



**ACTIVITÉ PHYSIQUE (AP) ET TROUBLE
DÉFICITAIRE DE L'ATTENTION/HYPERACTIVITÉ
(TDAH)**

*L'impact de l'activité physique avec ou sans médication sur le
TDAH*

Mémoire

PHILIPPE SIMARD

Maîtrise en kinésiologie

Maître ès sciences (M.Sc.)

Québec, Canada

© Philippe Simard, 2014

Résumé

L'objectif de ce mémoire est d'évaluer l'impact de l'AP associée ou non à la médication sur le TDAH chez des enfants d'âge scolaire. Les participants (N total = 141) âgés de 8-12 ans ont été évalués au niveau comportemental (CBCL) et neuropsychologique (Séquence de Chiffres, Séquence de Lettres-Chiffres, Marche-Arrête, Bloc de corsi, Stroop) avant et après un programme d'AP. Le programme incluait des séances de 30 minutes à raison de trois fois par semaine pendant 12 semaines. Les résultats démontrent que l'AP améliore le comportement du TDAH, les plaintes/problèmes somatiques ainsi que les caractéristiques de la cognition (la mémoire auditive, les capacités de séquençage, la concentration, l'attention sélective, l'inhibition et la vitesse d'exécution). Parmi les enfants avec un TDAH, aucune différence significative n'a été retrouvée entre les groupes avec ou sans médication. Finalement, l'AP a un impact positif tant sur le plan comportemental que cognitif chez les enfants d'âge scolaire.

Abstract

The purpose of the present study is to evaluate the impact of physical activity, associated or not to medication given to elementary school children with ADHD. Participants (total N = 141), aged from 8 to 12 years, were evaluated on their behavioral (CBCL) and neuropsychological (Digit span, Letter-number sequencing, Walk don't walk, Corsi bloc and Stroop test) before and after attending the physical activity program. The program was divided in 12 weeks, each containing three sessions of 30 minutes of physical activity. The results showed that physical activity can reduce ADHD behaviors, somatic complaints/problems and cognitive problems (auditory memory, sequencing capacity, concentration, selective attention, inhibition, and speed of execution). Among children living with ADHD, it was not possible to find any significant difference between groups. Finally, physical activity has a positive impact on behavioral and on cognitive aspects of elementary school children

Table des matières

Résumé.....	iii
Abstract	v
Liste des tableaux	ix
Liste des figures	xi
Liste des abréviations.....	xiii
Remerciements.....	xvii
Avant-Propos	xix
Introduction	1
Chapitre I.....	3
Revue de la littérature.....	3
Le trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité	4
Activité physique	9
TDAH et activité physique	13
TDAH et condition physique des jeunes.....	15
TDAH et résultats après une séance d'activité physique	17
TDAH et résultats après un programme d'entraînement	19
Chapitre II	25
Article 1.....	25
Titre.....	26
Résumé.....	27
Introduction.....	28
Objectif.....	32
Méthodes.....	32
Résultats.....	38
Discussion.....	41
Conclusion.....	46
Références.....	46
Chapitre III.....	53
Conclusion.....	53
Bibliographie	57
Annexe A.....	65

Liste des tableaux

Table 1. Descriptive statistics for the different groups.....	60
Table 2. Repeated measures ANOVA of Child Behavior Checklist (CBCL) reported by parents	61
Table 3. Repeated measures ANOVA of Neuropsychological Tests.....	62

Liste des figures

Figure 1. Means T-scores of Child Behavior Checklist (CBCL) before and after the physical activity program..... 76

Figure 2. Means scores of neuropsychological tests before and after the physical activity program..... 77

Liste des abréviations

Chapitre I

AP	Activité Physique
APA	American Psychological Association
ASQ-T	Conners' Abbreviated Questionnaires
BDNF	Brain-Derived Neurotrophic Factor
BOT-2	Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition
CBCL	Child Behavior Checklist
CPF	Cortex préfrontal
DSM-IV	Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders 4
INSERM	Institut national de la santé et de la recherche médicale
IMC	Indice de masse corporelle
IRM	Imagerie par résonance magnétique
K-ARS-PT	Kiddie-Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia- Present and Lifetime Version-Korean version
MTA	Multimodal Treatment of Attention Deficit Hyperactivity Disorder
SCPE	Société canadienne de physiologie de l'exercice
SSRS	Social Skills Rating System
TDAH	Trouble déficitaire de l'attention/hyperactivité
TEA-Ch	Test d'évaluation de l'attention chez l'enfant
TGMD-2	Test of Gross Motor Development – Second Edition
WCST	Wisconsin Card Sorting Test
WISC	Wechsler Intelligence Scale for Children
YSR	Youth Self-Report

Chapitre II

ACSM	American College of Sports Medicine
ANOVA	Analysis of variance
CHAU	Centre Hospitalier affilié universitaire
CSSS	Centre de santé et de services sociaux
DISC-IV	Diagnostic Interview Schedule for Children Version IV
D-KEF	Delis–Kaplan Executive Function System
FCM	Fréquence cardiaque maximale
M/F	Masculin/Féminin
Sans TDAH + AP	Groupe d'enfants sans TDAH participant aux activités physiques
Sans TDAH - AP	Groupe d'enfants sans TDAH ne participant pas aux activités physiques
TDAH + AP + Rx	Groupe d'enfants avec TDAH participant aux activités physiques sous médication
TDAH + AP - Rx	Groupe d'enfants avec TDAH participant aux activités physiques

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce à l'ouverture, la passion et la vision de deux pédopsychiatres du CSSS Alphonse-Desjardins. Ma directrice Dre Leila Ben Amor, ainsi que mon co-directeur Dr Paul-André Desmarais ont cru en ce projet dès le début et m'ont permis de réaliser l'une des premières études en kinésiologie du Centre de recherche du Centre hospitalier affilié universitaire Hôtel-Dieu de Lévis (CHAU).

Je tiens tout d'abord à gratifier ma directrice, Dre Leila Ben Amor, pour tout son travail dans le développement de ce projet de recherche. Vous m'avez fait confiance et vous avez cru à un tel programme d'activité physique. Je vous remercie énormément pour l'aide financière que vous m'avez accordée pendant ces deux années. J'ai pu me concentrer entièrement sur cette étude. Connaissant les nombreuses tâches que vous avez à accomplir en tant que chercheure-clinicienne, je me sens privilégié d'avoir obtenu du temps de qualité chaque semaine avec vous. Votre passion pour la recherche est contagieuse et j'ai adoré mon expérience dans le monde fastidieux de la recherche.

Je tiens à remercier également mon co-directeur de recherche, Dr Paul-André Desmarais, pour m'avoir aidé dans des aspects très importants de la recherche, soit le volet administratif, le volet politique ainsi que le financement. Vous avez été mon premier contact pour initier ce projet, vous étiez toujours présent afin de faire le lien entre mon projet et les personnes importantes de la région.

De plus, j'aimerais remercier mon autre co-directeur, Pierre Desgagné, pour avoir été ma personne ressource pour tout le volet kinésiologie de mon projet. En plus de vos conseils, vous avez été un patron compréhensif et très flexible me permettant de compléter rapidement ce mémoire.

Je ne peux passer sous silence l'énorme travail de tous les assistants de recherches ayant participé à ce projet pour les nombreuses évaluations et documentations à remplir. J'aimerais remercier plus particulièrement Radhia Ben Amor pour tout le travail accompli. Votre écoute et votre dévouement font de vous une personne indispensable pour les chercheurs. Je tiens également à remercier toute l'équipe d'éducateurs physiques/kinésologues de l'Institut universitaire en santé mentale de Québec pour leur flexibilité et leur soutien dans ce projet.

Ce projet n'aurait pu être réalisé sans le travail et la croyance de Madame Claire Gagnon de la commission scolaire des Navigateurs, Madame Sophie Turgeon de l'école du Bac, Madame Lyne Martel de l'école de la Ruche, Madame Sylvie Pichette de l'école Belleau-Gagnon ainsi que de tous les enseignants, les techniciens en service de garde, les parents et les enfants ayant participé au projet de recherche.

Enfin, je tiens à remercier ma famille, Denise, Gervais et Priscilla. Votre soutien et vos valeurs face aux études m'ont permis de me rendre aussi loin. Ce fût un long parcours scolaire, mais vous avez toujours été présents pour moi. Enfin, pour sa compréhension, son soutien et son apport à ce projet de maîtrise, j'aimerais remercier ma copine, ma conjointe et éventuellement ma femme, Geneviève. Ta discipline et ta motivation m'ont permis de redoubler d'efforts afin d'avancer et de finir ce mémoire.

Finalement, merci à tous ceux et celles qui ont participé de proche ou de loin à la réalisation de ce projet de maîtrise. Je sors grandi de cette expérience et je suis prêt à affronter le monde du travail.

Avant-Propos

Dans le cadre de ce mémoire, le principe d'insertion d'articles est utilisé. Le manuscrit intégré est le résultat du projet de recherche élaboré dans le cadre de cette maîtrise en kinésiologie. L'article est écrit principalement par l'étudiant en collaboration avec Dre Leila Ben Amor, codirectrice. L'accord de cette dernière à intégrer l'article dans ce mémoire a été transmis via le formulaire d'autorisation à cet effet. Ce papier est en préparation finale afin d'être soumis au Journal of Attention Disorders. Celui-ci pourrait exiger certaines modifications à l'article inclus à ce mémoire.

Introduction

Le TDAH est un trouble neurobiologique qui affecte de 3 à 5 % des jeunes Québécois (Guay 2006). Selon le DSM IV (APA, 2000), ce trouble est caractérisé par la présence persistante de comportements d'inattention et/ou de comportements d'hyperactivité/impulsivité. En plus, plusieurs enfants atteints de TDAH souffrent de comorbidités psychiatriques, dont les plus fréquents sont les troubles oppositionnels, les troubles anxieux, les troubles de conduites et la dépression (Barkley, 2006). La modalité thérapeutique la plus couramment utilisée dans le traitement du TDAH est le traitement pharmacologique (Rief 2005). Selon les lignes directrices du collège des médecins du Québec, les stimulants du système nerveux central sont les médicaments à utiliser en première intention dans le TDAH. À court terme, la médication traite les symptômes d'hyperactivité, d'impulsivité et d'inattention et améliore les performances scolaires et le fonctionnement social de l'enfant (Willemijn, 2009). Par contre, le traitement pharmacologique s'accompagne souvent d'effets secondaires, les plus courants sont les maux de tête, les problèmes de sommeil et la perte d'appétit (Lee 2011). De plus, la faible ou la non-réponse au traitement peut aussi contribuer à la non-observance du traitement. En effet, le taux de réponse positive aux psychostimulants est généralement de l'ordre de 80 % c'est-à-dire qu'il a environ 20 % des jeunes chez qui la médication n'a aucun effet sur leurs symptômes (Collège des médecins du Québec).

Les bienfaits de l'activité physique sur la santé mentale constituent un nouveau et intéressant domaine de recherche. Au niveau du TDAH, très peu de recherches ont utilisé l'activité physique comme moyen principal d'intervention. Les résultats obtenus nous amènent à considérer le projet de combiner les stratégies afin d'obtenir un traitement plus efficace. En plus de leur rareté, la plupart des études qui ont exploré l'effet de l'activité physique sur le TDAH n'ont pas exploré l'effet de la combinaison de l'activité physique à la médication.

Ce mémoire a pour but d'améliorer les connaissances actuelles sur l'impact d'un programme d'activité physique associé ou non avec la médication chez ces enfants d'âge scolaire ayant un TDAH. Pour commencer, le premier chapitre fera état des connaissances actuelles sur la maladie, sur l'activité physique ainsi que sur les effets de cette activité physique sur le TDAH. Le chapitre suivant présentera les résultats de notre projet de recherche portant sur l'impact d'un programme d'entraînement associé ou non avec la médication chez des jeunes ayant un TDAH sous forme d'article soumis pour publication dans un périodique spécialisé. Finalement, le chapitre trois fera la synthèse de ce mémoire et présentera les différentes conclusions.

Chapitre I

Revue de la littérature

Revue de la littérature

Le trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité

Le trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) est un trouble neurobiologique avec une forte étiologie génétique qui affecte de 3 à 5 % des jeunes Québécois (Guay 2006). Selon le type de TDAH, la prévalence est deux à neuf fois plus élevée chez les garçons que chez les filles (APA, 2003). Il est régulièrement diagnostiqué dans les premières années de fréquentation scolaire. Ce trouble peut persister avec les années et plus de 50 % des enfants atteints garderont des symptômes à l'âge adulte (Vincent, 2010).

Selon le DSM-IV (APA, 2003), ce trouble est caractérisé par la présence persistante de comportements d'inattention et/ou de comportements d'hyperactivité/impulsivité. L'inattention peut se manifester tant au niveau familial, scolaire ou professionnel et social. Cette composante se manifeste par plusieurs symptômes. Elle peut notamment se manifester par une difficulté à prêter attention aux détails, à soutenir son attention dans une conversation, à planifier et à organiser son quotidien. Elle peut également être perçue par un manque d'écoute, une désobéissance aux consignes, des oublis fréquents, des pertes d'objets, des distractions fréquentes par des stimulus externes, une difficulté à terminer ses tâches ou même un évitement des tâches qui demandent un effort mental soutenu.

Quant à l'hyperactivité, elle peut se manifester par une incapacité ou une difficulté à adopter un comportement adéquat lors d'activités de la vie quotidienne. Ainsi, une personne hyperactive pourrait avoir de la difficulté voire être incapable de rester assise calmement, par exemple. On remarque souvent chez ces dernières, un mouvement excessif des mains et des pieds, des déplacements excessifs et une très grande volubilité. L'expression et l'intensité de l'hyperactivité peuvent varier en fonction de l'âge et du niveau de développement chez l'enfant et l'adolescent. En ce qui concerne l'impulsivité, elle se manifeste par des réponses aux questions avant même qu'elles soient posées, par une

difficulté à attendre son tour et par des interruptions fréquentes dans les conversations. En ce sens, l'impulsivité peut être une source d'accidents dans la vie quotidienne. Bien que pour la plupart des personnes atteintes de TDAH tous ces symptômes soient présents (type mixte), pour certains, l'un ou l'autre des modes de conduite prédomine. Il y a donc des personnes avec un type d'inattention prédominant et d'autres, avec un type d'hyperactivité/impulsivité prédominant.

L'impact des difficultés comportementales et attentionnelles du TDAH s'observe dans les activités familiales, scolaires et sociales. D'abord, le TDAH peut créer des tensions intrafamiliales. Effectivement, les besoins attentionnels supplémentaires que les parents doivent constamment fournir, de même que le comportement perturbateur de l'enfant peuvent rendre les activités et les relations familiales plus difficiles. Bien souvent, le manque d'application pour les tâches qui exigent un effort soutenu sera interprété par les autres membres de la famille comme de la paresse. À l'école, les difficultés peuvent affecter le rendement scolaire et avoir un effet négatif sur les relations interpersonnelles. En effet, ce trouble peut ralentir la création de liens entre l'enfant TDAH, ses pairs et ses enseignants. L'ensemble de ces difficultés finissent par avoir un impact sur l'estime de soi. Les échecs scolaires, les difficultés sociales et le manque de confiance de l'enfant peuvent s'aggraver si le TDAH n'est pas traité adéquatement (APA, 2003). De plus, plusieurs enfants atteints de TDAH souffrent de comorbidités psychiatriques. Les troubles les plus fréquemment associés sont les troubles oppositionnels, les troubles anxieux, les troubles de conduites et la dépression (Barkley, 2006).

Les causes exactes du TDAH sont encore peu connues. Dans les dernières décennies, nombre de recherches ont été effectuées sur l'étiologie du trouble. La principale hypothèse suppose qu'il y a de multiples facteurs qui expliquent le TDAH, surtout génétiques, mais aussi environnementaux (Thapar et coll., 2012). Bien qu'il n'y ait pas encore des gènes spécifiques identifiés comme responsables de ce trouble, plusieurs études ont su démontrer l'importance de l'hérédité dans la présence de symptômes du TDAH (Barkley, 2006). Quelques facteurs environnementaux ont également été démontrés avec le temps comme étant des facteurs associés au développement du TDAH : la consommation de cigarettes et

d'alcool lors de la grossesse, le petit poids du bébé à la naissance et le niveau de stress et d'anxiété pendant la grossesse. Pour d'autres, il existe présentement une certaine controverse sur le lien avec le TDAH. Il s'agit de facteurs sociaux tels que l'environnement familial, l'éducation des parents et le statut socio-économique de la famille. Bien qu'il n'existe pas encore beaucoup de preuves permettant de les associer au développement du trouble, certains milieux pourraient favoriser l'expression des symptômes du TDAH (Barkley, 2006, Chandler, 2010).

Au niveau des mécanismes sous-jacents à ce trouble, des études neurobiologiques et neuropsychologiques ont démontré l'implication de plusieurs régions cérébrales et de neurotransmetteurs. Les études de neuro-imagerie cérébrale ont documenté des anomalies structurales et fonctionnelles dans la région du cortex préfrontal (CPF), des ganglions de la base et du cervelet (Wigal et coll., 2012). De plus, le volume du cerveau des jeunes TDAH est entre 5 % et 8 % moindre à celui des participants témoins (Emond et coll., 2009). Les études d'imagerie par résonance magnétique (IRM) ayant mesuré le cortex préfrontal chez les enfants ayant ce trouble rapportent toutes un volume réduit de cette région et plus particulièrement dans l'hémisphère droit (Emond et coll., 2009). Aussi, il a été démontré qu'il y avait une diminution du flux sanguin dans ces régions du cerveau, suggérant une diminution de l'activité cérébrale pour ces parties chez les personnes atteintes de ce trouble (Barkley, 2006). Ces régions ont une importance capitale dans le contrôle de l'inhibition comportementale, l'attention soutenue, la résistance aux distractions et les fonctions exécutives (mémoire de travail, coordination motrice, régulation des émotions et motivation et organisation) (Barkley, 2006). Les études neuropsychologiques ont trouvé des évidences substantielles sur des déficits au niveau de ces fonctions chez les jeunes atteints de TDAH (Arnsten, 2009). Par conséquent, l'atteinte de ces régions du cerveau joue un rôle important dans le TDAH (Barkley, 2006).

Le déficit en neurotransmetteurs spécifiques comme la dopamine et la noradrénaline n'est pas clairement établi, mais leur dysrégulation dans le CPF a été démontrée et suggère leur implication dans la physiopathologie du TDAH (Volkow et coll., 2011). Les systèmes dopaminergiques et le CPF interagissent dans un réseau régulé qui est associé au contrôle

cognitif et comportemental. Des études expérimentales ont révélé des niveaux dopaminergiques augmentés dans le CPF pendant l'exécution de tâches de mémoire de travail (Wigal et coll., 2012). Ainsi, les résultats des études suggèrent qu'une dysrégulation de la dopamine dans ces régions du cerveau puisse expliquer en partie les déficits dans le développement cognitif. Plus précisément, on suppose que les troubles attentionnels pourraient être dus à une diminution dopaminergique, alors qu'une trop forte augmentation dopaminergique pourrait être responsable d'une hyperactivité motrice (Solanto, 2002). Pour ce qui est de la noradrénaline, elle est impliquée dans la régulation de l'attention, la mémoire de travail, et l'inhibition comportementale (Arnsten & Casey, 2011), ce qui suggère son implication, avec la dopamine, dans la physiopathologie du TDAH. De faibles concentrations de noradrénaline dans le CPF ont été associées à des troubles de la mémoire de travail et du fonctionnement exécutif (Wigal et coll., 2012).

La modalité thérapeutique la plus couramment utilisée dans le traitement du TDAH est le traitement pharmacologique (Rief 2005). Selon les lignes directrices du collège des médecins du Québec, les stimulants du système nerveux central sont les médicaments à utiliser en première intention. Dans cette classe se trouve la méthylphénidate [formule de courte durée d'action (Ritalin) et de longue durée d'action (Concerta, Biphentin)] et les sels d'amphétamines [formule de courte durée d'action (Dexedrine), et de longue durée d'action (AdderallXR et Vyvanse)] (Collège des médecins du Québec). Ce type de médication affecte les neurotransmetteurs, dont plus particulièrement la dopamine. Il exerce un blocage sur le recaptage de la dopamine et de la noradrénaline au niveau des neurones pré-synaptiques pour ainsi augmenter leurs concentrations dans l'espace extraneuronal (Hodgkins, 2012). Cela permet ainsi d'accroître l'attention et de réduire l'agitation tant chez les enfants que chez les adultes atteints du TDAH (Hodgkins, 2012). Il existe également une autre classe de médicaments pour le TDAH. Il s'agit des non-stimulants, c'est-à-dire l'axotomoxétine (Strattera). Cependant, ils ont moins d'efficacité que les stimulants (Newcorn et al, 2008). Bien que son mécanisme d'action dans le traitement du TDAH ne soit pas encore très bien compris, l'axotomoxétine serait liée à une inhibition sélective pré-synaptique de la noradrénaline dans le CPF. Ceci entraînerait ainsi une augmentation de la transmission noradrénergique, permettant une augmentation de l'attention, de

l'apprentissage, de la mémoire ainsi que de la réponse adaptative (Barton J., 2005). Il a démontré être tout même efficace avec une diminution significative des symptômes de TDAH à court et à long terme chez les enfants et les adolescents (Garnock-Jones & Keating, 2009).

À court terme, la médication traite les symptômes d'hyperactivité, d'impulsivité et d'inattention, améliore les performances scolaires et le fonctionnement social de l'enfant (Willemijn, 2009). Par contre, le traitement pharmacologique s'accompagne souvent d'effets secondaires. Pour les stimulants, les maux de tête, les problèmes de sommeil et la perte d'appétit sont les plus courants (Lee 2011). Bien que controversées, plusieurs études ont rapporté que les stimulants pourraient également affecter la croissance des enfants, et ce, dès les premières années de traitement (Willemijn, 2009). De plus, cette catégorie de médicament a un effet stimulant sur le cœur et les vaisseaux sanguins. Il peut donc être dangereux chez les enfants ayant des problèmes cardiaques, d'hypertension artérielle ou d'athérosclérose. Pour ce qui est de l'axotomoxétine les effets indésirables les plus fréquents sont les maux de tête et la perte d'appétit. On les retrouve également chez les stimulants, de même que les douleurs abdominales (Garnock-Jones & Keating, 2009). Les non-stimulants auraient également un impact en ce qui concerne la santé du coeur. Ils causeraient une légère augmentation de la fréquence cardiaque (environ 6 battements par minute), de la pression artérielle systolique (environ 2 mm de Hg) et de la pression artérielle diastolique (environ 1 mm Hg) (Wernicke JF. et coll., 2003).

Les effets secondaires du traitement pharmacologique expliquent une partie du problème général de la non-observance du traitement pharmacologique. En effet, afin d'éviter certains effets secondaires, les parents peuvent être tentés de varier la posologie, mais cette pratique diminue l'efficacité du produit (Willemijn, 2009). La faible ou la non-réponse au traitement peut aussi contribuer à la non-observance du traitement. En effet, le taux de réponse positive aux psychostimulants est généralement de l'ordre de 80 %, c'est-à-dire qu'il a environ 20 % des jeunes chez qui la médication n'a aucun effet sur leurs symptômes (Collège des médecins du Québec). L'importance des effets secondaires, la contre-indication dans certaines situations ou la faible, voire même la non-réponse au traitement

pharmacologique, sont souvent les raisons à l'origine de la combinaison de plusieurs médicaments, ou de l'association du traitement pharmacologique à d'autres modalités thérapeutiques dont les interventions comportementales ou cognitives. En effet, il a été démontré que la combinaison de la médication et la psychothérapie aurait de meilleurs bénéfices que la médication seule, chez les jeunes, pour la diminution des symptômes du TDAH et l'impact sur le fonctionnement (MTA, 1999).

Activité physique

L'activité physique est définie comme étant un ensemble de mouvements corporels produit par les muscles squelettiques qui augmente le rythme cardiaque et la respiration (SCPE, 2011). Par exemple, les loisirs comme la randonnée pédestre et la planche à roulettes, les sports comme le basketball et le hockey ou toutes tâches ménagères comme passer l'aspirateur et le jardinage sont considérés comme étant des AP. Les avantages d'une pratique régulière d'AP sont nombreux et rendent cette dernière essentielle à la santé (Kino-Québec, 2011).

Sur le plan physique, la pratique fréquente et ininterrompue améliore et entretient la condition physique tant chez les jeunes que chez les adultes (Kino-Québec, 2009). Les améliorations se perçoivent par l'augmentation de l'aptitude cardiorespiratoire, l'amélioration de la composition corporelle avec une perte de poids, le développement et le maintien de la flexibilité ainsi que l'amélioration de l'endurance et la puissance musculaire. De plus, il y a une diminution du risque d'être atteint de divers problèmes de santé et d'en mourir prématurément comme les maladies cardiovasculaires, le diabète de type 2, l'ostéoporose et même certains cancers (INSERM, 2008).

Du côté cognitif, une personne en bonne condition physique éprouve moins de difficultés à exécuter des tâches liées aux études, au travail et aux activités quotidiennes et récréatives (Kino-Québec, 2011). Aussi, de plus en plus de recherches ont relevé un lien entre l'exercice physique, les fonctions cognitives, la réussite et la persévérance scolaire (Kino-

Québec, 2011). À court terme, l'exercice permettrait une activation des neurones corticaux, où l'activité cérébrale serait dans un état de relaxation favorable à l'apprentissage (Schneider et coll., 2009). De plus, les bienfaits de l'AP ne seraient pas seulement transitoires, car des résultats démontrent également des effets à long terme. Les personnes ayant une pratique régulière d'activités physiques et sportives ayant une bonne condition cardiovasculaire sont associées à un meilleur traitement de l'information (Stroth et coll., 2009).

Sur le plan scolaire, l'exercice aurait un effet bénéfique sur les résultats scolaires grâce à une amélioration des fonctions cognitives (Hillman, 2008). Il a également été démontré qu'augmenter le temps consacré à l'éducation physique améliore ou n'affecte pas de façon négative les résultats scolaires, même s'il faut pour cela réduire le nombre d'heures consacrées aux autres matières (Trudeau & Shephard, 2010). À l'inverse, diminuer le nombre d'heures d'éducation physique pour augmenter le nombre d'heures d'enseignement en classe n'améliore pas les résultats scolaires et nuit à la santé des enfants (Trudeau & Shephard, 2008).

Sur le plan psychologique, les bienfaits de l'AP sur la santé mentale constituent un domaine de recherche nouveau et intéressant. Il a été démontré que la pratique régulière d'AP améliore l'état émotionnel et le bien-être de la personne (Scott, 2000). La libération d'endorphine provoquée par l'exercice amène un état d'euphorie accrue et plus particulièrement après des exercices aérobiques (Wigal et coll., 2012). Il a été postulé que l'exercice physique agit à différents niveaux ; il amènerait une distraction par rapport aux événements désagréables et une fierté de réussir à maintenir une pratique régulière, ce qui mènerait à une amélioration de l'humeur et de la confiance en soi. (Ortega et coll., 2008). De plus, l'amélioration pourrait s'expliquer par le sentiment de contrôle et de succès dans la vie quotidienne. Aussi, l'interaction sociale qu'apporte la pratique d'exercice aiderait également à l'amélioration de la santé mentale. Enfin, la pratique d'activités physiques et sportives permet de développer un sentiment d'appartenance à une équipe, une école et ainsi créer un réseau social où les jeunes peuvent partager des goûts, des intérêts communs en plus de garder leurs bonnes habitudes de vie jusqu'à l'âge adulte (Kino-Québec, 2011).

Au plan physiologique, plusieurs explications ont été suggérées. Une des hypothèses est que l'AP déclencherait une cascade d'événements neurobiologiques comme la sécrétion de monoamine ou d'endorphine qui aboutirait à une amélioration de la santé mentale (Scott, 2000). Les principaux neurotransmetteurs impliqués dans ce mécanisme sont la noradrénaline, la dopamine et la sérotonine. Ils affectent l'excitation, l'attention, mais sont également impliqués dans la dépression et les problèmes de sommeil (Scott, 2000). Tout comme les personnes qui prennent des antidépresseurs, les gens qui pratiquent une AP régulière auraient une augmentation des sécrétions urinaires en amines (Dunn et coll., 1991). Ainsi, quel que soit le mécanisme psychologique ou physiologique sous-jacent, les bénéfices de l'exercice sont indéniables. De façon plus particulière, plusieurs études ont démontré les effets thérapeutiques de l'AP en lien avec certaines maladies mentales. À la suite d'un programme d'entraînement de 8 à 14 semaines, pratiqué à une fréquence de 3 à 4 fois par semaine pendant 20 à 30 minutes, il y a une réduction des symptômes de dépression, d'anxiété ou de panique (Stöhle, 2009). Dans une méta-analyse de 80 études, il a été démontré qu'un programme d'entraînement réduit les scores de dépression d'environ la moitié, comparativement au groupe contrôle. Les effets étaient encore plus grands dans le cas d'une population cliniquement plus sévère (p.ex., toxicomanes, post-infarctus du myocarde, etc.) (North et coll., 1990). Les effets de l'exercice sont même comparables aux antidépresseurs pour des adultes avec une dépression sévère (Blumenthal et coll., 2007). Pour ce qui est de l'anxiété, dans une méta-analyse de 11 études, il a été démontré que l'AP provoque une réduction modérée de l'anxiété chez une population sévèrement atteinte comparativement au groupe contrôle (Petruzzello et coll., 1991).

Les directives en matière d'AP au Canada indiquent le type ainsi que la quantité d'AP nécessaire pour améliorer de façon notable la santé générale. Bien qu'il n'existe pas encore de recommandations spécifiques et détaillées en matière d'AP pour chaque maladie, ces directives viennent seulement suggérer une quantité minimale afin d'avoir tous les bénéfices possibles. En ce qui concerne les enfants (5-17 ans), il est recommandé de faire au moins 60 minutes d'AP d'intensité modérée à chaque jour. Pour ce qui est des adultes

(18-64 ans), il est conseillé de faire chaque semaine au moins 150 minutes d'AP d'intensité modérée à élevée, par séances d'au moins 10 minutes (SCPE, 2012).

Bien que la pratique fréquente et ininterrompue d'AP apporte beaucoup de bénéfices pour les jeunes, une grande proportion d'entre eux n'en fait pas suffisamment. Au Québec, en 2004, chez les jeunes de 6 à 11 ans, plus d'un garçon sur quatre (26,5%) et près d'une fille sur deux (49,2%) n'atteignaient pas les recommandations canadiennes en matière d'AP (Kino-Québec, 2011). Chez les 12 à 17 ans, la situation était encore pire. Près d'un garçon sur deux (47,5%) et près de deux filles sur trois (64,7%) ne franchissaient pas le seuil d'au moins 7 heures d'AP par semaine (Kino-Québec, 2011). Des données récentes démontrent qu'environ 46 % des jeunes Canadiens font trois heures et moins de jeu actif par semaine, incluant les fins de semaine, mais passent sept heures et 48 minutes en moyenne, par jour, devant un écran de télévision, de jeu vidéo ou d'ordinateur (Jeunes en forme Canada, 2012). Il faut comprendre que cela représente autant de temps que celui passé par leurs parents au travail dans une journée.

Une étude de Santé Canada en 2004 démontrait que parmi les jeunes de 6 à 17 ans qui passaient respectivement plus de deux heures par jour et plus de vingt heures par semaine devant un écran, la prévalence d'embonpoint et d'obésité était beaucoup plus élevée que chez ceux et celles qui y passaient moins d'une heure par jour et moins de dix heures par semaine (Shields, 2005). Bien qu'aucune déduction de cause à effet ne soit possible, il a été avancé que les activités sédentaires vont de pair avec l'obésité liée à une dépense énergétique moindre, mais également à un apport calorique supérieur (Janssen et coll., 2005). Par conséquent, avec toutes ces heures consacrées aux activités sédentaires, la prévalence de l'obésité chez les jeunes a triplé au cours des trois dernières décennies (Shields, 2005). Nous retrouvons 17 % des jeunes Canadiens qui souffrent d'embonpoint et 9 % qui souffrent d'obésité (Tremblay et coll., 2010). Le faible niveau d'AP d'un trop grand nombre de jeunes est devenu un problème très préoccupant pour la santé publique et également pour notre société.

TDAH et activité physique

Malgré les effets bénéfiques de l'AP sur la santé mentale et leurs effets thérapeutiques démontrés dans certains troubles mentaux, très peu de recherches ont utilisé l'AP comme moyen principal d'intervention thérapeutique dans le TDAH. Il est établi, depuis les années 70, que l'exercice produit des augmentations à la fois sur la dopamine et la noradrénaline, et ce, dès le début de l'activité (Van Loon et coll., 1979). Les études en lien direct avec le TDAH et l'activité physique sont plutôt récentes, mais leur nombre ne cesse de croître (Thomas L. Lenz, 2012). Il est intéressant de noter que certaines études ont démontré que l'impact de la pratique d'exercice avait des points physiologiquement communs avec celui des stimulants (Wigal et coll., 2012). Effectivement, la pratique d'AP a le même effet sur les systèmes cathécholaminergiques que la médication utilisée dans le traitement du TDAH (Tompsonowski et coll. 2008). Conçu pour augmenter la quantité de neurotransmetteurs dans l'espace extraneuronale, dont plus particulièrement la dopamine, la médication a démontré au fil des années son efficacité dans le traitement de ce trouble (Hodgkins, 2012). Ainsi, la démonstration des ressemblances dans les mécanismes d'action permet de porter une attention plus particulièrement sur les effets de l'AP. En effet, il serait logique de suggérer que, dans une condition telle que le TDAH, où une dysrégulation du métabolisme des catécholamines est présumé sous-tendre la pathologie, les effets de l'exercice puissent moduler la libération de ces neurotransmetteurs et ainsi jouer un rôle dans le traitement de ce trouble (Wigal et coll., 2012).

Une hypothèse neurophysiologique de plus en plus documentée suggère que l'exercice physique induit des niveaux accrus d'adrénaline, de dopamine ainsi que de noradrénaline dans le CPF, l'hippocampe et le striatum, ce qui entraîne un effet sur le fonctionnement cognitif et l'humeur (Ma, 2008). Après l'exercice, l'augmentation du taux de dopamine améliore l'attention, la concentration et facilite l'apprentissage. De plus, l'augmentation de la noradrénaline améliore les fonctions exécutives, réduit la distraction, module l'excitation et améliore la mémoire, ce qui est favorable sur le plan des apprentissages (Winter et coll. 2007). De plus, indépendamment du type d'AP pratiqué, Lambourne & Tomporowski (2010) ont démontré que les performances cognitives après un exercice de 20 minutes

étaient toujours augmentées comparativement à la mesure pré-exercice. L'augmentation de la vigilance et du flux sanguin du CPF pendant l'exercice expliquerait l'amélioration de ces fonctions.

En outre, tout comme dans le cas des psychostimulants, l'exercice pourrait induire une augmentation des niveaux du facteur neurotrophe BDNF dans l'hippocampe. Ce facteur pourrait être impliqué dans la différenciation et la survie des neurones dopaminergiques. Une augmentation de ce facteur aurait des répercussions positives sur les symptômes du TDAH (Berwid & Halperin 2012). Pour certains chercheurs, c'est principalement cette augmentation qui sous-tendrait l'amélioration de l'attention, l'inhibition comportementale, l'apprentissage ainsi que le changement de l'affect (Tsai, 2007). L'exercice physique agit aussi sur les structures cérébrales par plusieurs mécanismes qui comprennent le maintien de la vascularisation cérébrale, l'augmentation de l'angiogenèse et de la neurogenèse, ainsi que l'amélioration de la neuroplasticité (Gapin & Labban & Etnier 2011). Pris dans leur ensemble, ce corps de preuves suggère le modèle suivant de l'effet de l'AP sur le TDAH : l'AP agirait sur la croissance des structures cérébrales et le développement neurocognitif fonctionnel, qui à son tour, pourrait avoir des effets durables sur la trajectoire du TDAH (Berwid & Halperin 2012).

Sur le plan comportemental, des études récentes ont testé l'impact de pauses pour pratiquer une AP ou encore des récréations fréquentes sur le comportement en classe. Il a été établi que les enfants passaient plus de temps sur la tâche immédiatement après ces pauses actives (Berwid & Halperin 2012). D'autres études suggèrent que l'exercice améliore aussi le fonctionnement social des enfants dans la salle de classe, générant des améliorations encore plus importantes chez les enfants ayant des comportements perturbateurs, comparativement au groupe contrôle (Trudeau & Shephard, 2010). Il existe des preuves, quoique limitées, que l'AP ait un impact positif sur les comportements des enfants TDAH en milieu scolaire et que l'exercice est bénéfique à l'amélioration des fonctions comportementales et cognitives (Tomporowski, 2003). Tel que qu'élaboré par Gapin et coll., ces résultats suggèrent que l'AP puisse être un complément efficace à la médication afin de réduire les difficultés comportementales qui interfèrent avec l'apprentissage et le progrès académique

(Gapin & Labban & Etnier 2011). L'exercice peut également être utilisé pour les enfants qui ne répondent pas aux traitements médicamenteux ou si les effets secondaires à la médication sont trop importants.

Tout comme dans le cas de la prise des stimulants, si la pratique d'AP n'est pas maintenue, ses effets sur les processus cognitifs et comportementaux reviennent à des niveaux pré-exercice. Autrement dit, lors de l'arrêt de l'exercice, les symptômes du TDAH reviennent comme avant pour ces enfants. Par ailleurs, le meilleur facteur dose-réponse n'a pas encore été démontré. D'autres recherches doivent être réalisées pour permettre de définir l'exercice (type, durée, intensité et fréquence), afin de mieux définir la durée de la fenêtre post-exercice où le fonctionnement est amélioré (Wigal et coll. 2012). Il est donc possible de croire que l'AP joue un rôle à la fois direct et indirect sur les systèmes cathécholaminergiques, qui devraient jouer un rôle clé dans la physiopathologie du TDAH, mais de toute évidence, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour valider ces faits.

TDAH et condition physique des jeunes

Avant d'étudier l'effet de l'AP chez les jeunes ayant un TDAH, il est pertinent de vérifier si, de prime à bord, il existe des différences entre les jeunes ayant un TDAH et les autres sans ce trouble de la condition physique. Premièrement, en ce qui concerne leur capacité aérobique, la flexibilité, l'endurance et de leur puissance musculaire, Verret et coll. ont évalué 70 jeunes âgés entre 7 et 12 ans et ont démontré qu'il n'y a aucune différence entre les jeunes atteints de TDAH et une population contrôle (Verret et coll., 2010). Autrement dit, la capacité physique, avec les paramètres étudiés, d'un enfant avec ce trouble est semblable aux autres. En ce sens, une étude a aussi rapporté que malgré la présence d'un TDAH avec hyperactivité, les jeunes ne possèdent aucun avantage physique et même qu'ils sont plus à risque d'avoir des déficits moteurs ainsi que des faibles niveaux de condition physique. (Harvey & Reid, 2003).

Une différence entre les enfants atteints de TDAH a été démontrée dans une étude et elle se retrouve sur le plan de la composition corporelle. Les enfants avec médication ont un IMC plus faible que les autres (Verret et coll., 2010). Ce résultat peut être en lien avec le retard de croissance souvent signalé chez les jeunes atteints de TDAH pendant le traitement stimulant (Swanson et coll., 2007). En effet, l'impact des médicaments sur le taux de croissance a été l'objet de plusieurs études. Une atténuation de la croissance en poids pourrait être liée à la suppression de l'appétit au début du traitement et un retour à la partition normale après quelques mois (Poulton, 2005). Par contre, dans l'étude d'Ebenegger, réalisée en 2011, les jeunes TDAH avec médication n'étaient pas associés à un IMC plus faible, mais ils avaient un plus faible pourcentage de graisse que les autres. Ce résultat s'explique, selon leur étude, par une plus grande dépense énergétique. Ainsi, les effets potentiellement négatifs de la médication n'affecteraient pas la composition corporelle (Ebenegger, 2011).

D'une part, compte tenu des résultats divergents à ce sujet, les effets réels de la médication sur la composition corporelle des jeunes ne sont pas totalement établis (Verret et coll., 2010). D'autre part, dans une étude publiée en 2000, selon l'IMC, la proportion du surpoids et d'obésité était plus élevée dans le groupe d'enfants atteints de TDAH sans médication et dans le groupe des enfants asymptomatiques par rapport à la prévalence de la surcharge pondérale canadienne et de l'obésité pour les garçons (Tremblay & Willms, 2000). Les mécanismes liés au gain de poids pourraient différer entre les populations et une grande prévalence de jeunes et d'adultes TDAH serait observée dans les programmes de gestion du poids. Chez les TDAH, l'impulsivité est provisoirement proposée pour expliquer cette large représentation, mais sans plus de détails (Agranat-Meged et coll., 2005)

D'autres études se sont intéressées à la locomotion chez les jeunes ayant un TDAH. Harvey et coll. (2009) rapportent que la capacité motrice chez les enfants atteints de TDAH avec ou sans médication est plus faible comparativement à leurs pairs sans TDAH. Ces auteurs concluent que les différences rapportées dans les habilités motrices des enfants atteints de TDAH comparativement aux autres enfants pourraient être dues à un manque dans les aptitudes physiques et sociales, à une incapacité de contrôler sa performance, aux

contraintes dues aux comorbidités et à leur motivation, mais que cela doit être étudié davantage. De plus, dans cette même étude, ils rapportent que malgré le déficit moteur, les enfants avec TDAH ont une bonne connaissance des termes spécifiques au domaine pour les différentes actions ou jeux, mais ne sont pas en mesure de les effectuer correctement (Harvey et coll., 2009). Cependant, cette compréhension des différentes AP est superficielle. En effet, les enfants TDAH peuvent indiquer le mouvement approprié dans la bonne terminologie, mais ne possèdent pas une compréhension complète du choix des mouvements et des facteurs de performances afin d'effectuer ce mouvement parfaitement (Harvey et coll., 2009).

Enfin, concernant leurs habitudes de vie, les jeunes atteints de TDAH pratiquent plus longtemps une AP intense que leurs pairs sans trouble. Ils passent aussi plus d'heures devant la télévision, mais ils passent moins de temps à des activités sédentaires. Par conséquent, ils bougent régulièrement, et cela même devant la télévision (Ebenegger et coll., 2011). De plus, les jeunes avec TDAH qui ont de bonnes habitudes de vie pourraient présenter moins de problèmes mentaux. En effet, Kiluk et coll. (2009) ont démontré que les jeunes atteints de TDAH pratiquant 3 sports ou plus présentent moins de symptômes d'anxiété et de dépression que les autres moins actifs.

TDAH et résultats après une séance d'activité physique

Des études chez les sujets asymptomatiques ont démontré une corrélation positive entre différents types de séances d'AP avec des charges différentes (intensité et durée différentes) ainsi que des tâches cognitives. De telles activités entraînent, en général, une amélioration du temps de réaction dans les tâches étudiées (Tomporowski 2003). Sur le modèle d'une seule prise d'un médicament, quelques études ont évalué si quelques minutes d'AP pouvaient avoir un impact positif sur les symptômes du TDAH. Medina et coll. (2010) ont démontré qu'après une séance de 30 minutes sur tapis roulant, les jeunes atteints de TDAH faisaient preuve d'une attention accrue, une diminution de l'impulsivité, une augmentation de la vitesse de réaction et une plus grande stabilité dans l'ensemble de ces paramètres. Ces

améliorations n'étaient pas différentes de celles observées chez des sujets asymptomatiques dans l'étude de Tomporowski en 2003 (Medina et coll., 2010).

Chang et coll. (2012), ont rapporté qu'après une seule séance de course de 30 minutes sur tapis roulant, il y avait une amélioration des fonctions exécutives chez les enfants atteints de TDAH. Plus précisément, les résultats des différents tests utilisés dont le Stroop test et le WCST suggèrent que l'exercice aérobique facilite l'inhibition et amène un réaménagement positif dans les neurotransmetteurs qui sont responsables des principaux dysfonctionnements de l'exécutif dans le TDAH. Ces auteurs tentent d'expliquer ces améliorations induites par l'exercice par une redistribution plus importante des ressources vers la capacité d'attention, une activation du cortex préfrontal dorsolatéral et d'une augmentation de la libération de dopamine. Plus récemment, Pontifex et coll. (2013) retrouvent des résultats similaires (Pontifex et coll., 2013). Après une seule séance d'AP de 20 minutes de tapis roulant à 65-75 % de leur fréquence cardiaque maximale (une intensité moyenne à élevée), les jeunes avec TDAH présentent des améliorations globales dans le contrôle inhibiteur, l'allocation des ressources attentionnelles, l'amélioration de l'attention sélective et l'amélioration de la vitesse de traitement. De plus, la séance d'exercice semble procurer des plus grandes améliorations chez les jeunes atteints de TDAH que chez les sujets sans TDAH. Ces effets positifs sur la fonction neurocognitive peuvent présenter également un intérêt pour les performances scolaires chez tous les enfants. Il a été démontré que l'exercice induisait des améliorations dans les domaines de la compréhension de la lecture et de l'arithmétique chez les jeunes ayant un déficit sur le plan de l'inhibition (Pontifex et coll., 2013).

Par contre, les mécanismes des effets de l'AP sur le TDAH sont inconnus. L'amélioration des fonctions exécutives pourrait être due, selon Halperin et Healey (Halperin et Healey, 2010), à un ajustement des neurotransmetteurs et des fonctions cérébrales. Cette hypothèse est appuyée par les études animales et humaines. Chez les rongeurs, il a été démontré qu'une séance d'exercice sur un tapis roulant amenait une performance accrue sur le plan moteur et entraînait des concentrations de dopamine plus élevées dans les tissus du striatum, ce qui suggère l'influence de l'exercice sur la neurotransmission dopaminergique

(Petzinger et coll., 2007). Des résultats similaires ont été démontrés chez les sujets humains. L'exercice apportant une augmentation de la synthèse de dopamine ainsi que la réduction de l'inhibiteur des neurones dopaminergiques (Foley et Fleshner, 2008).

Les résultats des études rapportées suggèrent qu'une séance d'exercice aérobique d'intensité moyenne puisse être un outil dans le traitement non pharmacologique chez les enfants TDAH. Cet intérêt croissant sur l'effet thérapeutique d'une séance d'AP est à la fois pertinent et compatible avec les différents objectifs publiés pour le traitement du TDAH (American Academy of Pediatrics, 2011). Comparativement à un traitement pharmacologique, il n'y a pas encore de données sur la durée de l'effet, la demi-vie et la persistance des améliorations dans le temps d'une séance d'exercice physique. Seuls quelques résultats controversés suggèrent que les améliorations cognitives pourraient persister au moins 60 minutes après l'arrêt de l'exercice (Hillman et coll., 2009). De toute évidence, d'autres recherches sont nécessaires afin de caractériser la durée et le potentiel des effets positifs de l'AP sur la fonction cognitive, mais également sur tous les autres aspects affectés par ce trouble.

TDAH et résultats après un programme d'entraînement

Les changements obtenus après une seule séance d'exercice amènent à considérer la participation à des programmes de séances d'exercice comme intervention dans le traitement du TDAH. Cette hypothèse est appuyée par plusieurs données de la littérature. Chez le sujet normal, il a été démontré qu'une plus grande participation à l'AP de façon chronique et une bonne capacité aérobique entraînent un développement des tissus cérébraux ainsi qu'une plus grande capacité à recruter les ressources neuronales dans les régions frontales et pariétales. De plus, il y aurait également une amélioration fonctionnelle dans les processus neuronaux, liés à la répartition attentionnelle (Pontifex et coll., 2013). Ainsi, les jeunes atteints de TDAH qui pratiquent régulièrement de l'AP devraient présenter des améliorations à court et à long terme.

La première étude ayant utilisé un programme d'entraînement comme outil d'intervention chez les enfants atteints de TDAH est celle de Verret et coll., (Verret et coll., 2010). Ils ont mis en place un programme d'AP de 10 semaines à raison de trois fois par semaine avec des séances de 45 minutes. Il y avait 21 jeunes TDAH, séparés en deux groupes (AP et contrôle). Les mesures prises étaient en lien avec de la capacité aérobique (Bruce test), la performance motrice (TGMD-2), le comportement (CBCL) de même que sur le plan neuropsychologique (TEA-Ch). Les résultats montrent un impact positif sur la puissance motrice, plus précisément par rapport à la locomotion et de la compétence motrice des jeunes avec TDAH participant au programme d'entraînement comparativement au groupe contrôle. De plus, sur le plan du comportement, il y avait des améliorations dans certaines mesures observées du CBCL, tant par les parents que par les enseignants. Il y avait moins de problèmes totaux, de problèmes sociaux, de problèmes de la pensée et de problèmes d'attention. Aussi, le programme d'AP a su permettre une amélioration dans le traitement de l'information avec une attention mesurée par le Sky Search test (TEA-Ch).

Kang et coll. (Kang, 2011). Leur programme incluait une séance de 90 minutes, à raison de deux fois par semaine pendant 6 semaines. Durant la séance, en plus d'un échauffement et d'un retour au calme, il y avait 35 minutes d'activité aérobique, 20 minutes d'AP ayant un objectif précis tel que le travail sur la concentration ou l'agilité, ainsi que 20 minutes d'éducation et de relaxation assise. À la fin, c'est 28 jeunes qui ont été évalués sur leurs symptômes du TDAH (K-ARS-PT, WISC et le Trail Making Test) et sur leurs compétences sociales (SSRS). Le programme d'entraînement a eu pour effet d'améliorer les symptômes d'attention, spécifiquement l'inattention. De plus, selon le digital symbol score (WISC) et le Trail Making Test, il y avait une amélioration de la fonction cognitive. Une amélioration était également présente sur le plan des compétences sociales, plus particulièrement dans l'esprit de coopération chez les jeunes TDAH. Les auteurs de cette étude concluent que le programme d'AP peut soulager les symptômes du TDAH et peut être considéré comme l'un des traitements d'appoint pour ces jeunes.

Lufi et Parish-Plass (Lufi, 2011) ont aussi utilisé une intervention pendant une longue période de temps, soit une année scolaire entière. Cependant, elle était à raison d'une seule

séance par semaine qui durait 90 minutes, dont 60 minutes étaient consacrées à l'AP et les trente premières minutes étaient dédiées à la discussion en groupe dirigée par un psychologue. En combinant l'AP à cette thérapie comportementale, les enfants ont présenté des améliorations significatives dans toutes les mesures effectuées (ASQ-T, YSR et le CBCL). De façon plus précise, une amélioration était présente dans deux domaines de comportement, soit la diminution de l'anxiété et l'augmentation en somatique. Ainsi, il y avait une diminution des symptômes de TDAH, et ce, sur quatre mesures du comportement évalué par l'échelle Achenbach (l'agressivité, l'anxiété, l'attention et le social). De plus, ces améliorations ont été maintenues également un an plus tard.

Ameri et coll. (Ameri, 2012) ont également utilisé un programme d'entraînement dans leur étude. Leur objectif était de vérifier les effets de l'exercice et d'un apport en calcium sur la densité osseuse des enfants atteints de TDAH. Le programme d'intervention incluait des séances d'activité de 50 minutes, à raison de trois fois par semaine sur une durée de 9 mois. La participation à ce programme avec un supplément en calcium a entraîné une augmentation de 35,92% de la densité osseuse chez les sujets avec TDAH, comparativement aux contrôles. Bien que la combinaison des deux interventions était très bénéfique, l'exercice seul entraînait de meilleurs résultats que l'apport en calcium seul.

Finalement, plus récemment, Smith et coll. (Smith 2013) ont utilisé un programme d'entraînement de séances de 30 minutes à raison de cinq fois par semaines pendant 9 semaines. C'est 14 jeunes qui ont été évalués sur leurs performances motrices (BOT-2, Motor timing task, Shape School, Mazes, Finger Windows, Sentence Memory, Numbers Reversed, Red light/Green light et Simon Says) ainsi que sur leur comportement (Conners et observations journalières du comportement). Les résultats démontrent également des améliorations sur le plan moteur et cognitif, ainsi que du fonctionnement social et comportemental chez les jeunes ayant un TDAH. Plus particulièrement, les mesures de l'inhibition (Shape School et Red light/Green light) sont celles ayant les meilleures améliorations. Cette étude confirme également que les effets de l'AP sur le comportement et sur le fonctionnement social peuvent s'étendre au-delà de la période d'activité. Des mesures hebdomadaires du comportement (Conners et observation), établies par les

enseignants, démontrent les effets que peut avoir l'AP avant les cours sur les jeunes TDAH. Ainsi, ces résultats aident à fournir d'autres preuves pour les organisations de la santé publique qui visent à encourager la participation régulière de l'AP chez les jeunes atteints de TDAH.

Bien que les résultats de ces études doivent être interprétés en tenant compte de leurs limites méthodologiques, l'AP semble tout de même être bénéfique pour les enfants atteints de TDAH. Tous ces auteurs recommandent de maximiser les participations à des séances d'AP structurées. Étant donné que des recherches antérieures ont montré que les enfants avec TDAH sont moins susceptibles de participer à une AP vigoureuse et à des sports organisés (Kim et coll., 2011), l'encouragement et la motivation de ces enfants à être physiquement actif peut avoir des effets positifs sur la fonction cognitive et l'inhibition (Pontifex et coll., 2013). Les différents résultats présentés, qui démontrent des effets positifs à la fois chez les enfants avec TDAH et chez les jeunes sans TDAH, fournissent un soutien supplémentaire aux recommandations en matière de pratique d'AP chez les jeunes, favorisant l'intégration de courtes périodes d'exercices pendant la journée d'école dans le cadre d'une approche globale d'AP en milieu scolaire.

Enfin, malgré la démonstration au fil des années de l'efficacité du traitement pharmacologique, il reste néanmoins certaines limites. L'importance des effets secondaires, la contre-indication dans certaines situations ou la faible, voire même la non-réponse au traitement pharmacologique démontrent les besoins d'avoir d'autres modalités afin de traiter convenablement les symptômes du TDAH pour chaque enfant. Les effets positifs de l'AP sur le TDAH ont amplement été démontrés. Ainsi, la possibilité que l'AP pourrait être considérée comme une option pour le traitement du TDAH est à explorer. Les dernières avancées nous amènent donc à considérer le projet de combiner les stratégies afin d'obtenir un traitement plus efficace. En plus de leur rareté, la plupart des études qui ont exploré l'effet de l'AP sur le TDAH n'ont pas exploré l'effet de la combinaison de l'AP à la médication. C'est pourquoi l'objectif de ce mémoire est d'évaluer l'impact de l'AP associée ou non à la médication sur le TDAH chez des enfants d'âge scolaire. Notre hypothèse est la suivante : les jeunes ayant une pratique régulière d'AP, combinée à leur

médication, auront une plus grande amélioration de leurs symptômes du TDAH, comparativement à ceux qui pratiquent uniquement l'exercice physique.

Chapitre II

Article 1

Titre

L'impact de l'activité physique avec ou sans médication sur le Trouble déficitaire de l'attention/hyperactivité (TDAH)

Simard, Philippe^{1,2}, Ben Amor, Leila^{1,3,4}

¹ Centre de recherche du Centre hospitalier affilié universitaire Hôtel-Dieu de Lévis (CHAU); ² Département de kinésiologie, Université Laval; ³ Département de psychiatrie, Université de Montréal; ⁴ Département de psychiatrie & Centre de recherche, CHU Sainte Justine, Montréal (Québec) Canada

Journal of Attention Disorders (En préparation de soumission)

Résumé

Objectif : L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de l'activité physique (AP) associée ou non à la médication sur le TDAH chez des enfants d'âge scolaire. Méthodes : Les participants (N total = 141) âgés de 8-12 ans, ont été répartis en 4 groupes: un groupe d'enfants avec TDAH et recevant une médication, un groupe d'enfants avec TDAH ne recevant pas de médication et 2 groupes d'enfants sans TDAH. Les 2 groupes d'enfants avec un TDAH et un groupe d'enfants sans TDAH ont été évalués au niveau comportemental (Child Behavior Checklist-CBCL) et neuropsychologique (test Séquence de Chiffres et Séquence de Lettres-Chiffres, test Marche-Arrête, Bloc de corsis et Stroop) avant et après un programme d'activité physique. Seul un groupe d'enfants sans TDAH n'a pas participé à ce programme, et a été évalué avant et après le même intervalle de temps. Le programme d'entraînement incluait des séances d'activités de 30 minutes à raison de trois fois par semaine pendant 13 semaines. Résultats : Les résultats démontrent que le programme d'entraînement améliore la majorité des comportements et plusieurs fonctions cognitives (la mémoire auditive, les capacités de séquençage, la concentration, l'attention sélective, l'inhibition et la vitesse d'exécution) aussi bien chez les enfants avec TDAH que chez les contrôles. Comparé aux enfants sans TDAH, ce programme améliore de façon plus significative les jeunes avec un TDAH au niveau des comportements d'inattention / hyperactivité et des plaintes/problèmes somatiques. Parmi les enfants avec un TDAH, aucune différence significative n'a été notée entre le groupe sous médication et celui sans médication. Conclusion : L'activité physique a un impact positif tant sur le plan comportemental que cognitif chez les enfants d'âge scolaire. Nos résultats suggèrent que l'impact de l'AP pourrait être plus important chez les jeunes ayant un TDAH, tant sur les comportements liés au trouble que certains comportements associés. L'amélioration de ces comportements après un programme d'AP ne semble pas plus grande chez les enfants avec un TDAH sous traitement pharmacologique que ceux sans médication.

Introduction

Le trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) est un trouble neurobiologique avec une forte composante génétique étiologique. Il affecte de 3 à 5 % des jeunes Québécois (Guay 2006). Selon le DSM IV (APA, 2003), ce trouble est caractérisé par la présence persistante de comportements d'inattention et/ou de comportements d'hyperactivité/impulsivité avec un impact sur le fonctionnement de l'enfant. En plus, plusieurs enfants atteints de TDAH souffrent de comorbidités psychiatriques, dont les plus fréquents sont les troubles oppositionnels, les troubles anxieux, les troubles de conduites et la dépression (Barkley, 2006). Ce trouble peut persister avec les années et plus de 50 % des enfants atteints garderont des symptômes à l'âge adulte (Vincent, 2010). L'impact des difficultés comportementales et attentionnelles du TDAH s'observe dans les activités familiales, scolaires, et sociales. D'abord, le TDAH peut créer des tensions intrafamiliales puisque cette demande attentionnelle supplémentaire, et le comportement perturbateur de l'enfant peuvent rendre les activités et les relations familiales plus difficiles. Au niveau scolaire, les difficultés peuvent affecter les capacités d'apprentissage et le rendement scolaire. Au niveau social, ce trouble retentit sur les relations avec les pairs et les adultes qui les prennent en charge dans les activités. Toutes ces difficultés finissent par retentir sur l'estime de soi de la personne. Les échecs scolaires, les difficultés sociales et le manque de confiance du jeune peuvent s'aggraver si le TDAH n'est pas traité adéquatement.

La modalité thérapeutique la plus couramment utilisée dans le traitement du TDAH est le traitement pharmacologique (Rief 2005). Selon les lignes directrices du collège des médecins du Québec, les stimulants du système nerveux central sont les médicaments à utiliser en première intention dans le TDAH. Dans cette classe se trouve la méthylphénidate [formule de courte (Ritalin) et de longue durée (Concerta, Biphentin)] et les sels d'amphétamines [formule de courte (Dexedrine), et de longue durée (AdderallXR et Vyvanse)] (Collège des médecins du Québec, 2001). Il existe également une autre classe de médicaments pour le TDAH, les non-stimulants, L'atomoxétine (Strattera), mais avec moins d'efficacité que les stimulants (Newcorn et al, 2008) et récemment le chlorhydrate de guanfacine (Intuniv XR). À court terme, la médication traite les symptômes

d'hyperactivité, d'impulsivité et d'inattention et améliore les performances scolaires et le fonctionnement social de l'enfant (Willemijn, 2009). Par contre, le traitement pharmacologique peut s'accompagner d'effets secondaires, les plus courants sont les maux de tête, les problèmes de sommeil et la perte d'appétit (Lee 2011). Bien que controversées, plusieurs études ont rapporté que les stimulants pourraient également affecter la croissance des enfants, et ce, dès les premières années de traitement (Willemijn, 2009). De plus, les médicaments ont un effet stimulant sur le cœur et les vaisseaux sanguins et peuvent augmenter le risque cardio-vasculaire chez les enfants ayant des problèmes cardiaques, d'hypertension artérielle ou d'athérosclérose.

Les effets secondaires du traitement pharmacologique expliquent une partie du problème général de la non-observance du traitement pharmacologique. En effet, afin d'éviter certains effets secondaires, les parents peuvent être tentés de jouer avec la posologie et ainsi diminuer l'efficacité du produit (Willemijn, 2009). La faible ou la non-réponse au traitement peut aussi contribuer à la non-observance du traitement. En effet, le taux de réponse positive aux psychostimulants est généralement de l'ordre de 80 % c'est-à-dire qu'il y a environ 20 % des jeunes chez qui la médication n'a aucun effet sur leurs symptômes (Collège des médecins du Québec, 2001). L'importance des effets secondaires, la contre-indication dans certaines situations ou la faible voire non-réponse au traitement pharmacologique, sont souvent à l'origine de la combinaison de plusieurs médicaments, ou de l'association du traitement pharmacologique à d'autres modalités thérapeutiques, dont les interventions comportementales ou cognitives (MTA, 1999).

Les bienfaits de l'activité physique (AP) sur la santé mentale constituent un nouveau et intéressant domaine de recherche. Il a été démontré que la pratique régulière d'AP améliore l'état émotionnel et le bien-être de la personne (Scott, 2000). Au niveau psychologique, il a été postulé que l'exercice amène une distraction par rapport à des événements désagréables et une fierté de réussir à maintenir une pratique régulière, ce qui amènerait à une amélioration de l'humeur et de la confiance en soi. De plus, l'amélioration pourrait s'expliquer par le sentiment de contrôle et de succès dans la vie quotidienne. Enfin, l'interaction sociale qu'apporte la pratique d'exercice aiderait également à l'amélioration de

la santé mentale. Au plan physiologique, plusieurs explications ont été suggérées. Une des hypothèses est que l'AP déclencherait une cascade d'évènements neurobiologiques comme la sécrétion de monoamine ou d'endorphine qui aboutirait à une amélioration de la santé mentale (Scott, 2000). Ainsi, malgré les controverses sur le mécanisme psychologique ou physiologique sous-jacent, les bénéfices de l'exercice sont indéniables. En particulier, plusieurs études ont démontré la réduction des symptômes de dépression, d'anxiété ou de panique, après un programme d'entraînement de 8 à 14 semaines, à une fréquence de 3 à 4 fois par semaine pendant 20 à 30 minutes (Stöhle, 2009).

Pour le TDAH, très peu de recherches ont utilisé l'AP comme moyen principal d'intervention thérapeutique. Les études en lien direct avec le TDAH et l'AP sont plutôt récentes, mais leur nombre ne cesse de croître (Thomas L. Lenz, 2012). Il est intéressant de noter que certaines études ont démontré que l'impact de la pratique d'exercice avait des points physiologiquement communs avec celui des stimulants (Wigal et coll., 2012). Effectivement, comme la médication utilisée dans le traitement du TDAH, la pratique d'AP a un effet sur les systèmes cathécholinergiques (Tomporowski et coll. 2008). L'AP agit aussi sur les structures cérébrales par plusieurs mécanismes qui comprennent le maintien de la vascularisation cérébrale, l'augmentation de l'angiogenèse et de la neurogenèse, ainsi que l'amélioration de la neuroplasticité (Gapin & Labban & Etnier 2011). Autant sur le plan physiologique que structurel, ces études suggèrent un modèle où l'AP agirait sur la croissance des structures cérébrales et le développement neurocognitif fonctionnel, qui à son tour, pourrait avoir des effets durables sur la trajectoire du TDAH (Berwid & Halperin 2012). Par contre, tout comme dans le cas de la prise des stimulants, si la pratique d'AP n'est pas maintenue, ses effets sur les processus cognitifs et comportementaux reviendraient à leur niveau antérieur. Autrement dit, lors de l'arrêt de l'exercice, les symptômes du TDAH reviennent comme avant pour ces enfants. (Wigal et coll. 2012).

Sur le modèle d'une seule prise d'un médicament, 3 études (Medina et coll., 2010 ; Chang et coll., 2012 ; Pontiflex et coll., 2013) ont évalué si quelques minutes d'AP (20-30) de tapis roulant à 65-75 % de leur fréquence cardiaque maximale (une intensité moyenne à élevée) pouvaient avoir un impact positif sur les symptômes du TDAH. Ces études ont

démontré qu'après une séance d'AP, les jeunes atteints de TDAH (N total = 25) faisaient preuve d'une attention accrue, une diminution de l'impulsivité, une augmentation de la vitesse de réaction comparativement au groupe contrôle (Medina et coll., 2010). De plus, il y avait également une amélioration des fonctions exécutives (Chang et coll., 2012 ; Pontiflex et coll., 2013). Enfin, la séance d'exercice semble procurer des plus grandes améliorations chez les jeunes atteints de TDAH que chez les sujets sans TDAH (Pontiflex et coll., 2013).

Les changements obtenus après une seule séance d'exercice ont amené à considérer la participation à des programmes de séances d'exercice comme intervention dans le traitement du TDAH. À notre connaissance, seulement 4 études ont été réalisées dans cet objectif. Verret et coll. (Verret et coll., 2010) ont comparé 21 jeunes avec un TDAH à un groupe contrôle après un programme d'AP de 10 semaines à raison de trois fois par semaine avec des séances de 45 minutes. Les résultats montrent un impact positif sur la puissance motrice, sur le comportement (mesuré par le CBCL parents et enseignants) et le traitement de l'information (attention mesuré par le test Sky Search (Tea-Ch). De plus, Kang et coll. (Kang et coll., 2011) ont utilisé un programme d'AP qui incluait une séance de 90 minutes (dont 35 minutes d'activité aérobique, 20 minutes d'AP ciblée sur la concentration ou l'agilité et 20 minutes d'éducation et de relaxation assise), à raison de deux fois par semaine pendant 6 semaines chez 28 jeunes avec un TDAH. Le programme d'entraînement a eu pour effet d'améliorer les symptômes d'inattention, le fonctionnement cognitif (le digital symbol score du WISC et le Trail Making Test), ainsi que les compétences sociales (l'esprit de coopération) chez les jeunes avec un TDAH.

Plus récemment, Smith et coll. (Smith, 2013) ont utilisé chez 14 jeunes avec un TDAH, un programme d'entraînement de séances de 30 minutes à raison de cinq fois par semaines pendant 9 semaines. Les résultats démontrent également des améliorations sur le plan moteur et cognitif (Shape School et Red light/Green light), ainsi que du fonctionnement social et comportemental. Cette étude confirme également que les effets de l'AP sur le comportement et sur le fonctionnement social peuvent s'étendre au-delà de la période d'activité. Finalement, Lufi et Parish-Plass (Lufi et coll., 2011) ont utilisé une intervention

pendant toute une année scolaire, à raison d'une seule séance par semaine qui durait 90 minutes, dont 60 minutes étaient consacrées à l'AP et les trente premières minutes étaient dédiées à la discussion en groupe dirigé par un psychologue. Cette combinaison de l'AP à la thérapie de groupe a entraîné la diminution de l'anxiété et des symptômes de TDAH (Conners' Abbreviated Questionnaires, Youth Self-Report et CBCL). De plus, ces améliorations ont été maintenues également un an plus tard.

En résumé, malgré la démonstration de son efficacité, le traitement pharmacologique du TDAH comporte certaines limitations (les effets secondaires, la contre-indication dans certaines situations ou la faible voire la non-réponse). D'où l'importance de considérer d'autres modalités thérapeutiques afin de contrôler convenablement les symptômes du TDAH. Les études des effets de l'AP sur le TDAH sont de plus en plus convaincantes. Cependant, en plus de la rareté de ces études, la possibilité que l'AP puisse être considérée comme une option de traitement du TDAH, combinée ou non à la médication, n'a jamais été explorée.

Objectif

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de l'AP associée ou non à la médication sur le TDAH chez des enfants d'âge scolaire. Notre hypothèse est que comparativement à la pratique de l'exercice physique seul, la pratique régulière d'AP combinée à la médication, entraîne une plus grande amélioration du TDAH.

Méthodes

Recrutement

Le recrutement des participants s'est fait à partir des écoles de la région de Lévis (Québec, Canada). D'abord, l'information sur le projet de recherche a été communiquée à la commission scolaire régionale, qui a diffusé l'information dans les écoles de la région

desservie. La liste des écoles intéressées par le projet nous a été communiquée. Parmi ces écoles, seules celles qui disposent de locaux suffisants (un gymnase disponible sur l'heure du dîner) pour l'organisation de séances d'activité physique ont été retenues. Le recrutement et les programmes d'activité physique se sont déroulés en 2 sessions entre mai 2012 et avril 2013. Cette recherche a été approuvée par le comité d'éthique de la recherche du Centre de recherche du Centre Hospitalier affilié universitaire l'Hôtel-Dieu de Lévis (CHAU). Un formulaire de consentement était signé par les parents et les enfants.

Participants

Les participants ayant consenti à participer à l'étude ont été subdivisés en 4 groupes :

Le premier groupe est composé de jeunes ayant un TDAH, recevant de la médication et qui ont participé au programme d'exercices (pour ce groupe, nous utiliserons l'abréviation suivante : TDAH + AP + Rx). Le second groupe est composé d'enfants ayant un TDAH, n'ayant jamais reçu de médication et participants au programme d'entraînement (pour ce groupe, nous utiliserons l'abréviation suivante : TDAH + AP - Rx). Le troisième groupe est constitué d'enfants sans TDAH participant au programme d'entraînement (pour ce groupe, nous utiliserons l'abréviation suivante : Sans TDAH + AP). Le dernier groupe est composé de jeunes sans TDAH ne participant pas au programme d'exercices (pour ce groupe, nous utiliserons l'abréviation suivante : Sans TDAH - AP). Il faut noter que dans le dernier groupe, 9 participants avaient commencé le programme d'entraînement, mais ils avaient quitté dans les premières semaines d'activités. Les motifs de désistement étaient le manque de motivation et d'intérêt (n = 5), un conflit d'horaire (n = 1) et l'absence d'amis dans le groupe (n = 3).

Critères d'inclusion

Présence/ Absence de TDAH :

La présence ou absence de diagnostic de TDAH était basée sur l'entrevue semi-structurée Diagnostic Interview Schedule for Children Version IV (DISC-IV), version parentale

(Shaffer, 2000). Ce questionnaire permet d'évaluer les diagnostics psychiatriques chez les enfants et les adolescents. De plus, le diagnostic reposait aussi sur le questionnaire Connors rating scales 3^e édition (Connors C.K., 2008). Les parents et les enseignants ont complété la version courte du questionnaire. Cet instrument est conçu pour évaluer les symptômes du TDAH et les problèmes de comorbidité chez les enfants et les adolescents âgés de 6 à 18 ans. Les coefficients de fiabilité de ce test pour la version des parents et des enseignants sont également excellents (respectivement, $r = 0,91$ et $0,94$) (Kao & Thomas, 2010). Cet outil est composé de six échelles: l'inattention, l'hyperactivité/impulsivité, les problèmes d'apprentissage, le fonctionnement exécutif, les agressions et les relations sociales. Il faut noter que lorsque les résultats du DISC-IV ne concordaient pas avec ceux des Connors pour établir un diagnostic, un consensus clinique fait par un pédopsychiatre a été établi en prenant en considération toutes les données obtenues avant le programme d'entraînement.

Critères d'exclusion

Les jeunes ayant un trouble mental ou physique qui interfère avec le déroulement de l'étude (p.ex. handicap physique, psychose, TED, déficience intellectuelle, etc.) étaient exclus de notre étude.

Programme d'entraînement

Le programme d'activité physique se déroule sur 13 semaines consécutives, incluant une semaine sans activité au milieu du programme (cette semaine correspond à la semaine de vacances scolaires du printemps qui a lieu au début du mois de mars). Le programme inclut trois séances d'activité physique par semaine. Chaque séance dure 30 minutes. Les séances sont organisées à la pause du midi, au gymnase de l'école. L'activité comprend un temps d'échauffement de 5 minutes, suivi d'exercices aérobiques sous forme de jeux de 20 minutes, et se termine par une période de retour au calme de 5 minutes. L'objectif d'entraînement était d'avoir la plus grande dépense calorique en 30 minutes. Pour ce faire, différents exercices aérobiques ont été utilisés afin d'avoir une variété d'activités et ainsi de

garder l'intérêt des participants (p.ex. soccer, basketball, jeux de ballons, course à obstacles). Les intensités ciblées allaient de modérées à intenses et étaient mesurées par un cardiofréquencemètre (Polar, RX300X) sur plusieurs séances pour la majorité des participants. Le programme s'est déroulé dans trois écoles primaires sur deux sessions hivernales. Les écoles sont toutes dans la même commission scolaire et se retrouvent à un maximum de 25 kilomètres entre elles. Les séances étaient animées par deux personnes qualifiées en activité physique et spécialement formées pour cette étude. Le déroulement et les activités étaient les mêmes dans chaque école.

Mesures

Tous les participants ont été évalués dans un délai de deux semaines avant le début du programme d'activité et dans un délai de deux semaines après la fin de celui-ci. Le groupe qui ne participait pas au programme d'activité physique (Sans TDAH - AP) a été évalué à 12 semaines d'intervalles soit avant et après le programme. Les évaluations neuropsychologiques pré et post interventions ont été effectuées par des professionnels de recherche en aveugle quant au statut d'appartenance des participants aux différents groupes. Les professionnels de recherche sont spécialement formés pour effectuer ces tests dans tous les projets du centre de recherche.

Mesures comportementales

Le Child Behavior Checklist (CBCL) pour les jeunes âgés de 6 à 18 ans rempli par les parents (Achenbach, 2001) : Les parents avaient un délai de deux semaines avant le début du programme et après la fin pour renvoyer le questionnaire à l'école. Ce questionnaire évalue les problèmes comportementaux et les problèmes émotionnels des enfants et des adolescents. Il a un excellent coefficient de fiabilité ($r = 0,90$) (Achenbach, 2001). Il est largement utilisé dans les milieux cliniques et de recherches et est composé de huit échelles: l'anxiété-dépression, la dépression, les symptômes somatiques, les problèmes sociaux, les problèmes de la pensée, les troubles de l'attention, les comportements

désobligeants et les comportements agressifs. Les scores les plus élevés correspondent à des problèmes plus importants.

Mesures neuropsychologiques

Les évaluations neuropsychologiques ont été effectuées dans un local aménagé à l'intérieur des écoles des participants pendant les heures scolaires. La durée totale de l'évaluation est d'environ 30 minutes.

Séquences de chiffres et Séquences lettres-chiffres du WISC-IV (Kaufman, 2009) : Dans ces tests, l'enfant doit répéter des séquences de chiffres (Séquences de chiffres) ou alors répéter des chiffres dans l'ordre, puis des lettres dans l'ordre (Séquence lettres-chiffres). Ces outils sont conçus pour évaluer la mémoire auditive à court terme, les capacités de séquençage, l'attention et la concentration. Leur coefficient de fiabilité est de $r = 0,85$ pour le test Séquences de chiffres et de $r = 0,90$ pour le test Séquences lettres-chiffres (Williams et coll., 2003).

Le sous-test Marche-Arrête du Test d'évaluation de l'Attention chez l'enfant (TEA-Ch) (Manly, 2001) : Pour ce test, le jeune doit cocher à l'aide d'un crayon un cheminement numéroté selon la bande sonore qu'il entend. Lorsqu'un son précis lui mentionne d'arrêter, son dernier trait doit être sur la bonne case. Ce test mesure l'attention soutenue, ainsi que l'inhibition de réponses chez les enfants et les adolescents de 6 à 16 ans. Le coefficient de fiabilité est de $r = 0,70$.

Le Bloc de Corsi (Schelling D., 1993) : Dans ce test, l'enfant doit reproduire la séquence que l'évaluateur a faite avec son index sur une planche avec 9 blocs disposés de façon stratégique. Il mesure la capacité de la mémoire visuelle à court terme et de l'apprentissage visuospatial implicite. Il a un bon coefficient de fiabilité ($r=0,81$ à $0,89$).

Le Stroop test du Delis-Kaplan Executive Function System (D-KEF) (Homack, 2005) : Avec ce test, le jeune doit lire les mots et/ou les couleurs (mots = nom des couleurs écrit dans des couleurs différentes) le plus rapidement possible sans faire d'erreur. Le test est conçu avec 4 conditions, les deux premières permettent d'évaluer si le jeune est en mesure de différencier les couleurs et de lire les mots. Par la suite, les conditions 3 et 4 permettent d'évaluer l'attention sélective et l'inhibition tout en ayant un aspect sur la vitesse d'exécution des jeunes. Les erreurs sont calculées et différenciées selon qu'elles soient corrigées par le jeune durant le test, non corrigées pendant le test ainsi que l'ensemble des erreurs effectuées pour chaque condition. Le coefficient de fiabilité varie de $r = 0,62$ à $0,76$.

Mesures physiques

Les mesures prises en début de programme sont le poids et la taille. Un questionnaire sur le volume d'activité physique pratiqué a également été ajouté au questionnaire sociodémographique. Finalement, les mesures de fréquence cardiaque ont été prises sur plusieurs séances pour la majorité des participants.

Analyse statistique

La comparaison des groupes entre les 4 groupes pour l'âge, le sexe et les variables cliniques a été testée en utilisant l'analyse de variance (ANOVA) pour les variables continues ainsi que le test de Khi-Deux pour les variables catégoriques. Pour ce qui est de l'ANOVA, le test de Levene était utilisé afin de vérifier l'égalité des variances. La comparaison des groupes pour les effets du programme sur le TDAH a été testée par une ANOVA à mesures répétées. Les hypothèses de normalité et d'homogénéité ont été vérifiées par le test de Shapiro-Wilk et par l'analyse des résidus. Pour quelques variables, l'hypothèse de normalité n'a pas été rencontrée cependant les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement sont proches d'une distribution normale. L'analyse de variance étant assez robuste à la non-normalité, les résultats ont été considérés comme valides. Les comparaisons post-hoc ont

été effectuées avec la méthode « Protected Fisher LSD ». Les analyses ont été effectuées avec le logiciel SPSS 17.0. Le seuil de signification a été fixé à $p < 0.05$.

Résultats

Caractéristiques de base pour les différents groupes (Tableau 1.)

Un total de 141 participants âgés entre 8 et 12 ans (moyenne : $9,2 \pm 1,3$), avec une prédominance masculine (le ratio du sexe : masculin (M) 92 / féminin (F) 49 est de 2/1), ont complété l'étude. Cette population totale se répartit en 4 groupes : le groupe TDAH + AP + Rx (n = 47, ratio du sexe = 3/1), le groupe TDAH + AP - Rx (n = 26, ratio du sexe = 2/1), le troisième, Sans TDAH + AP (n = 54, ratio du sexe = 1/1) et le dernier, Sans TDAH - AP (n=14, ratio du sexe = 2/1). Les caractéristiques démographiques, cliniques et physiques lors de l'évaluation de base pour les 4 groupes sont rapportées au tableau 1. Il n'y avait aucune différence significative entre les groupes pour ce qui est de l'âge ($p = 0,702$) et du ratio du sexe M/F ($p = 0,139$).

Sur le plan des caractéristiques cliniques, le groupe TDAH + AP + Rx et le groupe TDAH + AP - Rx présentent significativement un nombre plus élevé de symptômes de TDAH (selon le DISC-IV) que les 2 autres groupes ($p = 0,000$). Il n'y a aucune différence significative entre les deux groupes avec un TDAH pour le nombre de symptômes de TDAH ($p=0,291$). Au niveau du score de dysfonctionnement (DISC IV), le groupe TDAH + AP + Rx présente un score de dysfonctionnement plus élevé ($p = 0,000$) que les 3 autres groupes (respectivement, TDAH + AP - Rx ($p = 0,014$), Sans TDAH + AP ($p = 0,000$) et Sans TDAH - AP ($p = 0,000$)). Le groupe TDAH + AP + Rx présente également significativement plus de comorbidité (trouble oppositionnel) que deux autres groupes (respectivement, TDAH + AP - Rx ($p = 0,020$) et Sans TDAH + AP ($p = 0,005$)).

Les caractéristiques physiques de base, le poids (livres) et la taille (centimètres) ont été pris en début de programme pour 58 % des participants (n = 82/141). Ces paramètres ont permis

le calcul de l'indice de masse corporelle (IMC) avec la formule suivante : Poids (kg)/ Taille² (m). Le groupe TDAH + AP + Rx présente un IMC significativement plus bas que les 2 groupes qui participaient aux activités physiques, soit TDAH + AP - Rx (p = 0,007) et Sans TDAH + AP (p = 0,024). De plus, il y avait une tendance à la significativité (p = 0,064) pour ce qui est du volume d'activité physique structurée pratiquée par semaine par les jeunes avant le programme d'entraînement (fréquence : 0 fois (p = 0,208), 1-2 (p = 0,010), 3-4 (p = 0,016) et 5+ (p = 0,845)). En effet, les groupes TDAH + AP - Rx et Sans TDAH + AP étaient plus actifs dans une semaine comparativement au groupe TDAH + AP + Rx.

À l'inverse, il n'y avait pas de différence significative entre les groupes participants à l'activité physique pour ce qui est des caractéristiques physiques au cours du programme d'activité physique. En effet, pour les jeunes participants au programme d'entraînement, l'intensité des séances a été de 73,85 % de leur fréquence cardiaque maximale (FCM) estimée, ce qui correspond à une intensité moyenne à intense (ACSM, 2010). Les fréquences cardiaques ont été enregistrées sur plusieurs séances pour 84 % (n=106/127) des participants. La fréquence cardiaque maximale était estimée selon la formule de Gellish et coll., soit $FCM = 191,5 - (0,007 \times \text{âge} \times \text{âge})$ (Gellish et coll., 2007).

L'effet du programme d'entraînement pour le CBCL (Tableau 2.)

L'effet du programme d'exercices sur le comportement (mesures pré et post programme pour les 4 groupes) a été mesuré avec le questionnaire CBCL rempli par les parents.

Des améliorations significatives des scores de l'échelle des problèmes totaux (p = 0,000) ont été retrouvées pour tous les participants. Des améliorations significatives des scores du CBCL ont également été retrouvées dans les huit échelles suivantes: les plaintes somatiques (p = 0,037), les problèmes de la pensée (p = 0,044), les problèmes attentionnels (p = 0,000), les comportements agressifs (p = 0,004), les problèmes d'extériorisation (p = 0,002), les problèmes affectifs (p = 0,038), les problèmes du déficit d'attention/hyperactivité (p =

0,002) et les problèmes oppositionnels ($p = 0,007$). Par contre, pour les huit autres échelles du CBCL, soit l'anxiété-dépression, la dépression, les problèmes sociaux, les comportements désobligeants, les problèmes d'intériorisation, les problèmes anxieux, les problèmes somatiques et les problèmes de conduite, les améliorations des scores n'étaient pas significatives ($p = 0,108$ à $0,950$).

L'interaction entre les groupes pour le CBCL (Tableau 2.)

Dans la même analyse de variance, dans l'interaction entre la variable groupes et la variable temps (pré et post programme), on retrouve une différence significative dans les échelles suivantes du CBCL : les plaintes somatiques ($p = 0,016$) et les problèmes somatiques ($p = 0,05$), ainsi qu'une tendance à la significativité ($p = 0,06$) pour l'échelle des problèmes du déficit d'attention/hyperactivité (Tableau 2). Les comparaisons post-hoc (Fisher LSD) montrent que les 2 groupes ayant un TDAH avaient significativement plus d'améliorations des scores des plaintes somatiques après le programme comparativement aux groupes Sans TDAH (soit pour le groupe TDAH+ AP + Rx : $F = 8,38$ $p = 0,004$ et pour le groupe TDAH + AP - Rx : $F = 8,51$ $p = 0,004$). Les mêmes résultats ont été observés pour ce qui est des problèmes somatiques avec des améliorations pour les deux groupes avec un TDAH ($F = 9,76$, $p = 0,002$) comparativement aux deux groupes Sans TDAH. Au niveau des problèmes du déficit d'attention/hyperactivité, il y avait une amélioration très significative pour les groupes TDAH ($F = 20,25$ $p < 0,001$) comparativement aux deux groupes Sans TDAH. Toutefois, pour toutes ces mesures, il n'y avait aucune différence significative entre le groupe TDAH + AP + Rx et le groupe TDAH + AP - Rx.

L'effet du programme d'entraînement pour les tests neuropsychologiques (Tableau 3.)

L'effet du programme d'activité physique sur les fonctions cognitives (mesures pré et post programme pour les 4 groupes) a été mesuré avec les deux sous-tests du WISC-IV (Séquence de Chiffres et Séquence Lettres-Chiffres), le sous-test du TEA-Ch (Marche-Arrête), les Blocs de Corsi, ainsi que le test de Stroop.

Des améliorations significatives ont été observées pour les scores de deux sous-tests du WISC-IV, soit le test Séquence de Chiffres ($p = 0,010$) et le test Séquence Lettres-Chiffres ($p = 0,001$) pour tous les participants. De plus, des améliorations significatives ont été retrouvées dans 8 catégories du test de Stroop, soit dans la condition 3 inhibition ($p = 0,000$), condition 4 inhibition/switching ($p = 0,000$), erreurs corrigées condition 3 ($p = 0,006$), erreurs corrigées condition 4 ($p = 0,017$) erreurs non corrigées condition 3 ($p = 0,019$), erreurs non corrigées condition 4 ($p = 0,000$), erreurs totales condition 3 ($p = 0,000$) et erreurs totales condition 4 ($p = 0,000$). Par contre, pour deux catégories du test de Stroop (erreurs corrigées condition 3 et erreurs corrigées condition 4) ainsi que pour les deux autres tests neuropsychologiques utilisés, Marche-Arrête du TEA-Ch et les Blocs de Corsi, les améliorations des scores n'étaient pas significatives ($p = 0,241$ à $0,972$).

L'interaction entre les groupes pour les tests neuropsychologiques (Tableau 3.)

Aucune interaction statistiquement significative n'a été observée entre la variable groupes et la variable temps (pré et post programme) pour les scores des sous-tests du WISC-IV, ceux du sous-test du TEA-Ch, des Blocs de Corsi et pour toutes les catégories du test de Stroop ($p = 0,349$ à $0,958$).

Discussion

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'impact de l'AP associée ou non à la médication sur le TDAH par des mesures comportementales et cognitives chez des enfants d'âge scolaire. Les résultats suggèrent qu'après un programme d'AP, il y a une amélioration significative des comportements et des fonctions cognitives chez tous les participants (avec ou sans TDAH). Cependant, pour certains comportements seulement (plaintes/problèmes somatiques et problèmes d'inattention/hyperactivité), les enfants ayant un TDAH s'améliorent plus que les enfants sans TDAH. De plus, au sein des groupes avec un TDAH,

il n'y a pas de différence au niveau comportemental ni cognitif entre les enfants qui prennent une médication et ceux qui n'en prennent pas.

Notre premier résultat suggère que pour tous les jeunes qu'ils aient ou non un TDAH, l'AP a eu un impact positif sur leur comportement et sur les fonctions cognitives. Pour tous les participants à l'étude (TDAH et non TDAH), des améliorations comportementales sont retrouvées au niveau de plusieurs échelles du CBCL (problèmes totaux, les plaintes somatiques, les problèmes de la pensée, les problèmes attentionnels, les comportements agressifs, les problèmes d'extériorisation, les problèmes affectifs, les problèmes du déficit d'attention/hyperactivité et les problèmes oppositionnels). Nos résultats confirment ceux des études précédentes, qui ont démontré l'impact positif de l'AP sur les comportements des enfants (Scott, 2000) et plus particulièrement en milieu scolaire (Tomporowski, 2003). Bien que des études mentionnent un impact positif de l'AP sur les symptômes d'anxiété et de dépression (Stöhle, 2009), nos résultats ne confirment pas ces données. Cette différence peut s'expliquer par une proportion très faible de participants présentant en début de programme des symptômes d'anxiété et de dépression marqués (15/141 participants). De plus, l'hétérogénéité des études en ce qui concerne les caractéristiques des participants, les instruments de mesures, ainsi que les programmes d'AP rendent la comparaison difficile (Larun et coll., 2006).

Sur le plan cognitif, nous retrouvons des améliorations significatives au niveau de plusieurs composantes (sur la mémoire auditive à court terme, les capacités de séquençage, la concentration, l'attention sélective, l'inhibition ainsi que la vitesse d'exécution) chez les jeunes avec ou sans TDAH. Ces résultats viennent supporter les démonstrations précédentes sur les effets de l'AP sur le domaine cognitif chez les jeunes qu'ils aient ou non un TDAH (Scott, 2000). En particulier, Davis et Lambourne, (Davis & coll., 2009) ont rapporté des améliorations au niveau de l'inhibition et des capacités de séquençage après un programme d'entraînement de 13 semaines chez des jeunes sans TDAH. De plus, ces résultats vont dans le même sens que ceux d'une étude qui a démontré que même après la pratique d'une seule séance d'activité, une amélioration de la mémoire chez des enfants d'âge scolaire (11 et 12 ans) sans TDAH est retrouvée (Pesce et coll., 2009). Aussi, Medina

et coll. ont démontré qu'après une séance de 30 minutes sur tapis roulant, les jeunes atteints (N total = 25) de TDAH faisaient preuve d'une attention accrue, une diminution de l'impulsivité, une augmentation de la vitesse de réaction et une plus grande stabilité dans l'ensemble de ces paramètres comparativement au groupe contrôle (Medina et coll., 2010).

Deuxièmement, nos résultats suggèrent qu'après le programme d'entraînement, les enfants ayant un TDAH avaient de plus grandes améliorations que les jeunes sans TDAH au niveau de certaines mesures comportementales (plaintes/problèmes somatiques et des problèmes du déficit d'attention/hyperactivité). Ces résultats confirment ceux de l'étude Lufi et Parish-Plass (Lufi et coll., 2011), qui rapporte une amélioration dans le domaine somatique mesurée par la CBCL pour des jeunes avec un TDAH. Dans notre population avec un TDAH, les scores moyens de ces deux variables somatiques sont passés de la catégorie moyenne élevée à la catégorie moyenne, ce qui peut représenter également des améliorations observables au point de vue clinique, contrairement aux groupes sans TDAH, où les scores moyens sont restés dans la moyenne.

De plus, comparés aux jeunes sans TDAH, les jeunes ayant un TDAH ont eu une amélioration plus importante des problèmes d'inattention/hyperactivité. Sur le plan clinique et pour les groupes avec un TDAH, les scores moyens de cette échelle sont passés de supérieur à moyenne élevée. Alors que pour les groupes sans TDAH, les scores moyens sont restés dans la moyenne après le programme d'entraînement. Ces résultats confirment l'amélioration comportementale rapportée par Verret et coll. (Verret et coll., 2010) qui ont utilisé le même outil (CBCL) et un programme d'activité similaire à celui de notre étude (séances de 45 minutes, 3 fois par semaine sur 10 semaines). Aussi, ces résultats vont dans le même sens de l'amélioration des comportements (inattention) liés au TDAH rapportés par Kang et coll. (Kang et coll., 2011) et cela malgré un contenu et une durée différente du programme d'activité (séances de 90 minutes incluant 20 minutes d'activité physique ciblant la concentration et d'éducation/relaxation, deux fois par semaine pendant 6 semaines) ainsi que des outils de mesure différents également (K-ARS-PT et SSRS). Plus récemment, Smith et coll. (Smith et coll., 2013) ont également rapporté des améliorations au niveau comportemental après un programme d'entraînement de séances de 30 minutes à

raison de cinq fois par semaine pendant 9 semaines (Pittsburgh Modified Conners Teacher Rating Scale et observations journalières).

Plusieurs études (Kang et coll., 2011, Lufi et coll., 2011, Verret et coll., 2010) rapportent des améliorations dans d'autres domaines comportementaux et cognitifs chez les jeunes TDAH. Par exemple, la présence d'améliorations des problèmes sociaux, de l'anxiété, du traitement de l'information et de la coopération. La différence avec les résultats de notre étude pourrait s'expliquer par la différence entre les outils de mesure utilisés (K-ARS-PT et SSRS), des populations différentes (sexe, âge et diagnostic) ainsi que des milieux différents de notre milieu scolaire. De plus, l'absence de groupe contrôle sans TDAH pour la plupart des études qui évaluaient l'impact cognitif de l'AP dans une population avec TDAH (Smith et coll., 2013 ; Kang et coll., 2011 ; Luffi et coll., 2011) ne permet pas de comparer nos résultats à ceux des études précédentes. En effet, et malgré une amélioration significative au niveau de plusieurs fonctions cognitives (la mémoire auditive à court terme, les capacités de séquençage, la concentration, l'attention sélective, l'inhibition ainsi que la vitesse d'exécution), nous ne retrouvons pas de différence d'amélioration entre les enfants avec TDAH et ceux sans TDAH. Seule l'étude de Verret et coll. (Verret et coll., 2010) rapporte une amélioration cognitive chez les enfants avec un TDAH comparés aux contrôles qui avaient également un TDAH, spécifiquement au niveau du traitement de l'information, mesurée par un test (Sky Search Test – Tea-Ch) que nous n'avons pas utilisé.

Contrairement à notre hypothèse de départ, les 2 groupes avec TDAH (avec et sans médication) ont présenté des améliorations significatives, mais aucune différence significative n'est retrouvée entre les deux groupes. Selon nos connaissances, cette étude est l'une des premières à comparer l'impact de l'AP, selon qu'elle soit combinée ou non avec la médication sur le TDAH. Seule l'étude de Lufi et Parish-Plass (Lufi et coll., 2011) a combiné deux modalités thérapeutiques. Pendant toute une année scolaire, le programme d'intervention incluait une séance hebdomadaire de 60 minutes d'activité physique et 30 minutes d'intervention psychologique de groupe, mais ces auteurs n'ont pas comparé l'impact de l'AP seule à cette combinaison thérapeutique. Par ailleurs, l'une des rares études ayant comparé la combinaison de la médication à une autre modalité thérapeutique

(thérapie comportementale), à la médication seule va dans le même sens que nos résultats, puisque les auteurs concluent que la combinaison de la médication et de la psychothérapie aurait autant de bénéfices que la médication seule chez les jeunes pour la diminution des symptômes du TDAH, (MTA, 1999). Ils rajoutent cependant que la combinaison des modalités pourrait avoir des avantages sur les symptômes non reliés au TDAH (opposition, agressivité, relations sociales).

Limites

Ces résultats préliminaires doivent être considérés en tenant compte des limites de cette étude. Premièrement, malgré un nombre de participants assez élevé (comparé aux études précédentes), la taille de certains groupes (sans TDAH et sans AP en particulier) reste faible. Il est possible que cette limite ait diminué la puissance dans certaines analyses statistiques. Certains résultats négatifs pourraient être dus à ce manque de puissance statistique. De façon plus particulière, l'absence de différence entre les 2 groupes contrôles (avec ou sans AP) pourrait être due au faible nombre de participants dans le groupe contrôle n'ayant pas participé au programme. Il faudrait aussi tenir compte du fait qu'une majorité de ce groupe a aussi participé à quelques séances d'AP avant de se retirer du programme.

Deuxièmement, les parents et les enseignants étaient au courant du traitement avec l'activité physique et pouvaient avoir des attentes de modifications. Aussi, le type et la posologie de la médication du groupe de participants sous médication étaient hétérogènes pouvant probablement avoir un impact sur les résultats. De plus, le groupe avec un TDAH et sous médication présente plus de comorbidités, ainsi qu'un niveau de dysfonctionnement plus élevé que le groupe avec un TDAH sans médication, ce qui pourrait rendre la comparaison de ces groupes difficile. Ainsi, ces facteurs influencent l'évaluation de base de ce groupe et ce dernier peut être défavorisé au départ comparativement au groupe TDAH sans médication. L'hétérogénéité de ces deux groupes et le modèle statistique utilisé ne permettent pas d'apprécier réellement les améliorations de chaque groupe selon leur point de départ. Cependant, malgré ces différences, les groupes étaient relativement comparables

puisque'ils présentent en moyenne le même nombre de symptômes de TDAH. Finalement, il faut comprendre que l'activité physique ne veut pas être une thérapie comportementale, mais plutôt une modalité complémentaire aux approches traditionnelles reconnues efficaces.

Conclusion

Notre étude incluant un large groupe d'enfants d'âge scolaire, avec ou sans TDAH, parmi lesquels nous retrouvons des jeunes avec ou sans médication, a démontré que le programme d'AP engendre des améliorations comportementales et cognitives chez tous les jeunes qui y ont participé. Plus spécifiquement chez les jeunes TDAH, l'AP a entraîné une plus grande amélioration de certains comportements, reliés ou non au TDAH, comparativement aux jeunes sans TDAH. De plus, chez les jeunes ayant un TDAH, l'impact positif de l'AP n'est pas différent selon qu'il soit associé ou non à la médication. Les effets positifs de l'activité physique, à la fois chez les enfants avec et sans TDAH, fournissent un soutien supplémentaire aux recommandations en matière de pratique d'AP chez les jeunes. Ces dernières incitent à favoriser l'intégration de courtes périodes d'exercices physiques pendant la journée d'école dans le cadre d'une approche globale d'AP en milieu scolaire. Par contre, d'autres recherches sont nécessaires afin de mieux comprendre, avec plus de précisions, les mécanismes exacts qui sous-tendent l'effet de l'activité physique sur les symptômes du TDAH, et ce, plus particulièrement lors de l'interaction entre plusieurs modalités de traitement du TDAH.

Références

A 14-month randomized clinical trial of treatment strategies for attention deficit/hyperactivity disorder. (1999) The MTA Cooperative Group. Multimodal Treatment Study of Children with ADHD. *Archives of General Psychiatry*, 56 (12), 1073-1086.

Achenbach, T.M. & Rescorla, L. A. (2001). Manual for the ASEBA School-Age Forms and Profiles. Burlington, VT: University of Vermont, Research Center for Children, Youth, and Families

American College of Sports Medicine (2010). ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription. 8th ed. Philadelphie :Lippincott Williams & Wilkins. 166-167

American Psychiatric Association (2003). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-IV-TR. Washington DC : American Psychiatric Association

Barkley, R.A. (2006). Attention-deficit hyperactivity disorder: A handbook for diagnosis and treatment. 3e edition. New York : The Guilford Press.

Berwid O.G. & Halperin J.M. (2012). Emerging Support for a Role of Exercise in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder Intervention Planning. *Curr Psychiatry Rep.* Disponible en ligne le 20 juillet 2012

Chang Y.K. et al. (2012). Effect of Acute Exercise on Executive Function in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Archives of Clinical Neuropsychology* 27, 225–237

Collège des médecins du Québec (2001). Le trouble déficit de l'attention/hyperactivité et l'usage de stimulants du système nerveux central. *Bibliothèque nationale du Québec*

Conners, K.C. (2008). Conners 3rd edition. Toronto, Ontario, Canada: Multi-Health Systems

Davis C.L. & Lambourne K. (2009) Exercise and cognition in children. *Exercise and cognitive function*, 249 (67).

Gapin, J.L., Labban, J.D. & Etnier, J.L. (2011). The effects of physical activity on attention deficit hyperactive disorder symptoms: The evidence. *Preventative Medicine.* 52, 70-74.

Gellish et al. (2007). Longitudinal Modeling of the Relationship between Age and Maximal Heart Rate. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(5), 822-829

Guay, Marie-Claude (2006). Trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité, Québec : PU Québec

Homack, S., Lee D., et al. (2005). Test review: Delis-Kaplan executive function system. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology.* 27(5), 599-609.

Kang K.D. et al. (2011). Sports Therapy for Attention, Cognitions and Sociality. *Int J Sports Med*, 32, 953–959

Kao G.S. & Thomas H.M. (2010). Test review : C. Keith Conners Conners 3rd Edition Toronto, Ontario, Canada: Multi-Health Systems, 2008. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 28, 598

Kaufman A.S. & Flanagan D.P. (2009). Essentials of WISC-IV assessment. Second edition, New Jersey, 516

Kim J. et al. (2011). Health behaviors and obesity among US children with attention deficit hyperactivity disorder by gender and medication use. *Prev Med*, 52, 218-22.

Larun L. et al. (2006) Exercise in prevention and treatment of anxiety and depression among children and young people. *Cochrane Database Syst Rev*, 3.

Lee, J., Grizenko N., et al. (2011). Relation between therapeutic response and side effects induced by methylphenidate as observed by parents and teachers of children with ADHD. *Bmc Psychiatry*.

Lufi & Parish-Plass (2011). Sport-Based Group Therapy Program for Boys with ADHD or with Other Behavioral Disorders. *Child & Family Behavior Therapy*, 33, 217–230.

Manly, T., Anderson V., et al. (2001). The differential assessment of children's attention: The Test of Everyday Attention for Children (TEA-Ch), normative sample and ADHD performance. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 42(8), 1065-1081.

Medina J.A. et al. (2010). Exercise impact on sustained attention of ADHD children, methylphenidate effects. *ADHD Atten Deficit Hyper Dis*, 2, 49-58.

Newcorn J.H., Kratochvil C.J., Allen A.J., Casat C.D., Ruff D.D., Moore R.J., et al. (2008). Atomoxetine and osmotically released methylphenidate for the treatment of attention deficit hyperactivity disorder: acute comparison and differential response. *Am J Psychiatry*. 165(6), 721–30.

Pesce C. et al. (2009). Physical activity and mental performance in preadolescents: Effects of acute exercise on free-recall memory. *Ment Health Phys Act*, 2, 16-22.

Pontifex et al. (2013). Exercise Improves Behavioral, Neurocognitive, and Scholastic Performance in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *The journal of paediatrics*, 162 (3).

Rief, S. (2005). How to reach and teach children with ADD/ADHD. San Francisco: Jossey-Bass.

Schelling, D. (1993). Corsi-Block-Tapping-Test. Mödling, Austria: Schuhfried

Scott A. Paluska and Thomas L. Schwenk (2000). Physical Activity and Mental Health Current Concepts. *Sports Med* 29 (3), 167-180.

Shaffer, D., P. Fisher, et al. (2000). NIMH Diagnostic Interview Schedule for Children Version IV (NIMH DISC-IV): Description, differences from previous versions, and reliability of some common diagnoses. *Journal of the American Academy of Child and*

Adolescent Psychiatry 39(1), 28-38.

Smith et al. (2013). Pilot Physical Activity Intervention Reduces Severity of ADHD Symptoms in Young Children. *Journal of Attention Disorders* 17(1) 70–82.

Ströhle, A (2009). Physical activity, exercise, depression and anxiety disorders. *J Neural Transm*, 116, 777–784.

Thomas L. Lenz (2012). A Pharmacological/Physiological Comparison between ADHD Medications and Exercise. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 6 (4), 306-308.

Tomporowski, P. D. et al. (2008). Exercise and children's intelligence, cognition, and academic achievement. *Educational Psychology Review*, 20, 111-131.

Verret, C. et al. (2010). A Physical Activity Program Improves Behavior and Cognitive Functions in Children With ADHD: An Exploratory Study. *Journal of Attention Disorders*.

Vincent, A. (2010). Mon cerveau a encore besoin de lunettes : Le TDAH chez l'adulte. Montréal : Quebecor.

Wigal et al. (2012). Exercise : Application to Childhood ADHD. *Journal of Attention Disorders*, disponible en ligne le 3 août 2012.

Willemijn M. Meijer (2009). Current issues around the pharmacotherapy of ADHD in children and adults. *Pharm World Science*, 31, 509-516.

Williams P.E. et al. (2003). WISC-IV Technical Report #2, Psychometric Properties. The Psychological Corporation, Harcourt Assessment Compagny.

Table 1. Descriptive statistics for the different groups

	Groups				p-value
	ADHD		no ADHD		
	PA + Rx	PA - Rx	+PA	-PA	
Socio-demographic					
n (total = 141)	47	26	54	14	
Ages (years)	9,3 (1,3)	9,1 (1,4)	9,0 (1,4)	9,4 (1,4)	0.702
Sex ratio (M/F)	36/11	18/8	30/24	14/7	0,139
Clinical					
ADHD symptoms	11,0 (4,9)	9,9 (5,0)	2,7 (3,1)	3,9 (4,3)	0,000
Impairment	6,7 (4,3)	4,7 (3,0)	0,9 (1,9)	1,5 (2,9)	0.000
ODD/CD/AD/MD	26/7/4/3	7/2/0/3	15/3/1/3	4/1/0/1	0,01/NS*
Physical					
Weight (lbs)	65,3 (13,0)	74,6 (17,2)	70,5 (13,9)	72,0 (12,6)	0.137
Height (cm)	130,5 (27,4)	132,6 (14,3)	133,9 (10,4)	135,3 (11,5)	0.919
BMI (kg/m ²)	16,0 (1,9)	19,5 (5,1)	17,9 (2,8)	17,9 (2,6)	0,007
Structured physical activity per week : 0/1-2/3-4/5+	2/37/4/1	4/15/7/0	2/28/17/1	1/12/1/0	0,064
Training Program					
Participation (%)	91,0 (10,4)	92,8 (6,8)	90,6 (9,0)		0.609
Heart rate reached (%)	74,6 (11,3)	75,1 (6,73)	72,9 (9,6)		0.660

PA= Physical Activity

ODD= Oppositional Defiant Disorder, CD= Conduct Disorder (NS*), AD= Anxiety Disorder (NS*), MD = Major Depression (N

BMI = body mass index

***NS = not significant**

Table 2. Repeated measures ANOVA of Child Behavior Checklist (CBCL) reported by parents

CBCL subscales	Physical activity program effect		Interaction	
	F(1,126)	p-value	F (3,126)	p-value
anxious/depressed	2,8	0,950	0,6	0,623
withdrawn depressed	0,2	0,632	1,4	0,250
somatic complaints	4,5	0,037	3,5	0,016
social problems	2,6	0,108	0,2	0,932
thought problems	4,1	0,044	0,7	0,561
attention problems	13,2	0,000	1,4	0,239
rule-breaking behavior	2,4	0,123	0,5	0,676
aggressive behavior	8,5	0,004	0,0	0,998
internalizing problems	1,9	0,168	0,5	0,691
externalizing problems	10,0	0,002	0,9	0,463
total problems	15,4	0,000	1,0	0,395
affective problems	4,4	0,038	0,9	0,434
anxiety problems	1,2	0,270	0,3	0,843
somatic problems	0,4	0,526	3,1	0,050
attention deficit/hyperactivity problems	9,6	0,002	2,7	0,068
oppositional defiant problems	7,5	0,007	0,6	0,625
conduct problems	1,5	0,229	0,7	0,977

Table 3. Repeated measures ANOVA of Neuropsychological Tests

Variables	Physical activity program effect		Interaction	
	F (1,137)	p-value	F (3,137)	p-value
Digit Span (WISC-IV)	6,8	0,010	0,7	0,555
Letter-Number Sequencing (WISC-IV)	12,1	0,001	0,4	0,750
Walk, Don't Walk (TEA-Ch), cumulative percentage	1,4	0,241	0,1	0,958
Corsi Block, Spatial Span Forward/Response	0,0	0,972	0,5	0,655
Corsi Block, Spatial Span Backward/Response	1,5	0,229	0,5	0,689
Stroop test, condition 3 Inhibition	15,8	0,000	0,7	0,559
Stroop test, condition 4 Inhibition/Switching	39,4	0,000	0,1	0,939
Stroop test, corrected errors condition 3	7,7	0,006	1,1	0,349
Stroop test, corrected errors condition 4	5,8	0,017	0,5	0,683
Stroop test, uncorrected errors condition 3	5,6	0,019	0,3	0,826
Stroop test, uncorrected errors condition 4	12,8	0,000	0,7	0,553
Stroop total errors condition 3	19,5	0,000	0,8	0,495
Stroop total errors condition 4	19,2	0,000	0,7	0,571

Chapitre III

Conclusion

Conclusion

Finalement, les résultats présentés dans ce mémoire contribuent à l'avancement des connaissances dans le domaine de l'activité physique (AP) et le TDAH, puisqu'ils confirment les rares données de la littérature dans ce domaine et y ajoutent un nouvel aspect concernant l'apport de l'AP selon qu'elle soit associée ou non à la médication dans le TDAH. Le programme d'AP suivi par des jeunes ayant un TDAH et des jeunes sans TDAH a engendré des améliorations comportementales et cognitives chez tous les jeunes qui y ont participé. Au niveau du comportement, des améliorations ont été démontrées sur plusieurs échelles du CBCL. Pour ce qui est du volet cognitif, nous retrouvons des améliorations significatives au niveau de plusieurs composantes. Plus spécifiquement, l'AP a eu un plus grand impact sur les comportements d'inattention/hyperactivité et les plaintes/problèmes somatiques chez les jeunes ayant un TDAH comparativement aux jeunes sans TDAH. Ces améliorations se retrouvaient tant au niveau statistique que clinique. Par contre, au sein des participants avec un TDAH, le groupe sous médication n'a pas démontré plus d'améliorations que les jeunes TDAH sans médication. En effet, ces deux groupes ont eu des améliorations significatives, mais sans différence significative entre eux.

Ces résultats préliminaires doivent être considérés en tenant compte des limites de cette étude. Premièrement, malgré un nombre de participants assez élevé (comparativement aux études précédentes), la taille de certains groupes (sans TDAH et sans AP en particulier) reste faible. Il est possible que cette limite ait diminué la puissance dans certaines analyses statistiques. Certains résultats négatifs pourraient être dus à ce manque de puissance statistique. Deuxièmement, les parents et les enseignants étaient au courant du traitement avec l'activité physique et pouvaient probablement avoir des attentes de modifications. Aussi, le type et la posologie de la médication du groupe de participants sous médication étaient hétérogènes pouvant probablement avoir un impact sur les résultats.

De plus, le contrôle des horaires pour les évaluations neuropsychologiques ne pouvait être respecté avant et après le programme d'entraînement pour chaque participant amenant ainsi

peut-être des réponses différentes. Finalement, le groupe avec un TDAH et sous médication présente plus de comorbidités ainsi qu'un niveau de dysfonctionnement plus élevé que le groupe avec un TDAH sans médication. Ce qui pourrait rendre la comparaison de ces groupes difficile. Cependant, malgré ces différences, les groupes étaient relativement comparables puisqu'ils présentent en moyenne le même nombre de symptômes de TDAH. Par conséquent, l'ajout de participants, surtout dans le groupe contrôle, l'ajout de mesures objectives, l'ajout d'un groupe contrôle placebo, la reproduction des conditions semblables pour les évaluations pré et post ainsi que la subdivision du groupe TDAH sous médication en fonction de leur médication et la posologie sont des suggestions qui pourraient améliorer le protocole et avoir possiblement des résultats puissants.

Néanmoins, nous croyons que les résultats issus du programme d'entraînement pendant l'année scolaire sont très positifs. Tous les changements significatifs vont dans le sens de l'amélioration. De plus, l'absence de changements négatifs suggère que l'activité physique a une faible probabilité d'avoir des conséquences néfastes sur la condition des participants. Par conséquent, même avec les rares données sur le sujet, nous devons encourager davantage la pratique régulière d'activité physique chez ces jeunes. Comme démontré plus tôt, très peu de jeunes atteignent les recommandations en matière d'activité physique émises par la société canadienne de physiologie de l'exercice. Nous devons augmenter la pratique d'activité physique chez les jeunes ayant un TDAH pour tous les effets positifs sur leur santé, mais également sur leur maladie. Le milieu scolaire est l'endroit idéal pour l'encourager. Selon nos connaissances, cette étude est l'une des premières à vérifier l'impact de la combinaison entre la médication et l'activité physique comparativement à l'activité physique seule. D'autres études devront être nécessaires afin d'approfondir ces données. Ainsi, nos résultats suggèrent que l'AP a bel et bien un impact sur le TDAH qu'il soit ou non associé à la médication.

Bibliographie

A 14-month randomized clinical trial of treatment strategies for attention deficit/hyperactivity disorder. (1999). The MTA Cooperative Group. Multimodal Treatment Study of Children with ADHD, *Archives of General Psychiatry*, 56(12), 1073-1086.

Achenbach, T.M. & Rescorla, L. A. (2001). Manual for the ASEBA School-Age Forms and Profiles. Burlington, VT: University of Vermont, Research Center for Children, Youth, and Families

Agranat-Meged, A.N. et coll. (2005). Childhood obesity and attention deficit/hyperactivity disorder: A newly described comorbidity in obese hospitalized children. *The International Journal of Eating Disorders*, 37, 357–359.

American Academy of Pediatrics (2011). ADHD: clinical practice guideline for the diagnosis, evaluation, and treatment of attention-deficit/ hyperactivity disorder in children and adolescents. *Pediatrics*, 128, 1007-22.

American College of Sports Medicine (2010). ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription. 8th ed. Philadelphie : Lippincott Williams & Wilkins. 166-167.

American Psychiatric Association (2003). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-IV-TR. Washington DC : American Psychiatric Association.

Arnsten, A.F.T. (2009). Toward a new understanding of attentiondeficit hyperactivity disorder pathophysiology. *CNS Drugs*, 23(1), 33-41.

Arnsten, A.F.T., & Casey, B.J. (2011). *Prefrontal cortical organization and function: Implications for externalizing disorders*. *Biological Psychiatry*, 69, 1131-1132.

Barkley, R.A. (2006). Attention-deficit hyperactivity disorder: A handbook for diagnosis and treatment. 3e edition. New York: The Guilford Press.

Barton J. (2005). Atomoxetine: a new pharmacotherapeutic approach in the management of attention deficit/hyperactivity disorder. *Arch Dis Child*, 90 (1).

Berwid O.G. & Halperin J.M. (2012). Emerging Support for a Role of Exercise in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder Intervention Planning. *Curr Psychiatry Rep*. Disponible en ligne le 20 juillet 2012

Blumenthal J.A., Michael A., Babyak A. et coll. (2007). Exercise and pharmacotherapy in the treatment of major depressive disorder. *Psychosom Med*, 69, 587–596.

Chandler C. (2010). *The Science of ADHD ; Guide for Parents and Professionals*. Wiley-Blackwell, 333.

Chang Y.K. et coll. (2012). Effect of Acute Exercise on Executive Function in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 27, 225–237.

Comité scientifique de Kino-Québec (2009). *Activité physique des adultes - Lignes directrices*, 3, www.kino-quebec.qc.ca.

Comité scientifique de Kino-Québec (2011). *L'activité physique, Le sport et les jeunes*, 112, www.kino-quebec.qc.ca.

Conners, K.C. (2008). *Conners 3rd edition*. Toronto, Ontario, Canada: Multi-Health Systems.

Dunn A.L., Dishman R.K. (1991). Exercise and the neurobiology of depression, *Exerc Sport Sci Rev*, 19, 41-98.

E. Arab ameri et coll. (2012). Bone mineral density changes after physical training and calcium intake in students with attention deficit and hyper activity disorders, *Research in Developmental Disabilities* 33, 594–599.

Ebenegger, V. et coll. (2011). Relationship of Hyperactivity/Inattention With Adiposity and Lifestyle Characteristics in Preschool Children. *Journal of Child Neurology*, 27, 852.

Emond V. et coll. (2009) Structural and functional neuroanatomy of attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD), *L'encéphale*, 35, 107-114.

Foley, T.E., & Fleshner, M. (2008). Neuroplasticity of dopamine circuits after exercise: Implications for central fatigue, *Neuromolecular Medicine*, 10, 67–80.

Gapin, J.L., Labban, J.D., Etnier, J.L. (2011). The effects of physical activity on attention deficit hyperactive disorder symptoms: The evidence. *Preventative Medicine*, 52,70-74.

Garnock-Jones & Keating (2009). Atomoxetine, A Review of its Use in Attention-Deficit Hyperactivity Disorder in Children and Adolescents, *Pediatr Drugs*, 11(3), 203-226.

Gellish et coll. (2007). Longitudinal Modeling of the Relationship between Age and Maximal Heart Rate, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(5), 822-829.

Guay, Marie-Claude (2006). *Trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité*, Québec: PU Québec

Halperin, J.M., & Healey, D.M. (2010). The influences of environmental enrichment,

cognitive enhancement, and physical exercise on brain development: Can we alter the developmental trajectory of ADHD? *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 35, 621–634.

Harvey, W.J., & Reid, G. (2003). Attention-deficit/hyperactivity disorder: A review of research on movement skill performance and physical fitness. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 20, 1-25.

Harvey, W.J. et coll. (2007). Fundamental movement skills and children with attention-deficit hyperactivity disorder: peer comparisons and stimulant effects. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 35, 871–882.

Harvey, W.J. et coll. (2009). Physical Activity Experiences of Boys With and Without ADHD. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 26, 131-150.

Hillman C.H. et coll. (2008). Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nat Rev Neurosci*, 9, 58-65.

Hillman, C.H. et coll. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience*, 159, 1044–1054.

Hodgkins P. et coll., (2012) Amphetamine and methylphenidate medications for attention deficit/hyperactivity disorder: complementary treatment options. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 21, 477–492.

Homack, S., Lee D., et coll. (2005). Test review: Delis-Kaplan executive function system. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 27(5), 599-609.

Institut national de la santé et de la recherche médicale (2008). *Activité physique - Contextes et effets sur la santé*. Paris : Éditions Inserm, 147 p.

Janssen I. et coll. (2005) Comparison of overweight and obesity prevalence in school-aged youth from 34 countries and their relationships with physical activity and dietary patterns. *Obes Rev*, 6, 123-32.

Jeunes en forme Canada. (2012) *Le jeu actif est-il en voie d'extinction? : Le Bulletin 2012 de l'activité physique chez les enfants et les jeunes de Jeunes en forme Canada*, Toronto, ON.

Kang K.D. et coll. (2011). Sports Therapy for Attention, Cognitions and Sociality. *Int J Sports Med*, 32, 953–959.

Kao G.S. & Thomas H.M. (2010). Test review : C. Keith Conners Conners 3rd Edition Toronto, Ontario, Canada: Multi-Health Systems, 2008. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 28, 598.

Kaufman A.S., Flanagan D.P. (2009). Essentials of WISC-IV assessment. Second edition, New Jersey, 516 p.

Kiluk, B.D. et coll. (2009). Sport Participation and Anxiety in Children with ADHD. *Journal of Attention Disorders*, 12, 499.

Kim J. et coll. (2011). Health behaviors and obesity among US children with attention deficit hyperactivity disorder by gender and medication use. *Prev Med*, 52, 218-22.

Lambourne, K., Tomporowski, P., (2010). The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. *Brain Research*, 1341, 12–24.

Collège des médecins du Québec (2001). Le trouble déficit de l'attention/hyperactivité et l'usage de stimulants du système nerveux central. Bibliothèque nationale du Québec.

Lee, J., Grizenko N., et coll. (2011). Relation between therapeutic response and side effects induced by methylphenidate as observed by parents and teachers of children with ADHD. *Bmc Psychiatry*.

Lufi & Parish-Plass (2011). Sport-Based Group Therapy Program for Boys with ADHD or with Other Behavioral Disorders. *Child & Family Behavior Therapy*, 33, 217–230.

Ma, Q. (2008). Beneficial effects of moderate voluntary physical exercise and its biological mechanisms on brain health. *Neuroscience Bulletin*, 24, 265-270.

Manly, T., Anderson V., et coll. (2001). The differential assessment of children's attention: The Test of Everyday Attention for Children (TEA-Ch), normative sample and ADHD performance. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 42(8), 1065-1081.

Medina J.A. et coll. (2010). Exercise impact on sustained attention of ADHD children, methylphenidate effects. *ADHD Atten Deficit Hyper Dis*, 2, 49-58.

Newcorn J.H., Kratochvil C.J., Allen A.J., Casat C.D., Ruff D.D., Moore R.J., et coll. (2008). Atomoxetine and osmotically released methylphenidate for the treatment of attention deficit hyperactivity disorder: acute comparison and differential response. *Am J Psychiatry*, 165(6), 721–30.

North T.C., McCullagh P., Tran Z.V. (1990). Effects of exercise on depression. *Exerc Sport Sci Rev*, 18, 379–415.

Ortega F.B. et coll. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: A powerful marker of health. *Int J Obes*, 32, 1-11.

Petruzzello S.J. et coll. (1991). A meta-analysis on the anxiety-reducing effect of acute and chronic exercise: outcomes and mechanisms. *Sports Med*, 11, 143–182.

Petzinger, G.M. et coll. (2007). Effects of treadmill exercise on dopaminergic transmission in the 1-methyl-4-phenyl-1, 2, 3, 6-tetrahydropyridine-lesioned mouse model of basal ganglia injury. *Journal of Neuroscience*, 27, 5291–5300.

Pontifex et coll. (2013). Exercise Improves Behavioral, Neurocognitive, and Scholastic Performance in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *The journal of pediatrics*, 162(3).

Poulton, A. (2005). Growth on stimulant medication; clarifying the confusion: a review. *Archives of Disease in Childhood*, 90, 801–806.

Rief, S. (2005). How to reach and teach children with ADD/ADHD. San Francisco: Jossey-Bass.

Schelling, D. (1993). Corsi-Block-Tapping-Test. Mödling, Austria: Schuhfried

Schneider S et coll. (2009). School sport - A neurophysiological approach. *Neurosci Lett*, 467,131-4.

Scott A. Paluska and Thomas L. Schwenk (2000). Physical Activity and Mental Health Current Concepts. *Sports Med* 29(3), 167-180.

Shaffer, D., Fisher P., et al. (2000). NIMH Diagnostic Interview Schedule for Children Version IV (NIMH DISC-IV): Description, differences from previous versions, and reliability of some common diagnoses. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry* 39(1), 28-38.

Shields, M. (2005). L'obésité mesurée : L'embonpoint chez les enfants et les adolescents au Canada. Statistique Canada, Études et rapports analytiques. ISSN: 1716-6713.

Smith et coll. (2013). Pilot Physical Activity Intervention Reduces Severity of ADHD Symptoms in Young Children. *Journal of Attention Disorders* 17(1), 70–82.

Société canadienne de physiologie de l'exercice (2012). Directives canadiennes en matière d'activité physique et en matière de comportement sédentaire. www.scpe.ca/directives, ISBN 978-1-896900-29-2.

Solanto, M.V. (2002). Dopamine dysfunction in AD/HD: Integrating clinical and basic neuroscience research. *Behavioural Brain Research*, 130, 65-71.

Ströhle, A (2009). Physical activity, exercise, depression and anxiety disorders. *J Neural Transm*, 116, 777–784.

Stroth S et coll. (2009) Physical fitness, but not acute exercise modulates event-related potential indices for executive control in healthy adolescents. *Brain Res*, 1269, 114-24.

Swanson, J.M. et coll. (2007). Effects of stimulant medication on growth rates across 3

years in the MTA follow-up. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 46, 1015–1027.

Thapar A. et coll. (2012). Practitioner Review: What have we learnt about the causes of ADHD? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53, disponible en ligne le 11 septembre 2012.

Thomas L. Lenz (2012). A Pharmacological/Physiological Comparison between ADHD Medications and Exercise. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 6(4), 306-308.

Tomporowski PD (2003). Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta Psychol (Amst)* 112:297–324

Tomporowski, P.D. et coll. (2008). Exercise and children's intelligence, cognition, and academic achievement. *Educational Psychology Review*, 20, 111-131.

Tremblay, M.S. & Willms, J.D. (2000). Secular trends in the body mass index of Canadian children. *Canadian Medical Association Journal*, 163, 1429–1433.

Tremblay, M.S. et coll. (2010). Les niveaux de condition physique des enfants et des jeunes : Résultats de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé 2007-2009. Statistique Canada, Rapports sur la santé 21(1), Catalogue no. 82-003-XPE.

Trudeau F. et Shephard R.J. (2008). Physical education, school physical activity, school sports and academic performance. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 5(10).

Trudeau F. et Shephard R.J. (2010). Relationships of physical activity to brain health and the academic performance of schoolchildren. *Am J Lifestyle Med*, 4, 138-50.

Tsai, S.J. (2007). Attention-deficit hyperactivity disorder may be associated with decreased central brain-derived neurotrophic factor activity: Clinical and therapeutic implications. *Medical Hypotheses*, 68, 896-899.

Van Loon G.R., Schwartz L., Sole M.J. (1979). Plasma dopamine responses to standing and exercise in men. *Life Sci.*, 24, 2273-2277.

Verret, C. et coll. (2010). A Physical Activity Program Improves Behavior and Cognitive Functions in Children With ADHD: An Exploratory Study. *Journal of Attention Disorders*.

Verret C. et coll. (2010). Fitness Level and Gross Motor Performance of Children With Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 27, 337-351.

Vincent, A. (2010). Mon cerveau a encore besoin de lunettes : Le TDAH chez l'adulte. Montréal : Quebecor.

Volkow, N.D. et coll. (2011). Motivation deficit in ADHD is associated with dysfunction

of the dopamine reward pathway. *Molecular Psychiatry*, 16, 1147-1154.

Wernicke J.F., Faries D., Girod D., et coll. (2003) Cardiovascular effects of atomoxetine in children, adolescents, and adults. *Drug Saf*, 26(10), 729-40.

Wigal S.B. (2012). Exercise : Application to Childhood ADHD. *Journal of Attention Disorders*, disponible en ligne le 3 août 2012.

Willemijn M. Meijer (2009). Current issues around the pharmacotherapy of ADHD in children and adults. *Pharm World Science*, 31, 509-516.

Williams P.E. et coll. (2003). WISC-IV Technical Report #2, Psychometric Properties. The Psychological Corporation, Harcourt Assessment Compagny.

Winter B. et coll. (2007). High impact running improves learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, 87, 597-609.

Annexe A

Figure 1. Means T-scores of Child Behavior Checklist (CBCL) before and after the physical activity program

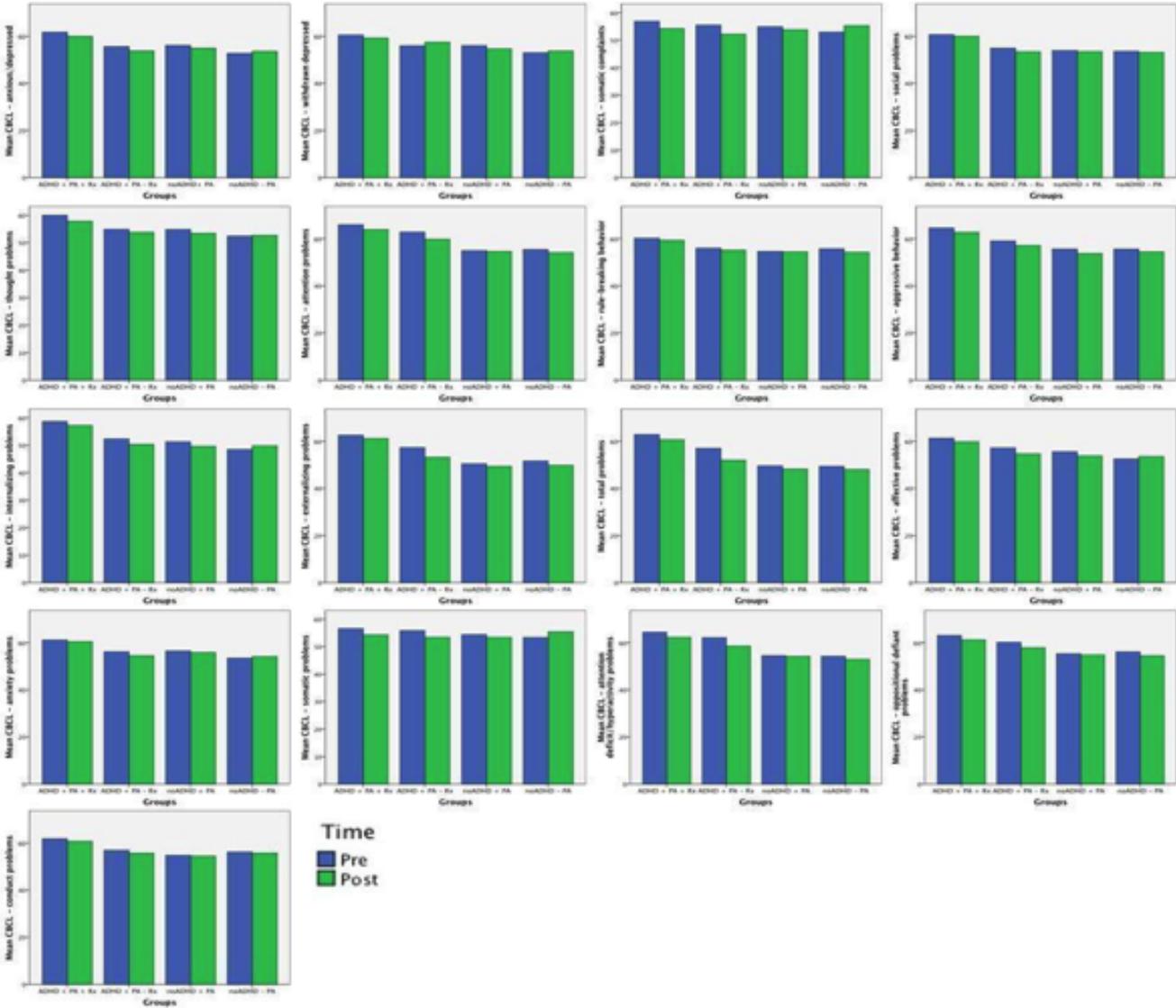


Figure 2. Means scores of neuropsychological tests before and after the physical activity program

