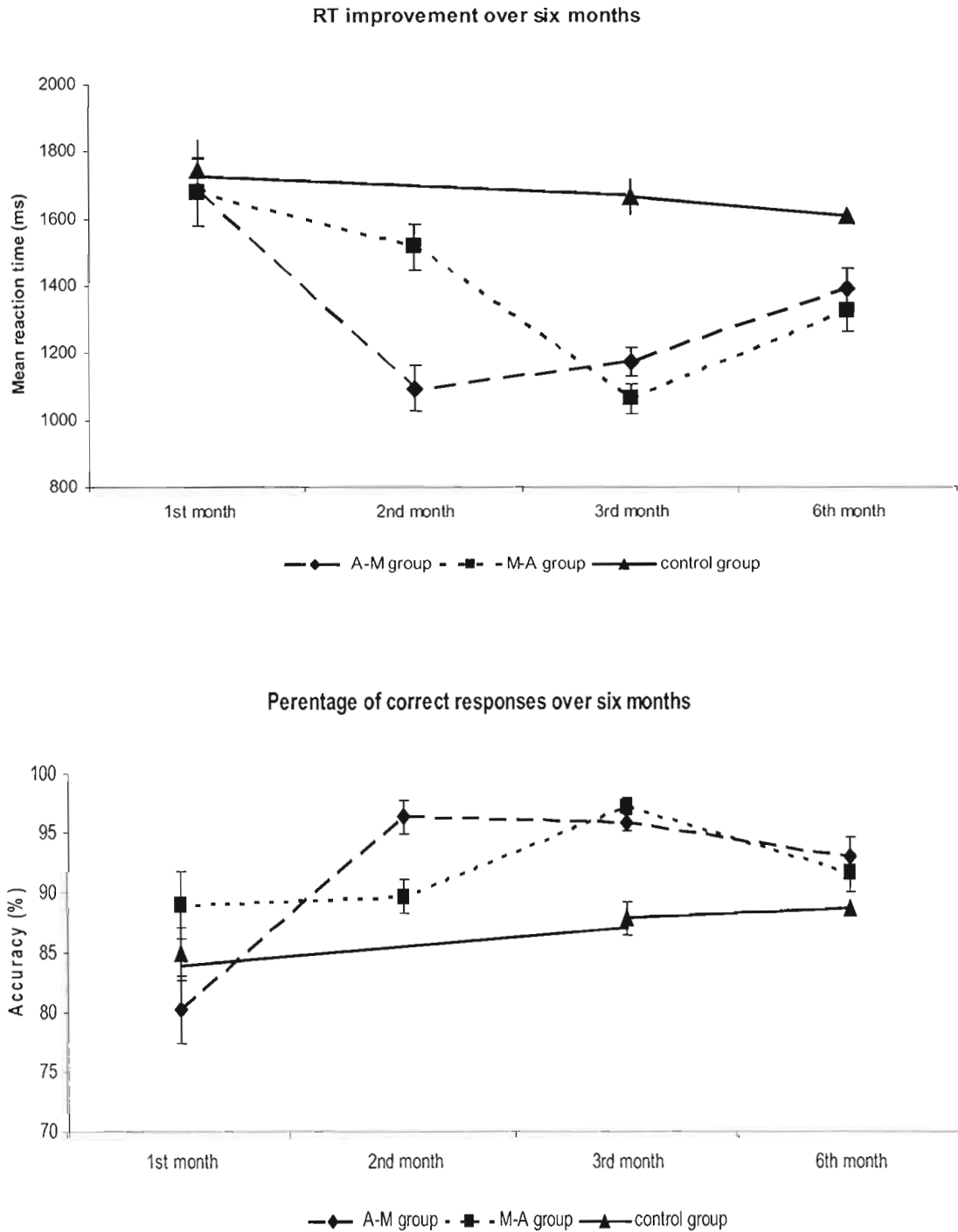
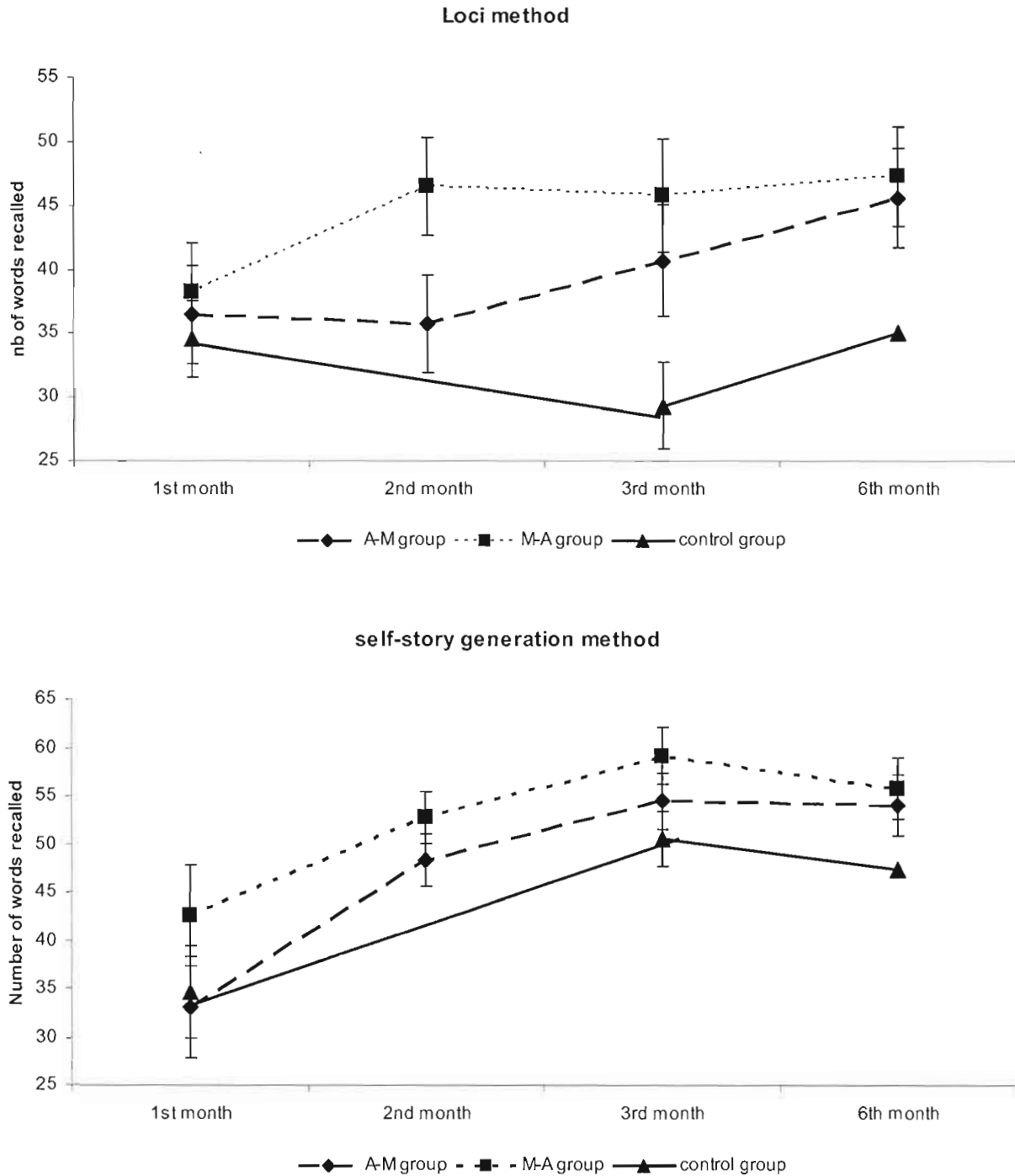


Figure 4. Total of words recalled after five trials with the method of loci and the self-generated stories method for the Memory-Attention (M-A), the Attention-Memory (A-M) and the control group at one, two, three, and six months after the surgery.



CHAPITRE IV

DISCUSSION

4.1 Discussion générale

L'objectif de cette thèse était de développer une meilleure compréhension de la valeur prédictive des désaturations cérébrales telles que mesurées par la saturométrie cérébrale dans le développement de séquelles cognitives post pontage afin d'ouvrir une voie vers des stratégies de prévention. Dans un deuxième temps, cette thèse visait à évaluer la pertinence et l'efficacité d'un entraînement cognitif post pontage chez l'aîné afin d'ouvrir la voie vers des stratégies d'optimisation des fonctions cognitives. Ces objectifs ont été définis suite à un examen attentif de la littérature scientifique. La littérature suggérait que l'utilisation de la saturométrie cérébrale chez les aînés qui subissent un pontage pouvait être pertinente dans la prédiction de différentes complications postopératoires. Par ailleurs, les résultats étaient plus contradictoires en ce qui a trait aux séquelles cognitives post pontage. De plus, des lacunes méthodologiques importantes étaient observées, notamment sur le plan de la définition et de la mesure du déficit cognitif. Par ailleurs, les résultats observés dans quelques études s'étant intéressées à la correction des désaturations cérébrales au cours de l'opération permettaient de formuler l'hypothèse selon laquelle il pourrait s'agir d'une technologie fort prometteuse, non seulement dans la prédiction des séquelles cognitives post pontage, mais aussi dans leur prévention.

Une toute autre littérature suggérait que les aînés peuvent généralement bénéficier des entraînements cognitifs. Bien qu'aucune étude d'entraînement cognitif n'ait été faite auprès de populations cardiaques, les études faites dans le domaine du vieillissement permettaient de formuler l'hypothèse selon laquelle les aînés devraient bénéficier d'un entraînement cognitif axé sur la mémoire et l'attention suite à une chirurgie de pontage.

4.2 Le modèle de Baltes

Ces entraînements cognitifs se basent sur des modèles théoriques du « bien vieillir ». P. Baltes and M. Baltes (1990) ont été parmi les premiers à s'intéresser au bien vieillir et à formuler un modèle théorique encore largement utilisé aujourd'hui, le modèle de sélection-optimisation avec compensation. Ils conceptualisent le vieillissement comme

étant des déséquilibres entre les gains et les pertes et croient que les aînés sont en mesure de compenser pour les pertes afin de maintenir une qualité de vie satisfaisante. Le bien vieillir est alors la capacité de la personne vieillissante à atteindre un équilibre entre ses gains et ses pertes par des stratégies de compensation. Dans cette optique, la personne vieillissante ne fait pas que s'adapter aux déclin, mais continue de se développer activement pour maintenir un équilibre qui la satisfait. Le modèle théorique de Baltes suggère donc que les aînés cherchent, de façon consciente ou inconsciente, à établir un équilibre en compensant pour les pertes. Les entraînements cognitifs peuvent alors être conceptualisés comme étant une façon consciente d'optimiser ses performances cognitives.

4.2.1 Les composantes du modèle de sélection-optimisation avec compensation

P. Baltes et M. Baltes (1990) ont développé leur modèle dans une perspective de vie continue et voient le vieillissement comme un processus hétérogène où les individus peuvent adopter des chemins différents pour en arriver à un bien vieillir. Selon ce modèle, les gens sélectionnent des domaines de vie auxquels ils accordent plus importance, optimisent les ressources et les outils pour faciliter leur succès dans ces domaines, et compensent sur le plan psychologique, biologique ou socio-économique pour les changements ou les pertes qui surviennent dans ces domaines de façon à créer un environnement qui leur assure un développement continu et un résultat qu'ils perçoivent comme étant satisfaisant.

Les stressseurs qui peuvent occasionner un déclin ou une perte pour un domaine important de la vie d'une personne tendent à se multiplier en vieillissant, il devient alors d'autant plus important pour l'individu de mettre en œuvre des stratégies efficaces pour maintenir l'équilibre entre les gains et les pertes et ainsi maintenir sa qualité de vie. En effet, les stressseurs tels que les problèmes de santé physiques ou les déclin cognitifs peuvent venir affecter des domaines de vie important pour la personne.

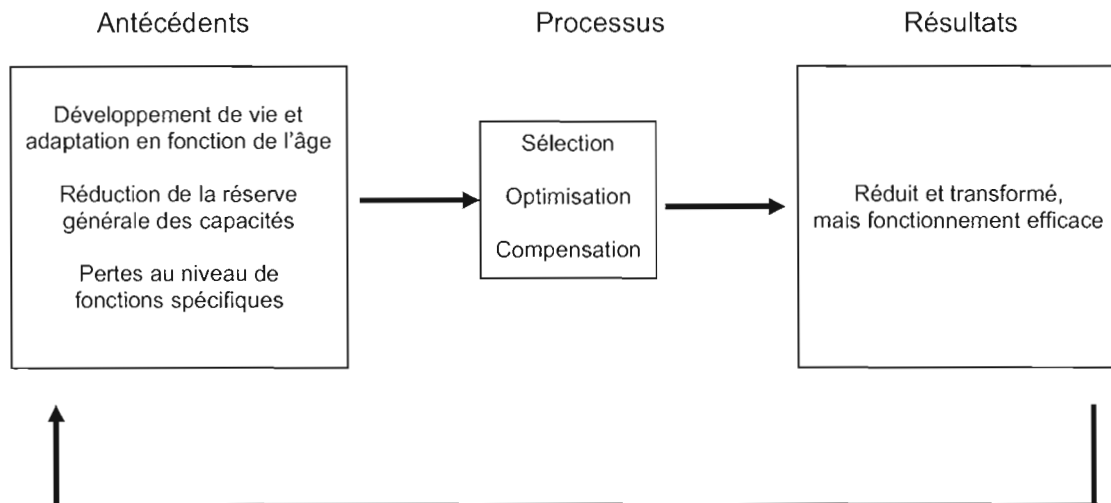


Figure 2. Le modèle de sélection-optimisation-compensation

D'autres auteurs suggèrent d'ajouter une composante à ce modèle qu'ils nomment l'adaptation proactive (proactive coping) (Ouwehand et al., 2007). Le modèle de Baltes met l'emphase principalement sur les réactions des aînés suite à un changement, mais n'aborde pas les stratégies visant la prévention des pertes. Pourtant, des comportements de prévention sont observés tout au long de la vie d'un individu tel un mode de vie sain, des planifications pour l'avenir ou le développement d'un réseau social. Les résultats d'une étude sur la qualité de vie des aînés démontre que l'espérance de vie est augmentée de 8 ans chez les aînés qui s'engage dans des activités préventives, telles que faire de l'exercice ou cesser de fumer (Kahana et al., 2002). Les stratégies préventives ne sont donc pas des interventions qui visent à s'adapter à un stresser, mais plutôt des interventions mises en place avant même que les stresser n'apparaissent. Ouwehan et ses collègues suggèrent donc que les stratégies d'adaptation proactive ont un rôle important à jouer. Ils spécifient aussi que les stratégies proactive peuvent varier d'un individu à l'autre, et qu'elles seront modulées selon les objectifs personnels de l'individu, selon les stressers potentiels spécifiques que l'individu identifie et selon les expériences qu'il aura vécues (Ouwehand et al., 2007). L'ajout de cette composante au modèle de Baltes peut alors s'illustrer de la façon suivante :

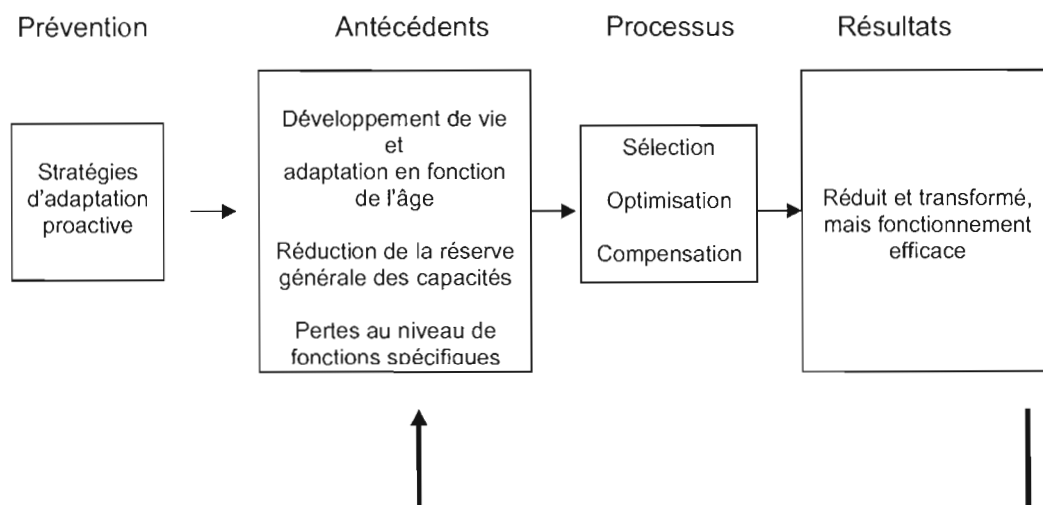


Figure 3. Le modèle théorique de Baltes avec l'ajout de Owehan

4.2.3 L'opérationnalisation du modèle SOC dans le quotidien des aînés

Les auteurs de ce modèle précisent que le processus de sélection-optimisation-compensation peut se faire de façon consciente ou inconsciente, et de façon active ou passive. Bien que ce modèle puisse être considéré comme un mécanisme universel, son expression varie d'une culture à l'autre, d'une période de temps à l'autre et d'un individu à un autre. En effet, les objectifs de chacun sont teintés par une multitude de facteurs, dont leur culture et l'époque dans laquelle ils vivent. Il en va de même pour les stratégies d'adaptation proactive (Owehand et al., 2007).

Nos deux interventions pouvaient donc s'inscrire dans ce modèle théorique. Une première intervention, le monitoring cérébral permettait de mesurer un facteur de risque (antécédent) et pouvait ouvrir la voie vers des stratégies d'adaptation proactive visant la prévention du déclin. Une deuxième intervention, l'entraînement cognitif, devenait plutôt une stratégie d'optimisation face au déclin cognitif post pontage.

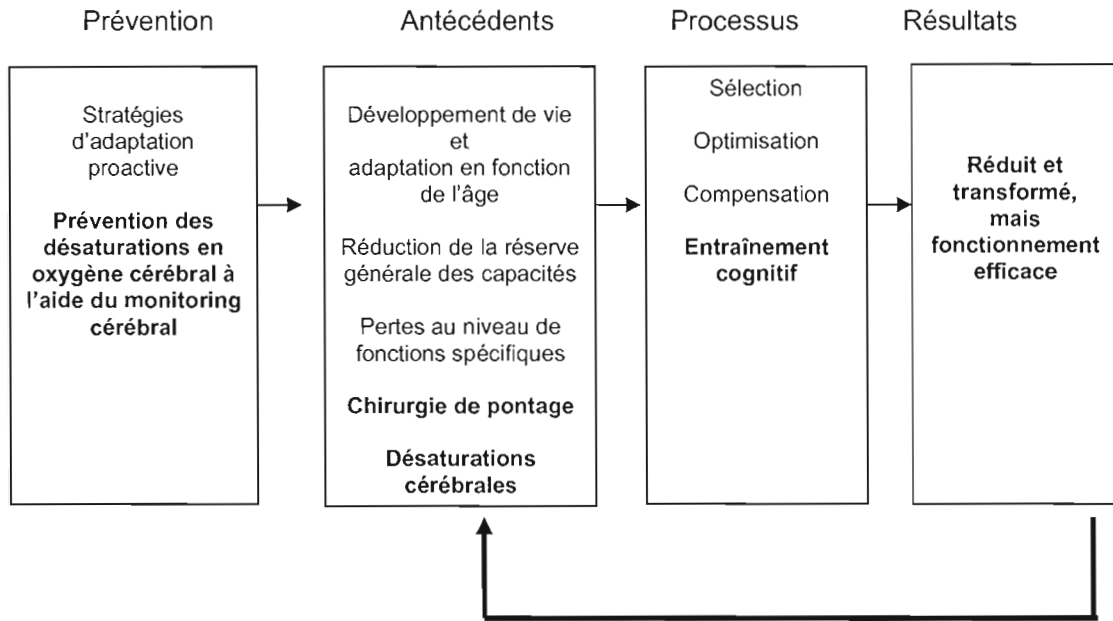


Figure 4. Les interventions péri et post pontage intégrées dans le modèle théorique de Baltes avec composante de prévention d'Ouwehan

4.3 Les résultats généraux des deux articles de thèse

4.3.1 Article 1 : La relation entre les fluctuations de la saturation cérébrale au cours d'une chirurgie de pontage chez les patients âgés de 65 ans et plus et les performances neuropsychologiques au cours du mois suivant la chirurgie

Une première étude a permis d'examiner la valeur prédictive du rSO_2 (saturation en oxygène cérébrale) dans le développement de séquelles cognitives au cours du mois suivant la chirurgie chez des aînés de 65 ans et plus ayant subi un pontage coronarien. Les résultats suggèrent qu'un nombre important de patients subi un déclin cognitif dans le mois suivant le pontage. En effet, dans la semaine suivant le pontage, 80.7% de l'échantillon éprouvait un déclin cognitif et 38.3% avait toujours des séquelles un mois après le pontage. Bien que ces proportions puissent paraître impressionnantes, elles sont congruentes avec ce qui se dégage de la littérature sur les séquelles cognitives post pontage chez l'aîné (Murkin et al., 1995; Newman et al., 1993).

L'objectif de cette étude était de mettre en relation l'apparition de ces séquelles avec les changements au niveau de la saturation en oxygène cérébral au cours de l'opération. L'étude a démontré que les patients qui ont un déficit cognitif post pontage, en comparaison avec ceux qui n'ont pas eu de déficit cognitif, sont plus susceptibles d'avoir eu un niveau de saturation cérébrale qui a baissé sous le seuil des 50% de valeur absolue au cours de l'opération ou d'avoir subi une diminution de plus de 30% de leur rSO_2 initial. En effet, dans la semaine suivant le pontage, les patients qui ont subi une désaturation cérébrale sous les 50% ont un risque 7.69 fois plus élevé d'avoir des séquelles cognitives. Un mois après la chirurgie, les patients qui ont une diminution de plus de 30% de leur rSO_2 initial au cours de la chirurgie ont un risque de 3.32 fois plus élevé d'avoir des séquelles cognitives.

Un objectif secondaire de l'étude était aussi de vérifier si cette relation était plus importante chez les patients qui ont une chirurgie sous CEC. Certaines études suggèrent que la CEC augmente le risque d'hypoperfusion et que les séquelles cognitives sont plus fréquentes chez les patients qui ont subi une chirurgie de pontage sous CEC en comparaison avec ceux qui ont subi une chirurgie à cœur battant (Murkin, 2000; Parolari et al., 2003; Sisillo et al., 2007). Dans la présente étude, il a été démontré que la force d'association entre les séquelles cognitives et les désaturations cérébrales est plus importante lorsque l'échantillon inclut seulement les patients qui ont subi une chirurgie sous CEC.

Enfin, on a pu s'intéresser à l'effet de l'utilisation de l'algorithme (Denault et al., 2007) visant à corriger les désaturations cérébrales. Deux études randomisées récentes, une en chirurgie cardiaque (Murkin et al., 2007) et l'autre en chirurgie non cardiaque (Casati et al., 2005) avaient démontré que la correction des désaturations est associée à une réduction du séjour hospitalier et des complications postopératoires. Dans la présente étude, l'utilisation de l'algorithme ne semble pas avoir pu prévenir l'apparition des séquelles cognitives. Pourtant, les aires sous la courbe (%/sec) sont nettement inférieures à ce qu'on retrouve dans la littérature (Casati et al., 2005; Yao et al., 2004), ce qui suggère que l'équipe de chirurgie a été en mesure de corriger rapidement les désaturations cérébrales. Il semble donc que les séquelles cognitives apparaissent même après une très courte désaturation.

Les désaturations cérébrales peuvent donc être perçues comme des antécédents dans le modèle de Baltès. L'utilisation de la saturométrie cérébrale, bien qu'elle ne semble pas pouvoir prévenir complètement le développement de séquelles cognitives malgré les corrections apportées par l'équipe de chirurgie peut tout de même être conceptualisée comme une stratégie de prévention. En effet, l'ampleur des séquelles cognitives serait certainement plus importante si aucune correction n'était apportée. Les résultats mettant en lumière une relation entre les aires sous la courbe et le développement de séquelles cognitives suggèrent que plus la désaturation est sévère et prolongée, plus le risque de développer des séquelles est élevé.

4.3.2 Article 2 : Cognitive training benefits after a coronary artery bypass graft surgery in older adults

La deuxième étude a permis d'évaluer l'efficacité d'un entraînement cognitif post pontage chez des patients âgés de 65 ans et plus. Cette efficacité a pu être démontrée de trois façons : 1) les entraînements en attention et en mémoire se sont avérés spécifiques, 2) les groupes qui ont reçu les entraînements se sont significativement plus améliorés que le groupe contrôle, et 3) certaines corrélations entre les performances aux tâches d'entraînements et les scores aux tests neuropsychologiques ont pu être observées.

La spécificité réfère au fait que ce qui s'améliore est ce qui a été entraîné. Les résultats des deux groupes expérimentaux diffèrent après la première phase de l'entraînement. En effet, les temps de réponse et l'exactitude des réponses de la tâche attentionnelle s'améliorent seulement chez les participants qui ont reçu l'entraînement attentionnel. Un effet spécifique de la méthode des lieux a aussi été observé. Le nombre total de mots rappelés avec cette méthode est plus important chez les participants qui ont reçu l'entraînement mnésique. Aucune spécificité n'a été démontrée pour la méthode de la génération d'histoires. En fait, il semble que cette stratégie ne nécessite pas d'entraînement et soit efficace dès l'explication de la méthode.

Aussi, les deux groupes expérimentaux ont bénéficié davantage de l'entraînement cognitif que le groupe contrôle. Les performances du groupe contrôle n'ont montré aucune amélioration significative sur la tâche attentionnelle ou sur la méthode des lieux. Ces résultats concordent avec ce qui a été démontré dans la littérature chez des groupes

d'ânés normaux (Bherer et al., 2006; De Tournay-Jetté et al., 2006; Verhaeghen et al., 1992).

Enfin, certaines corrélations entre les scores aux tests neuropsychologiques et les performances aux tâches d'entraînement ont été trouvées. Suite à l'entraînement cognitif, les groupes expérimentaux avaient de meilleures performances que le groupe contrôle pour le test de substitution de symboles, pour la condition inhibition du Stroop et sur quelques variables du test d'apprentissage des 15 mots de Rey (rappel immédiat suite à la liste d'interférence, rappel différé et nombre de fausses reconnaissances). De façon plus spécifique, l'amélioration à la tâche attentionnelle était corrélée avec l'amélioration au test de substitution de symbole et le traçage de piste B qui sont des épreuves qui sollicitent les mêmes fonctions cognitives que la tâche attentionnelle. L'amélioration à la génération d'histoires était corrélée avec l'amélioration aux rappels immédiats et différés des histoires logiques du Rivermead. Encore une fois, les habiletés cognitives qui sont impliquées dans les deux tâches sont les mêmes. De façon plus surprenante, l'amélioration à la condition inhibition du Stroop était corrélée avec l'amélioration à la méthode de génération d'histoires. Cette association suggère que la génération d'histoires ne fait pas seulement appel à la mémoire, mais requiert aussi une manipulation de l'information. Les fonctions exécutives sont donc fortement sollicitées pour cette stratégie de rappel, tout comme dans la condition inhibition du Stroop. Par ailleurs, des études ultérieures devraient être faites afin de préciser cette relation. Enfin, une tendance a été observée entre l'amélioration à la méthode des lieux et le test de substitution de symboles. Dans les deux tâches, le participant est amené à faire une association entre deux stimuli : un lieu et un mot pour la méthode des lieux, un chiffre et un symbole pour la substitution de symboles.

Cette étude démontre que les fonctions cognitives qui sont affectées chez l'âné suite à une chirurgie de pontage peuvent s'améliorer. Les entraînements cognitifs peuvent alors être perçus comme des stratégies d'optimisation qui pourront permettre à l'âné de retrouver un équilibre satisfaisant.

4.4 Implications cliniques et méthodologiques

Les conséquences à long terme des séquelles cognitives restent méconnues jusqu'à ce jour, mais certaines études suggèrent qu'elles pourraient être un prédicteur d'un déclin cognitif subséquent. Une étude de Lee, Wolozin, Weiss et Bednar (2005) s'est intéressée à la prévalence de maladie d'Alzheimer environ 6 ans après avoir subi un pontage coronarien ou une angioplastie. Ils ont découvert que les patients qui avaient subi un pontage coronarien étaient plus à risque que ceux qui avaient subi une angioplastie de développer la maladie d'Alzheimer et suggèrent que le pontage est associé à une diminution de la réserve neuronale chez la population âgée (Lee et al., 2005). Ces résultats, ainsi que les résultats des deux articles de la présente thèse, démontrent la pertinence de développer des interventions visant à prévenir les séquelles cognitives ainsi que des interventions visant à compenser pour les déficits cognitifs, voire à améliorer les performances cognitives des aînés.

Les résultats issus du premier article suggèrent que les désaturations sont un facteur de risque important d'un déclin cognitif. La prévention de ces désaturations ou la réduction en termes de durée et d'intensité de ces désaturations pourrait certainement contribuer à la réduction des séquelles cognitives post pontage. La spectroscopie proche infrarouge est une technologie qui peut être utilisée de façon non invasive et qui permet une mesure continue de la balance entre l'hémoglobine oxygénée et désoxygénée. Deux études randomisées, soit une en chirurgie cardiaque (Murkin et al., 2007) et une en chirurgie non cardiaque (Casati et al., 2005) ont pu démontrer que la correction de la désaturation cérébrale au cours de la chirurgie permettait une réduction du temps d'hospitalisation et une réduction des complications postopératoires. Denault, Deschamps et Murkin (2007) proposent un algorithme (Figure 5) visant à optimiser un ensemble de facteurs qui peuvent affecter la saturation en oxygène cérébrale (Denault et al., 2007). Cette équipe de chercheurs a donc développé une approche systématique basée sur l'identification et le traitement des désaturations en oxygène cérébrale.

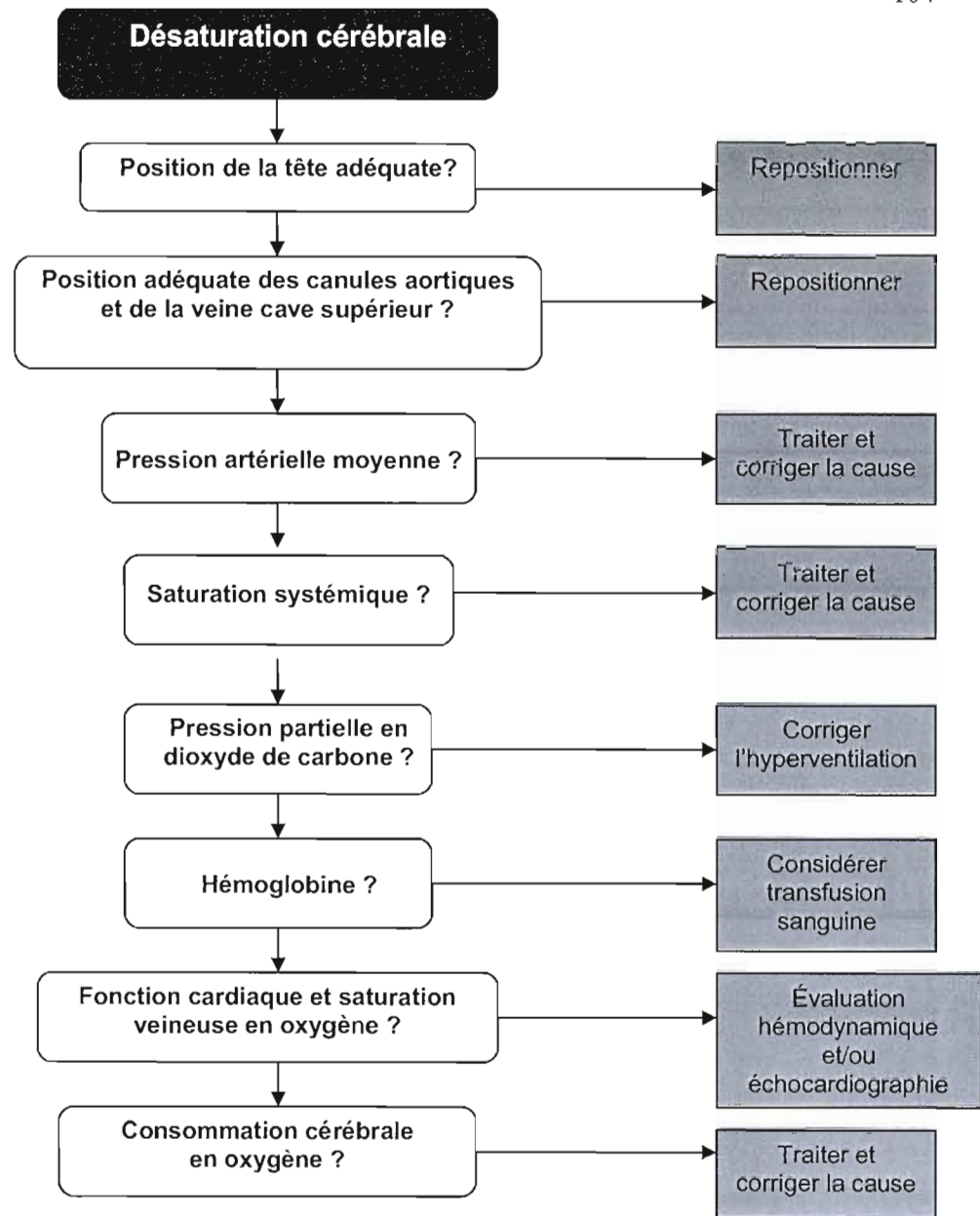


Figure 5. Modèle adapté de l'algorithme élaborée par Denault, Deschamps et Murkin (2007)

Cet algorithme a été utilisé lors de l'expérimentation décrite dans le premier article. Malgré l'utilisation de cet algorithme, le taux de séquelles cognitives est demeuré élevé. Par ailleurs, le nombre de patients qui ont subi des désaturations et la durée de ces désaturations sont nettement inférieurs à ce qui se retrouve dans la littérature (Casati et

al., 2005; Yao et al., 2004). Cette observation laisse croire que l'utilisation de l'algorithme peut être efficace dans la prévention et la correction des désaturations cérébrale. Par contre, il semble que le fait de subir une désaturation, même si elle est de courte durée, a un impact sur la sphère cognitive. La durée de la désaturation est tout de même une variable importante comme en témoigne les résultats du premier article à l'effet que les aires sous la courbe sont des variables prédictives du déclin cognitif. L'utilisation systématique de la saturométrie cérébrale en chirurgie cardiaque semble donc nécessaire. En effet, elle permet un monitoring efficace des désaturations cérébrales et mène à des interventions rapides permettant de réduire la durée et l'intensité des désaturations cérébrales. Par le fait même, elle permet alors de réduire les effets néfastes de ces désaturations sur le fonctionnement cognitif. Le premier article apporte donc une nouvelle lumière sur l'impact des désaturations cérébrales sur les fonctions cognitives suite au pontage et ouvre la voie vers des stratégies préventives.

Malgré l'utilisation systématique de cette technologie et la mise en place d'interventions appropriées pour minimiser l'impact des désaturations cérébrales, un nombre important de patients demeure à risque de développer des séquelles cognitives. En effet, les séquelles cognitives sont le résultat de plusieurs facteurs pré et péri opératoires (ex. âge, sévérité de la maladie, manipulation chirurgicales, etc). C'est pourquoi les résultats concernant l'efficacité d'un entraînement cognitif post pontage sont cruciaux sur le plan clinique. Les résultats du deuxième article confirment que la personne âgée, même si sa réserve neuronale peut avoir été réduite suite à une chirurgie de pontage, conserve la capacité d'apprendre et peut développer des stratégies compensatoires.

Il est intéressant de constater les similitudes entre les résultats observés suite à l'entraînement cognitif et ce qui est généralement observé chez les aînés en santé. En fait, il semble que les fonctions cognitives touchées suite à la chirurgie de pontage soient aussi celles qui sont sensibles à l'âge. De façon générale, les fonctions qui semblent être très sensibles à l'âge sont la mémoire, l'attention et la vitesse de traitement (Park & Gutchess, 2002). En effet, les études sur les processus attentionnels chez l'aîné ont montré un effet d'âge quant à la capacité attentionnelle et suggèrent qu'il devient plus difficile avec l'âge de ne pas se laisser distraire par des informations non pertinentes, de traiter en parallèle plusieurs sources d'information et de se concentrer pendant une longue période (Lemaire

& Bherer, 2005; Verhaeghen & Cerella, 2002). Les études en mémoire chez l'aîné ont montré un effet classique de l'âge: le pourcentage de mots correctement rappelés décroît avec l'avancement en âge (Lemaire & Bherer, 2005). La littérature sur les séquelles cognitives post pontage révèle que les fonctions cognitives qui semblent les plus fortement touchées (mémoire et attention) sont similaires à celles qui sont typiquement touchées par le vieillissement. L'atteinte cérébrale causée par la chirurgie (microembolies, hypotension, inflammation des tissus) pourrait donc altérer les fonctions sensibles au vieillissement. Selon Funder, un âge avancé réduit les réserves cognitives et modifie le niveau de tolérance ou de récupération à toutes les formes d'atteintes cérébrales (Funder et al., 2009). Aussi, les aînés qui ont subi un pontage semblent réagir aux entraînements cognitifs de la même façon que les aînés normaux. En effet, les études en entraînements cognitifs, tels que mentionnés précédemment démontrent que les aînés bénéficient de ces entraînements. La tâche attentionnelle utilisée dans la présente thèse est similaire à celle utilisée par Bherer et ses collègues (2005). Lorsque nous comparons les résultats de la présente thèse et les résultats obtenus par Bherer et ses collègues, on peut constater que les aînés qui ont subi une chirurgie de pontage ont des temps de réaction plus lents que les aînés normaux. Par ailleurs, l'ampleur de l'amélioration est comparable. Pour la tâche mnésique, les deux stratégies avaient été évaluées chez des aînés normaux antérieurement à cette thèse (De Tournay-Jetté et al., 2006). La comparaison des résultats obtenus à cette étude et les résultats obtenus dans la présente thèse permet de constater que le nombre de mots rappelés est plus important chez les aînés normaux comparativement aux aînés qui ont subi une chirurgie de pontage, mais que l'ampleur du changement est comparable dans les deux études. La présente thèse constitue une première avancée vers le transfert des connaissances acquises avec les entraînements cognitifs chez les aînés sains à une population clinique.

4.5 Limites et forces

4.5.1 L'évaluation neuropsychologique

L'évaluation des séquelles cognitives post pontage est un sujet qui a fait couler beaucoup d'encre. Les séquelles cognitives étant subtiles, plusieurs professionnels de la santé ne détectent pas les séquelles cognitives chez leur patient. Les patients eux-mêmes

ont de la difficulté à noter les changements cognitifs suite à leur chirurgie. Conséquemment, la détection des séquelles cognitives post pontage requiert une évaluation approfondie à l'aide de tests neuropsychologiques sensibles qui couvrent un ensemble de fonctions cognitives (Funder et al., 2009). Outre le choix des tests, d'autres défis doivent être relevés pour évaluer correctement les séquelles cognitives post pontage : définir le déficit cognitif et s'assurer de la validité des résultats.

Le choix des tests neuropsychologiques qui composent la batterie de tests neuropsychologiques constitue une force importante de l'étude. En effet, ce choix a été fait suite à un examen attentif et critique de la littérature. Aussi, plusieurs tests utilisés dans la présente thèse avaient des versions équivalentes, ce qui permettait de limiter l'effet test-retest. Enfin, la définition du déficit cognitif a tenu compte de l'ensemble de la littérature sur les séquelles cognitives post pontages, mais aussi sur les définitions retrouvées dans l'évaluation des troubles cognitifs légers. De cette façon, nous nous sommes assurés d'avoir une définition comparable à celles utilisées dans le domaine, mais qui avait aussi une pertinence clinique. De plus, la passation de la batterie de tests a été effectuée par un nombre restreint d'assistantes de recherches. Toutes les assistantes de recherche ont été entraînées par l'auteure de cette thèse et des vérifications ponctuelles ont été effectuées afin d'avoir l'assurance que la passation est demeurée standard tout au long de l'expérimentation.

Par contre, quelques faiblesses sont notées. L'évaluation préopératoire devrait être effectuée plusieurs jours avant la chirurgie pour éviter une sous-estimation des performances étant donné l'anxiété probable juste avant la chirurgie (Funder et al., 2009). Dans le cas présent, il était impossible de faire cette évaluation plusieurs jours avant la chirurgie. En effet, le fonctionnement de l'unité de chirurgie fait en sorte que la liste des gens opérés n'est disponible que la veille de la chirurgie. Les patients peuvent donc se retrouver pendant plusieurs mois sur une liste d'attente et sont ensuite contactés par l'hôpital à la veille de leur chirurgie. L'évaluation des gens sur la liste d'attente aurait pu être possible, mais alors aucun contrôle n'aurait pu être fait quant au laps de temps entre l'évaluation préopératoire et postopératoire. Il a donc semblé préférable d'avoir un protocole identique pour chacun des participants au risque de sous-estimer leur fonctionnement cognitif préopératoire. C'est donc dire que la réalité des déficits cognitifs

dépasse probablement ce qui a été observé puisque l'écart entre l'évaluation préopératoire et postopératoire est probablement plus important que ce qui a été noté.

Aussi, une des principales limites de cette étude est l'évaluation répétée des fonctions cognitives à l'aide de tests neuropsychologiques. Il est important de noter que les tests neuropsychologiques sont conçus pour évaluer des pathologies et faire un diagnostic dans un contexte clinique. Ils n'ont pas été conçus pour évaluer les progrès ou être utilisés de façon aussi répétée que ce que nous faisons en contexte de recherche. L'utilisation répétée d'un même test risque d'entraîner un effet test-retest, c'est-à-dire que le participant offre une meilleure performance en raison de sa connaissance et de sa pratique du test. Il y a donc un risque de surestimer la performance. Dans un tel cas, les déficits post-pontage observés seront moins importants que ce qu'ils sont en réalité. Par ailleurs, l'utilisation de ces tests standardisés est le seul moyen à l'heure actuelle d'évaluer l'évolution des fonctions cognitives post pontage. Nous avons donc pris soin d'utiliser des tests qui avaient des bonnes valeurs psychométriques et d'utiliser des versions équivalentes des tests lorsque disponibles. En bref, l'effet test-retest peut avoir eu un effet sur la prévalence globale des déficits observés, en sous-estimant les déficits post pontage. Par ailleurs, l'effet test-retest n'a pas joué dans les comparaisons inter-groupes puisqu'ils étaient tous soumis au même effet.

4.5.2 Les entraînements cognitifs

Le choix des entraînements cognitifs utilisés dans cette étude constitue une force majeure. Les entraînements en mémoire qu'on retrouve dans la littérature sont très diversifiés et très peu d'études ont utilisé des entraînements informatisés. L'entraînement qui a été utilisé était informatisé, ce qui permettait de contrôler la vitesse d'apparition des mots, tant pour la méthode des lieux que pour la génération d'histoires. L'environnement a aussi été contrôlé pour la méthode des lieux. Aussi, les assistantes de recherche se sont assurées de l'application de chacune des stratégies. L'entraînement attentionnel comporte aussi plusieurs forces méthodologiques. Cet entraînement informatisé permet de recueillir des données d'une grande précision, de standardiser le déroulement des entraînements et l'environnement (écran, clavier, distance, stimuli). De plus, l'utilisation d'un odomètre permet une rétroaction standardisée, tout en tenant compte des performances de chacun.

Une des limites de cette étude est que l'entraînement a été donné de façon individuelle. Certaines études suggèrent que les entraînements, surtout en mémoire, sont plus efficaces lorsqu'ils sont donnés en groupe en raison d'un effet motivateur et d'un partage d'informations entre les participants (Valentijn et al., 2005; Verhaeghen et al., 1992). En effet, des améliorations plus importantes du fonctionnement mnésique chez des aînés qui recevaient un entraînement mnésique en groupe a été démontré en comparaison avec le même entraînement effectué de façon individuelle (Valentijn et al., 2005). Par ailleurs, d'autres études ont démontré une efficacité comparable entre les entraînements individuels et en groupe (Rasmusson et al., 1999). Dans le cas présent, il aurait été impossible de faire des groupes étant donné qu'il était important de s'assurer que les patients recevaient l'entraînement à un moment précis suite à leur chirurgie (6 ou 8 semaines après la chirurgie).

4.5.3 Le monitoring cérébral

Le monitoring cérébral utilisé est un outil non invasif. De plus, la validation de cette technologie a été démontrée selon plusieurs modalités, que ce soit la saturométrie jugulaire (Kim et al., 2000) ou les mesures de débit cérébral (Madsen & Secher, 1999), ainsi que dans de nombreux contextes : chirurgie cardiaque adulte et pédiatrique, non cardiaque, en neurochirurgie, chez les fœtus et nouveau-nés en dysoxie, aux soins intensifs et en cardiologie d'intervention (Dujovny et al., 1998; Edmonds, 1999; Edmonds et al., 2001; Edmonds et al., 1996; Edmonds et al., 1998; Edmonds, 2002; Hans & Damas, 1999; Madsen & Secher, 1999; Wahr et al., 1996).

Par ailleurs, l'oxymétrie est une technologie récente qui fait l'objet de nombreux débats. Un premier argument invoqué en défaveur de l'oxymétrie cérébrale porte sur l'interprétation de la valeur absolue du signal. Des valeurs moyennes de 51% ont été trouvées chez des cadavres entre 1-73 heures après leur décès (Schwarz et al., 1996). Bien que cet argument soit valable, il est important de noter que l'oxymétrie est un monitoring de tendance et que ce sont les changements dans le temps qui ont une valeur pronostique et sur lesquels une intervention est possible et souhaitable. Dans le cas de la présente thèse, les analyses ont portées sur les changements du niveau de saturation dans le temps.

Aussi, le signal ne renseigne que sur une région corticale frontale de 1.5 cm. Une ischémie cérébrale dans un territoire adjacent pourrait alors ne pas être détectée (Nemoto

et al., 2000). De plus, le calcul du rSO₂ se base sur la présomption qu'il existe un ratio constant entre les volumes sanguins (veineux : artériel : capillaire = ~ 70% : 25% : 5%). Pourtant, des changements de ce ratio peuvent survenir en chirurgie cardiaque, notamment en raison des variations respiratoires, de la position du patient ou de la CEC (Davies & Janelle, 2006). Enfin, plusieurs facteurs anatomiques peuvent fausser la valeur du rSO₂ telles que des anomalies du cuir chevelu, de l'os frontal ou des structures sous-durales (Taillefer & Denault, 2005). En bref, l'oxymétrie est une technologie nouvelle qui nécessite probablement des ajustements. D'autre part, un nombre de plus en plus important d'études démontre la validité de cet outil.

4.5.4 Le design expérimental

Le design de recherche constitue une force principale de cette thèse. En effet, la présence d'une cohorte observationnelle permettait de contrôler à la fois pour l'effet test-retest, mais aussi pour l'effet du simple passage du temps. De plus, le plan croisé pour les deux cohortes expérimentales permettait de vérifier si un effet d'ordre des entraînements était observé. Bien qu'aucun effet d'ordre n'ait été observé, il était important de vérifier si le fait de recevoir un entraînement en mémoire ou en attention en premier pouvait avoir un effet d'optimisation sur le second entraînement. Aussi, les nombreux moments d'évaluation ont permis d'observer attentivement l'évolution des fonctions cognitives et l'effet de l'entraînement cognitif dans les 6 mois suivant la chirurgie.

4.5.5 La taille de l'échantillon

Dans la première étude, la taille de l'échantillon est considérée petite et a limité les possibilités d'analyses statistiques. Aussi, très peu de patients ont été opérés avec une chirurgie de pontage à cœur battant. Les interprétations des données visant ce sous-groupe ou la comparaison avec les patients ayant été opérés sous CEC sont donc à prendre avec beaucoup de prudence.

Les études d'entraînement cognitif ont habituellement des échantillons relativement restreints. D'une part, une puissance statistique d'au moins 80% peut être atteinte avec des petits échantillons étant donné qu'une des principales variables est le temps de réaction (mesuré en millisecondes) qui permet d'observer de grandes différences à chaque moment de mesure. D'autre part, les entraînements cognitifs

nécessitent que le participant se déplace plusieurs fois et qu'il y consacre plusieurs heures. Le recrutement de ce type d'échantillon représente alors un défi plus important.

4.6 Pistes futures

L'étude des séquelles cognitives post pontage chez l'ainé, plus particulièrement sous un angle de prévention et d'intervention est un domaine très récent et de nombreuses dimensions sont à investiguer. Dans un premier temps, il semble indiqué de poursuivre l'exploration des facteurs prédictifs des séquelles cognitives post pontage. Il semble aussi important de poursuivre les études en lien avec les désaturations cérébrales avec des échantillons plus grands, avec des populations d'ainés et en utilisant des tests neuropsychologiques sensibles. Aussi, les études futures pourront examiner plus attentivement les liens entre les désaturations et certains facteurs, tels que le type de chirurgie de pontage (à cœur battant ou sous CEC), les chirurgies de valves et les chirurgies complexes.

Aussi, l'utilisation d'un algorithme visant la correction des désaturations semble avoir des effets bénéfiques sur plusieurs variables (temps de séjour aux soins intensifs, durée totale d'hospitalisation, AVC, etc). Il serait intéressant de poursuivre la recherche en répertoriant systématiquement chacune des interventions faites au cours de la chirurgie et d'en vérifier l'effet sur la cognition.

Ensuite, les résultats obtenus suite aux entraînements cognitifs ouvrent la voie vers un programme de réadaptation plus complet. Des études récentes ont démontré un effet bénéfique de l'entraînement physique sur la cognition chez les personnes âgées saines (Angevaren et al., 2008; Ruscheweyh et al., 2009). Il serait intéressant de poursuivre les investigations dans cette direction en combinant un entraînement cognitif et physique chez les aînés qui ont subi un pontage afin de vérifier l'inter influence de ces deux types d'entraînements.

En conclusion, les résultats actuels indiquent que les aînés qui subissent un pontage coronarien ont un risque élevé d'avoir des séquelles cognitives, mais que ces dernières peuvent être prédites en partie par les désaturations en oxygène cérébrale au cours de la chirurgie et qu'elles peuvent être compensées par un entraînement cognitif. Santé Canada (2002), dans son rapport sur les questions relatives au vieillissement et aux

aînés, indique qu'un des défis majeurs que présente le vieillissement de la société canadienne, sera la nécessité d'améliorer la santé, le bien-être et l'autonomie pendant la vieillesse. Une meilleure prévention des séquelles cognitives et un programme d'entraînement aux habiletés cognitives post-pontage chez la personne âgée s'inscrit donc tout à fait dans la tangente que veut prendre la société canadienne en permettant à ses aînés, non seulement de jouir d'une plus grande capacité physique grâce au pontage coronarien, mais aussi de minimiser les impacts négatifs de la chirurgie et d'améliorer la qualité de vie globale de ces personnes. Cette thèse a permis d'approfondir les connaissances relatives aux troubles cognitifs chez l'aîné suite à une chirurgie de pontage en relevant la fréquence, la nature et la sévérité des déficits cognitifs ainsi qu'en faisant des associations avec les désaturations en oxygène cérébral au cours de la chirurgie. Elle a aussi visé un maintien de l'autonomie fonctionnelle de l'aîné par les entraînements cognitifs. Cette étude représente donc une avancée majeure dans le domaine de la prévention et de la réadaptation cardiovasculaire.

APPENDICES

APPENDICE A

FORMULAIRES DE CONSENTEMENT

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

PROJET DE RECHERCHE : ICM #05-762

Évolution des fonctions cognitives post-ponage

Investigateur principal et collaborateurs

Gilles Dupuis, Ph. D., Louis Bherer, Ph. D., Émilie de Tournay-Jetté, Ph. D. (c),
Raymond Cartier, MD., André Denault, MD.

INFORMATION

DESCRIPTION GÉNÉRALE

Nous vous invitons à participer à un projet de recherche commandité par les Instituts de Recherche en Santé du Canada parce que vous allez prochainement être opéré(e) pour un pontage coronarien. Il s'agit d'une procédure chirurgicale utilisée lorsqu'une ou plusieurs artères coronariennes sont obstruées.

Avant de signer ce formulaire de consentement, veuillez prendre tout le temps nécessaire pour lire (ou vous faire lire) et comprendre l'information présentée ci-dessous. Veuillez poser toutes les questions que vous avez sur la présente étude et sur vos droits.

Ce formulaire de consentement décrit les procédures que vous devez suivre si vous acceptez de participer à cette étude.

But de l'étude :

Suite à une chirurgie cardiaque, il peut arriver que les fonctions cognitives (ex. : mémoire, attention, etc.) soient affectées temporairement. Cela est normal.

Nous vous invitons à participer à une étude portant sur l'évaluation de l'évolution des fonctions cognitives (ex : mémoire, attention, etc.) après une chirurgie cardiaque. Cette étude vise aussi à évaluer votre qualité de vie suite à l'intervention chirurgicale.

Un total de 120 patients provenant de l'Institut de Cardiologie de Montréal participeront à ce projet de recherche. La durée de votre participation à cette étude sera de 6 mois.

DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE

- **Avant votre chirurgie :** Si vous acceptez de participer à cette étude, nous vous rencontrerons une première fois, (aujourd'hui), c'est-à-dire 1 à 2 jours avant votre chirurgie. À cette première rencontre, des questions sur votre état de santé et votre niveau d'anxiété vous seront demandées. Une première évaluation de vos fonctions cognitives sera aussi effectuée. Une mesure de votre oxygénation cérébrale sera aussi prise. Cette rencontre durera environ 30 minutes.
- **Pendant l'opération :** Tout au long de l'opération, une mesure de votre oxygénation cérébrale sera prise.

- **Après votre chirurgie et avant le congé de l'hôpital :** Nous vous rencontrerons à nouveau 4 à 5 jours après votre chirurgie. Nous ferons alors une évaluation de vos fonctions cognitives et vous demanderons de répondre à des questions sur votre niveau d'anxiété. Cette rencontre devrait aussi durer environ 30 minutes.
- **1 mois, 3 mois et 6 mois après votre chirurgie :** Vous devrez vous déplacer à l'Institut de Cardiologie de Montréal pour des rencontres d'une durée de 1 heure à 1 heure 30. Si vous ne pouvez vous y rendre, il sera possible de vous rencontrer à votre domicile. Une évaluation de vos fonctions cognitives sera de nouveau effectuée et des questions sur votre niveau d'anxiété et votre qualité de vie vous seront aussi demandées. Afin d'être en mesure de bien compléter l'étude, nous souhaitons recueillir de l'information pertinente à ce projet de recherche inscrite à votre dossier médical de l'Institut de Cardiologie de Montréal. Nous vous demandons l'autorisation de consulter votre dossier et de conserver votre numéro de dossier pendant les 3 ans de la durée de l'étude.

Si vous encourez des dépenses pour participer à ce projet de recherche (ex. déplacements, repas, etc.), veuillez en discuter avec l'équipe de recherche de la possibilité d'en obtenir le remboursement et de la procédure à suivre.

RISQUES ET INCONVÉNIENTS

Le temps requis (entrevues, questionnaires) ainsi que la nécessité de se déplacer à l'Institut de Cardiologie de Montréal à plusieurs reprises sont des inconvénients reliés à votre participation à cette étude. Si vous ne pouvez vous déplacer, nous nous arrangerons pour vous rencontrer à votre domicile.

Si les questionnaires que vous avez complétés démontrent certaines difficultés pour lesquelles vous aimeriez du support, nous vous suggérerons de rencontrer des personnes-ressources compétentes à cet effet.

AVANTAGES

Aucun bénéfice direct découlant de votre participation à cette étude ne vous est garanti. Toutefois, votre participation nous permettra de faire avancer les connaissances sur l'évolution des fonctions cognitives avant et après un pontage coronarien. À la fin de l'étude, nous pourrions, si vous le désirez, vous faire parvenir vos résultats de votre qualité de vie générale.

PARTICIPATION VOLONTAIRE

Vous êtes libre de participer à cette étude ou de vous en retirer en tout temps sur simple avis verbal sans avoir à préciser les motifs de votre décision. Si vous décidez de ne pas y participer ou de vous en retirer, vous recevrez les soins médicaux usuels pour le traitement de votre condition. Quelle que soit votre décision, celle-ci n'influencera en rien la qualité des soins que vous êtes en droit de recevoir.

Si vous avez des questions supplémentaires ou des problèmes reliés à l'étude, vous devez contacter le Docteur Gilles Dupuis au (514) 376-3330, poste #3255 ou Madame Émilie de Tournay-Jetté au (514) 376-3330, poste #3605.

Initiales du patient: _____

Pour tout renseignement concernant vos droits à titre de participant à une recherche, vous pouvez contacter pendant les heures d'ouverture le Docteur L. Conrad Pelletier, Président du Comité d'éthique de la recherche, qui peut être rejoint par l'intermédiaire du secrétariat du Comité d'éthique de la recherche au numéro de téléphone suivant: (514) 376-3330, poste #3533.

CONFIDENTIALITÉ

L'équipe de recherche de l'Institut de Cardiologie de Montréal consultera vos dossiers pour prendre note des données pertinentes à ce projet de recherche. Toute information relative à ce projet et qui vous concerne (histoire médicale, examen physique, résultats de laboratoire, questionnaires) sera gardée confidentielle et seulement les personnes autorisées y auront accès. Il est possible que des représentants du Comité d'éthique de la recherche consultent vos dossiers médicaux pour fins de vérification.

Toutes les données relatives à cette recherche vous concernant seront conservées dans des fichiers informatisés sécurisés à l'Institut de Cardiologie par le Dr. Gilles Dupuis pour une durée de 25 ans et seront analysées avec les données des autres participants, mais ni votre nom ni toute autre forme d'identification ne figurera dans ces fichiers. Les résultats de cette étude pourront être publiés, mais votre identité ne sera pas dévoilée.

COMPENSATION

Dans l'éventualité où vous seriez victime d'un préjudice causé par toute procédure requise par le protocole de recherche, l'Institut de Cardiologie de Montréal veillera à ce que vous receviez tous les soins que nécessite votre état de santé.

Si votre participation engendrait d'autres coûts qui ne sont pas présentement assurés par les régimes d'assurance-hospitalisation et d'assurance-maladie du Québec, ceux-ci ne sont pas couverts. Vous devrez donc les assumer s'il y a lieu.

Aucune compensation pour perte de revenus, invalidité ou inconfort n'est prévue.

En signant ce formulaire de consentement, vous ne renoncez à aucun de vos droits. Notamment, vous ne libérez ni l'investigateur de ses responsabilités légales et professionnelles advenant une situation qui vous causerait préjudice.

Initiales du patient: _____

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT**PROJET DE RECHERCHE : ICM #05-762**

Évolution des fonctions cognitives post-pontage

Investigateur principal et collaborateurs

**Gilles Dupuis, Ph. D., Louis Bherer, Ph. D., Émilie de Tournay-Jetté, Ph. D. (c),
Raymond Cartier, MD., André Denault, MD.**

J'ai eu l'occasion de poser toutes les questions voulues au sujet de cette étude et on y a répondu à ma satisfaction.

Je comprends que je demeure libre de me retirer de cette étude en tout temps sans que cela n'affecte en aucune façon les soins dont je pourrais bénéficier à l'avenir.

J'ai lu ou l'on m'a lu ce formulaire de consentement et j'en comprends le contenu.

Je, soussigné(e), accepte de participer au présent projet de recherche.

_____ <i>Signature du patient</i>	_____ <i>Nom du patient en caractères d'imprimerie</i>	_____ <i>Date</i>	_____ <i>Heure</i>
_____ <i>Signature de l'un des chercheurs</i>	_____ <i>Nom du chercheur en caractères d'imprimerie</i>	_____ <i>Date</i>	_____ <i>Heure</i>

Je certifie que j'ai expliqué les buts du projet à _____ et il(elle) a signé le consentement en ma présence.

_____ <i>Signature du chercheur ou de son délégué</i>	_____ <i>Nom du chercheur ou de son délégué en caractères d'imprimerie</i>	_____ <i>Date</i>	_____ <i>Heure</i>
--	---	----------------------	-----------------------

Le Comité d'éthique de la recherche et du développement des nouvelles technologies de l'Institut de Cardiologie de Montréal autorise le début du recrutement en date du 20 septembre 2005. La version courante no. du consentement en français datée du -2005 est approuvée.

N.B. : L'original de ce formulaire doit être inséré au dossier du patient, une copie gardée par l'investigateur et une copie remise au patient.

Initiales du patient: _____

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT**PROJET DE RECHERCHE : ICM #05-762**

L'entraînement cognitif post-pontage

Investigateur principal et collaborateurs

**Gilles Dupuis, Ph. D., Louis Bherer, Ph. D., Émilie de Tournay-Jetté, Ph. D. (c),
Raymond Cartier, MD., André Denault, MD.**

INFORMATION**DESCRIPTION GÉNÉRALE**

Nous vous invitons à participer à un projet de recherche commandité par les Instituts de Recherche en Santé du Canada parce que vous allez prochainement être opéré(e) pour un pontage coronarien. Il s'agit d'une procédure chirurgicale utilisée lorsqu'une ou plusieurs artères coronariennes sont obstruées.

Avant de signer ce formulaire de consentement, veuillez prendre tout le temps nécessaire pour lire (ou vous faire lire) et comprendre l'information présentée ci-dessous. Veuillez poser toutes les questions que vous avez sur la présente étude et sur vos droits.

Ce formulaire de consentement décrit les procédures que vous devez suivre si vous acceptez de participer à cette étude.

But de l'étude :

Suite à une chirurgie cardiaque, il peut arriver que les fonctions cognitives (ex : mémoire, attention, etc.) soient affectées temporairement. Cela est normal. L'entraînement cognitif pour la mémoire et la concentration s'est avéré efficace chez les personnes âgées non-malades. Cependant, aucune étude n'a porté sur l'entraînement cognitif après pontage de sorte qu'il est difficile d'affirmer, actuellement, que cet entraînement est efficace chez un patient qui a subi une opération cardiaque.

Nous vous invitons donc à participer à une étude portant sur l'évaluation de l'efficacité d'un entraînement cognitif après pontage. Cette étude vise aussi à évaluer votre qualité de vie suite à ce programme d'entraînement.

Un total de 120 patients provenant de l'Institut de Cardiologie de Montréal participeront à ce projet de recherche. La durée de votre participation à cette étude sera de 6 mois.

DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE

- **Avant votre chirurgie :** Si vous acceptez de participer à cette étude, nous vous rencontrerons une première fois (aujourd'hui), c'est-à-dire 1 à 2 jours avant votre chirurgie. À cette première rencontre, des questions sur votre état de santé et votre niveau d'anxiété vous seront demandées. Une première évaluation de vos fonctions cognitives sera aussi effectuée. Une mesure de votre oxygénation cérébrale sera aussi prise. Cette rencontre durera environ 30 minutes.

Initiales du patient: _____

- **Pendant l'opération :** Tout au long de l'opération, une mesure de votre oxygénation cérébrale sera prise.
- **Après votre chirurgie et avant le congé de l'hôpital :** Nous vous rencontrerons à nouveau 4 à 5 jours après votre chirurgie. Nous ferons alors une évaluation de vos fonctions cognitives et vous demanderons de répondre à des questions sur votre niveau d'anxiété. Cette rencontre devrait durer environ 30 minutes.
- **Un mois après votre chirurgie:** Une évaluation de vos fonctions cognitives sera de nouveau effectuée et des questions sur votre niveau d'anxiété et votre qualité de vie vous seront aussi demandées. Lors de cette rencontre au Centre de recherche de l'Institut de Cardiologie de Montréal et qui sera d'une durée de 2 heures 30 minutes, l'entraînement cognitif débutera. Un entraînement axé sur la mémoire et un entraînement axé sur l'attention sont offerts à tous les participants. La moitié des participants recevront d'abord l'entraînement axé sur la mémoire suivi de l'entraînement axé sur l'attention et l'autre moitié des participants recevra d'abord l'entraînement axé sur l'attention suivi de celui sur la mémoire. Les participants seront répartis aléatoirement dans l'un ou l'autre de ces deux groupes. L'entraînement consiste à effectuer des tâches sur ordinateur, sous forme de jeu. Il s'agit d'apprendre à distinguer des sons et des lettres générés par l'ordinateur et d'apprendre à se rappeler de listes de mots qui apparaissent sur l'écran de l'ordinateur.
- **Période d'entraînement de la mémoire et de la concentration :** L'entraînement cognitif complet s'étend sur 4 semaines consécutives à raison de 2 rencontres de 60 minutes par semaine qui se dérouleront au Centre de recherche de l'Institut de Cardiologie de Montréal. Après 2 semaines d'entraînement, une évaluation de vos fonctions cognitives sera effectuée à nouveau et des questions sur votre niveau d'anxiété vous seront aussi demandées.
- **3 mois et 6 mois après votre chirurgie:** Des questions sur votre qualité de vie et votre niveau de stress vous seront demandées et une dernière évaluation de vos fonctions cognitives sera effectuée. Si vous n'êtes pas en mesure de vous déplacer, il sera possible de vous rencontrer à votre domicile.

Afin d'être en mesure de bien compléter l'étude, nous souhaitons recueillir de l'information pertinente à ce projet de recherche inscrite dans votre dossier médical de l'Institut de Cardiologie de Montréal. Nous vous demandons l'autorisation de consulter votre dossier et de conserver votre numéro de dossier pendant les 3 ans de la durée de l'étude.

Si vous encourez des dépenses pour participer à ce projet de recherche (ex. déplacements, repas, etc.), veuillez discuter avec l'équipe de recherche de la possibilité d'en obtenir le remboursement et de la procédure à suivre.

RISQUES ET INCONVÉNIENTS

Le temps requis (entrevues, questionnaires) ainsi que la nécessité de se déplacer à l'Institut de Cardiologie à plusieurs reprises sont des inconvénients liés à votre participation à cette étude. Si vous ne pouvez vous déplacer, nous vous rencontrerons à

Initiales du patient: _____

votre domicile. Si les questionnaires que vous avez complétés démontrent certaines difficultés pour lesquelles vous aimeriez du support, nous vous suggérerons de rencontrer des personnes ressources compétentes à cet effet.

AVANTAGES

Aucun bénéfice direct découlant de votre participation à cette étude ne vous est garanti. Votre participation nous permettra de faire avancer les connaissances sur l'évolution des fonctions cognitives avant et après un pontage coronarien de même que sur l'efficacité d'un entraînement cognitif. À la fin de l'étude, nous pourrions, si vous le désirez, vous faire parvenir vos résultats de votre qualité de vie générale.

PARTICIPATION VOLONTAIRE

Vous êtes libre de participer à cette étude ou de vous en retirer en tout temps sur simple avis verbal sans avoir à préciser les motifs de votre décision. Si vous décidez de ne pas y participer ou de vous en retirer, vous recevrez les soins médicaux usuels pour le traitement de votre condition. Quelle que soit votre décision, celle-ci n'influencera en rien la qualité des soins que vous êtes en droit de recevoir.

Si vous avez des questions supplémentaires ou des problèmes reliés à l'étude, vous devez contacter le Docteur Gilles Dupuis au (514) 376-3330, poste #3255 ou Madame Émilie de Tournay-Jetté au (514) 376-3330, poste #3605.

Pour tout renseignement concernant vos droits à titre de participant à une recherche, vous pouvez contacter pendant les heures d'ouverture le Docteur L. Conrad Pelletier, Président du Comité d'éthique de la recherche, qui peut être rejoint par l'intermédiaire du secrétariat du Comité d'éthique de la recherche au numéro de téléphone suivant: (514) 376-3330, poste #3533.

CONFIDENTIALITÉ

L'équipe de recherche de l'Institut de Cardiologie de Montréal consultera vos dossiers pour prendre note des données pertinentes à ce projet de recherche. Toute information relative à ce projet et qui vous concerne (histoire médicale, examen physique, résultats de laboratoire, questionnaires) sera gardée confidentielle et seulement les personnes autorisées y auront accès. Il est possible que des représentants du Comité d'éthique de la recherche de l'Institut de Cardiologie consultent vos dossiers médicaux pour fins de vérification.

Toutes les données relatives à cette recherche vous concernant seront conservées dans des fichiers informatisés sécurisés à l'Institut de Cardiologie par le Dr. Gilles Dupuis pour une durée de 25 ans et seront analysées avec les données des autres participants, mais ni votre nom ni toute autre forme d'identification ne figurera dans ces fichiers. Les résultats de cette étude pourront être publiés, mais votre identité ne sera pas dévoilée.

COMPENSATION

Initiales du patient: _____

Dans l'éventualité où vous seriez victime d'un préjudice causé par toute procédure requise par le protocole de recherche, l'Institut de Cardiologie de Montréal veillera à ce que vous receviez tous les soins que nécessite votre état de santé.

Si votre participation engendrait d'autres coûts qui ne sont pas présentement assurés par les régimes d'assurance-hospitalisation et d'assurance-maladie du Québec, ceux-ci ne sont pas couverts. Vous devrez donc les assumer s'il y a lieu.

Aucune compensation pour perte de revenus, invalidité ou inconfort n'est prévue.

En signant ce formulaire de consentement, vous ne renoncez à aucun de vos droits. Notamment, vous ne libérez ni l'investigateur de ses responsabilités légales et professionnelles advenant une situation qui vous causerait préjudice.

Initiales du patient: _____

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

PROJET DE RECHERCHE : ICM #05-762

L'entraînement cognitif post-pontage (groupe 1)

Investigateur principal et collaborateurs

Gilles Dupuis, Ph. D., Louis Bherer, Ph. D., Émilie de Tournay-Jetté, Ph. D. (c),
Raymond Cartier, MD., André Denault, MD.

J'ai eu l'occasion de poser toutes les questions voulues au sujet de cette étude et on y a répondu à ma satisfaction.

Je comprends que je demeure libre de me retirer de cette étude en tout temps sans que cela n'affecte en aucune façon les soins dont je pourrais bénéficier à l'avenir.

J'ai lu ou l'on m'a lu ce formulaire de consentement et j'en comprends le contenu.

Je, soussigné(e), accepte de participer au présent projet de recherche.

<i>Signature du patient</i>	<i>Nom du patient en caractères d'imprimerie</i>	<i>Date</i>	<i>Heure</i>
<i>Signature de l'un des chercheurs</i>	<i>Nom du chercheur en caractères d'imprimerie</i>	<i>Date</i>	<i>Heure</i>

Je certifie que j'ai expliqué les buts du projet à _____ et il(elle) a signé le consentement en ma présence.

<i>Signature du chercheur ou de son délégué</i>	<i>Nom du chercheur ou de son délégué en caractères d'imprimerie</i>	<i>Date</i>	<i>Heure</i>

Le Comité d'éthique de la recherche et du développement des nouvelles technologies de l'Institut de Cardiologie de Montréal autorise le début du recrutement en date du 20 septembre 2005. La version courante no. 1 du consentement en français datée du 20 septembre 2005 est approuvée.

N.B. : L'original de ce formulaire doit être inséré au dossier du patient, une copie gardée par l'investigateur et une copie remise au patient.

Initiales du patient: _____

APPENDICE B

LES TESTS NEUROPSYCHOLOGIQUES

B.1. MINI –MENTAL STATE EXAMINATION

Directives pour l'administration du mini-examen de l'état mental (MMSE)^{3,6}

Orientation	<p>1. Demandez au patient la date. Puis demandez-lui spécifiquement ce qu'il a omis de préciser, par exemple: «Pouvez-vous me dire quelle est la saison?». Attribuez 1 point pour chaque bonne réponse.</p> <p>2. Demandez: «Pourriez-vous me dire le nom de l'hôpital (de la ville, du pays, etc.) où nous nous trouvons?». Attribuez un point pour chaque bonne réponse.</p>
Enregistrement	<p>Demandez au patient si vous pouvez vérifier sa capacité de mémorisation, puis nommez 3 objets qui n'ont aucun lien entre eux en articulant bien et en prenant une seconde environ pour prononcer chaque mot. Demandez ensuite au patient de les répéter. À la première répétition, inscrivez le score (de 0 à 3). Répétez ensuite les mêmes mots et faites-les répéter par le patient (maximum de 6 tentatives) jusqu'à ce qu'il puisse se rappeler les trois. S'il n'y arrive pas, vous ne pourrez pas vérifier l'évocation, ci-dessous, de façon satisfaisante.</p>
Attention et calcul	<p>Demandez au patient d'épeler le mot «monde» à l'envers. Le score correspond au nombre de lettres épelées dans le bon ordre (p. ex.: EDNOM = 5; EDNM = 4; EDM = 3; OM = 2; ENDMO = 1).</p> <p>Ou: demandez au patient de compter par 7 à rebours, à partir de 100.</p> <p>Arrêtez après 5 soustractions (93, 86, 79, 72, 65). Comptez 1 point pour chaque bonne réponse.</p>
Évocation	<p>Demandez au patient de nommer les trois mots que vous lui avez demandé de mémoriser précédemment à la section sur l'enregistrement. Score: de 0 à 3.</p>
Langage	<p>Dénomination d'objets: Pointez une montre et demandez au patient: «Qu'est-ce que c'est?». Faites de même avec un crayon. Comptez 1 point pour chaque objet bien identifié. Score: de 0 à 2.</p> <p>Répétition: Demandez au patient de répéter une phrase. Une seule tentative permise. Score: 0 ou 1 point.</p> <p>Exécution d'une série de trois directives: Tendez au patient une feuille de papier vierge et répétez les directives. Comptez 1 point pour chaque directive bien exécutée.</p> <p>Lecture: Sur une feuille de papier vierge, écrivez la phrase suivante en lettres assez grosses pour que le patient puisse lire facilement: «Fermez les yeux.» Demandez au patient de lire la phrase et de faire ce qui est écrit. Comptez 1 point, seulement si le patient ferme les yeux.</p> <p>Écriture: Donnez au patient une feuille de papier vierge et demandez-lui d'écrire une phrase. Ne lui dictez pas de phrase: il doit s'agir d'une phrase spontanée comportant un sujet et un verbe et ayant du sens. Il n'est pas nécessaire que la grammaire et la ponctuation soient correctes.</p> <p>Copie d'un dessin: Sur une feuille blanche, dessinez des pentagones qui se chevauchent et dont les côtés mesurent environ 2,5 cm, puis demandez au patient de reproduire exactement le dessin. Il doit y avoir 10 angles dont 2 qui s'entrecroisent. Accordez un point si ces conditions sont remplies. Les tremblements et la rotation du dessin sont sans importance.</p>

Évaluation de la fonction cognitive

Mini-examen de l'état mental (*Mini-Mental State Examination* ou MMSE)³

Nom du patient _____

Date _____

Examineur _____

Le MMSE est un test comportant un score maximum de 30 points et visant à évaluer la capacité cognitive du patient en contexte clinique. Les paramètres évalués sont l'orientation, l'attention, la mémoire et le langage.

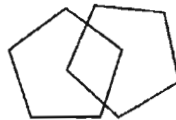
La gravité de la démence peut être déterminée d'après le score⁴:

- Légère: 27-26
- Modérée: 10 à 20
- Grave: < 10

On estime qu'en l'absence de traitement, le score au MMSE des patients atteints de maladie d'Alzheimer d'intensité légère à modérée baisse de 2 à 4 points par année⁵.

Mini-examen de l'état mental (MMSE)^{3,6}

Score maximum	Score	
5	_____	ORIENTATION
5	_____	Demandez au sujet le jour de la semaine, la date, le mois, l'année, la saison. Demandez-lui ensuite de dire où il est: pays, province, ville, immeuble, étage.
3	_____	ENREGISTREMENT Nommez 3 objets courants (p. ex.: pomme, table, voiture). Prenez une seconde pour prononcer chaque mot. Par la suite, demandez au sujet de répéter les trois mots. Donnez un point par bonne réponse. Répétez la démarche jusqu'à ce que le sujet apprenne tous les mots. Comptez le nombre d'essais et notez-le: _____
5	_____	ATTENTION ET CALCUL Demandez au sujet d'épeler le mot « monde » à l'envers (E D N O M) (1 point par lettre énumérée correctement). (Note: vous pouvez demander au sujet de compter à rebours par 7 à partir de 100: 100 - 7 = (), 93 - 7 = (), 86 - 7 = (), 79 - 7 = (), 72 - 7 = (), et d'arrêter quand vous lui demandez (1 point par bonne réponse).
3	_____	ÉVOCATION Demandez au sujet de nommer de nouveau les trois objets déjà mentionnés (1 point par bonne réponse). (Note: on ne peut vérifier l'évocation si le sujet n'a pas pu se rappeler le nom des trois objets au test d'enregistrement ci-dessus).
2	_____	LANGAGE Montrez au sujet un crayon et une montre et demandez-lui de les nommer. (2 points)
1	_____	Demandez au sujet de répéter l'expression suivante: « Pas de si ni de mais ». (1 point)
3	_____	Demandez au sujet d'obéir à un ordre en trois temps: « Prenez ce morceau de papier avec la main droite, pliez-le en deux et déposez-le sur le plancher. » (3 points)
1	_____	LIRE ET SUIVRE LES DIRECTIVES SUIVANTES: Fermez les yeux. (1 point)
1	_____	Écrivez une phrase. (1 point)
1	_____	Copiez le dessin suivant. (1 point)



Aucune difficulté sur le plan de la construction.

Score total _____

D'après Folstein MF, Folstein SF et McHugh PR. "Mini-Mental State": A practical method for grading the clinician. *J Psychiatr Res* 1975;12:129-8 et Cockrell JR et Folstein MF. Mini-Mental State Examination (MMSE). *Psychogeriatr* 1988;2(4):669-92.

B.2. HISTOIRES DU RIVERMEAD I

HISTOIRE A – Rappel Immédiat

"Je vais vous lire une courte histoire. Écoutez attentivement et essayez de vous en rappeler de la même façon que je vais vous la dire, en utilisant le plus possible les mêmes mots que j'ai utilisés. Lorsque je vais avoir terminé, je veux que vous me disiez tout ce que je vais vous avoir lu. Vous devrez me dire tout ce dont vous vous souvenez même si vous n'en êtes pas certain. Êtes-vous prêt?"

Histoire A (21 unités, 65 mots)

Monsieur Pierre/ Lemay / un garde de sécurité/ fut tué/ lundi/ lors d'un vol de banque/à Atlantic City./ Les quatre voleurs/ portaient des masques/ et l'un avait/ un fusil/ à canon tronqué./ Hier soir/ les enquêteurs/ ont soigneusement examiné/ les déclarations des témoins./ Un porte-parole a déclaré/ "Il était un homme très courageux./ Il allât au devant/ du voleur armé/ et lui opposât une chaude lutte.

"Dites-moi tout ce dont vous vous souvenez à propos de cette histoire. Commencez au début"

" Je veux que vous vous rappeliez le plus possible de cette histoire parce que je vais vous demander de me la raconter encore une fois un peu plus tard. "

HISTOIRE DU RIVERMEAD I

Rappel Immédiat de l'histoire A

1point: pour chaque unité rappelée; ½ point pour chaque unité rappelée partiellement

Histoire A	21 unités de l'histoire	Critères de correction
Monsieur Pierre		Pierre ou une variante du nom
Lemay		Lemay est nécessaire
un garde de sécurité		garde de sécurité ou un mot apparenté
fut tué		indication qu'il fut tué
lundi		lundi
lors d'un vol de banque		indication qu'un vol de banque a eu lieu
à Atlantic City		Atlantic City
Les quatre voleurs		4 est nécessaire, voleurs ou un mot apparenté
portaient des masques		indications qu'ils portaient des masques
et l'un avait		1 est nécessaire
un fusil		fusil ou un mot apparenté
à canon tronqué		canon tronqué ou une expression voulant dire canon tronqué
Hier soir		indication que le vol a eu lieu hier soir, la veille
les enquêteurs		enquêteurs ou un mot apparenté
ont soigneusement examiné		une phrase ou une indication voulant dire que les enquêteurs ont examiné avec soin les déclarations
les déclaration des témoins		indication que les déclarations des témoins ont été examinées
Un porte-parole a déclaré		Porte-parole ou un mot apparenté
il était un homme très courageux		indication qu'il était un homme courageux
il allât au devant		indication ou phrase voulant dire qu'il allât au devant du voleur
du voleur armé		indication d'un voleur armé
et lui opposât une chaude lutte		indication ou phrase voulant dire qu'une chaude lutte se produisit
Total Unités de l'histoire (0-21)		

HISTOIRE DU RIVERMEAD II**HISTOIRE A – Rappel Différé**

Histoire A (21 unités, 65 mots)

" Est-ce que vous vous rappelez de l'histoire que je vous ai lue tout à l'heure? Je veux que vous me racontiez cette histoire encore une fois. Dites-moi tout ce dont vous vous souvenez de l'histoire. Commencez par le début. "

Si la personne ne se rappelle d'aucun item de l'histoire, on doit dire: " L'histoire concernait un vol de banque. "

-Ne pas donner au sujet d'aide additionnelle autre que des encouragements généraux. Noter sur la feuille réponse si un indice lui a été fourni.

HISTOIRE DU RIVERMEAD II

Rappel différé de l'histoire A

1point: pour chaque unité rappelée; ½ point pour chaque unité rappelée partiellement

Histoire A	21 unités de l'histoire	Critères de correction
Monsieur Pierre		Pierre ou une variante du nom
Lemay		Lemay est nécessaire
un garde de sécurité		garde de sécurité ou un mot apparenté
fut tué		indication qu'il fut tué
lundi		lundi
lors d'un vol de banque		indication qu'un vol de banque a eu lieu
à Atlantic City		Atlantic City
Les quatre voleurs		4 est nécessaire, voleurs ou un mot apparenté
portaient des masques		indications qu'ils portaient des masques
et l'un avait		1 est nécessaire
un fusil		fusil ou un mot apparenté
à canon tronqué		canon tronqué ou une expression voulant dire canon tronqué
Hier soir		indication que le vol a eu lieu hier soir, la veille
les enquêteurs		enquêteurs ou un mot apparenté
ont soigneusement examiné		une phrase ou une indication voulant dire que les enquêteurs ont examiné avec soin les déclarations
les déclaration des témoins		indication que les déclarations des témoins ont été examinées
Un porte-parole a déclaré		Porte-parole ou un mot apparenté
il était un homme très courageux		indication qu'il était un homme courageux
il allât au devant		indication ou phrase voulant dire qu'il allât au devant du voleur
du voleur armé		indication d'un voleur armé
et lui opposât une chaude lutte		indication ou phrase voulant dire qu'une chaude lutte se produisit
Total Unités de l'histoire (0-21)		

Reconnaissance – Rivermead – Histoire A

" Je vais vous poser des questions à propos de l'histoire. Si vous n'êtes pas certain de la réponse, indiquez quand même la réponse qui vous semble la plus correcte. "

Lire à haute voix les questions au sujet et noter ses réponses ("oui" ou "non")

	Réponses	Points
1. Est-ce que l'homme s'appelait Pierre Lemay?	Oui	
2. Est-ce qu'il était agent de police?	Non	
3. Est-ce que l'histoire se déroule un mardi?	Non	
4. Est-ce qu'il y a eu un vol de banque?	Oui	
5. Est-ce que l'histoire se déroule à Miami?	Non	
6. Est-ce qu'il y avait 3 voleurs?	Non	
7. Est-ce que le voleur était armé?	Oui	
8. Est-ce que le garde de sécurité a arrêté les voleurs?	Non	
9. Est-ce que les voleurs portaient des masques?	Oui	
10. Est-ce que le garde de sécurité a lutté avec les voleurs?	Oui	

Total: _____/10

HISTOIRES DU RIVERMEAD I

HISTOIRE B – Rappel Immédiat

" Je vais vous lire une courte histoire. Écoutez attentivement et essayez de vous en rappeler de la même façon que je vais vous la dire, en utilisant le plus possible les mêmes mots que j'ai utilisés. Lorsque je vais avoir terminé, je veux que vous me disiez tout ce que je vais vous avoir lu. Vous devrez me dire tout ce dont vous vous souvenez même si vous n'en êtes pas certain. Êtes-vous prêt? "

Histoire B (21 unités, 69 mots)

Des pompiers/ et des volontaires/ ont travaillé toute la journée/ hier/ à éteindre/ un feu de forêt/ à six kilomètres/ au sud/ de San Diego/ en Californie du sud./ Les camions de pompiers/ n'ayant pu atteindre les lieux,/ du matériel de lutte contre l'incendie/ a été transporté par hélicoptère./ Le bétail/ a été évacué/ du voisinage/ de la ferme Johnson/ car il était enveloppé/ dans des nuages/ d'épaisse fumée blanche.

"Dites-moi tout ce dont vous vous souvenez à propos de cette histoire. Commencez au début"

" Je veux que vous vous rappeliez le plus possible de cette histoire parce que je vais vous demander de me la raconter encore une fois un peu plus tard. "

HISTOIRE DU RIVERMEAD I

Rappel Immédiat de l'histoire B

1point: pour chaque unité rappelée; ½ point pour chaque unité rappelée partiellement

Histoire B	21 unités de l'histoire	Critères de correction
Des pompiers		Pompiers est nécessaire
et des volontaires		volontaires ou un mot apparenté
ont travaillé toute la journée		indication qu'ils ont travaillé toute la journée
hier		hier ou un synonyme
à éteindre		une phrase ou une indication voulant dire qu'ils ont éteint un feu
un feu de forêt		feu de forêt (incendie)
à six kilomètres		6 kilomètres
au sud		sud
de San Diego		San Diego
en Californie du sud		Californie du sud
Les camions de pompiers		camions est nécessaire
n'ayant pu atteindre les lieux		une phrase ou une indication voulant dire que les camions n'ont pu atteindre les lieux de l'incendie
du matériel de lutte contre l'incendie		Indication à propos du matériel de lutte contre l'incendie
a été transporté par hélicoptère		Indication que le matériel a été transporté par hélicoptère
Le bétail		bétail
a été évacué		une phrase ou une indication voulant dire que le bétail a été évacué
du voisinage		voisinage
de la ferme Johnson		ferme Johnson
car il était enveloppé		une phrase ou une indication voulant dire que le bétail était enveloppé de fumée
dans des nuages		nuages
d'épaisse fumée blanche		fumée blanche et épaisse ou un expression apparentée
Total Unités de l'histoire (0-21)		

HISTOIRE DU RIVERMEAD II**HISTOIRE B – Rappel Différé**

Histoire B (21 unités, 69 mots)

" Est-ce que vous vous rappelez de l'histoire que je vous ai lue tout à l'heure? Je veux que vous me racontiez cette histoire encore une fois. Dites-moi tout ce dont vous vous souvenez de l'histoire. Commencez par le début. "

Si la personne ne se rappelle d'aucun item de l'histoire, on doit dire: " L'histoire concernait un feu de forêt. "

-Ne pas donner au sujet d'aide additionnelle autre que des encouragements généraux. Noter sur la feuille réponse si un indice lui a été fourni.

HISTOIRE DU RIVERMEAD II

Rappel différé de l'histoire B

1point: pour chaque unité rappelée; ½ point pour chaque unité rappelée partiellement

Histoire B	21 unités de l'histoire	Critères de correction
Des pompiers		Pompiers est nécessaire
et des volontaires		volontaires ou un mot apparenté
ont travaillé toute la journée		indication qu'ils ont travaillé toute la journée
hier		hier ou un synonyme
à éteindre		une phrase ou une indication voulant dire qu'ils ont éteint un feu
un feu de forêt		feu de forêt (incendie)
à six kilomètres		6 kilomètres
au sud		sud
de San Diego		San Diego
en Californie du sud		Californie du sud
Les camions de pompiers		camions est nécessaire
n'ayant pu atteindre les lieux		une phrase ou une indication voulant dire que les camions n'ont pu atteindre les lieux de l'incendie
du matériel de lutte contre l'incendie		Indication à propos du matériel de lutte contre l'incendie
a été transporté par hélicoptère		Indication que le matériel a été transporté par hélicoptère
Le bétail		bétail
a été évacué		une phrase ou une indication voulant dire que le bétail a été évacué
du voisinage		voisinage
de la ferme Johnson		ferme Johnson
car il était enveloppé		une phrase ou une indication voulant dire que le bétail était enveloppé de fumée
dans des nuages		nuages
d'épaisse fumée blanche		fumée blanche et épaisse ou un expression apparentée
Total Unités de l'histoire (0-21)		

Reconnaissance – Rivermead – Histoire B

" Je vais vous poser des questions à propos de l'histoire. Si vous n'êtes pas certain de la réponse, indiquez quand même la réponse qui vous semble la plus correcte. "

Lire à haute voix les questions au sujet et noter ses réponses ("oui" ou "non")

	Réponses	Points
1. Est-ce que des soldats aidaient les pompiers?	Non	
2. Est-ce que les pompiers ont été appelés pour une inondation?	Non	
3. Est-ce que l'histoire se passe au sud de San Diego?	Oui	
4. Est-ce que le feu de forêt est à 6 kilomètres au sud de San Diego?	Oui	
5. Est-ce que l'histoire se déroule dans le nord de la Californie?	Non	
6. Est-ce que les camions de pompiers ont pu atteindre les lieux?	Non	
7. Est-ce que le matériel de lutte contre l'incendie a été transporté par avion?	Non	
8. Est-ce que le bétail a été évacué?	Oui	
9. Est-ce que le nom de la ferme était Johnson?	Oui	
10. Est-ce que la fumée était blanche?	Oui	

Total: _____/10

HISTOIRES DU RIVERMEAD I

HISTOIRE C – Rappel Immédiat

" Je vais vous lire une courte histoire. Écoutez attentivement et essayez de vous en rappeler de la même façon que je vais vous la dire, en utilisant le plus possible les mêmes mots que j'ai utilisés. Lorsque je vais avoir terminé, je veux que vous me disiez tout ce que je vais vous avoir lu. Vous devrez me dire tout ce dont vous vous souvenez même si vous n'en êtes pas certain. Êtes-vous prêt? "

Histoire C (21 unités, 72 mots)

Deux cents hommes/ d'un chantier naval/ du New Jersey/ ont fait la grève/ ce matin./ Les hommes ont débrayé/ à cause d'un conflit/ concernant cinquante/ mises à pied./ Le délégué syndical/ Monsieur Pierre/ Bergeron/ a déclaré aux journalistes:/ "Cela dépasse les bornes!/ Les carnets de commandes de la compagnie sont complets/ pour les deux prochaines années."/ Un porte-parole de la direction a affirmé:/ "Nous espérons entreprendre/ de nouvelles négociations/ au siège social/ demain."

"Dites-moi tout ce dont vous vous souvenez à propos de cette histoire. Commencez au début"

" Je veux que vous vous rappeliez le plus possible de cette histoire parce que je vais vous demander de me la raconter encore une fois un peu plus tard. "

HISTOIRE DU RIVERMEAD I

Rappel Immédiat de l'histoire C

1point: pour chaque unité rappelée; ½ point pour chaque unité rappelée partiellement

Histoire C	21 unités de l'histoire	Critères de correction
Deux cents hommes		deux cents hommes est nécessaire
d'un chantier naval		chantier naval ou expression apparentée
du New Jersey		New Jersey est nécessaire
ont fait la grève		Indication que les hommes ont fait la grève
ce matin		matin ou expression apparentée
Les hommes ont débrayé		indication ou phrase voulant dire que les hommes ont débrayés
à cause d'un conflit		indication d'un conflit
concernant cinquante		50 est nécessaire
mises à pied		mises à pied ou expression apparentée
Le délégué syndical		délégué syndical ou expression apparentée
Monsieur Pierre		Pierre est nécessaire
Bergeron		Bergeron est nécessaire
a déclaré aux journalistes		journalistes et expression voulant dire a déclaré
"Cela dépasse les bornes!		indication ou phrase voulant dire que la situation est exagérée
Les carnets de commande de la compagnie sont complets		indication ou phrase voulant dire que les carnets sont pleins
pour les deux prochaines années"		deux est nécessaire
Un porte parole de la direction a affirmé		Porte parole, indication qu'il s'est exprimé
"Nous espérons entreprendre		indication ou phrase voulant dire que des négociations seront entreprises
de nouvelles négociations		négociations, indication de nouvelles
au siège social		siège social ou expression apparentée
Demain		Demain ou expression apparentée
Total Unités de l'histoire (0-21)		

HISTOIRE DU RIVERMEAD II**HISTOIRE C – Rappel Différé**

Histoire C (21 unités, 72 mots)

" Est-ce que vous vous rappelez de l'histoire que je vous ai lue tout à l'heure? Je veux que vous me racontiez cette histoire encore une fois. Dites-moi tout ce dont vous vous souvenez de l'histoire. Commencez par le début. "

Si la personne ne se rappelle d'aucun item de l'histoire, on doit dire: " L'histoire concernait des hommes en grève. "

-Ne pas donner au sujet d'aide additionnelle autre que des encouragements généraux. Noter sur la feuille réponse si un indice lui a été fourni.

HISTOIRE DU RIVERMEAD II

Rappel différé de l'histoire C

1point: pour chaque unité rappelée; ½ point pour chaque unité rappelée partiellement

Histoire C	21 unités de l'histoire	Critères de correction
Deux cents hommes		deux cents hommes est nécessaire
d'un chantier naval		chantier naval ou expression apparentée
du New Jersey		New Jersey est nécessaire
ont fait la grève		Indication que les hommes ont fait la grève
ce matin		matin ou expression apparentée
Les hommes ont débrayé		indication ou phrase voulant dire que les hommes ont débrayés
à cause d'un conflit		indication d'un conflit
concernant cinquante		50 est nécessaire
mises à pied		mises à pied ou expression apparentée
Le délégué syndical		délégué syndical ou expression apparentée
Monsieur Pierre		Pierre est nécessaire
Bergeron		Bergeron est nécessaire
a déclaré aux journalistes		journalistes et expression voulant dire a déclaré
"Cela dépasse les bornes!"		indication ou phrase voulant dire que la situation est exagérée
Les carnets de commande de la compagnie sont complets		indication ou phrase voulant dire que les carnets sont pleins
pour les deux prochaines années"		deux est nécessaire
Un porte parole de la direction a affirmé		Porte parole, indication qu'il s'est exprimé
"Nous espérons entreprendre		indication ou phrase voulant dire que des négociations seront entreprises
de nouvelles négociations		négociations, indication de nouvelles
au siège social		siège social ou expression apparentée
Demain		Demain ou expression apparentée
Total Unités de l'histoire (0-21)		

Reconnaissance – Rivermead – Histoire C

" Je vais vous poser des questions à propos de l'histoire. Si vous n'êtes pas certain de la réponse, indiquez quand même la réponse qui vous semble la plus correcte. "

Lire à haute voix les questions au sujet et noter ses réponses ("oui" ou "non")

	Réponses	Points
1. Est-ce qu'il y avait 250 hommes dans l'histoire?	Non	
2. Est-ce que les hommes travaillaient dans un chantier de construction de maisons?	Non	
3. Est-ce que l'histoire se déroule au New Jersey?	Oui	
4. Est-ce que les hommes ont fait la grève le soir?	Non	
5. Est-ce qu'il y a eu 75 mises à pied?	Non	
6. Est-ce que le délégué syndical s'appelait Pierre Bergeron?	Oui	
7. Est-ce que les carnets de la compagnie sont complets pour les deux prochaines années?	Oui	
8. Est-ce que le délégué syndical a parlé aux journalistes?	Oui	
9. Est-ce que les prochaines négociations auront lieu au siège social?	Oui	
10. Est-ce que les négociations auront lieu dans 5 jours?	Non	

Total: _____/10

HISTOIRE DU RIVERMEAD I**HISTOIRE D – Rappel Immédiat**

" Je vais vous lire une courte histoire. Écoutez attentivement et essayez de vous en rappeler de la même façon que je vais vous la dire, en utilisant le plus possible les mêmes mots que j'ai utilisés. Lorsque je vais avoir terminé, je veux que vous me disiez tout ce que je vais vous avoir lu. Vous devrez me dire tout ce dont vous vous souvenez même si vous n'en êtes pas certain. Êtes-vous prêt? "

Histoire D (21 unités, 59mots)

Un pétrolier/ hollandais/ coula/ à 10 kilomètres/ de la côte ouest/ la nuit dernière./ L'équipage/ fut recueilli/ par un bateau de la garde côtière./ Une nappe de pétrole/ se forme déjà/ et les environmentalistes/ s'inquiètent/ des effets/ sur la vie sauvage./ Les habitants locaux s'empressent/ de préparer une opération/ pour sauver/ tous les oiseaux/ trouvés échoués/ sur la plage.

"Dites-moi tout ce dont vous vous souvenez à propos de cette histoire. Commencez au début"

" Je veux que vous vous rappeliez le plus possible de cette histoire parce que je vais vous demander de me la raconter encore une fois un peu plus tard. "

HISTOIRE DU RIVERMEAD I

Rappel Immédiat de l'histoire D

1point: pour chaque unité rappelée; ½ point pour chaque unité rappelée partiellement

Histoire D	21 unités de l'histoire	Critères de correction
Un pétrolier		pétrolier est nécessaire
hollandais		hollandais
coula		indication que le pétrolier a coulé
à 10 kilomètres		10 kilomètres est nécessaire
de la côte ouest		côte ouest
la nuit dernière		indication que cela s'est passé la nuit dernière
L'équipage		Équipage
fut recueillie		indication que l'équipage a été recueilli
par un bateau de la garde côtière		bateau de la garde côtière
Une nappe de pétrole		nappe de pétrole
se forme déjà		indication qu'elle se forme
et les environnementalistes		environnementalistes
s'inquiètent		indication qu'ils s'inquiètent
des effets		indication ou phrase voulant dire " les effets "
sur la vie sauvage		vie sauvage
Les habitants locaux s'empressent		habitants et indication d'une action
de préparer une opération		opération ou expression apparentée
pour sauver		indication ou phrase voulant dire " pour sauver "
tous les oiseaux		oiseaux
trouvés échoués		indication ou phrase indiquant qu'ils sont échoués
sur la plage		plage
Total Unités de l'histoire (0-21)		

HISTOIRE DU RIVERMEAD II**HISTOIRE D – Rappel Différé**

Histoire D (21 unités, 59mots)

" Est-ce que vous vous rappelez de l'histoire que je vous ai lue tout à l'heure? Je veux que vous me racontiez cette histoire encore une fois. Dites-moi tout ce dont vous vous souvenez de l'histoire. Commencez par le début. "

Si la personne ne se rappelle d'aucun item de l'histoire, on doit dire: " L'histoire concernait le naufrage d'un pétrolier "

-Ne pas donner au sujet d'aide additionnelle autre que des encouragements généraux. Noter sur la feuille réponse si un indice lui a été fourni.

HISTOIRE DU RIVERMEAD II

Rappel différé de l'histoire D

1 point: pour chaque unité rappelée; ½ point pour chaque unité rappelée partiellement

Histoire D	21 unités de l'histoire	Critères de correction
Un pétrolier		pétrolier est nécessaire
hollandais		hollandais
coula		indication que le pétrolier a coulé
à 10 kilomètres		10 kilomètres est nécessaire
de la côte ouest		côte ouest
la nuit dernière		indication que cela s'est passé la nuit dernière
L'équipage		Équipage
fut recueillie		indication que l'équipage a été recueilli
par un bateau de la garde côtière		bateau de la garde côtière
Une nappe de pétrole		nappe de pétrole
se forme déjà		indication qu'elle se forme
et les environnementalistes		environnementalistes
s'inquiètent		indication qu'ils s'inquiètent
des effets		indication ou phrase voulant dire " les effets "
sur la vie sauvage		vie sauvage
Les habitants locaux s'empressent		habitants et indication d'une action
de préparer une opération		opération ou expression apparentée
pour sauver		indication ou phrase voulant dire " pour sauver "
tous les oiseaux		oiseaux
trouvés échoués		indication ou phrase indiquant qu'ils sont échoués
sur la plage		plage
Total Unités de l'histoire (0-21)		

Reconnaissance – Rivermead – Histoire D

" Je vais vous poser des questions à propos de l'histoire. Si vous n'êtes pas certain de la réponse, indiquez quand même la réponse qui vous semble la plus correcte. "

Lire à haute voix les questions au sujet et noter ses réponses ("oui" ou "non")

	Réponses	Points
1. Est-ce que le pétrolier était Norvégien?	Non	
2. Est-ce que le pétrolier a coulé?	Oui	
3. Est-ce que l'histoire se déroule la nuit?	Oui	
4. Est-ce que l'équipage a été recueilli par un cargo?	Non	
5. Est-ce que du pétrole a été déversé dans la mer?	Oui	
6. Est-ce que l'histoire se passe sur la côte ouest?	Non	
7. Est-ce que le pétrolier a coulé à 50 kilomètres de la côte ouest?	Non	
8. Est-ce que les environnementalistes étaient inquiets?	Oui	
9. Est-ce que les habitants locaux ont refusé de préparer une opération?	Non	
10. Est-ce qu'il y avait des oiseaux échoués sur la plage?	Oui	

Total:

Consignes

B. 3. TEST D'APPRENTISSAGES DES 15 MOTS DE REY

Matériel : Liste des 15 mots de Rey (liste A et liste B), feuille de notation, crayon, minuterie

Consigne

Liste A : « Je vais vous lire une série de mots. Vous devez bien m'écouter et quand j'aurai terminé, vous me direz tous les mots dont vous vous souvenez. Il n'est pas nécessaire de les retenir dans l'ordre; vous les direz comme ils vous viennent à l'esprit; il faut simplement en dire le plus possible. »

On lit les mots en les prononçant distinctement et en laissant 1 seconde entre chaque mot.

Quand la lecture est terminée, on dit :

« Vous avez entendu tous ces mots, dites-moi tous ceux dont vous vous souvenez comme ils vous reviennent à l'esprit. »

Lorsque le patient redit pour la deuxième fois le même mot, on lui dit « déjà dit ». On ne fait aucune remarque pour les faux mots. Après environ 1 minute ou lorsque le patient dit ne plus se souvenir de rien, on passe à la seconde lecture.

« Je vais relire les mêmes mots et quand j'aurai terminé, vous me direz de nouveau tous les mots dont vous vous souvenez en incluant ceux que vous m'avez dit la première fois. Encore une fois, l'ordre n'est pas important. L'important est de me donner le plus grand nombre de mots dont vous vous souvenez » si on se rend compte que le patient ne fait que donner de nouveaux mots, on lui dit. « N'oubliez pas de dire aussi les mots que vous aviez retenus la première fois, il faut arriver à les dire tous. »

On procède de la même façon pour les 3^e, 4^e, et 5^e essais.

Liste B : « Je vais maintenant vous lire une nouvelle liste de mots. Comme pour la première liste, vous devrez me dire le plus de mots possible, dans l'ordre qu'ils vous viennent à l'esprit. »

« Vous avez entendu tous ces mots, dites-moi tous ceux dont vous vous souvenez comme ils vous viennent à l'esprit. »

Rappel immédiat liste A (sans relecture de la liste) : « Sans que je vous relise, j'aimerais maintenant que vous me donniez tous les mots dont vous vous souvenez de la première liste, celle que je vous ai lue 5 fois. »

Rappel et reconnaissance différé des 15 mots de Rey

Matériel : feuille de notation, crayon.

Consigne pour le rappel différé de la liste A : « **Vous vous souvenez que je vous ai fait apprendre une liste de mots. J'aimerais que vous me donniez tous les mots de la première liste dont vous vous souvenez, celle que je vous ai lue 5 fois.**»

Consigne pour la reconnaissance différée de la liste A : « **Je vais vous lire une série de mots. Pour chaque mot, vous devez me dire si oui ou non il faisait partie de la première liste, celle que je vous ai lue 5 fois** ».

Cotation : Pour chaque essai, on calcule le nombre total de mots vrais, de mots faux (intrusions) et de mots doubles. On fait le total du nombre de mots appris pour les 5 essais d'apprentissage.

* L'effet d'interférence proactive est évalué en comparant le premier essai de la liste A au premier essai de la liste B (on accepte un mot de moins, pas plus).

* L'effet d'interférence rétroactive est évalué en comparant le nombre de mots vrais produits au 5^e essai et celui produit au rappel immédiat (on accepte jusqu'à 3 mots de moins).

Rappel différé et reconnaissance: Forme 1

Rappel Différé	Mots	O	N	Mots (suite)	O	N	Mots (suite)	O	N
	Ceinture (A)			Café (A)			Paysan (A)		
	Fenêtre (SA)			Saison (PA)			Barbe (SA)		
	Casquette (A)			Rivière (A)			Image (B)		
	Étable (SA)			Éponge (B)			Maison (A)		
	Berger (B)			Rideau (A)			Étranger (PB)		
	Moustache (A)			Fleur (SA)			Jardin (A)		
	Photo (SB)			Couleur (A)			Lunette (B)		
	École (A)			Pupitre (B)			Bas (SB)		
	Serviette (PA)			Fusil (B)			Soulier (B)		
	Crayon (B)			Stylo (SA)			Enseignant (SA)		
	Résidence (SA)			Église (B)			Foumeau (B)		
	Poisson (B)			Dindon (A)			Nid (SB)		
	Soleil (A)			Campagne (PB)			Enfant (SA)		
	Bidon (PA)			Bateau (B)			Tambour (A)		
	Oreille (PA)			Saveur (PA)			Clé (PA)		
	Moineau (B)			Parent (A)			Mouton (B)		
	Montagne (B)			Eau (SA)					
Mots justes									
Mots doubles	Nombre de mots de la liste A reconnus						/15		
Mots faux	Nombre de mots oubliés								
Intrusions A	Nombre de fausses reconnaissances						/35		
Intrusions B									

Rappel différé et reconnaissance: Forme II

Rappel Différé	Mots	O	N	Mots (suite)	O	N	Mots (suite)	O	N	
	Fourrure (PB)			Hôpital (SB)			Seau (A)			
	Bouillon (PB)			Herbe (SA)			Soldat (B)			
	Poire (SA)			Boîte (SA)			Cravate (A)			
	Arbre (A)			Savon (B)			Femme (SA)			
	Bouchon (B)			Grenouille (SB)			Autobus (SD)			
	Pain			Chien (A)			Valise (A)			
	Sofa (SB)			Orange (B)			Violon (A)			
	Escalier (A)			Cousin (A)			Rivage (B)			
	Jambon (A)			Toilette (B)			Outil (A)			
	Marmite (B)			Habit (SA)			Train (B)			
	Bouche (SA)			Campagne (A)			Docteur			
	Écorce (SA)			Fauteuil (B)			Poitrine			
	Serrure (B)			Peau (PA)			Couteau (A)			
	Banane (A)			Fourchette (SA)			Cheval (B)			
	Crapaud (B)			Hôtel (B)			Chasseur (A)			
	Oncle (SA)			Piano (SA)			Menton (B)			
	Oreille (A)			Insecte (B)						
Mots justes										
Mots doubles		Nombre de mots de la liste A reconnus						/15		
Mots faux		Nombre de mots oubliés								
Intrusions A		Nombre de fausses reconnaissances						/35		
Intrusions B										

Rappel différé et reconnaissance: Forme III

Rappel Différé	Mots	O		N		Mots (suite)	O		N				
	Clou (A)					Marin (A)					Machine (A)		
	Sable (SA)					Socur (PA)					Tête (SPA)		
	Lit (A)					Route (A)					Fillle (B)		
	Poney (SA)					Échelle (B)					Chevnl (A)		
	Farceur (B)					Miroir (A)					Nez (PB)		
	Laït (A)					Vis (SA)					Lettre (A)		
	Assiette (SB)					Musique (A)					Eau (B)		
	Coeur (A)					Vaisselle (B)					Bouffon (SB)		
	Trou (PA)					Tarte (B)					Manteau (B)		
	Mouche (B)					Bois (SB)					Capitaine (SA)		
	Enveloppe (SA)					Balle (B)					Meuble (B)		
	Avion (B)					Masque (A)					Moustique (SPB)		
	Visage (A)					Sourcil (PB)					Chanson (SA)		
	Goutte (PA)					Pied (B)					Poupée (A)		
	Paix (PA)					Riz (PA)					Souper (PA)		
	Colline (B)					Désert (A)					Bouclier (B)		
	Forêt (B)					Rue (SA)							
Mots justes													
Mots doubles		Nombre de mots de la liste A reconnus						/15					
Mots faux		Nombre de mots oubliés											
Intrusions A		Nombre de fausses reconnaissances						/35					
Intrusions B													

B. 4. SUBSTITUTION DE SYMBOLES (WAIS-III)

Matériel : Feuille de stimuli et chronomètre (120 secondes). À 120 secondes, noter où est rendu la patient sur la feuille de stimuli.

Consigne

Placer la feuille devant le sujet. Lui donner un crayon sans efface et pointer la légende.

« Regardez ces cases. Remarquez que chacune a un chiffre dans la partie du haut et un symbole dans la partie du bas. Chaque chiffre a son propre symbole. Maintenant, regardez plus bas où il y a des chiffres dans la partie du haut mais dont la partie du bas est vide. Vous devez placer, dans chaque cas vide, le symbole qui correspond au chiffre. »

« Vous voyez, ici il y a un 2. Le 2 a ce symbole-ci (le pointer dans la légende et le dessiner dans la case vide). Maintenant, ici, il y a un 1. Le 1 a ce symbole-ci, donc je le dessine dans la case vide. Ensuite, c'est un 3. Le 3 a ce symbole-ci et on le dessine dans la case vide sous le 3. Maintenant, je vous demande de dessiner, pour chacun des chiffres suivants (pointer les 4 items suivants), les symboles dans les cases vides ici (les pointer avec le crayon) jusqu'à la ligne noire ici (pointer la ligne noire).»

Si le sujet fait une erreur, on doit corriger l'erreur immédiatement et revoir l'utilisation de la légende. On doit continuer à aider jusqu'à la ligne noire. On ne doit pas continuer tant que le sujet n'a pas clairement compris les instructions. Quand il en fait un correctement, on peut l'encourager en disant « Oui, très bien ».

« Maintenant, vous savez comment faire. Quand je vais vous dire de commencer, vous devrez faire le reste des cases en commençant ici (après la ligne noire) et en remplissant le plus de cases possible une après l'autre sans en sauter aucune. Vous devez continuer à travailler jusqu'à ce que je vous dise d'arrêter. Travaillez le plus rapidement possible, en essayant de ne pas faire d'erreur. » (pointez la fin de la première ligne). « Quand vous aurez terminé cette ligne, vous continuerez sur la deuxième. Allez-y ».

Si le patient saute des items : « Faites-les dans l'ordre, n'en sautez pas » (en pointant celui qu'il a sauté).

Si la patient est gaucher et qu'il cache la légende avec sa main, on peut prendre une autre feuille et la mettre à côté de sa main droite pour qu'il puisse voir la légende.

B. 5. TRAÇAGES DE PISTES A et B

Matériel : Deux feuilles de pratiques (partie A et B), deux feuille de test (partie A et B) et chronomètre.

Consigne pour la pratique A

Placer la feuille de pratique A devant la patient et lui donner un crayon. Ensuite, lui dire : « Sur cette feuille, il y a des nombres. En commençant au numéro 1 (pointer le no 1), vous allez tracer une ligne de 1 à 2 (pointer le no 2), de 2 à 3 (pointer le no 3), de 3 à 4 (pointer le no 4) et ainsi de suite jusqu'à la fin (pointer End). Vous allez tracer ces lignes le plus rapidement possible, sans lever votre crayon. Êtes-vous prêt? Allez-y. »

Si la patient fait une erreur, on doit la pointer et lui expliquer : « Vous avez commencé avec le mauvais cercle. Vous devez commencer ici (pointer le no 1) » ou « Vous avez sauté ce cercle (pointer le cercle). Vous devez aller de 1 à 2 (pointer), de 2 à 3 (pointer), de 3 à 4 (pointer) et ainsi de suite jusqu'à la fin. » ou « Gardez votre crayon sur la feuille et tracez la prochaine ligne ».

Une fois l'erreur expliquée, on barre la partie erronée : « Repartez d'ici (en pointant le dernier cercle correctement relié) ».

Si le patient ne comprend toujours pas, on prend sa main et on la guide (en utilisant l'efface du crayon) tout au long du trajet et on répète ensuite les instructions de départ. On répète cette procédure jusqu'à ce que le patient réussisse la pratique ou sinon, il est clair qu'il est incapable de faire la tâche.

Quand le patient réussi : « Bien! Essayons le prochain. »

Consigne pour le test A

Placer la feuille de test A devant la patient et lui donner un crayon. « Sur cette feuille, il y a des nombres de 1 à 25. Je veux que vous fassiez la même chose. En commençant au numéro 1 (pointer le no1), vous allez tracer une ligne de 1 à 2 (pointer le no 2), de 2 à 3 (pointer le no 3), de 3 à 4 (pointer le no 4) et ainsi de suite jusqu'à la fin (pointer End). N'oubliez pas, vous devez travailler le plus rapidement possible et sans lever votre crayon, êtes-vous prêt? Allez-y! »

Si la patient fait une erreur, la lui montre et le faire repartir du cercle précédent. Si le patient complète le test A correctement, dire « C'est bien, nous allons en essayer un autre ».

Consigne pour la pratique B

Placer la feuille de pratique B devant la patient et lui donner un crayon. Ensuite, lui dire : « Sur cette feuille, il y a des nombres et des lettres. En commençant au numéro 1 (pointer le

no 1), vous allez tracer une ligne de 1 à A (pointer le A), de A à 2 (pointer le no 2), de 2 à B (pointer le B), de B à 3 (pointer le no 3), de 3 à C (pointer le C) et ainsi de suite jusqu'à la fin (pointer End). Vous allez tracer ces lignes le plus rapidement possible, sans lever votre crayon. Êtes-vous prêt? Allez-y. »

Si la patient fait une erreur, on doit la pointer et lui expliquer : « Vous avez commencé avec le mauvais cercle. Vous devez commencer ici (pointer le no 1) » ou « Vous avez sauté ce cercle (pointer le cercle). Vous devez aller de 1 à A (pointer), de A à 2 (pointer), de 2 à B (pointer), de B à 3 (pointer), de 3 à C (pointer) et ainsi de suite jusqu'à la fin (pointer End). » ou « Gardez votre crayon sur la feuille et tracez la prochaine ligne ».

Une fois l'erreur expliquée, on barre la partie erronée : « Repartez d'ici (en pointant le dernier cercle correctement relié) ».

Si le patient ne comprend toujours pas, on prend sa main et on la guide (en utilisant l'efface du crayon) tout au long du trajet et on répète ensuite les instructions de départ. On répète cette procédure jusqu'à ce que le patient réussisse la pratique ou sinon, il est clair qu'il est incapable de faire la tâche.

Quand le patient réussit : « Bien! Essayons le prochain. »

Consigne pour le test B

Placer la feuille de test B devant le patient et lui donner un crayon. « Sur cette feuille, il y a plus de lettre et de chiffres, mais le principe est le même. Vous devez commencer ici (pointer 1) et alterner entre les lettres et les chiffres jusqu'à la fin, ici (pointer « 25 »). En commençant au numéro 1 (pointer le no1), vous allez tracer une ligne de 1 à A (pointer le A), de A à 2 (pointer le no 2), de 2 à B (pointer le B), de B à 3 (pointer le 3), de 3 à C (pointer le c) et ainsi de suite jusqu'à la fin (pointer End). N'oubliez pas vous avez un nombre en premier (pointer) et ensuite une lettre (pointer). Allez d'un cercle à l'autre dans le bon ordre. Vous allez tracer ces lignes le plus rapidement possible et sans lever votre crayon, êtes-vous prêt? Allez-y! »

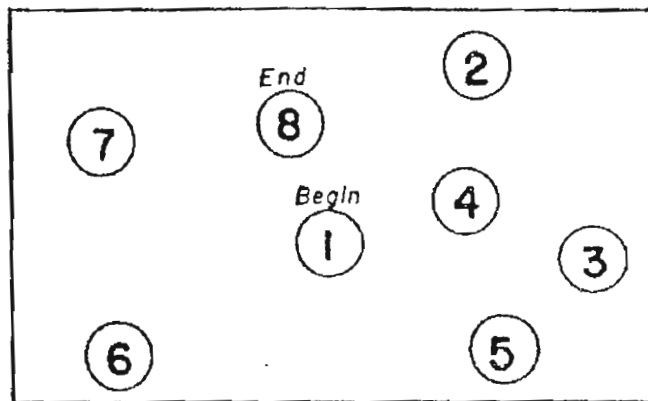
Si la patient fait une erreur, on doit (1) laisser le patient la produire, (2) l'arrêter, (3) pointer l'erreur, (4) revenir au point de départ en s'assurant que l'erreur est bien comprise; la pointer et lui expliquer (le chrono continue à enregistrer le temps) :

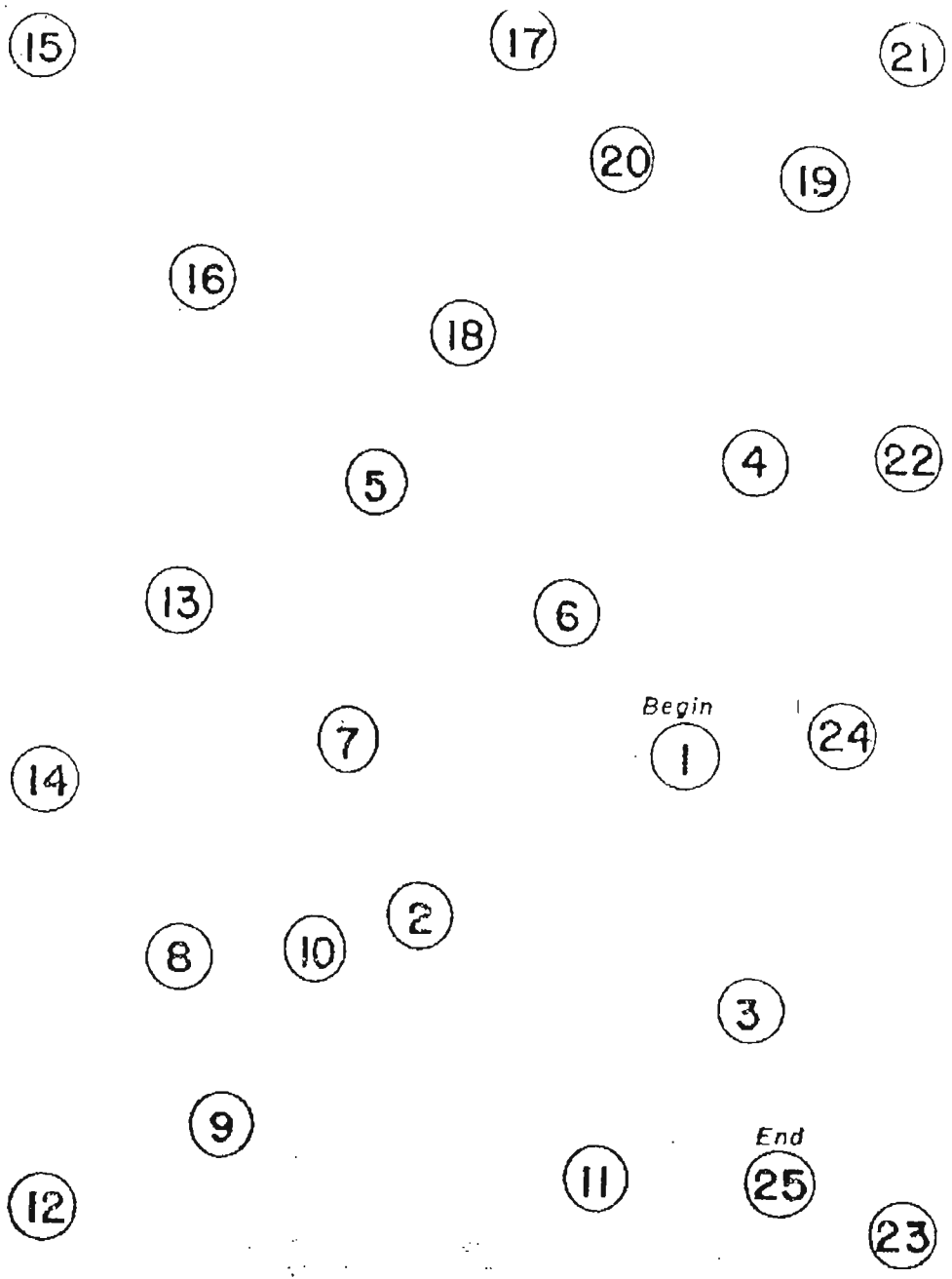
« Vous avez commencé avec le mauvais cercle. Vous devez commencer ici (pointer le no 1) » ou « Vous avez sauté ce cercle (pointer le cercle). Vous devez aller de 1 à A (pointer), de A à 2 (pointer), de 2 à B (pointer), de B à 3 (pointer), de 3 à C (pointer) et ainsi de suite jusqu'à la fin (pointer End). » ou « Gardez votre crayon sur la feuille et tracez la prochaine ligne ».

TRAIL MAKING

Part A

SAMPLE

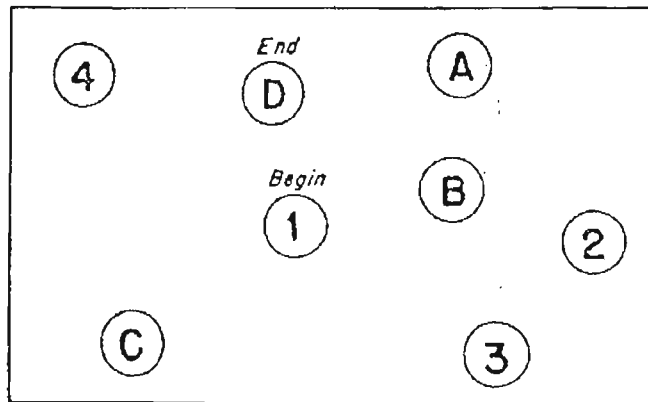


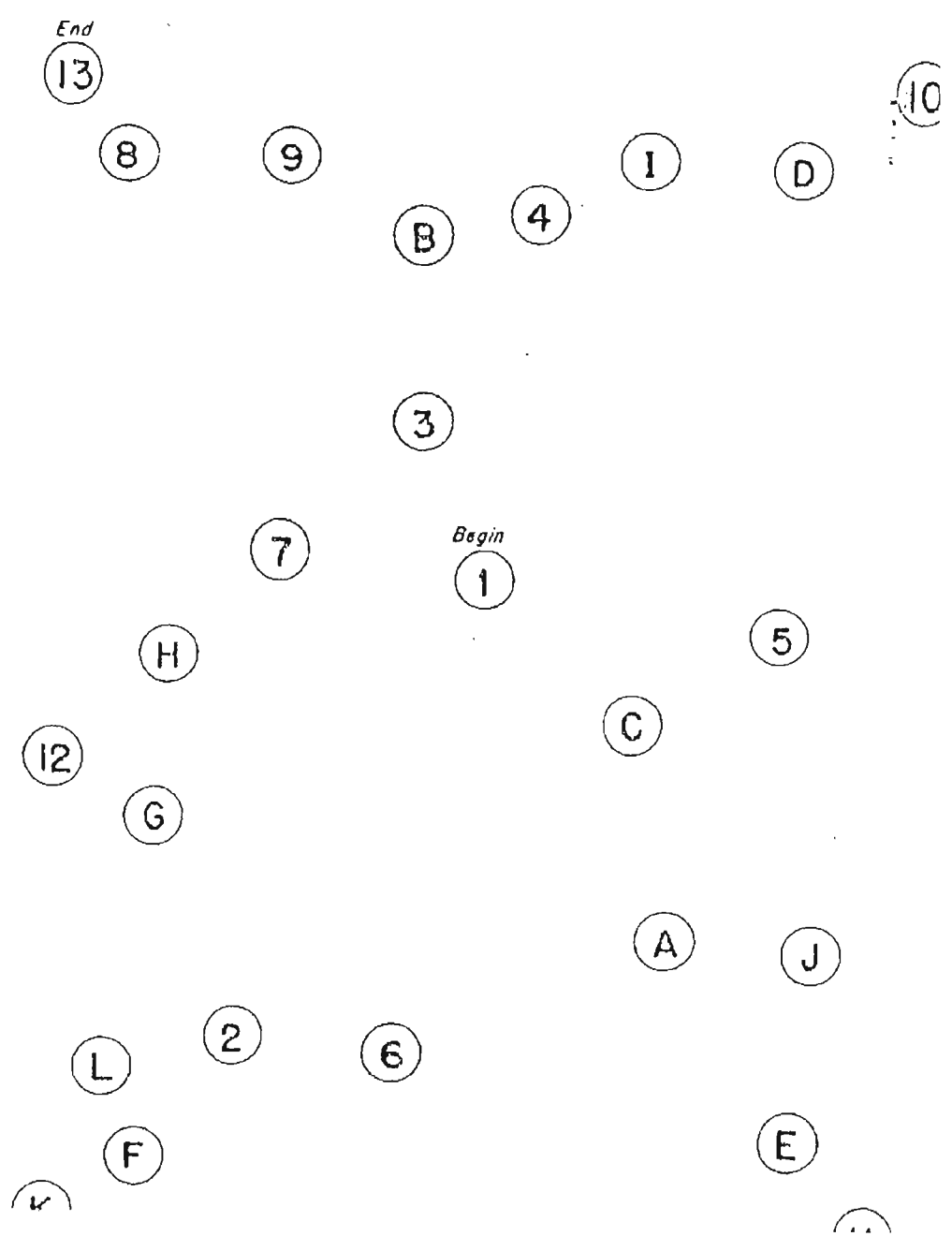


TRAIL MAKING

Part B

SAMPLE





B. 6. LE STROOP DE VICTORIA

Matériel : Les 3 planches, chronomètre, crayon.

Consigne

Condition1 : Couleur des pastilles

« Nommez la couleur des pastilles le plus rapidement possible. Commencez ici (pointer) et nommez la couleur des pastilles de chaque rangée en travaillant de gauche à droite. »

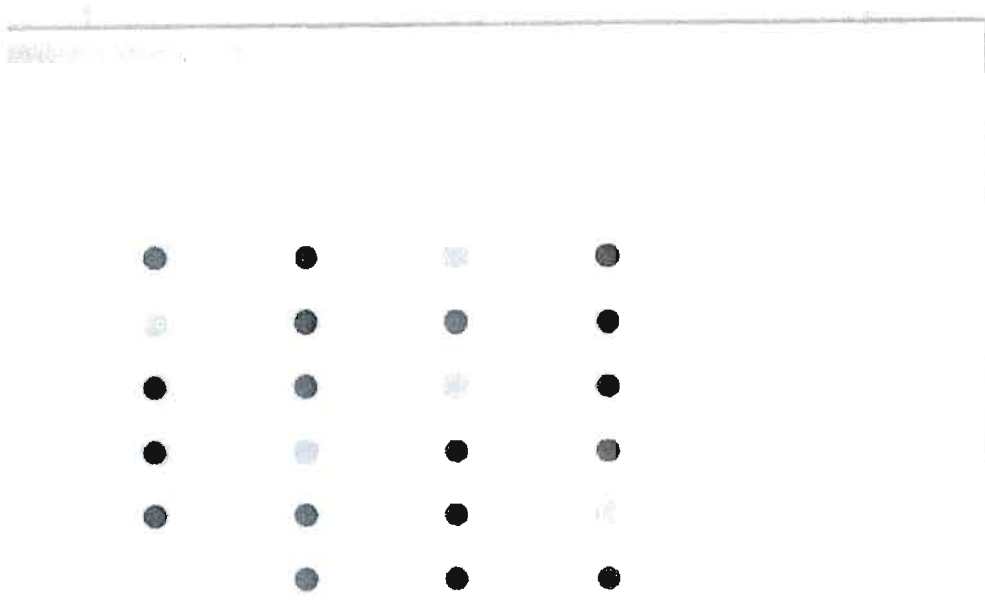
Condition 2 : Couleur des mots (non-couleur)

« Cette fois-ci, nommez la couleur des mots le plus rapidement possible, c'est-à-dire la couleur de l'encre avec laquelle les mots sont imprimés. Commencez ici (pointer) et nommez la couleur des mots de chaque rangée en travaillant de gauche à droite ».

Condition 3 : Couleur des mots (noms des couleurs)

« Cette fois-ci encore, nommez le plus rapidement possible, la couleur de l'encre avec laquelle les mots sont imprimés. Ne lisez pas les mots. Nommez la couleur de l'encre avec laquelle les mots sont imprimés ».

Cotation : calculer le temps total requis pour lire chaque planche. Notez les erreurs.



quand	mais	pour	donc
donc	quand	mais	pour
donc	pour	quand	mais
pour	mais	quand	
mais	pour	donc	
	quand	mais	donc

bleu	jaune	rouge	vert
vert	bleu	jaune	rouge
vert	rouge	bleu	jaune
rouge	vert	jaune	bleu
jaune	rouge	vert	bleu
rouge	bleu	jaune	vert

B. 7. ÉPREUVE DE FLUIDITÉ VERBALE

avec contrainte phonologique

Consigne

« Je vais vous demander de me dire le plus grand nombre de mots que vous connaissez qui commencent pas une certaine lettre. Vous ne devez pas me donner des noms propres, comme des noms de personnes, de villes, de pays ou de compagnies, ni des mots de la même famille. Par exemple, si vous dites le mot chanter, vous ne devez pas me donner aussi chanteur et chanson. Êtes-vous prêt?

Demander au sujet de dire le plus grand nombre de mots qu'il connaît et qui commence par la lettre P, F ou L (90 secondes, notez toutes les 15 secondes).

APPENDICE C

PROTOCOLE DE TESTING

Tests	Pré chirurgie	Post chirurgie	1 mois	2 mois	3 mois	6 mois
MMSE	X	O	O	O	O	O
Histoire logique du Rivermead	X (histoire A)	X (histoire B)	X (histoire C)	X (histoire D)	X (histoire A)	X (histoire A)
Le test d'apprentissage des 15 mots de Rey	X (Forme 1)	X (Forme 2)	X (forme 3)	X (forme 1)	X (forme 2)	X (forme 3)
Substitution de symboles du WAIS	X	X	X	X	X	X
TMT A	X	X	X	X	X	X
TMT B	X	X	X	X	X	X
Stroop de Victoria	X	X	X	X	X	X
Fluidité verbale	X	X	X	X	X	X
Perception subjective du fonctionnement cognitif	X	O	X	X	X	X
EMMDP	X	O	X	X	X	X
Tâche attentionnelle	O	O	X	X	X	X
Tâche mnésique	O	O	X	X	X	X
Méthode des lieux	O	O	X Liste 1	X Liste 3	X Liste 5	X Liste 7
Génération d'histoires	O	O	X Liste 2	X Liste 4	X Liste 6	X Liste 8

MMSE : Mini examen de l'état mental, TMT : Trail making test, X : Administré, O : non-administré, WAIS : Weschler-adult intelligence scale

Entraînement Mémoire 1	Entraînement mémoire 2	Entraînement mémoire 3	Entraînement mémoire 4
Lieux : liste 9	Lieux : liste 13	Lieux : liste 11	Lieux : liste 1
Lieux : liste 10	Lieux : liste 14	Lieux : liste 12	Lieux : liste 2
Histoire : liste 11	Histoire : liste 1	Histoire : liste 9	Histoire : liste 13
Histoire : liste 12	Histoire : liste 2	Histoire : liste 10	Histoire : liste 14

APPENDICE D

LES FONCTIONS COGNITIVES TOUCHÉES PAR LA CHIRURGIE DE PONTAGE

Fonctions cognitives étudiées dans les études présentant un groupe de chirurgie de pontage et les déficits cognitifs trouvés dans les 4 à 10 jours suivant la chirurgie

	(P. J. Shaw et al., 1986)	(M. F. Newman et al., 1995b)	(Mora et al., 1996)	(Plourde et al., 1997)	(Toner et al., 1998)	(Westaby et al., 2001)	(J. D. Lee et al., 2003) Avec ou sans pompe	(Knipp et al., 2004)
Attention divisée	Tracage de piste B	Tracage de piste B		Tracage de piste B	Tracage de piste B Two-choice Reaction Time Test	Tracage de piste B Stroop	Tracage de piste B	Tracage de piste B
Attention soutenue	Empan de chiffres total (WMS) Contrôle mental (WMS)	Empan de chiffres direct et à rebours (WMS) substitution de symboles	Empan de chiffres Substitution de symboles Contrôle mental	Empan de chiffres Substitution de symboles	Test de repérage Test de substitution de symboles informatisé	Empan de chiffres direct et à rebours (WMS)	Substitution de symboles	Empan de chiffre direct et à rebours (WMS)
Attention sélective		substitution de symboles	Substitution de symboles	Substitution de symboles	Test de substitution de symboles informatisé	Le test des cloches Stroop	Substitution de symboles	
Fonctions exécutives (attention complexe)	Tracage de piste B Empan de chiffre	Empan de chiffre à rebours Tracage de piste B	Empan de chiffres	Tracage de piste B	Tracage de piste A et B	Tracage de pistes A et B Empan de chiffre à rebours	Tracage de piste A et B	Tracage de piste A et B Empan de chiffres à rebours
Mémoire verbale immédiate	Histoires logiques (rappel immédiat) Empan de chiffres total (WMS) Paires associées (WMS)	Histoire courte du test de mémoire Randt (rappel immédiat) Empan de chiffre à rebours	Empan de chiffres Paires associées	Empan de chiffre Paires associées (WMS) Histoires logiques (WMS)	Les 15 mots de Rey	Les 15 mots de Rey Empan de chiffre à rebours	Les 15 mots de Rey	Empan de chiffre à rebours 15 mots de Rey Test
Mémoire visuelle immédiate	Reproduction visuelle (WMS)	Test de rétention visuelle de Benton			Test de mémoire non-verbale informatisé		Test de rétention visuelle de Benton	Test des blocs de Corsi
Mémoire verbale à long terme	Histoires logiques (rappel différé)	Histoire courte du test de mémoire Randt (rappel différé)	Paires associées	Paires associées Histoires logiques	Les 15 mots de Rey	Les 15 mots de Rey	Les 15 mots de Rey	15 mots de Rey
Mémoire visuelle à long terme				Figure de Rey (rappel différé) COWAT				
Fluidité verbale				Information (WAIS) COWAT				
Habiletés verbales générales	Information (WAIS)			Paires associées Histoires logiques			Vocabulaire (WAIS)	
Apprentissage	Histoires logiques (WMS) Paires associées (WMS)	Histoire courte du test de mémoire Randt	Paires associées	Paires associées Histoires logiques	Les 15 mots de Rey	Les 15 mots de Rey	Les 15 mots de Rey	15 mots de Rey
Habiletés de	Blocs à construction			Dessins à compléter	Blocs à construction			

résolution de problèmes	(WAIS)				(WAIS)	(WAIS) Dessins à compléter (WAIS)	Traçage de pistes A et B Le test des cloches	Traçage de piste A et B	Traçage de piste A et B
Balayage visuel	(WAIS)	Traçage de piste B				Traçage de piste B			Traçage de piste A et B
Organisation perceptuelle		Test de rétention visuelle de Benton			Figure de Rey Dessins à compléter (WAIS)	Blocs à compléter Dessins à compléter (WAIS)		Test de rétention visuelle de Benton	Test des blocs de Corsi
Persistence motrice		substitution de symboles	substitution de symboles		Substitution de symboles	Substitution de symboles informatisé		Substitution de symboles	
Visuoconstruction		Blocs à construction (WAIS)			Figure de Rey	Blocs à construction (WAIS)			
Vitesse psychomotrice		Traçage de piste B Blocs à construction (WAIS)	substitution de symboles Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard)	substitution de symboles Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard)	Traçage de piste B Substitution de symboles	Traçage de piste A et B Test de substitution de symboles informatisé Blocs à construction (WAIS) Le test de cheville Purdue	Traçage de pistes A et B Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard)	Traçage de piste A et B Substitution de symboles Test de chevilles Grooved Pegboard Test d'oscillation digitale	Traçage de piste A et B
Vitesse de réponse		substitution de symboles	substitution de symboles	substitution de symboles	Substitution de symboles	Test de substitution de symboles informatisés		Substitution de symboles	
Dextérité motrice		Blocs à construction (WAIS)	Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard)	Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard)		Purdue Blocs à construction (WAIS)	Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard)	Test de dextérité motrice (Grooved Pegboard) Test d'oscillation digitale	
Habiletés mentales générales		Information (WAIS) Blocs à construction (WAIS) Vocabulaire (WAIS)			Information (WAIS)	Blocs à construction (WAIS) Vocabulaire (WAIS)			
Connaissances générales		Information (WAIS)			Information (WAIS)				
Orientation		Orientation (WMS)							

* Les tests mis en caractère gras = test où un déficit a été trouvé*

Les fonctions cognitives étudiées dans les études comparant un groupe ayant subi une chirurgie de pontage et un groupe sans chirurgie et les déficits cognitifs trouvés entre 4 à 10 jours suivant la chirurgie

	(Hammcke & Hastings, 1988)	(Bruggemans <i>et al.</i> , 1995)	(O'Brien <i>et al.</i> , 1992)
Attention divisée	Traçage de piste B	Traçage de piste B Stroop	
Attention soutenue	Substitution de symboles	Empan de chiffres direct et à rebours Substitution de symboles Empan visuel direct et à rebours Bourdon Vos-Test	Empan de chiffres direct et à rebours Continuous performance test
Attention sélective	Substitution de symboles	Substitution de symboles Stroop	
Fonctions exécutives (attention complexe)	Test d'assortiment de cartes Wisconsin Traçage de piste A et B	Empan de chiffres à rebours Traçage de piste A et B Empan visuel à rebours	Empan de chiffres à rebours
Mémoire verbale immédiate	Test d'indices sélectifs de Bushke	Empan de chiffres direct et à rebours 15 mots de Rey	Empan de chiffres direct et à rebours Histoires logiques (WMS) Les 15 mots de Rey
Mémoire visuelle immédiate		Empan visuel à rebours	Test de reproduction visuelle (WMS)
Mémoire immédiate non verbale	Test de rappel spatial 7/24		
Mémoire verbale à long terme		15 mots de Rey	Histoires logiques (WMS) Les 15 mots de Rey
Mémoire visuelle à long terme			Test de reproduction visuelle (WMS)
Fluidité verbale	Test de fluidité verbale de Benton (COWAT)	Test de fluidité verbale de Benton (COWAT)	
Habiletés verbales générales	Test de fluidité verbale de Benton (COWAT)	Test de fluidité verbale de Benton (COWAT)	
Apprentissage		15 mots de Rey	Histoires logiques (WMS) Les 15 mots de Rey
Habiletés de résolution de problèmes			
Balayage visuel	Traçage de piste A et B	Traçage de piste A et B Bourdon Vos-Test	
Organisation perceptuelle			Test de reproduction visuelle (WMS)
Persistance motrice	Substitution de symboles	Substitution de symboles	
Visuoconstruction			Test de reproduction visuelle (WMS)
Vitesse psychomotrice	Substitution de symboles Traçage de piste A et B Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard)	Substitution de symboles Traçage de piste A et B	
Vitesse de réponse	Substitution de symboles	Substitution de symboles	
Dextérité motrice	Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard)		
Habiletés mentales générales			
Connaissances générales			Public Event Recall test

Les tests mis en caractère gras = tests où un déficit a été trouvé

Les fonctions cognitives étudiées dans les études comparant un groupe de patient ayant subi une chirurgie de pontage et un groupe ayant subi un autre type de chirurgie et les déficits cognitifs trouvés dans les 4 à 10 jours suivant la chirurgie.

	(Hammeke & Hastings, 1988)	(Raymond <i>et al.</i> , 1984)	(Heyer <i>et al.</i> , 1995)	(Fearn <i>et al.</i> , 2001)
Attention divisée	Traçage de piste B		Traçage de piste B	temps de réaction double
Attention soutenue	Substitution de symboles	Substitution de symboles	Test d'oscillation digital	Test de temps de réaction simple et temps de réaction double Number vigilance
Attention sélective	Substitution de symboles	Substitution de symboles		Test de temps de réaction simple et temps de réaction double
Fonctions exécutives (attention complexe)	Test d'assortiment de cartes Wisconsin Traçage de piste A et B Test d'indices sélectifs de Bushke	Test d'indices sélectifs de Bushke	Traçage de piste A et B Test d'oscillation digital Test d'indices sélectifs de Bushke	
Mémoire verbale immédiate	Test d'indices sélectifs de Bushke	Test d'indices sélectifs de Bushke	Test d'indices sélectifs de Bushke	Rappel
Mémoire visuelle immédiate		Benton's visual retention test		Reconnaissance d'images
Mémoire immédiate non verbale	Test de rappel spatial 7/24			
Mémoire verbale à long terme	Test d'indices sélectifs de Bushke	Test d'indices sélectifs de Bushke	Test d'indices sélectifs de Bushke	Reconnaissance de mots
Mémoire visuelle à long terme				Reconnaissance d'images
Fluidité verbale	Test de fluidité verbale de Benton (COWAT)			
Habilités verbales générales	Test de fluidité verbale de Benton (COWAT)	Information (WAIS) Similarité (WAIS) Test d'histoires en images (WAIS)		
Apprentissage	Test d'indices sélectifs de Bushke	Test d'indices sélectifs de Bushke	Test d'indices sélectifs de Bushke	
Habilités de résolution de problèmes		Blocs à construction (WAIS) Test d'histoires en images (WAIS) Matrices couleurs de Raven		
Balayage visuel	Traçage de piste A et B		Traçage de piste A et B	
Organisation perceptuelle		Blocs à construction (WAIS) Test de rétention visuelle de Benton Matrices couleurs de Raven		
Persistence motrice	Substitution de symboles	Substitution de symboles		
Visuoconstruction		Block design (WAIS) Matrices couleurs de Raven		
Vitesse psychomotrice	Substitution de symboles Traçage de piste A et B Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard)	Substitution de symboles Blocs à construction (WAIS)	Traçage de piste A et B Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard)	Test de temps de réaction simple et temps de réaction double
Vitesse de réponse	Substitution de symboles	Substitution de symboles		
Dextérité motrice	Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard)	Bloc à construction (WAIS)	Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard)	
Habilités mentales générales		Information (WAIS) Similitudes (WAIS) Arithmétique (WAIS) Blocs à construction (WAIS) Picture arrangement (WAIS)		
Connaissances générales		Information (WAIS) Similitudes (WAIS) Arithmétique (WAIS)		
Orientation				

* Les tests en caractère gras = tests où un déficit a été trouvé*

Les fonctions cognitives étudiées dans les études comparant deux techniques chirurgicales différentes de chirurgie de pontage et les déficits trouvés dans les 4 à 10 jours suivant la chirurgie.

	(Mora <i>et al.</i> , 1996) Hypo vs normo	(Plourde <i>et al.</i> , 1997) normo vs hypothermie	(Heyer <i>et al.</i> , 2002) Heparin-bonded vs nonheparin-bonded	(Zamvar <i>et al.</i> , 2002) Avec ou CEC	(J. D. Lee <i>et al.</i> , 2003) Avec ou sans pompe
Attention divisée		Traçage de piste B	Traçage de piste B	Traçage de piste B	Traçage de piste B
Attention soutenue	Empan de chiffres Substitution de symboles Contrôle mental	Empan de chiffres Substitution de symboles		Substitution de symboles Empan de chiffres	Substitution de symboles
Attention sélective	Substitution de symboles	Substitution de symboles		Substitution de symboles	Substitution de symboles
Fonctions exécutives (attention complexe)	Empan de chiffres	Traçage de piste B	Traçage de piste A et B	Traçage de piste A et B Empan de chiffres à rebours	Traçage de piste A et B
Mémoire verbale immédiate	Empan de chiffres Paires associées (WMS)	Empan de chiffre Paires associées (WMS) Histoires logiques (WMS)		Les 15 mots de Rey Empan de chiffres	Les 15 mots de Rey
Mémoire visuelle immédiate					Test de rétention visuelle de Benton
Mémoire immédiate non verbale					
Mémoire verbale à long terme	Paires associées (WMS)	Paires associées (WMS) Histoires logiques (WMS)	Test d'indices sélectifs de Buschke	Les 15 mots de Rey	Les 15 mots de Rey
Mémoire visuelle à long terme		Figure de Rey (rappel différé)			
Fluidité verbale		Test de fluidité verbale de Benton (COWAT)		Test de fluidité verbale de Benton (COWAT)	
Habilités verbales générales		Information (WAIS) Test de fluidité verbale de Benton (COWAT)		Test de fluidité verbale de Benton (COWAT)	Vocabulaire (WAIS)
Apprentissage	Paires associées (WMS)	Paires associées (WMS) Histoires logiques (WMS)		Les 15 mots de Rey	Les 15 mots de Rey
Habilités de résolution de problèmes		Images à compléter (WAIS)			
Balayage visuel		Traçage de piste B	Traçage de piste A et B	Traçage de piste A et B	Traçage de piste A et B
Organisation perceptuelle		Figure de Rey Images à compléter (WAIS)			Test de rétention visuelle de Benton
Persistance motrice	Substitution de symboles	Substitution de symboles		Substitution de symboles	Substitution de symboles
Visuoconstruction		Figure de Rey			
Vitesse psychomotrice	Substitution de symboles Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard)	Traçage de piste B	Traçage de piste A et B Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard) Test d'oscillation digitale (main dominante)	Traçage de piste A et B Substitution de symboles Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard)	Traçage de piste A et B Substitution de symboles Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard) Test d'oscillation digitale
Vitesse de réponse	Substitution de symboles	Substitution de symboles		Substitution de symboles	Substitution de symboles
Dextérité motrice	Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard)		Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard) Test d'oscillation digitale (main dominante)	Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard)	Le test de dextérité motrice (Grooved Pegboard) Test d'oscillation digitale
Habilités mentales générales		Information (WAIS)			
Connaissances générales		Information (WAIS)			
Orientation					

* Les tests en caractère gras = tests où un déficit a été trouvé*

APPENDICE E

DONNÉES COMPLÉMENTAIRES À L'ARTICLE 1

**Clinical and Perioperative Characteristics
for CABG Patients with or without CPB**

Characteristics	With CPB group (<i>n</i> = 46)	Without CPB (<i>n</i> = 15)	F	<i>p</i> value
Age (yr)	69.98 ± 4.26	71.67 ± 5.80	4.29	0.31
Gender (male/female)	39 /7	12 /3	0.68	0.67
Education (yr)	10.37 ± 4.39	10.93 ± 3.65	0.76	0.66
MMSE	28.02 ± 1.36	27.93 ± 1.53	1.32	0.83
BMI	28.16 ± 4.25	28.61 ± 4.86	0.06	0.73
Hypertension (%)	26 (56.5)	13 (86.7)	28.54	0.00
Dislipidemia (%)	34 (73.9)	11 (73.3)	0.01	0.97
Diabetes (%)	16 (34.8)	5 (33.3)	0.04	0.92
Angina (%)	30 (65.2)	10 (66.7)	0.00	0.74
Anxio-depressive problems (%)	1 (2.2)	0	1.35	0.57
Previous cardiac event (%)	15 (32.6)	5 (33.3)	0.01	0.96
Systolic pressure (mmHg)	124 ± 28	122 ± 21	0.68	0.81
Diastolic pressure (mmHg)	66 ± 17	59 ± 12	0.03	0.13
Heart rate (beats/min)	60 ± 9	58 ± 13	1.22	0.53
Duration of surgery (%)	3:44 ± 0:39	3:41 ± 0:42	0.10	0.82
Length of hospital stay (days)	8.4 ± 2.9	10.73 ± 4.5	2.23	0.27
Length of intensive care unit stay (days)	1.84 ± 1.30	2.55 ± 1.9	4.28	0.73

CABG, coronary artery bypass surgery; CPB, cardiopulmonary bypass; MMSE, Mini-Mental State Examination; BMI, body mass index.

**Clinical and Perioperative Characteristics for Patients
with or without Early Postoperative Cognitive Dysfunction**

Characteristics	Early POCD (<i>n</i> = 46)	No early POCD (<i>n</i> = 11)	F	<i>p</i> value
Age (yr)	69.72 ± 4.57	72.73 ± 4.65	0.03	0.06
Sex (male/female)	38 /8	10 /1	2.13	0.51
Education (yr)	10.80 ± 4.40	9.73 ± 3.69	0.18	0.46
MMSE	28.2 ± 1.31	27.09 ± 1.51	0.32	0.02
BMI	28.62 ± 4.73	27.11 ± 2.90	1.85	0.32
Hypertension (%)	32 (69.5)	4 (36.4)	0.47	0.05
Dislipidemia (%)	34 (73.9)	9 (81.8)	1.41	0.59
Diabetes (%)	16 (34.8)	4 (36.4)	0.31	0.92
Angina (%)	29 (63)	9 (81.8)	8.23	0.17
Anxio-depressive problems (%)	1 (2.2)	0	0.99	0.63
Previous cardiac event (%)	14 (30.4)	6 (54.5)	1.69	0.14
Beating heart surgery (%)	13 (28.3)	2 (18.2)	2.35	0.50
Systolic pressure (mmHg)	126 ± 27	114 ± 15	3.04	0.15
Diastolic pressure (mmHg)	66 ± 17	59 ± 12	0.31	0.19
Heart rate (beats/min)	59 ± 11	60 ± 7	2.09	0.90
Duration of surgery (%)	3:44 ± 0:41	3:34 ± 0:30	2.15	0.46
Length of hospital stay (days)	8.4 ± 2.9	10.73 ± 4.5	7.29	0.13
Length of intensive care unit stay (days)	1.84 ± 1.30	2.55 ± 1.9	1.82	0.16

CABG, coronary artery bypass surgery; CPB, cardiopulmonary bypass; MMSE, Mini-Mental State Examination; BMI, body mass index.

**Clinical and Perioperative Characteristics for Patients
with or without Late Postoperative Cognitive Dysfunction**

Characteristics	Late POCD (<i>n</i> = 23)	No late POCD (<i>n</i> = 37)	F	<i>p</i> value
Age (yr)	69.57 ± 3.95	71.05 ± 5.04	1.46	0.21
Sex (male/female)	20 /3	30 /7	1.45	0.55
Education (yr)	11.00 ± 3.80	10.35 ± 4.42	0.13	0.55
MMSE	27.78 ± 1.31	28.14 ± 1.46	0.12	0.34
BMI	27.64 ± 3.69	28.80 ± 4.73	0.72	0.29
Hypertension (%)	15 (65.2)	24 (64.9)	0.00	0.98
Dislipidemia (%)	15 (65.2)	30 (81.1)	6.63	0.17
Diabetes (%)	7 (30.4)	14 (37.8)	1.44	0.56
Angina (%)	13 (56.5)	27 (73.0)	5.10	0.32
Anxio-depressive problems (%)	1 (4.3)	0	7.14	0.21
Previous cardiac event (%)	8 (34.8)	12 (32.4)	0.13	0.85
Beating heart surgery (%)	6 (26.1)	9 (24.3)	0.09	0.88
Systolic pressure (mmHg)	128.61 ± 30.96	120.46 ± 22.44	1.05	0.28
Diastolic pressure (mmHg)	67.61 ± 20.11	62.32 ± 12.58	0.17	0.27
Heart rate (beats/min)	62.00 ± 9.02	57.64 ± 10.01	0.00	0.09
Duration of surgery (%)	3:48 ± 0:43	3:38 ± 0:35	0.84	0.35
Length of hospital stay (days)	9.06 ± 3.78	8.94 ± 3.14	0.99	0.91
Length of intensive care unit stay (days)	1.71 ± 0.92	2.18 ± 1.62	3.69	0.19

CABG, coronary artery bypass surgery; CPB, cardiopulmonary bypass; MMSE, Mini-Mental State Examination; BMI, body mass index.

APPENDICE F

ACCUSÉS DE RÉCEPTION DE L'ÉDITEUR

De : <jmmcbride@ph.ucla.edu>
Date : Mon, 9 Nov 2009 11:57:28 -0500 (EST)
À : <bherer.louis@uqam.ca>
Objet : Manuscript Submitted

Dear Dr. Bherer-

We are in receipt of your manuscript titled Cognitive training benefits after a coronary artery bypass graft surgery in older adults. You should receive some notice of the status of your manuscript within 60 to 90 days. During this period you should not submit your manuscript to another journal. If your manuscript is accepted for publication, you will be required to transfer your copyright to APA, provide full disclosure of any conflict of interest, and certify compliance with APA ethical principles.

Your manuscript number is 2009-2069. To receive an e-mail detailing the history of your manuscript visit the link below and enter your lastname as username and your manuscript number as password.

If your manuscript is accepted for publication, you will be required to transfer your copyright to APA, provide full disclosure of any conflict of interest, and certify compliance with APA ethical principles. Also, please read the APA's Open Letter to Authors located at <http://www.jbo.com/jbo3/OpenLetterToAuthors.doc>.

Sincerely,

Health Psychology Editorial Office

History Link:

http://www.jbo.com/jbo3/dsp_checkhistory.cfm?journal_code=hea

De: ees.jcva.0.77aac.c0e2d73b@eesmail.elsevier.com de la part de Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia

Date: ven. 2010-03-05 17:51

À: Dupuis, Gilles

Objet : Your Submission, "The relationship between cerebral oxygen saturation changes and postoperative cognitive dysfunction in elderly patients after coronary artery bypass surgery"

Ref.: Ms. No. JCVA-D-09-00424R1

The relationship between cerebral oxygen saturation changes and postoperative cognitive dysfunction in elderly patients after coronary artery bypass surgery

Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia

Dear Dr Dupuis,

Thank you for re-submitting your manuscript for publication in the JOURNAL OF CARDIOTHORACIC AND VASCULAR ANESTHESIA. I have read your revised manuscript and find it suitable for publication in the Journal.

You will receive electronic proofs within about one month; they will require your immediate attention. Subsequently, you can access the Author Gateway to track the status of your paper as it moves toward publication.

It is very important that the references in your manuscript are totally correct. Therefore, the Editorial Board requires the corresponding author to check each of the references in the proof against the original publication to make sure that there are no errors in the title, authors, volume number, pages, or year of publication.

I look forward to receiving other work from you and your colleagues.

Best wishes,

Joel A. Kaplan, M.D.
Editor in Chief

APPENDICE G

LES RÉFÉRENCES

RÉFÉRENCES

- Åberg, T. (1995). Signs of brain cell injury during open heart operations: Past and present. *Annals of Thoracic Surgery*, *59*, 1312-1315.
- Ahlgren, E., & Arèn, C. (1998). Cerebral complications after coronary artery bypass and heart surgery: Risk factors and onset of symptoms. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, *12*(3), 270-273.
- Ahlgren, E., Lundqvist, A., Nordlund, A., Aren, C., & Rutberg, H. (2003). Neurocognitive impairment and driving performance after coronary artery bypass surgery. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, *23*, 334-340.
- Al-Ruzzeh, S., Nakamura, K., Athanasiou, T., Modine, T., George, S., Yacoub, M., et al. (2003). Does off-pump coronary artery bypass (opcab) surgery improve the outcome in high-risk patients? A comparative study of 1398 high-risk patients. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, *23*, 50-55.
- American Heart Association. (2007). Heart disease and stroke statistics. Official website of the American Heart Association.
- American Psychological Association. (1996). *Heart and mind: The practice of cardiac psychology*. Washington: American Psychological Association.
- Angevaren, M., Aufdemkampe, G., Verhaar, H. J., Aleman, A., & Vanhees, L. (2008). Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment. *Cochrane Database Systematic Review*(2), CD005381.
- Anthony, J. C., Leikesche, L., & Niaz, U. (1982). Limits of the "mini mental state" as a screening test for dementia and delirium among hospital patients. *Psychological Medicine*, *12*, 397-408.
- Arrowsmith, J. E., Grocott, H. P., Reves, J. G., & Newman, M. F. (2000). Central nervous system complications of cardiac surgery. *British Journal of Anesthesia*, *84*(3), 378-393.
- Ascione, R., Rees, K., Santo, K., Chamberlain, M. H., Marchetto, G., Taylor, F., et al. (2002). Coronary artery bypass grafting in patients over 70 years old: The influence of age and surgical technique on early and mid-term clinical outcomes. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, *22*, 124-128.

- Avery, G. J., Ley, S. J., Hill, J. D., Hershon, J. J., & Dick, S. E. (2001). Cardiac surgery in the octogenarian: Evaluation of risk, cost, and outcome. *Annals of Thoracic Surgery*, *71*, 591-596.
- Ball, K., Berch, D. B., Helmers, K. F., Jobe, J. B., Leveck, M. D., Marsiske, M., et al. (2002). Effects of cognitive training interventions with older adults: A randomized controlled trial. *Journal of the American Medical Association*, *288*, 2271-2281.
- Baltes, P. B., & Kliegl, R. (1992). Further testing of limits of cognitive plasticity: Negative age differences in a mnemonic skill are robust. *Developmental Psychology*, *28*, 121-175.
- Barclay, L. L., Weiss, E. M., Mattis, S., Bond, O., & Blass, J. P. (1988). Unrecognized cognitive impairment in cardiac rehabilitation patients. *Journal of American Geriatric Society*, *36*, 22-28.
- Baron, A., & Mattila, W. R. (1989). Response slowing of older adults: Effects of time-limit contingencies on single- and dual-task performances. *Psychology and Aging*, *4*(1), 66-72.
- Belleville, S. (2008). Cognitive training for persons with mild cognitive impairment. *International Psychogeriatrics*, *20*(1), 57-66.
- Bherer, L. (2004). Le vieillissement cognitif: Inévitable? *Psychologie Québec*, *21*, 25-28.
- Bherer, L., & Belleville, S. (2004). The effect of training on preparatory attention in older adults: Evidence for the role of uncertainty in age-related preparatory deficits. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *11*(1), 37-50.
- Bherer, L., Kramer, A. F., & Peterson, M. S. (2008). Transfer effects in task-set cost and dual-task cost after dual-task training in older and younger adults: Further evidence for cognitive plasticity in attentional control in late adulthood. *Experimental Aging Research*, *34*, 188-219.
- Bherer, L., Kramer, A. F., Peterson, M. S., Colcombe, S., Erickson, K., & Bécic, E. (2006). Testing the limits of cognitive plasticity in older adults: Application to attentional control. *Acta Psychologica*, *123*(3), 261-278.
- Bherer, L., Kramer, A. F., Peterson, S. P., Colcombe, S., Erickson, K., & Bécic, E. (2005). Training effects on dual-task performance: Are there age-related differences in plasticity of attentional control. *Psychology and Aging*, *20*(4), 695-709.

- Bier, N., Desrosiers, J., & Gagnon, L. (2006). Cognitive training interventions for normal aging, mild cognitive impairment and alzheimer's. *Canadian Journal of Occupational Therapy, 73*(1), 26-35.
- Borger, M. A., Peniston, C. M., Weisel, R. D., Vasiliou, M., Green, R. E. A., & Feindel, C. M. (2001). Neuropsychologic impairment after coronary bypass surgery: Effect of gaseous microemboli during perfusionist interventions. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery, 121*, 743-749.
- Borowicz, L. M., Goldsborough, M. A., Selnes, O. A., & McKhann, G. M. (1996). Neuropsychologic changer after cardiac surgery: A critical review. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia, 10*(1), 105-112.
- Bottiroli, S., Cavallini, E., & Vecchi, T. (2008). Long-term effects of memory training in the elderly: A longitudinal study. *Archives of Gerontologic and Geriatric, 47*(2), 277-289.
- Bruggemans, E. F., Van Dijk, J. G., & Huysmans, H. A. (1995). Residual cognitive dysfunctioning at 6 months following coronary artery bypass graft surgery. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery, 9*, 636-643.
- Bursi, F., Rocca, W. A., Killiam, J. M., Weston, S. A., Knopman, D. S., Jacobsen, S. J., et al. (2005). Heart disease and dementia: A population-based study. *American Journal of Epidemiology, 163*(2), 135-141.
- Casati, A., Fanelli, G., Pietropaoli, P., Proietti, R., Tufano, R., Danelli, G., et al. (2005). Continuous monitoring of cerebral oxygen saturation in elderly patients undergoing major abdominal surgery minimizes brain exposure to potential hypoxia. *Anesthesiology and Analgesia, 101*, 740-747.
- Cavallini, E., Pagnin, A., & Vecchi, T. (2003). Aging and everyday memory: The beneficial effect of memory training. *Archives of Gerontology and geriatrics, 37*, 241-257.
- Chatelois, J. (1997). Les logiciels de remédiation cognitive. Réseau Psychotech : <http://www.psychotech.qc.ca/logiciels/remediation.htm>
- Cho, H., Nemoto, E. M., Yonas, H., Balzer, J., & Sclabassi, R. J. (1998). Cerebral monitoring by means of oximetry and somatosensory evoked potentials during carotid endarterectomy. *Journal of Neurosurgery, 89*, 533-538.
- Dalrymple-Hay, M. J. R., Alzetani, A., Aboel-Nazar, S., Haw, M., Livesey, S., & Monro, J. (1999). Cardiac surgery in the elderly. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery, 15*, 61-66.

- Davies, L. K., & Janelle, G. M. (2006). Con: All cardiac surgical patients should not have intraoperative cerebral oxygenation monitoring. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 20(3), 450-455.
- De Tournay-Jetté, É. (2007). *Relevé de la littérature sur les fonctions cognitives les plus souvent touchées dans les 10 jours suivant une chirurgie de pontage*. Université du Québec à Montréal, Montréal.
- De Tournay-Jetté, É., Castonguay, N., & Bherer, L. (2006). Comparaison de deux stratégies mnémoniques pour améliorer le rappel des personnes âgées. *La revue Canadienne du vieillissement*, 25(suppl 1), 36.
- Deiwick, M., Röschner, C., Rothenburger, M., Schmid, C., & Scheld, H. H. (2001). Feasibility and risks of heart surgery in very elderly: Analysis of 200 consecutive patients of 80 years and above. *Archives of Gerontology and geriatrics*, 32, 295-304.
- Denault, A., Deschamps, A., & Murkin, J. M. (2007). A proposed algorithm for the intraoperative use of cerebral near-infrared spectroscopy. *Seminar in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 11(4), 274-281.
- Di Carlo, A., Perna, A. M., Pantoni, L., Basile, A. M., Bonacchi, M., Pracucci, G., et al. (2001). Clinically relevant cognitive impairment after cardiac surgery: A 6 month follow-up study. *Journal of Neurological Sciences*, 188, 85-93.
- Diegeler, A., Hirsch, R., Schneider, F., Schilling, L.-O., Falk, V., Rauch, T., et al. (2000). Neuromonitoring and neurocognitive outcome in off-pump versus conventional coronary bypass operation. *The Annals of Thoracic Surgery*, 69, 1162-1166.
- Dujovny, M., Misra, M., & Widman, R. (1998). Cerebral oximetry-techniques. *Neurological Resources*, 20(suppl 1), S5-12.
- Dupuis, G., Kennedy, E., Lindquist, R., Barton, F. B., Terrin, M. L., Hoogwerf, B. J., et al. (2006). Coronary artery bypass graft surgery and cognitive performance. *American Journal of Critical Care* (15), 471-478.
- Edmonds, H. L. J. (2006). Pro: All cardiac surgical patients should have intraoperative cerebral oxygenation monitoring. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 20(3), 445-449.
- Edmonds, H. L. J. (1999). Detection and treatment of cerebral hypoxia key to avoiding intraoperative brain injuries. *Anesthesia Patient Safety Foundation*, 14, 25-32.

- Edmonds, H. L. J. (2001). Advances in neuromonitoring for cardiothoracic and vascular surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 15, 241-250.
- Edmonds, H. L. J. (2002). Multi-modality neurophysiologic monitoring for cardiac surgery. *The Heart Surgery Forum*, 5, 225-228.
- Edmonds, H. L. J., Cao, L., & Yu, Q. J. (2002). In the elderly, coronary artery bypass grafting associated with more brain O₂ desaturation and cognitive dysfunction. *Annals of Thoracic Surgery*, 73, S375.
- Edmonds, H. L. J., Rodriguez, R. A., Audenaert, S. M., Austin, E. H., Pollock, S. B. J., & Ganzel, B. L. (1996). The role of neuromonitoring in cardiovascular surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 10, 15-23.
- Edmonds, H. L. J., Sehic, A., Pollock, S. B. J., & Ganzel, B. L. (1998). Low cerebrovenous oxygen saturation predicts disorientation. *Anesthesiology*, 89, A941.
- Edmonds, H. L. J. (2002). Multi-modality neurophysiologic monitoring for cardiac surgery. *The Heart Surgery Forum*, 5, 225-228.
- Engoren, M., Arslanian-Engoren, C., Steckel, D., Neihardt, J., & Fenn-Buderer, N. (2002). Cost, outcome, and functional status in octogenarians and septuagenarians after cardiac surgery. *CHEST*, 122, 1309-1315.
- Fearn, S. J., Pole, R., Wesnes, K., Faragher, E. B., Hooper, T. L., & McCollum, C. N. (2001). Cardiopulmonary support and physiology: Cerebral injury during cardiopulmonary bypass: Emboli impair memory. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 121, 1150-1160.
- Fillit, H. M., Butler, R. N., O'Connell, A. W., Albert, M. S., Birren, J. E., Cotman, C. W., et al. (2002). Achieving and maintaining cognitive vitality with aging. *Mayo Clin Proc*, 77, 681-696.
- Franzen, M. D., Robbins, D. E., & Sawicki, R. F. (1989). *Reliability and validity in neuropsychological assessment*. New York: Plenum Press.
- Fruitman, D. S., MacDougall, C. E., & Ross, D. B. (1999). Cardiac surgery in octogenarians: Can elderly patients benefit? Quality of life after cardiac surgery. *The Annals of Thoracic Surgery*, 68, 2129-2135.
- Funder, K. S., Steinmetz, J., & Rasmussen, L. S. (2009). Cognitive dysfunction after cardiovascular surgery. *Minerva Anesthesiologica*, 75(5), 329-332.

- Gao, L., Taha, R., Gauvin, D., Othmen, L. B., Wang, Y., & Blaise, G. (2005). Postoperative cognitive dysfunction after cardiac surgery. *CHEST*, *128*, 3664-3670.
- Ghosh, P., Djordjevic, M., Schistek, R., Baier, R., & Unger, F. (2003). Does gender affect outcome of cardiac surgery in octogenarians? *Asian Cardiovascular & Thoracic Annals*, *11*(1), 28-32.
- Giffard, B., Desgranges, B., & Eustache, F. (2001). Le vieillissement de la mémoire: Vieillesse normale et pathologique. *Gérontologie et Société*(97), 33-47.
- Gill, R., & Murkin, J. M. (1996). Neuropsychologic dysfunction after cardiac surgery: What is the problem? *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, *10*(1), 91-98.
- Goldman, S., Sutter, F., Ferdinand, F., & Trace, C. (2004). Optimizing intraoperative cerebral oxygen delivery using noninvasive cerebral oximetry decreases the incidence of stroke for cardiac surgical patients. *The Heart Surgery Forum*, *7*, 392-387.
- Goy, M., Schmitt, R., Sabatier, M., & Kreitmann, P. (1984). Retentissement des interventions à coeur ouvert sur l'efficience intellectuelle: Étude prospective à propos de 40 cas. *Archives des Maladies du Coeur*, *77*(2), 167-173.
- Gray, J. M., Robertson, I. H., Pentland, B., & Anderson, S. I. (1992). Microcomputer based cognitive rehabilitation for brain damage: A randomized group controlled trial. *Neuropsychological Rehabilitation*, *2*, 97-116.
- Grocott, H. P., Homi, H. M., & Puskas, F. (2005). Cognitive dysfunction after cardiac surgery: Revisiting etiology. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, *9*(2), 123-129.
- Grote, C. L., Shanahan, P. T., Salmon, P., Meyer, R. G., Barrett, C., & Lansing, A. (1992). Cognitive outcome after cardiac operations: Relationship to intraoperative computerized electroencephalographic data. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, *104*, 1405-1409.
- Hagl, C., Galla, J. D., Spielvogel, D., Lansman, S. L., Squitieri, R., Bodian, C. A., et al. (2001). Is aortic surgery using hypothermic circulatory arrest in octogenarians justifiable? *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, *19*, 417-423.
- Hammeke, T. A., & Hastings, J. E. (1988). Neuropsychologic alterations after cardiac operation. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, *96*, 326-331.

- Hammon, J. W., Stump, D. A., Butterworth, J. F., Moody, D. M., Rorie, K., Deal, D. D., et al. (2006). Single crossclamp improves 6-month cognitive outcome in high-risk coronary bypass patients: The effect of reduced aortic manipulation. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, *131*(1), 114-121.
- Hans, P., & Damas, F. (1999). Évaluation du métabolisme cérébral. *Annales Françaises d'Anesthésie et de réanimation*, *18*, 599-603.
- Heyer, E. J., Delphin, E., Adams, D. C., Rose, E. A., Smith, C. R., Todd, G. J., et al. (1995). Cerebral dysfunction after cardiac operations in elderly patients. *The Annals of Thoracic Surgery*, *60*, 1716-1722.
- Heyer, E. J., Lee, K. S., Manspeizer, H. E., Mongero, L., Spanier, T. B., Caliste, X., et al. (2002). Heparin-bonded cardiopulmonary bypass circuits reduce cognitive dysfunction. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, *16*(1), 37-42.
- Hill, R. D., Allen, C., & McWhorther, P. (1991). Stories as a mnemonic aid for older learners. *Psychology and Aging*, *6*(3), 484-486.
- Hirose, H., Amano, A., & Takahashi, A. (2001). Off-pump coronary artery bypass grafting for elderly patients. *The Annals of Thoracic Surgery*, *72*, 2013-2019.
- Hirose, H., Amano, A., Yoshida, S., Takahashi, A., Nagano, N., & Kohmoto, T. (2000). Coronary artery bypass grafting in the elderly. *CHEST*, *117*, 1262-1270.
- Ho, G., & Scialfa, C. T. (2002). Age, skill transfer, and conjunction search. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, *57*(B), 277-287.
- Hoff, S. J., Ball, S. K., Coltharp, W. H., Glassford, D. M., Lea, J. W., & Petracek, M. R. (2002). Coronary artery bypass in patients 80 years and over: Is off-pump the operation of choice. *The Annals of Thoracic Surgery*, *74*, s1340-s1343.
- Hong, S. W., Shim, J. K., Choi, Y. S., Kim, D. H., Chang, B. C., & Lwak, Y. L. (2008). Prediction of cognitive dysfunction and patient's outcome following valvular heart surgery and the role of cerebral oximetry. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, *33*, 560-565.
- Immer, F. F., Berdat, P. A., Immer-Bansi, A. S., Eckstein, F. S., Müller, S., Saner, H., et al. (2003). Benefit to quality of life after off-pump versus on-pump coronary bypass surgery. *The Annals of Thoracic Surgery*, *76*, 27-31.

- Kadoi, Y., Saito, S., Fujita, N., & Goto, F. (2005). Risk factors for cognitive dysfunction after coronary artery bypass graft surgery in patients with type 2 diabetes. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, *129*(3), 576-583.
- Kadoi, Y., Saito, S., Goto, F., & Fujita, N. (2001). Decrease in jugular venous oxygen saturation during normothermic cardiopulmonary bypass predicts short-term postoperative neurologic dysfunction in elderly patients. *Journal of American College of Cardiology*, *38*, 1450-1455.
- Kahana, E., Lawrence, R. H., Kahana, B., Kercher, K., Wisniewski, A., & Stoller, E. (2002). Long-term impact of preventive proactivity on quality of life of the old-old. *Psychosomatic Medicine*, *64*, 382-394.
- Kawachi, Y., Nakashima, A., Toshima, Y., Kimura, S., & Arinaga, K. (2002). Outcome of cardiac and thoracic aortic operation in patients over 80 years old. *Asian Cardiovascular & Thoracic Annals*, *10*, 12-15.
- Keith, J. R., Puente, A. E., Malcolmson, K. L., Tartt, S., Coleman, A. E., & Marks, H. F. (2002). Assessing postoperative cognitive change after cardiopulmonary bypass surgery. *Neuropsychology*, *16*(3), 411-421.
- Kim, M. B., Ward, D. S., Carthright, C. R., Kolano, J., Chlebowski, S., & Henson, L. C. (2000). Estimation of jugular venous O₂ saturation from cerebral oximetry or arterial O₂ saturation during isocapnic hypoxia. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, *16*, 191-199.
- Knipp, S. C., Matatko, N., Wilhelm, H., Schlamann, M., Massoudy, P., Forsting, M., et al. (2004). Evaluation of brain injury after coronary artery bypass grafting. A prospective study using neuropsychological assessment and diffusion-weighted magnetic resonance imaging. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, *25*, 791-800.
- Kramer, A. F., Larish, J., & Strayer, D. L. (1995). Training for attentional control in dual task settings: A comparison of young and old adults. *Journal of Experimental Psychology applied*, *1*, 50-76.
- Kramer, A. F., & Madden, D. J. (2008). Attention. In F. I. M. C. T. A. Salthouse (Ed.), *The handbook of aging and cognition* (3rd ed., pp. 189-249). New York: Psychology Press.
- Kramer, J. H., Nelson, A., Johnson, J. K., Yaffe, K., Glenn, S., Rosen, H. J., et al. (2006). Multiple cognitive deficits in amnesic mild cognitive impairment. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, *22*(4), 306-311.

- Lee, J. D., Lee, S. J., Tsushima, W. T., Yamauchi, H., Lau, W. T., Popper, J., et al. (2003). Benefits of off-pump bypass on neurologic and clinical morbidity: A prospective randomized trial. *The Annals of Thoracic Surgery*, 76, 18-26.
- Lee, T. A., Wolozin, B., Weiss, K. B., & Bednar, M. M. (2005). Assessment of the emergence of alzheimer's disease following coronary artery bypass graft surgery or percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Journal of Alzheimer Disease*, 7(4), 319-324.
- Lemaire, P., & Bherer, L. (2005). *Psychologie du vieillissement; une perspective cognitive*. Bruxelles: Édition DeBoeck Université.
- Loewenstein, D. A., Acevedo, A., Czaja, S. J., & Duara, R. (2004). Cognitive rehabilitation of mildly impaired alzheimer disease patients on cholinesterase inhibitors. *American Journal of Geriatric Psychiatry*, 12(4), 395-402.
- Madsen, P. L., & Secher, N. H. (1999). Near-infrared oximetry of the brain. *Program of Neurobiology*, 58, 541-560.
- Mahanna, E. P., Blumenthal, J. A., White, W. D., Croughwell, N. D., Clancy, C. P., Smith, L. R., et al. (1996). Defining neuropsychological dysfunction after coronary artery bypass grafting. *The Annals of Thoracic Surgery*, 61, 1342-1347.
- McDaniel, M. A., Einstein, G. O., & Jacoby, L. L. (2008). New considerations in aging and memory: The glass may be half full. In F. Craik & T. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (3rd ed., pp. 251-310). Hove, East Sussex: Psychology Press.
- McDougall, G. J. (2002). Memory improvement in octogenarians. *Applied Nursing Research*, 15(1), 2-10.
- Monk, T. G., Weldon, B. C., Weldon, J. E., & Van der Aa, M. T. (2002). Cerebral oxygen desaturations are associated with postoperative cognitive dysfunction in elderly patients. *Anesthesiology*, 96, A40.
- Mora, C. T., Henson, M. B., Weintraub, W. S., Murkin, J. M., Martin, T. D., Craver, J. M., et al. (1996). The effect of temperature management during cardiopulmonary bypass on neurologic and neuropsychologic outcomes in patients undergoing coronary revascularization. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 112, 514-522.
- Moser, D. J., Cohen, R. A., Clark, M. M., Aloia, M. S., Tate, B. A., Stefanik, S., et al. (1999). Neuropsychological functioning among cardiac rehabilitation patients. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, 19, 91-97.

- Murkin, J. M. (2000). Neurological outcomes after opcab: How much better is it? *The Heart Surgery Forum*, 3(3), 207-210.
- Murkin, J. M. (2004). Perioperative detection of brain oxygenation and clinical outcomes in cardiac surgery. *Seminar of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 8, 13-14.
- Murkin, J. M., Adams, S. J., Novick, R. J., Quantz, M., Bainbridge, D., Iglesias, I., et al. (2007). Monitoring brain oxygen saturation during coronary bypass surgery: A randomized, prospective study. *Anesthesia and Analgesia*, 104, 51-58.
- Murkin, J. M., Martzke, J. S., Buchan, A. M., Bentley, C., & Wong, C. J. (1995). A randomized study of the influence of perfusion technique and ph management strategy in 316 patients undergoing coronary artery bypass surgery. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 110, 349-362.
- Negargar, S., Mahmoudpour, A., Taheri, R., & Sanaie, S. (2007). The relationship between cerebral oxygen saturation changes and post operative neurologic complications in patients undergoing cardiac surgery. *Pakistan Journal of Medecine Science*, 23(3), 380-385.
- Nemoto, E. M., Yonas, H., & Kassam, A. (2000). Clinical experience with cerebral oximetry in stroke and cardiac arrest. *Critical Care Medicine*, 28(4), 1052-1054.
- Newman, M. F., Croughwell, N. D., Blumenthal, J. A., Lowry, E., White, W. D., Spillane, W., et al. (1995a). Predictors of cognitive decline after cardiac operation. *The Annals of Thoracic Surgery*, 59, 1326-1330.
- Newman, M. F., Kirchner, J. L., Phillips-Bute, B., Gaver, V., Grocott, H., Jones, R. H., et al. (2001). Longitudinal assessment of neurocognitive function after coronary artery bypass surgery. *The New England Journal of Medicine*, 344, 395-402.
- Newman, M. F., Kramer, D., Croughwell, N. D., Sanderson, I., Blumenthal, J. A., White, W. D., et al. (1995b). Differential age effects of mean arterial pressure and reoxygenation on cognitive dysfunction after cardiac surgery. *Anesthesia and Analgesia*, 81, 236-242.
- Newman, M. F., Schell, R. M., Croughwell, N., Blumenthal, J. A., White, W., & Lewis, J. (1993). Pattern and time course of cognitive dysfunction following cardiopulmonary bypass. *Anesthesia and Analgesia*, 76, s294.
- Newman, S. (1989). The incidence and nature of neuropsychological morbidity following cardiac surgery. *Perfusion*, 4, 93-100.

- Nussmeier, N. A. (2002). A review of risk factors for adverse neurologic outcome after cardiac surgery. *Journal of the Extra-Corporeal Technology*, 34, 4-10.
- O'Brien, D. J., Bauer, R. M., Yarandi, H., Knauf, D. G., Bramblett, P., & Alexander, J. A. (1992). Patient memory before and after cardiac operations. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 104, 1116-1124.
- O'Hara, R., Brooks III, J. O., Friedman, L., Schroder, C. M., S., M. K., & Kraemer, H. C. (2007). Long-term effects of mnemonic training in community-dwelling older adults. *Journal of Psychiatric Research*, 41(585-590).
- Ouwehand, C., de Ridder, D., T. D., & Bensing, J., M. (2007). A review of succesful aging models: Proposing proactive coping as an important additional strategy. *Clinical Psychology Review*, 27, 873-884.
- Park, D. C., & Gutchess, A. H. (2002). Aging, cognition, and culture: A neuroscientific perspective. *Neuroscience Biobehavioral Review*, 26(7), 859-867.
- Parolari, A., Alamanni, F., Cannata, A., Naliato, M., Bonati, L., Rubini, P., et al. (2003). Off-pump versus on-pump coronary artery bypass: Meta-analysis of currently available randomized trials. *The Annals of Thoracic Surgery*, 76, 37-40.
- Piquette, D., Deschamps, A., Belisle, S., Pellerin, M., Levesque, S., Tardif, J. C., et al. (2007). Effect of intravenous nitroglycerin on cerebral saturation in high-risk cardiac surgery. *Canadian Journal of Anaesthesiology*, 54(9), 718-727.
- Plourde, G., Sapin-Leduc, A., Morin, J. E., DeVarennes, B., Latter, D., Symes, J., et al. (1997). Temperature during cardiopulmonary bypass for coronary artery operations does not influence postoperative cognitive function: A prospective, randomized trial. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 114, 123-128.
- Pugsley, W., Klinger, L., Paschalis, C., Treasure, T., Harrison, M., & Newman, S. (1994). The impact of microemboli during cardiopulmonary bypass on neuropsychological functioning. *Stroke*, 25, 1393-1399.
- Rasmussen, L. S. (2006). Postoperative cognitive dysfunction: Incidence and prevention. *Best Practice in Ressource Clinical Anaesthesiology*, 20(2), 315-330.
- Rasmussen, L. S., Larsen, K., Houx, P., Skovgaard, L. T., Hanning, C. D., & Moller, J. T. (2001). The assessment of postoperative cognitive function. *Acta Anaesthesiology Scandinavian*, 45(3), 275-289.

- Rasmusson, D. X., Rebok, G. W., Bylsma, F. W., & Brandt, J. (1999). Effects of three types of memory training in normal elderly. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 6(1), 56-66.
- Raymond, M., Conklin, C., Schaeffer, J., Newstadt, G., Matloff, J. M., & Gray, R. J. (1984). Coping with transient intellectual dysfunction after coronary bypass surgery. *Heart & Lung*, 13(5), 531-539.
- Reents, W., Muellges, W., Franke, D., Babin-Ebell, J., & Elert, O. (2002). Cerebral oxygen saturation assessed by near-infrared spectroscopy during coronary artery bypass grafting and early postoperative cognitive function. *Annals of Thoracic Surgery*, 74, 109-114.
- Roach, G. W., Kanchuger, M., Mangano, C. M., Newman, M., Nussmeier, N., Wolman, R., et al. (1996). Adverse cerebral outcomes after coronary bypass surgery. *The New England Journal of Medicine*, 335, 1857-1863.
- Royter, V., Bornstein, N. M., & Russell, D. (2005). Coronary artery bypass grafting (cabg) and cognitive decline: A review. *Journal of Neurological Sciences*, 229-230, 65-67.
- Ruscheweyh, R., Willemer, C., Kruger, K., Duning, T., Warnecke, T., Sommer, J., et al. (2009). Physical activity and memory functions: An interventional study. *Neurobiology and Aging*.
- Samra, S. K., Dy, E. A., Welch, K., Dorje, P., Zelenock, G. B., & Stanley, J. C. (2000). Evaluation of a cerebral oximeter as a monitor of cerebral ischemia during carotid endarterectomy. *Anesthesiology*, 93, 964-970.
- Santé Canada. (1996). Principales causes de décès et d'hospitalisation chez les aînés canadiens. 17(2). Statistiques Canada.
- Santé Canada. (2001). Dépenses de santé au Canada selon l'âge et le sexe, 1980-1981 à 2000-2001. Statistiques Canada.
- Santé Canada. (2002). *Vieillir au Canada*. Ottawa: Ministère de Travaux publics et Services gouvernementaux Canada.
- Santé Canada. (2003). *Le fardeau croissant des maladies cardiovasculaires et des accidents vasculaires cérébraux au Canada*: Fondation des maladies du cœur du Canada.
- Sauer, A. M., Kalkman, C., & Van Dijk, D. (2009). Postoperative cognitive decline. *Journal of Anesthesiology*, 23(2), 256-259.

- Schon, J., Serien, V., Hanke, T., Bechtel, M., Heinze, H., Groesdonk, H. V., et al. (2009). Cerebral oxygen saturation monitoring in on-pump cardiac surgery - a 1 year experience. *Applied Cardiopulmonary Pathophysiology*, *13*, 243-252.
- Schwarz, G., Litscher, G., Kleinert, R., & Jobstmann, R. (1996). Cerebral oximetry in dead subjects. *Journal of neurosurgery and anesthesiology*, *8*, 189-193.
- Selnes, O. A., Grega, M. A., Bailey, M. M., Pham, L., Zeger, S., Baumgartner, W. A., et al. (2007). Neurocognitive outcomes 3 years after coronary artery bypass graft surgery: A controlled study. *Annals of Thoracic Surgery*, *84*, 1885-1896.
- Selnes, O. A., & McKhann, G. M. (2005). Neurocognitive complications after coronary artery bypass surgery. *Annals of Neurology*, *57*, 615-621.
- Shaw, P. J., Bates, D., Cartlidge, N. E. F., French, J. M., Heaviside, D., Julian, D. G., et al. (1986). Early intellectual dysfunction following coronary bypass surgery. *Quartely Journal of Medicine*, *58*(225), 59-68.
- Shaw, P. J., Bates, D., Cartlidge, N. E. F., French, J. M., Heaviside, D., Julian, D. G., et al. (1989). An analysis of factors predisposing to neurological injury in patients undergoing coronary bypass operations. *Quartely Journal of Medicine*, *72*(267), 633-646.
- Sinforiani, E., Banchieri, L., Zucchella, C., Pacchetti, C., & Sandrini, G. (2004). Cognitive rehabilitation in parkinson's disease. *Archives of Gerontology and Geriatrics Supply*(9), 387-391.
- Sisillo, E., Marino, M. R., Juliano, G., Beverini, C., Salvi, L., & Alamanni, F. (2007). Comparison of on pump and off pump coronary surgery: Risk factors for neurological outcome. *European Journal of Cardiothoracic Surgery*, *31*(6), 1076-1080.
- Slater, J. P., Guarino, T., Stack, J., Vinod, K., Bustami, R. T., Brown III, J. M., et al. (2009). Cerebral oxygen desaturation predicts cognitive decline and longer hospital stay after cardiac surgery. *Annals of Thoracic Surgery*, *87*, 36-45.
- Smith, K. M., Lamy, A., Arthur, H. M., Gafni, A., & Kent, R. (2001). Outcomes and costs of coronary artery bypass grafting: Comparison between octogenarians and septuagenarians at a tertiary care centre. *Canadian Medical Association Journal*, *165*(6), 759-764.
- Smith, P. L., Newman, S. P., Ell, P., Treasure, T., Joseph, P., Schneidau, A., et al. (1986). Cerebral consequence of cardiopulmonary bypass. *The Lancet*, 823-825.

- Spreen, O., & Strauss, E. (1998). *A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary* (2nd ed.). New York: Oxford University Press.
- Statistique Canada. (2003, 19-8-2004). Les principales causes de décès. from http://142.206.72.67/02/02b/02b_003_f.htm
- Statistique Canada. (2007). *Annuaire du Canada* (Vol. 11-402-XIF): Statistique Canada.
- Stroobant, N., Van Nooten, G., Van Belleghem, Y., & Vingerhoets, G. (2002). Short-term and long-term neurocognitive outcome in on-pump versus off-pump cabg. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 22, 559-564.
- Stroobant, N., Van Nooten, G., Van Belleghem, Y., & Vingerhoets, G. (2005). Relation between neurocognitive impairment, embolic load, and cerebrovascular reactivity following on- and off-pump coronary artery bypass grafting. *Chest*, 127(6), 1967-1976.
- Taillefer, M.-C., & Denault, A. Y. (2005). Cerebral near-infrared spectroscopy in adult heart surgery: Systematic review of its clinical efficacy. *Canadian Journal of Anesthesiology*, 52(1), 79-87.
- Toner, I., Taylor, K. M., Newman, S., & Smith, P. L. C. (1998). Cerebral functional changes following cardiac surgery: Neuropsychological and eeg assessment. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 13, 13-20.
- Toor, I. S., Bakhai, A., Keogh, B., Curtis, M., & Yap, J. (2009). Age ≥ 75 years is associated with greater resource utilization following coronary artery bypass grafting. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*, 9, 929-831.
- Troyer, A. K. (2001). Improving memory knowledge, satisfaction, and functionings via and education and intervention program for older adults. *Aging Neuropsychology and Cognition*, 8(4), 256-268.
- United States Census Bureau. (2003). Population division.
- Valentijn, S. A. M., van Hooren, S. A. H., Bosma, H., Touw, D. M., Jolles, J., van Boxtel, M. P. J., et al. (2005). The effect of two types of memory training on subjective and objective memory performance in healthy individuals aged 55 years and older: A randomized controlled trial. *Patient Education and Counseling*, 57, 106-114.
- Van Dijk, D., Jansen, E. W. L., Hijman, R., Nierich, A. P., Diephuis, J. C., Moons, K. G. M., et al. (2002). Cognitive outcome after off-pump and on-pump coronary artery bypass

- graft surgery: A randomized trial. *Journal of the American Medical Association*, 287, 1405-1412.
- Verhaeghen, P., & Cerella, J. (2002). Aging, executive control, and attention: A review of meta-analyses. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 26(7), 849-857.
- Verhaeghen, P., Marcoen, A., & Goossens, L. (1992). Improving memory performance in the aged through mnemonic training: A meta-analytic study. *Psychology and Aging*, 7(2), 242-251.
- Verhaeghen, P., & Salthouse, T. A. (1997). Meta-analyses of age-cognition relations in adulthood: Estimates of linear and nonlinear age effects and structural models. *Psychol Bull*, 122(3), 231-249.
- Wahr, J. A., Temper, K. K., Samra, S., & Delphy, D. T. (1996). Near-infrared spectroscopy: Theory and applications. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 10, 406-418.
- Westaby, S., Saatvedt, K., White, S., Katsumata, T., van Oeveren, W., & Halligan, P. W. (2001). Is there a relationship between cognitive dysfunction and systemic inflammatory response after cardiopulmonary bypass? *Annals of Thoracic Surgery*, 71, 667-672.
- Willis, S. L., Tennstedt, S. L., Marsiske, M., Ball, K., Elias, J., Koepke, K. M., et al. (2006). Long-term effects of cognitive training on everyday functional outcomes in older adults. *Journal of American Medical Association*, 296(23), 2805-2814.
- Wilson, B., Cockburn, J., & Baddeley, A. (1989). The development and validation of a test battery for detecting and monitoring everyday memory problems. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 11(6), 855-870.
- World Health Organization. (2008a). *The 10 leading causes of death by broad income group 2004*.
- World Health Organization. (2008b). *Active ageing: Towards age friendly primary health care*. World Health Organization.
- Yao, F. F., Ho, C. A., Huang, S. W., & Tseng, C. (2002). Maintaining adequate cerebral oxygen saturation during cardiac surgery shortened intensive care unit stay in female gender. *Anesthesia and Analgesia*, 94(83), (abstract).

- Yao, F. S., Tseng, C. C., Ho, C. Y., & Levin, S. K. (2004). Cerebral oxygen desaturation is associated with early postoperative neuropsychological dysfunction in patients undergoing cardiac surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia, 18*, 552-558.
- Yao, F. S. F., Tseng, C. C., Boyd, W. C., Shukla, K., & Hartman, G. S. (1999a). Cognitive dysfunction following cardiac surgery is associated with cerebral oxygen desaturation. *Anesthesiology, 91*, A73.
- Yao, F. S. F., Tseng, C. C., Braverman, J. M., Levin, S. K., & Illner, P. (1999b). Cerebral oxygen desaturation is associated with prolonged lengths of stay in the intensive care unit (icu) and hospital. *Anesthesiology, 91*, A123.
- Yao, F. S. F., Tseng, C. C., Trifiletti, R. R., Crockett, S., & Isom, O. W. (2000). Low perioperative cerebral oxygen saturation is associated with postoperative frontal lobe and cognitive dysfunction and prolonged icu and hospital stays. *Anesthesia and Analgesia, 90*, SCA30.
- Yao, F. S. F., Tseng, C. C., Woo, D., Huang, S. W., & Levin, S. K. (2001). Maintaining cerebral oxygen saturation during cardiac surgery decreased neurological complications. *Anesthesiology, 95*, A152.
- Yoda, M., Nonoyama, M., & Shimakura, T. (2004). Cerebral perfusion during off-pump coronary artery bypass grafting. *Surgery Today, 34*, 501-505.
- Zamvar, V., Williams, D., Hall, J., Payne, N., Cann, C., Young, K., et al. (2002). Assessment of neurocognitive impairment after off-pump and on-pump techniques for coronary artery bypass graft surgery: Prospective randomised controlled trial. *British Medical Journal, 325*, 1-5.
- Zimpfer, D., Czerny, M., Vogt, F., Schuch, P., Kramer, L., Wolner, E., et al. (2004). Neurocognitive deficit following coronary artery bypass grafting: A prospective study of surgical patients and nonsurgical controls. *The Annals of Thoracic Surgery, 78*, 513-519.