

Université de Montréal

**Condition physique, performance motrice,
comportements et fonctions cognitives chez les enfants
ayant un trouble du déficit de l'attention avec
hyperactivité.**

Par

Claudia Verret

Département de kinésiologie

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures et postdoctorales
en vue de l'obtention du grade de doctorat
en sciences de l'activité physique

Mars, 2010

© Claudia Verret, 2010

Université de Montréal
Faculté des études supérieures et postdoctorales

Cette thèse intitulée :

Condition physique, performance motrice, comportements et fonctions cognitives chez les
enfants ayant un trouble du déficit de l'attention avec hyperactivité.

Présentée par :
Claudia Verret

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Yvan Girardin, président-rapporteur
Louise Béliveau, directrice de recherche
Phillip Gardiner, co-directeur
Suzanne Laberge, membre du jury
William E. Harvey, examinateur externe
Lise Turgeon, représentant du doyen de la FES

Résumé

Cette thèse poursuit un double objectif. D'une part, mesurer et situer le niveau de la condition physique, de la performance motrice et de la participation aux activités physiques chez des enfants ayant un TDAH. D'autre part, apprécier l'impact d'un programme structuré en activité physique sur la condition physique, la performance motrice, certains comportements cibles ainsi que sur les fonctions cognitives propres à ces enfants. Pour vérifier l'atteinte de ces objectifs, trois études expérimentales ont été complétées et ont fait l'objet d'articles soumis pour publications.

Dans le premier article, on évalue la condition physique et la performance motrice chez des enfants ayant un TDAH prenant ou non de la médication. Les résultats obtenus démontrent que la condition physique, comprenant ici des variables reliées à la composition corporelle, l'endurance musculaire et la flexibilité de ces enfants, ne diffèrent pas de celle des membres d'un groupe témoin. Seul l'indice de masse corporelle est significativement moins élevé chez les enfants ayant un TDAH prenant de la médication. Aucune différence n'est observée entre les groupes en ce qui a trait à la capacité aérobie telle que mesurée lors d'une épreuve de tapis roulant. Par contre, lorsqu'évaluée à partir d'un test navette, la performance aérobie de tous les participants est significativement moins élevée, d'où l'importance du choix de l'instrument de mesure. Finalement, les enfants ayant un TDAH ont significativement plus de problèmes de motricité globale que les enfants du groupe témoin. Ces difficultés sont particulièrement importantes pour la locomotion.

Dans le cadre d'un programme d'activités physiques structurées et supervisées, le deuxième article porte, d'une part, sur l'évaluation de l'intensité de la participation aux exercices proposés chez des enfants ayant un TDAH. D'autre part, l'impact potentiel de facteurs comme les problèmes de poids et la présence de difficultés motrices sont également pris en considération. Les résultats obtenus suggèrent que ces enfants atteignent une intensité et une durée d'exercice qui ne diffèrent pas de celles des enfants du groupe témoin. Quant aux enfants qui ont un problème de poids ou des difficultés motrices, l'intensité et la durée de leur participation ne diffèrent pas de celles des participants témoins. Sur la base des données obtenues, les enfants ayant un TDAH peuvent parvenir à

un degré de participation aux exercices qui permet de bénéficier des bienfaits de la pratique d'activités physiques.

Le troisième article traite de l'impact potentiel d'un programme d'activités physiques sur la condition physique, la performance motrice, certains comportements ainsi que sur les fonctions cognitives des enfants ayant un TDAH. Sur la base des résultats obtenus, il est possible de faire valoir que la participation à un tel programme permet d'améliorer les capacités musculaires, les habiletés motrices, certains comportements observés par les parents et les enseignants ainsi que la capacité d'attention. Cela pourrait produire un impact significatif dans l'adaptation fonctionnelle de ces jeunes. Ces résultats soulignent le besoin de continuer la recherche dans les domaines de l'activité physique et du TDAH.

La discussion générale présente les liens existants entre les manuscrits en fonction du modèle de l'engagement dans les activités physiques. Le déficit de la motricité globale ainsi que l'impact clinique potentiel de l'activité physique dans le traitement du TDAH sont les deux axes de recherche qui semblent le plus propices à des travaux futurs.

Mots-clés : TDAH, activité physique, exercice, cognition

Abstract

The first purpose of this thesis is to describe fitness and gross motor performance of children with ADHD taking medication or not, in addition with the description of their participation in structured physical activity sessions. The second objective is to evaluate the impact of a physical activity program on fitness, gross motor performance, behaviour and cognition of those children. Three manuscripts are presented. The purpose of the first study is to assess fitness and gross motor performance of children with ADHD, including users and non-users of methylphenidate medication. Fitness level of children with ADHD using medication or not, including body composition, flexibility and muscular endurance, is similar to that of a control group. The only difference is observed for body mass index, which was lower in children with ADHD using medication. Aerobic capacity is also similar when measured by a treadmill test. However, a lower performance is observed when aerobic capacity was estimated using a field shuttle test, suggesting that the methodology used is important. Finally, both groups of children with ADHD present significantly lower scores for locomotion skills.

The objectives of the second manuscript are to assess the participation of children with ADHD in structured physical activity sessions and to explore the impact of variables such as weight and motor problems on this participation level. Results suggest that children with ADHD can have an intensity and duration of participation similar to children without the disorder, with a simple behavioural management system for negative behaviours. Furthermore, the intensity of participation is not different for children with ADHD having weight problems or motor skills difficulties. This highlights the fact that children with ADHD can attain effective physical activity participation when they are included in a structured supervised program.

Finally, the objective of the third study is to assess the effects of a moderate- to high-intensity physical activity program on fitness, gross motor skills, cognitive functions and ADHD-related behaviour in children with ADHD. Results show that participation in a physical activity program improves muscular capacities, motor skills, behaviour reports by parents and teachers and attention capacity. The results suggest that a structured physical activity program may have clinical relevance in the functional adaptation of children with

ADHD. This highlights the need for further research in the area of physical activity with this population.

The general discussion presents the links between the three studies using the physical activity engagement model. Gross motor skills difficulties and the clinical impact of physical activity programs in ADHD treatment are proposed as promising research avenues.

Keywords : ADHD, physical activity, exercise, cognition

Table des matières

Chapitre I Revue de la littérature	3
1. Le trouble du déficit de l'attention avec hyperactivité	4
2. TDAH et condition physique	7
2.1 Composition corporelle.....	8
2.2 Capacité aérobie.....	14
2.3 Autres variables reliées à la condition physique.....	14
3. TDAH et motricité	16
3.1 Processus moteur.....	17
3.2 Performance motrice	18
4. TDAH et pratique de l'activité physique	29
5. Effets de l'exercice.....	32
5.1 Les effets de l'activité physique chez les enfants de la population générale.....	33
5.2 Les effets de l'activité physique chez les enfants ayant un TDAH.....	35
6. Hypothèses de recherche.....	38
 Chapitre II Article 1	40
Fitness Level and Gross Motor Performance of Children With Attention-Deficit Disorder With Hyperactivity. Verret, C., Gardiner, P., Béliveau, L. Accepted November 2009 in Adapted Physical Activity Quarterly.	
Abstract	42
Introduction.....	43
Method	46
Results.....	49
Discussion.....	50
References.....	56
 Chapitre III Article 2.....	65
Participation of children with attention-deficit hyperactivity disorder in a structured physical activity program.	

Verret, C., Gardiner, P., Béliveau, L.	
Abstract	67
Introduction	68
Method	70
Results	73
Discussion	73
References	77
Chapitre IV Article 3	80
A physical activity program improves behaviour and cognitive functions in children with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder : an exploratory study.	
Verret, C., Guay, M.-C., Berthiaume, C., Gardiner, P., Béliveau, L. submitted to Journal of Attention Disorder July 2009.	
Abstract	84
Introduction	85
Method	89
Results	93
Discussion	95
References	100
Chapitre V Discussion générale	108
1.0 Discussion	109
2.0 Performance motrice, niveau de participation, condition physique	109
2.1 Développement des habiletés motrices	111
2.2 Pratique d'activités physiques	112
2.3 Condition physique	114
2.4 Perception des compétences	114
2.5 Conclusion	115
3.0 Bénéfices associés à la pratique d'activités physiques chez les enfants ayant un TDAH	115
4.0 Pistes de recherche	118
4.1 Motricité globale	118

	vii
4.2 Implication clinique	119
4.3 Limites	120
3.0 Conclusion	120
Bibliographie.....	122

Liste des tableaux

Introduction :

Tableau I-1 *Synthèse des articles sur la condition physique* 12

Tableau I-2 *Synthèse des articles sur la performance motrice globale* 25

Table II-1 *Means and Standard Deviations of Anthropometrical and Body Composition Variables* 61

Table II-2 *Means and Standard Deviations of Fitness Variables* 62

Table II-3 *Means and Standard Deviations of Aerobic Capacity Variables* 63

Table II-4 *Means and Standard Deviations of Gross Motor Variables* 64

Article 2:

Table III-1 *Physical Activity Program Variables* 81

Article 3:

Table IV-1 *Analysis of Covariance of Anthropometrical and Fitness Variables* 104

Table IV-2 *Analysis of Covariance of Behavioural Variables reported by parents* 105

Table IV-3 *Analysis of Covariance of Neuropsychological Variables* 106

Liste des figures

Article 3 :

Figure IV-1 Analysis of Covariance for Locomotion and Total Motor Skills raw scores. 107

Discussion:

Figure V-1 Modèle des mécanismes d'engagement dans l'activité physique chez les enfants
..... 110

Liste des abréviations

ADHD	Attention-deficit hyperactivity disorder
APA	American Psychiatric Association
B/MIN	Beats/minute
BMI	Body Mass Index
BOTMP	Bruinink-Oseretsky Test of Motor Proficiency
CAT	Classroom Observation System
CBCL	Child Behavior Checklist
CDC	Center for Disease Control
CM	Centimètre
CSEP	Canadian Society for Exercise Physiology
DAMP	Deficit in Attention, Motor control and Perception
DAT1	Dopamine transporter T1
DBP	Diastolic blood pressure
DM	Dysfonctionnement moteur
DRD4	Dopamine receptor D4
DSM	Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder
ES	Effect Size
EXP	Experimental
FC	Fréquence cardiaque
HR	Heart rate
HRRlow	Heart rate reserve low
HRRmod	Heart rate reserve moderate
HRRvig	Heart rate reserve vigorous
IMC	Indice de masse corporelle
KG	Kilogramme
KST	Kinaesthetic Sensitivity Test
MABC	Movement Assessment Battery for Children
MAX	Maximum
MB	Métabolisme basal
Mean HRR	Mean heart rate reserve
MIN	Minimum
MM	Masse maigre
PA	Physical activity
SBP	Systolic blood pressure
SD	Standard deviation
TAC	Trouble de l'acquisition de la coordination
TDAH	Trouble du déficit de l'attention avec hyperactivité
Tea-Ch	Test of Everyday Attention for Children
TGMD	Test of Gross Motor Development
VO2	Consommation maximale d'oxygène
YRS	Years

*Cette thèse est dédiée à Michel Caouette,
celui qui voit toujours plus loin.*

Remerciements

La réalisation de ce doctorat est à l'image de ce qui me représente le mieux : un travail d'équipe sollicitant la collaboration, l'investissement et le support de plusieurs personnes. Je ne peux donc pas passer sous silence l'apport de tous ces gens qui, de près ou de loin, m'ont aidé dans ce projet de vie.

Je tiens tout d'abord à remercier sincèrement ma directrice de thèse, madame Louise Béliveau, pour avoir cru en mon projet et pour m'avoir accordé sa confiance. Merci pour la rigueur de tes lectures, pour ton objectivité en toutes circonstances et surtout pour avoir compris qu'avec moi, le temps était un facteur variable. Notre travail ensemble m'a permis d'apprendre la valeur et le poids des mots ainsi que d'apprécier le travail accompli par les meilleurs chercheurs.

Je remercie aussi monsieur Phillip Gardiner, mon co-directeur, pour m'avoir ouvert la porte à ce monde fascinant de la recherche. Grâce à lui, j'ai pris conscience de l'ampleur des possibilités qui s'offrent au chercheur motivé. Ton support et ta collaboration m'ont été d'une aide inestimable.

Merci à l'Université de Montréal et plus spécialement au département de kinésiologie pour l'aide financière pendant mon doctorat. Merci aux étudiants de premier et deuxième cycle qui sont venus prêter main forte aux évaluations et aux entraînements des enfants.

Merci à tous les enfants, parents, enseignants et directeurs qui ont participé à mon projet. Votre énergie est inspirante.

Je dois aussi mentionner l'apport indispensable que m'ont fourni les membres de la Clinique des troubles de l'attention de l'hôpital Rivière-des-Prairies. Particulièrement, le Dr Lageix, pédopsychiatre, Marie-Claude Guay, directrice de la recherche clinique et Martine Verreault, coordonatrice clinique qui m'ont ouvert la porte à une collaboration entière et engagée qui se poursuit aujourd'hui dans notre vie professionnelle et surtout personnelle. Merci de m'avoir encouragé, enseigné et supporté dans les étapes cruciales de mon expérimentation. Sans l'aide que vous m'avez si généreusement offerte, jamais ce projet n'aurait pu être mené à terme. Merci à mes alliées Carine, Mélanie, Élixa, Véronique et toutes les autres qui ont pris quelques minutes de leurs précieux temps pour réaliser les évaluations.

Je remercie encore plus spécialement ma famille, Réjean, Ginette, Karine et Jo. Vous avez vécu mon doctorat à travers un tourbillon d'émotions qui étaient parfois assez intenses. Vous avez toujours été les premiers témoins de l'angoisse de réussir, des questionnements, de la démotivation, du stress de la performance et aussi de ma peur de l'échec. Grâce à vous, j'ai été capable de me relever, de continuer, de croire en ce projet, d'ouvrir encore et encore mon ordinateur pour avancer tranquillement mais sûrement vers la fin. J'ai vu la fierté dans vos yeux et c'est pour moi déjà une belle récompense.

Patrick, tu es arrivé alors que je débutais les premières évaluations de mon projet. Tu as donné un nouveau souffle à ma vie. Merci d'être à mes côtés et de croire en moi depuis ce jour. Merci surtout de m'avoir donné mes deux assistants de recherche : Lucas et Charlotte qui ont travaillé très étroitement avec moi pendant toute la rédaction. Vous êtes ma motivation à avancer.

Finalement, merci à tous ceux et celles qui ont participé à ce projet et que j'oublie peut-être ici.

Introduction

Le trouble du déficit de l'attention avec hyperactivité (TDAH) est un trouble développemental chronique dont l'origine est principalement d'ordre génétique et neurologique (Barkley, 2006; Kiehl, Goncalves, Tannock, Castellanos, 2008). Le TDAH interfère avec l'adaptation fonctionnelle de l'enfant dans ses milieux de vie (American Psychiatric Association [APA], 2003; Barkley, Fischer, Smallish, & Fletcher, 2002). Les difficultés sont le plus souvent rapportées dans les milieux scolaires et familiaux. Cependant, un autre environnement important dans la vie de l'enfant demeure relativement inexploré. En effet, on connaît peu les comportements adoptés dans la pratique sportive par les enfants ayant un TDAH. Les comportements négatifs souvent observés chez ces jeunes peuvent être un obstacle à une pratique plaisante et régulière de l'activité physique. Wall (1986) a d'ailleurs suggéré qu'ils étaient moins persévérants dans la pratique sportive que leurs pairs sans déficit. Or, ceci pourrait avoir un impact sur leur condition physique et sur leur développement. Certains auteurs suggèrent que ces enfants ne sont pas en bonne condition physique et qu'ils éprouvent des difficultés dans les habiletés motrices (Beyer, 1999; Harvey & Reid, 1997; Harvey & Reid, 2003; Yan & Thomas, 2002; Pitcher, Piek & Hay, 2003). Malgré ces résultats, il n'existe encore à ce jour que peu de travaux explorant le domaine de l'activité physique et le TDAH.

L'objectif de la présente thèse sera donc d'améliorer les connaissances actuelles concernant la condition physique, la participation à des activités sportives ainsi que l'impact d'un programme d'activités physiques chez des enfants ayant un TDAH. La thèse se divisera de la façon suivante : le premier chapitre exposera brièvement ce qu'est le TDAH et abordera l'état de la question sur l'activité physique et les enfants ayant un TDAH. Les chapitres suivants présenteront des manuscrits soumis pour publication à des périodiques spécialisés. Le chapitre deux présentera les résultats d'un projet de recherche portant sur la condition physique et les habiletés motrices globales de garçons ayant un TDAH prenant ou non de la médication. Le chapitre trois sera consacré à l'étude de l'intensité de la pratique sportive chez des enfants ayant un TDAH et des pairs sans déficit. Le quatrième chapitre exposera les effets d'un programme d'activités physiques structurées sur la condition physique, la performance motrice, les comportements ainsi que les

fonctions cognitives d'enfants ayant un TDAH. Finalement le chapitre cinq fera la synthèse du projet de thèse et présentera les conclusions.

Chapitre I

Revue de la littérature

Revue de la littérature

1. Le trouble du déficit de l'attention avec hyperactivité

Le trouble du déficit de l'attention avec hyperactivité (TDAH) est un des désordres psychiatriques les plus courants chez les jeunes nord-américains. Il affecte entre 3 et 7 % de la population d'âge scolaire (APA, 2003; Barkley, 2006). On reconnaît maintenant que le TDAH est un trouble chronique qui peut persister à l'adolescence ainsi qu'à l'âge adulte (Barkley, 2006). Les garçons semblent être au moins deux fois plus nombreux à être atteints que les filles, dans un ratio allant de deux pour un jusqu'à neuf pour un selon les études (APA, 2003).

Les scientifiques reconnaissent maintenant que de multiples facteurs peuvent expliquer le TDAH (Barkley, 2006). Cependant, les évidences récentes pointent vers des origines majoritairement génétiques et neurologiques (Barkley, 2006; Kieling, Goncalves, Tannock, Castellanos, 2008). Ainsi, diverses études ont permis de constater des différences anatomiques et fonctionnelles dans certaines régions cérébrales des enfants ayant un TDAH telles que le cortex préfrontal, les ganglions de la base et le cervelet (Barkley, 2006). Par ailleurs, un déficit de la disponibilité de neurotransmetteurs comme la dopamine et la noradrénaline a été mis en évidence, bien que le rôle des neurotransmetteurs dans ce trouble ne soit pas encore complètement élucidé (Barkley, 2006). Les mécanismes de la recapture de la dopamine et des agonistes de la noradrénaline sont soupçonnés de jouer un rôle probant dans le déficit de ces neurotransmetteurs identifiés chez les enfants ayant un TDAH. De plus, des études génétiques ont permis d'identifier un rôle important de certains récepteurs (DRD4) et transporteurs dopaminergiques (DAT1) dans le trouble (Kieling et al., 2008). Finalement, des facteurs de risques environnementaux comme l'exposition au tabac et à l'alcool durant la grossesse ont été associés à l'étiologie du TDAH (Barkley, 2006; Kieling et al., 2008).

Le TDAH est défini par trois dimensions : l'inattention, l'hyperactivité et l'impulsivité. Il comprend trois sous-types diagnostiques : inattentif, hyperactif-impulsif et combiné (APA, 2003). Le modèle théorique de Barkley (1997, 2006) est devenu un modèle

classique dans la littérature entourant le TDAH car il est le premier à tenter d'expliquer les liens entre les déficits cognitifs et les difficultés d'autorégulation des comportements (hyperactivité et impulsivité). Il est à noter que ce modèle explique uniquement les sous-types hyperactif-impulsif et combiné car selon Barkley, le sous-type inattentif se caractérise davantage par un ralentissement du traitement de l'information. Selon ce modèle, le déficit primaire concerne principalement les difficultés d'inhibition chez les jeunes qui ont un TDAH et ce déficit d'inhibition entraîne des difficultés au plan des fonctions exécutives : mémoire de travail non-verbale, mémoire de travail verbale (langage internalisé), autorégulation de l'affect, de la motivation ou de l'éveil et reconstitution (capacité de synthèse de l'information).

L'impact fonctionnel du TDAH s'observe par les difficultés attentionnelles et comportementales qui interfèrent dans l'adaptation du jeune dans de multiples contextes, notamment l'école, la maison et le milieu social (APA, 2003). Parallèlement aux symptômes principaux, plusieurs enfants ayant un TDAH présentent des problèmes connexes. Ainsi, ils peuvent éprouver des difficultés supplémentaires au plan cognitif, langagier, moteur, émotionnel, académique ainsi que médical (Barkley, 2006). Ajoutons à cela que la moitié des enfants ayant un TDAH ont au moins une co-morbidité psychiatrique. Parmi les plus importantes, on retrouve l'anxiété, les troubles oppositionnels-défiants, les troubles de conduite, les troubles de l'humeur, les tics et les troubles obsessionnels-compulsifs ainsi qu'un chevauchement avec l'autisme (Barkley, 2006; Biederman, Newcorn, & Sprich, 1991; Caron & Rutter, 1991). L'ensemble de ces problèmes et co-morbidités affecte négativement la vie sociale de ces jeunes. D'ailleurs, les difficultés relationnelles avec les parents et les pairs sont considérées comme l'un des aspects le plus nuisible dans le trouble (Barkley, 2006; Greene, Biederman, Faraone, Sienna, & Garcia-Jetton, 1997).

Il est maintenant reconnu que le TDAH nécessite un traitement multidimensionnel (Barkley, 2006; Chronis, Heather, & Raggi, 2006; Pelham & Fabiano, 2008). Les stimulants du système nerveux central et les interventions psychosociales, incluant l'entraînement parental ainsi que les interventions dans le milieu scolaire et auprès des pairs, sont considérés comme des traitements efficaces dans le TDAH (Pelham, Gnagy,

Greiner, Hoza, Hinshaw, & Swanson, et al., 2000; Pelham & Fabiano, 2008; Swanson, McBurnett, Wigal, Pfiffner, Lerner, Williams, et al., 1993). La pharmacothérapie est cependant le traitement primaire du trouble (Faraone, Biederman, Spencer, et al., 2006). Le médicament le plus utilisé est le méthylphénidate, par exemple le Ritalin ou le Concerta (Connor, 2006). La médication stimulante a des effets positifs sur les symptômes principaux du TDAH (inattention et impulsivité) chez environ 80 % des enfants (Faraone et al., 2006). Cependant, la combinaison de la pharmacothérapie avec les interventions psychosociales reconnues procure des améliorations plus significatives sur certaines conditions secondaires associées au TDAH (Antshel & Barkley, 2008). Ainsi, il a été démontré que les parents sont plus intéressés et satisfaits quand le traitement comporte un volet psychosocial. Conséquemment, une meilleure adhésion au traitement est rapportée (Conners, Epstein, March, et al., 2001). De plus, la dose de stimulants utilisée est moindre chez les enfants profitant d'un traitement combiné (Conners, Epstein, March, et al., 2001). Malgré leur efficacité respective, les traitements de pharmacothérapie et psychosociaux comportent aussi des limites. Par exemple, les stimulants peuvent apporter des effets secondaires comme un manque d'appétit, des nausées, des maux de tête, de la nervosité ou une augmentation de la latence à l'endormissement (Greenhill, Swanson, Vitiello, et al., 2001). De plus, les recherches explorant les effets à long terme des divers traitements ont produit des résultats mitigés. Il faut aussi noter que les traitements ne permettent pas une normalisation des symptômes de l'enfant, particulièrement s'ils sont proposés séparément, et qu'il y a une grande variabilité interindividuelle dans la réponse. Finalement, on observe un phénomène de non compliance pour chacun des types de traitement (Chronis & al., 2006; Daly, Creed, Xanthopoulos & Brown, 2007; Lundhal, Risser, Lovejoy, 2006; Pelham et al., 2000; Swanson et al., 1993).

Dans un effort pour proposer des traitements favorisant l'adhérence et le maintien des comportements, des stratégies alternatives comme les camps d'été (Pelham & Fabiano, 2008) ou les groupes d'activités physiques adaptées peuvent sembler appropriées puisqu'elles reproduisent un milieu naturel de l'enfant. Ainsi, des programmes de camps d'été (Pelham & Fabiano, 2008), incluant des stratégies de modification comportementale, utilisent les activités sportives de groupe afin d'offrir l'opportunité aux enfants ayant un

TDAH de pratiquer les comportements appropriés et d'améliorer leurs relations sociales. Cependant, l'activité physique comme "traitement" en soi n'est pas un objectif de ces programmes.

Selon un modèle théorique récent, il existe des interactions entre la condition physique, la performance motrice, la perception de la compétence motrice et la participation aux activités physiques chez les enfants (Stodden, Goodway, Langerdorfer, Robertson, Rudisill, Garcia et al., 2008). Toutefois, le sens des relations ainsi que l'impact de facteurs modérateurs comme l'âge ou le poids ne sont pas encore complètement expliqués. Malgré tout, il est raisonnable de penser que les difficultés motrices et la fréquence de participation aux activités physiques peuvent influencer la condition physique. Cette relation n'a pas été étudiée dans le TDAH. De plus, on ne connaît pas l'influence d'une pratique structurée d'activités physiques dans le fonctionnement des enfants ayant un TDAH. L'hypothèse que l'activité physique peut aider ces enfants demeure à explorer. Les prochaines sections auront donc comme objectif de présenter l'état des connaissances dans ces domaines.

2. TDAH et condition physique

Dès 1989, Churton a dénoncé le manque de ressources scientifiques permettant de connaître réellement les besoins moteurs des enfants ayant un TDAH. Harvey et Reid (1997) suggèrent que cette relative absence de données soit imputable au fait que la définition du trouble implique un surplus d'activités motrices chez les jeunes ayant un TDAH. Comme ces mouvements excessifs ont été perçus comme la principale problématique à traiter, cela a pu porter ombrage aux besoins d'une investigation complète de leur condition physique réelle et de leur performance motrice. D'ailleurs, les recherches existantes en activité physique et TDAH sont peu nombreuses et portent davantage sur les processus et les performances motrices fines ou globales que sur la condition physique ou le niveau de pratique (Harvey & Reid, 2003). De plus, certaines limites peuvent être soulevées, quant aux cadres théoriques utilisés, au diagnostic des participants, à la standardisation de l'exercice, à la validité et la fidélité des instruments de mesure, aux procédures méthodologiques ainsi qu'à la taille des groupes (Harvey & Reid, 2005).

Il n'y a que peu d'informations disponibles sur la condition physique des enfants ayant un TDAH (Harvey & Reid, 2003). Pourtant, les scientifiques ayant exploré la question font ressortir des résultats intéressants. En effet, des différences sont rapportées dans plusieurs domaines associés à la condition physique. La composition corporelle et la capacité aérobie sont les principales variables étudiées. Elles seront traitées séparément dans les prochaines sections. La force, l'endurance musculaire et la flexibilité sont d'autres paramètres importants. Cependant, à l'exception de Harvey et Reid (1997), peu d'auteurs les ont mesurés. Ces variables seront présentées dans la section réservée aux autres variables de la condition physique. Les études qui incluent les paramètres de la condition physique sont résumées dans le tableau I-1, à la fin de la section sur la composition corporelle.

2.1 Composition corporelle

Dans sa thèse, Ballard (1977) a décrit la condition physique d'enfants ayant un TDAH recevant de la médication stimulante. Il a comparé 23 enfants sans déficit avec 27 enfants ayant un TDAH prenant des stimulants (Tableau I-1). Les enfants ayant un TDAH avec médication ne différaient pas pour le poids et la taille mais avaient un taux plus élevé de gras corporel que leurs pairs sans déficit. Harvey et Reid (1997), ont observé des résultats similaires: en comparaison avec des données normatives du milieu des années 80, les 19 participants ayant un TDAH et prenant du méthylphénidate se sont classés dans la moyenne pour la grandeur, le poids et l'indice de masse corporelle (IMC). Cependant, ils ont été classés dans le 75^e percentile pour le tissu adipeux (Tableau I-1). Dans une étude plus récente, Tantillo et ses collaborateurs n'ont cependant pas rapporté de différence significative pour la taille, le poids, les plis adipeux du triceps et du mollet entre 18 enfants ayant un TDAH prenant de la médication et 25 enfants témoins (Tantillo, Kesick, Hynd & Dishman, 2002). Toutefois, après avoir comparé leurs données avec celles d'un échantillon provenant d'une autre étude (McCormack, Cureton, Bullock, & Weyand, 1991), les auteurs rapportent que les enfants du groupe témoin avaient une somme de plis adipeux supérieure à la moyenne.

Parallèlement aux auteurs qui ont utilisé la méthode des plis adipeux, d'autres ont exploré les problèmes de la composition corporelle chez les enfants ayant un TDAH en mesurant l'IMC. Ainsi, Holtkamp et al. (2004) ont observé que la prévalence d'embonpoint et d'obésité chez 97 enfants ayant un TDAH, était supérieure aux normes allemandes pour ce groupe d'âge (Holtkamp, Konrad, Müller, Heussen, Herpertz, Herpertz-Dahlmann et al., 2004). Dans cette étude, les auteurs ont regroupé les enfants ayant un TDAH avec et sans médication puisque les résultats des 14 participants qui prenaient de la médication étaient similaires aux enfants ayant un TDAH sans médication. Hubel et ses collaborateurs ont aussi rapporté un IMC plus élevé chez 39 enfants ayant un TDAH sans médication comparativement à un groupe témoin de 30 enfants sans déficit (Hubel, Jass, Marcus & Laessle, 2006). Contrairement à ces résultats, deux autres études ont démontré que la prévalence d'obésité chez des enfants ayant un TDAH était similaire aux normes américaines récentes (Curtin, Bandini, Perrin, Tybor & Must, 2005) ou à un groupe témoin (Wigal, Nemet, Swanson, Regino, Trampush, Ziegler, et al., 2003). Donc, malgré ces derniers résultats divergents, certains travaux suggèrent un taux élevé de masse grasse ou des problèmes d'obésité plus grands chez des enfants ayant un TDAH. Toutefois, l'impact potentiel de la médication ne peut être évalué par ces études puisqu'elles n'ont pas rapporté de comparaisons avec des enfants ayant un TDAH n'utilisant pas de médication.

Ce point peut être un aspect important de l'analyse du niveau de la composition corporelle chez les enfants ayant un TDAH. En effet, des auteurs ont proposé qu'il puisse y avoir une différence entre l'IMC des enfants ayant un TDAH prenant de la médication et celui d'enfants qui n'en prennent pas (Tableau I-1). Ainsi, selon Curtin et al. (2005), les probabilités de faire de l'embonpoint sont diminuées de moitié pour les enfants prenant de la médication comparativement aux enfants non médicamenteux. Toutefois, les auteurs n'ont pas distingué l'âge des enfants qui prenaient de la médication dans leur étude et la grande étendue de l'âge des participants (entre 2 et 18 ans) complique l'interprétation des résultats. Par ailleurs, l'effet de la médication sur la composition corporelle n'est pas observé par tous (Holtkamp et al., 2004; Swanson, Elliott, Greenhill, Wigal, Arnold, Vitiello, et al., 2007). Ainsi, Swanson et ses collaborateurs (2007) ont mesuré, pendant 36 mois, le profil de la composition corporelle de 65 enfants ayant un TDAH ne prenant pas de médication,

de 88 enfants débutant la prise de stimulants, de 70 enfants ayant un TDAH prenant la médication de façon continue et de 147 enfants ayant un TDAH prenant de la médication de façon discontinue. Ils ont comparé les résultats aux normes américaines citées précédemment (Tableau I-1). Les quatre groupes ont présenté un poids, exprimé en score z, plus élevé que la moyenne américaine des enfants du même âge. Cette même tendance s'est retrouvée pour la taille, à l'exception du groupe continuellement sous médication qui a présenté un score z sous la moyenne. Selon cette étude, la médication pourrait avoir un impact différent sur la taille et sur le poids. Toutefois, aucune autre étude citée précédemment ne permet de distinguer l'effet de la médication sur les variables associées à la composition corporelle pour une longue période. Il faut donc consulter les travaux explorant les effets secondaires de la médication stimulante sur la croissance des enfants ayant un TDAH pour pouvoir en comprendre les impacts potentiels.

En effet, un certain retard de croissance a été rapporté pendant le traitement pharmacologique des enfants ayant un TDAH (Swanson et al., 2007) bien que d'autres auteurs n'adhèrent pas à cette conclusion (Biederman, Faraone, Monuteaux, Plunkett, Gifford, & Spencer, 2003; Spencer, Faraone, Biederman, Lerner, Cooper, & Zimmerman, 2006; Sund & Zeiner, 2002). Cette divergence peut être explicable par les différentes méthodes utilisées, la dose de stimulants, la durée et l'adhérence au traitement qui varient beaucoup selon les études (Sund & Zeiner, 2002). Par ailleurs, le poids et la taille, utilisés habituellement comme indices de la croissance, semblent répondre différemment à la médication. Ainsi, une relation entre l'utilisation de la médication stimulante et un ralentissement de la croissance de la taille pendant les trois premières années d'utilisation a été démontrée dans les études expérimentales de haute qualité (Poulton, 2005). Un ralentissement du gain de poids a aussi été observé chez les enfants ayant un TDAH (Poulton, 2005). Cependant, ce processus est surtout relié à la perte d'appétit pouvant être observée lors du début du traitement pharmacologique et un retour au poids normal est habituellement rapporté après quelques mois d'usage (Poulton, 2005). Selon ces conclusions, la durée de la prise de médication pourrait être un facteur à considérer dans l'interprétation des données sur la composition corporelle. Cette relation n'est pas

mentionnée dans les recherches sur la composition corporelle et le TDAH citées précédemment. Elle sera donc à explorer dans les travaux futurs.

En résumé, des résultats de recherche utilisant la méthode des plis adipeux suggèrent que la composition corporelle des enfants ayant un TDAH soit à améliorer. Trois études utilisant des mesures d'IMC ou de poids normalisé comparées à des normes nationales ou à un groupe témoin corroborent cette conclusion puisqu'elles ont démontré une prévalence équivalente ou supérieure aux populations du même âge de développer l'obésité durant l'enfance. Cependant, des résultats contradictoires soulèvent le besoin d'approfondir les recherches avant de proposer une conclusion définitive. Certaines études suggèrent que les enfants ayant un TDAH qui ne prennent pas de médication soient les plus à risque. Cependant, les résultats mitigés concernant l'effet de la médication sur la composition corporelle ajoutent au questionnement. Des données supplémentaires seront nécessaires à l'établissement d'une conclusion claire.

Tableau I-1

Synthèse des articles sur la condition physique

Auteurs (année)	Population étudiée	Variables mesurées	Méthode de mesure de la composition corporelle	Méthode de comparaison des résultats	Résultats
Ballard (1977)	27 enfants TDAH (24 garçons, 3 filles) 23 enfants sans déficit (19 garçons, 4 filles) 7-13 ans médication stimulante	Poids, taille, gras corporel, fréquence cardiaque (FC) et pression artérielle (PA) repos, effort sous-max. et récupération	Non disponible	Groupe témoin	TDAH = témoin pour poids, taille TDAH > témoin pour gras corporel; FC repos, sous-max. , récupération
Curtin et al. (2005)	98 enfants TDAH (79 garçons, 19 filles) 2-18 ans 33 médication stimulante	Indice de masse corporelle (IMC)	IMC	Center Disease Control Body Mass Index (BMI) charts (CDC. 2000)	Embonpoint = 29% Obésité = 17,3% = aux normes enfants américains TDAH avec stimulant = moitié moins de risque d'embonpoint
Harvey et Reid (1997)	19 enfants TDAH (17 garçons, 2 filles) 7-12 ans 17 médication stimulante	Taille, poids, IMC, plis adipeux, redressement assis, extension bras, flexibilité	IMC, 5 plis adipeux (biceps, triceps, sous-scapulaire, crête iliaque, mollet)	Fitness Canada, 1985	TDAH dans la moyenne pour taille, poids, IMC, > 75° perc. plis adipeux, < 40° perc. flexibilité et extension bras, < 25° perc. redressement assis

Holtkamp et al. (2004)	97 garçons TDAH 14 médication stimulante 6-14 ans	Taille, poids, IMC	IMC	Normes allemandes (2001)	Embonpoint = 17,6% Obésité = 7.2 % > aux normes enfants allemands aucune différence entre TDAH avec ou sans médication stimulante
Hubel et al. (2006)	39 garçons TDAH 30 garçons sans déficit 8-13 ans aucune médication stimulante	Taille, poids IMC, masse maigre (MM), taux métabolique basal (MB)	IMC, impédance bio-électrique	Groupe témoin	TDAH > témoin pour IMC, MM et MB
Swanson et al. (2007)	65 TDAH sans stimulant 88 TDAH début prescription 70 TDAH stim. constant 147 TDAH stim. discontinu 80 % garçons 7-9 ans	Taille, poids	Poids	CDC, 2000	TDAH (4 groupes) poids > normes enfants américains Sans médic. > stim. discontinu > début prescription > stim. constant
Tantillo et al. (2002)	18 TDAH (10 garçons, 8 filles) 25 sans déficit (11 garçons, 14 filles) 8-12 ans médication stimulante	Taille, poids, plis adipeux, FC repos et sous-max., PA repos et sous-max., activité physique	2 plis (triceps, mollet)	Groupe témoin	TDAH = témoin pour toutes les variables
Wigal et al (2003)	10 garçons TDAH 8 garçons sans déficit 7-12 ans Aucune médication stimulante	Taille, poids, IMC, consommation maximale d'oxygène (VO ₂), seuil lactate, charge travail, FC	IMC	Groupe témoin	TDAH = témoin pour toutes les variables

2.2 Capacité aérobie

En plus de la composition corporelle, la capacité aérobie est un autre facteur essentiel à une bonne condition physique. Quatre recherches ayant mesuré des paramètres de la capacité aérobie ont été répertoriées. Deux études ont utilisé un test sur tapis roulant. Ainsi Ballard et collaborateurs (1976) et l'équipe de Tantillo (2002) ont trouvé des capacités aérobies similaires entre des groupes d'enfants ayant un TDAH prenant de la médication et des groupes témoins d'enfants du même âge lors de protocoles de course sous-maximale et maximale. De même, Wigal et ses collaborateurs (2003) n'ont pas rapporté de différence pour le niveau maximal de consommation d'oxygène, mesuré par un test progressif sur ergocycle, entre des enfants ayant un TDAH n'utilisant pas de médication et des enfants d'un groupe témoin (Tableau I-1). D'autre part, lors d'un test maximal progressif de terrain (test de Léger), Harvey et Reid (1997) ont rapporté que les enfants ayant un TDAH et prenant de la médication avaient une faible capacité aérobie en comparaison aux normes du test. Dans ces travaux, les auteurs n'ont pas utilisé le même protocole d'évaluation de la capacité aérobie, de même qu'ils n'ont pas analysé les résultats avec la même méthode. Ces différences méthodologiques pourraient expliquer la divergence des conclusions rapportées. Ainsi, comme pour les données sur la composition corporelle, il est difficile de généraliser les résultats disponibles sur la capacité aérobie à l'ensemble de la population d'enfants ayant un TDAH. D'autres études seront nécessaires.

2.3 Autres variables reliées à la condition physique

En plus de la composition corporelle et de la capacité aérobie, la condition physique inclut des variables comme la force, l'endurance musculaire et la flexibilité. D'autres aspects comme la réponse cardiovasculaire à l'effort peuvent aussi être examinés pour apprécier le niveau de la condition physique. Malgré cela, peu d'auteurs ont mesuré ces variables chez des enfants ayant un TDAH. Parmi les quelques résultats disponibles, notons ceux de Harvey et Reid (1997) qui en plus de mesurer la composition corporelle et la capacité aérobie, ont aussi examiné la force et la flexibilité d'enfants ayant un TDAH. Ils rapportent que ces enfants se situent sous le 25^e percentile pour le test de redressement assis

et sous le 40^e percentile pour la flexibilité et les extensions des bras comparativement aux normes canadiennes (Fitness Canada, 1985). Selon les auteurs, ces données, ajoutées à celles de la condition physique et de la capacité aérobie, illustrent une mauvaise condition physique générale. Cette étude demeure cependant une des rares à avoir examiné ces variables.

Ballard (1977) quant à lui, a démontré que les enfants ayant un TDAH avaient une réponse cardio-vasculaire à l'effort différente de celle d'un groupe témoin. Ainsi, leur fréquence cardiaque (FC) et leur pression artérielle (PA) étaient plus élevées dans toutes les conditions d'un test sur tapis roulant, soit au repos, à l'effort sous-maximal ainsi qu'à la récupération. Des données différentes ont été rapportées par Tantillo et son équipe (2002). Contrairement à Ballard, ces auteurs n'ont pas trouvé de différence entre la fréquence cardiaque de repos, la pression systolique et diastolique de repos et la pression artérielle moyenne lors d'un test maximal et sous-maximal sur ergocycle. Encore une fois, il est difficile de généraliser à partir d'un si petit nombre d'études et de participants. Il n'en demeure pas moins que d'autres variables de la condition physique pourraient aussi être à améliorer chez les enfants ayant un TDAH. Des doutes sont soulevés concernant la force musculaire ainsi que l'adaptation du système cardio-vasculaire à l'effort. Comme pour les sections précédentes, des données additionnelles sont nécessaires afin de tirer une conclusion claire dans ce domaine.

S'il existe des différences entre la condition physique des enfants ayant un TDAH et les autres, les mécanismes sous-jacents ne sont pas connus. Comme il a été avancé par Malina et ses collègues (Malina, Bouchard et Bar-Or, 2004), plusieurs déterminants comme la maturité, les facteurs de croissance et la pratique d'activités physiques quotidiennes peuvent avoir un impact sur la condition physique des enfants. Des chercheurs ont aussi proposé des pistes intéressantes pour le TDAH. Harvey et Reid (1997) avancent qu'il pourrait y avoir une interaction entre les difficultés à exécuter les habiletés motrices globales et la condition physique parmi la population d'enfants ayant un TDAH. Ils proposent d'explorer des mécanismes comme le manque de motivation et de participation de ces enfants à des activités physiques. Selon le modèle de Stodden et al. (2008), ces facteurs interagissent mutuellement et modulent le niveau de la condition physique des

enfants de la population générale. À ce jour, ces hypothèses demeurent à démontrer chez les enfants ayant un TDAH. Toutefois, quelques chercheurs se sont déjà intéressés à certains facteurs comme la motricité et la pratique d'activités physiques. La prochaine section sera consacrée à l'état des connaissances sur les habiletés motrices dans la population d'enfants ayant un TDAH. La littérature existante sur la pratique d'activités physiques sera présentée plus loin dans la revue.

3. TDAH et motricité

Plusieurs chercheurs ont démontré un lien entre le TDAH et la présence de difficultés motrices fines et globales (Beyer, 1999; Harvey & Reid, 1997; Harvey & Reid, 2003; Pitcher, Piek & Hay, 2003; Yan & Thomas, 2002). Des modèles théoriques ont été avancés pour appuyer les connaissances entourant la performance motrice et le TDAH (Harvey & Reid, 2005). Le modèle du développement moteur, basé sur l'étude des connaissances et des expériences motrices vécues (Wall, McClements, Bouffard, Findlay, & Taylor, 1985), a permis l'établissement d'hypothèses expliquant les difficultés motrices chez des populations d'enfants. L'hypothèse du déficit d'activité (Bouffard, Watkinson, Thompson, Causgrove Dunn, & Romanow, 1996) met en évidence le cercle vicieux du désengagement des enfants ayant un déficit moteur dans les activités sportives. Cette hypothèse précède les travaux de Wall (2004) qui propose par la suite l'hypothèse du déficit développemental de l'apprentissage des habiletés (*developmental skill-learning gap hypothesis*). Selon cette théorie, plus un enfant ayant des difficultés motrices devient âgé, plus l'écart entre lui et ses pairs plus efficaces au niveau moteur se creuse en raison de l'augmentation de l'exigence des tâches motrices. En plus de ces deux hypothèses, différents paradigmes comme les théories de la motivation ainsi que celles sur les processus d'autorégulation et de perception de l'efficacité personnelle ont aussi été suggérés afin d'étudier la relation entre le TDAH et la performance motrice (Harvey & Reid, 2005). Le modèle classique du TDAH (Barkley, 1997, 2006) permet aussi une compréhension théorique du déficit de la motricité associé au trouble. Selon ce modèle, tel que mentionné précédemment, le déficit principal concerne l'inhibition de la réponse et nuit au fonctionnement de quatre fonctions exécutives. Ces difficultés entraîneraient l'altération du contrôle moteur. Barkley (1997) souligne de plus l'influence des difficultés d'estimation

temporelle ainsi que de la capacité à faire des séquences des événements et des réponses. Selon lui, le problème de séquence temporelle peut nuire à la planification et à l'exécution motrice, rendant le mouvement désorganisé. Il explique que ce n'est pas seulement le sens du temps qui modifie l'anticipation du mouvement mais aussi la séquence de la réponse qui est déficiente dans le TDAH, particulièrement si la réponse motrice est nouvelle, complexe ou non automatisée. Ces modèles théoriques posent l'hypothèse d'un rôle important du trouble sur le déficit des habiletés motrices observé chez les enfants ayant un TDAH. De plus, ils suggèrent des impacts longitudinaux négatifs. Cela soutient donc l'avancée des travaux.

Plusieurs études explorant le domaine des habiletés motrices dans le TDAH ont été réalisées. Les recherches existantes dans ce domaine se sont orientées selon deux axes (Harvey & Reid, 2003). Le premier concerne l'étude des processus moteurs, le deuxième s'intéresse aux performances motrices. Ils seront présentés dans les prochaines sections.

3.1 Processus moteur

Beaucoup de travaux sur la performance motrice chez des enfants ayant un TDAH se sont concentrés sur l'étude des processus moteurs déficitaires (Harvey & Reid, 2003). De façon générale, des problèmes de préparation motrice ont été rapportés, particulièrement quand des séquences de mouvements complexes comme des tâches de recherche et de poursuite visuelle, des tâches impliquant des choix moteurs multiples ou des tâches de préhension de précision, étaient employées (Barkley, 2006; Kalff, de Sonnevile, Hurks, Hendriksen, Kroes, Feron et al., 2003; Pedersen, Surburg, Heath & Koceja, 2004; Peireira, Elisasson, Forsberg, 2000; Pitcher, Piek & Barret, 2002; Yan & Thomas, 2002). Les études démontrent que les enfants sont moins rapides et précis, qu'ils ont une plus grande variabilité du temps de réponse, qu'ils font plus de corrections, qu'ils s'appuient davantage sur la rétroaction visuelle et qu'ils éprouvent des difficultés dans le contrôle de la force requise comparativement à des enfants sans déficit. Il a été suggéré que les difficultés de préparation motrice reflètent les processus cognitifs supérieurs déficitaires identifiés dans le TDAH comme l'attention sélective, la planification, la programmation, l'organisation, la mémorisation et l'autorégulation plutôt que des difficultés dans l'exécution motrice elle-

même (Kalff et al., 2003; Klimkeit, Mattingley, Sheppard, Lee, & Bradshaw, 2005). On pourrait supposer que les processus moteurs déficitaires identifiés précédemment influencent aussi la performance motrice globale puisqu'elle implique des séquences motrices complexes. De fait, la prochaine section démontrera que les enfants ayant un TDAH éprouvent aussi des difficultés dans les habiletés motrices globales. Toutefois, la plupart des auteurs s'intéressant à l'étude des processus moteurs déficitaires ont utilisé des tâches peu comparables à celles effectuées habituellement par les enfants en activité physique. Donc, les questions sur la relation entre les processus moteurs et les habiletés motrices globales demeurent.

Dans la thèse, l'étude de l'activité physique se consacre particulièrement à évaluer la performance dans les habiletés de mouvements et la mesure de la condition physique. En ce sens, les études ayant étudié l'impact du biofeedback ou du yoga n'ont pas été retenues car elles ne sont pas directement en lien avec la performance motrice ou la condition physique des enfants.

3.2 Performance motrice

La prévalence des déficits moteurs varie grandement selon les études. Cette variabilité peut s'expliquer par les différentes méthodologies employées mais aussi par la confusion possible entourant la définition exacte des variables de motricité fine et globale utilisées (Harvey & Reid, 2003). Par exemple des études ont évalué la performance motrice (Tseng, Henderson, Chow, & Yao, 2004; Piek, Pitcher & Hay, 1999; Beyer, 1999; Pitcher, Piek & Hay, 2003; Harvey & Reid, 1997), la dysfonction motrice (Tervo, Azuma, Fogas, & Fiechtner, 2002), les déficits neuromoteurs (Steger, Imhof, Coutts, Gundelfinger, Steinhausen, & Brandeis, 2001) ou les problèmes de coordination (Denkla & Rudel, 1978).

Le trouble de l'acquisition de la coordination (TAC) est le diagnostic médical reconnu pour qualifier un trouble moteur développemental qui se manifeste par de faibles performances motrices dans les activités de la vie quotidienne sans que celles-ci ne soient associées à un déficit neuromusculaire, à un retard mental ou à un déficit neurologique (APA, 2003). Il est fréquemment associé au TDAH (Gillberg, 2003). En effet, selon une étude de Kadesjö et Gillberg (1998), 50% de cette population d'enfants présentent

également un TAC comparativement à 9% chez les enfants de la population générale. Une autre terminologie, en vigueur dans les pays scandinaves, sert à identifier les individus ayant une combinaison des critères diagnostiques du TDAH et du TAC. Il s'agit du déficit de l'attention, du contrôle moteur et de la perception (DAMP) qui rend compte des difficultés d'attention et des difficultés motrices (Gillberg, 2003). Selon Pitcher, Piek et Hay (2003), près de 50% de leur échantillon de plus de 150 enfants ayant un TDAH répondent à cette appellation puisqu'ils ont obtenu un score clinique se situant au-dessous du 15^e rang centile dans la batterie d'évaluation "Movement Assessment Battery for Children" (MABC; Henderson & Surgden, 1992). Lors d'une recherche antérieure, les mêmes auteurs ont observé la performance motrice de 16 enfants ayant un TDAH sous-type inattentif et 16 du sous-type combiné et comparé avec un groupe témoin. Ils ont rapporté que 30% des enfants ayant un TDAH avec prédominance d'inattention et de type combiné avaient un trouble d'acquisition de la coordination (TAC) et que 30% étaient considérés à risque. Ainsi, 60% des enfants présentant un TDAH manifestaient des difficultés motrices diverses (Piek et al., 1999). Dans ce cas-ci, étant donnée la petite taille de l'échantillon, la prévalence peut être influencée par un biais de sélection des candidats. Barkley (1990) rapporte une prévalence de problèmes de coordination motrice de 52% chez les enfants ayant un TDAH comparativement à 35 % chez leurs pairs sans déficit. Cette conclusion est basée sur les travaux de Hartsough et Lambert (1985) qui ont utilisé un questionnaire de l'histoire du développement de 492 enfants ayant un TDAH. Toutes ces études présentent des limitations méthodologiques. Cependant, les résultats sont relativement convergents. Doyle, Wallen et Withmont (1995) avancent des résultats différents. Ils ont mesuré les habiletés motrices de 38 enfants ayant un TDAH avec la forme courte du Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOTMP; Bruininks, 1978). Seulement 8% des enfants étaient sous la moyenne des normes du test pour la motricité fine et 5% pour la motricité globale. Il faut noter que la forme courte a été conçue pour être un outil de dépistage et qu'elle n'est pas aussi détaillée que la forme longue (Harvey & Reid, 2003). Encore ici, le petit nombre de participants et l'absence d'un groupe témoin peuvent limiter la généralisation des conclusions de cet article. De plus, il semble que la prévalence de problèmes moteurs varie en fonction du test de performance motrice utilisé. Il a été rapporté que le MABC permet d'identifier plus d'enfants avec des problèmes moteurs

comparativement au BOTPM (Kooistra, Crawford, Dewey, Cantell & Kaplan., 2005). Cette distinction pourrait expliquer pourquoi Doyle et collaborateurs rapportent une petite prévalence dans leur échantillon. Toutefois, malgré ces résultats mitigés, la plupart des évidences pointent vers une grande prévalence d'un déficit de la performance motrice chez les enfants ayant un TDAH.

Selon une recension des écrits de Harvey et Reid (2003), une grande partie des travaux sur la motricité semble avoir été consacrée aux processus moteurs et aux problèmes de motricité fine plutôt qu'aux déficits des habiletés motrices globales des enfants ayant un TDAH. Néanmoins, les auteurs ont été en mesure de répertorier et produire une synthèse des quelques études sur ce sujet (Harvey & Reid, 2003). Ils avancent prudemment que ces enfants pourraient être plus à risque d'avoir des problèmes d'habiletés motrices globales que leurs pairs sans déficit.

Plusieurs variables sont comprises dans la définition d'habiletés motrices globales. La prochaine section présentera celles qui sont mises en cause chez des enfants ayant un TDAH. En 1999, Beyer a comparé la performance motrice de 56 garçons ayant un TDAH prenant du méthylphénidate et de 56 garçons ayant des troubles d'apprentissage, en utilisant le BOTMP (Tableau I-2). Les deux groupes ont obtenu des résultats de performance motrice sous la moyenne. Cependant, les garçons ayant un TDAH ont eu une performance significativement plus basse au niveau de la coordination bilatérale, de la force, de la coordination visuo-motrice, de la vitesse des membres supérieurs et de la dextérité. Harvey et Reid (1997) ont mesuré les habiletés motrices globales de 19 enfants ayant un TDAH grâce aux épreuves du Test of Gross Motor Development (Ulrich, 1985). Ils ont rapporté que 89% des participants ont eu une performance de locomotion et de contrôle d'objets sous le 35^e centile par rapport aux normes du test. Zhang (2001) a obtenu des résultats légèrement différents avec le même test puisqu'il a observé que le groupe de 9 participants ayant un TDAH a été classé sous la moyenne pour la locomotion et dans la moyenne pour le contrôle d'objets. Finalement, Wade (1976) a comparé l'équilibre entre 12 enfants ayant un TDAH prenant du méthylphénidate ou un placebo et des pairs sans déficit. Il rapporte un temps de balancement significativement plus petit pour les enfants ayant un TDAH avec ou sans médication, dans une tâche de stabilité utilisant une plate-forme

d'équilibre. Selon ces études, il semble que plusieurs variables définissant les habiletés motrices globales puissent être à améliorer chez les enfants ayant un TDAH. Ainsi, des difficultés ont été identifiées dans la coordination bilatérale, la force, la coordination visuo-motrice, la vitesse des membres supérieurs, la dextérité, les habiletés de locomotion, les habiletés de contrôle d'objets et l'équilibre (Voir Tableau I-2).

Des études cliniques rétrospectives permettent de constater l'impact fonctionnel de ces difficultés motrices globales dans la vie des enfants ayant un TDAH. Ainsi, les résultats de questionnaires parentaux démontrent qu'ils tombent et se blessent souvent, qu'ils sont engagés moins longtemps dans les sports collectifs, qu'ils ont plus de difficultés à réguler leurs émotions, qu'ils sont souvent disqualifiés, qu'ils se fatiguent vite, qu'ils ont de la difficulté à maintenir leur équilibre, à courir, à lancer ou à attraper des objets, à sauter, gambader, à conduire un vélo ou à apprendre de nouveaux mouvements comparativement à un groupe témoin (Johnson & Rosen, 2000; Karatekin, Markiewicz, & Siegel, 2003). Ces données ajoutent donc aux précédents résultats supportant un déficit des habiletés motrices globales chez les enfants ayant un TDAH (Voir Tableau I-2).

L'influence spécifique de la médication sur les performances motrices globales est peu considérée dans les travaux précédents. Certains auteurs ont évalué les enfants avec leur médication habituelle (Harvey & Reid, 1997; Johnson & Rosen, 2000; Karatekin et al., 2003), d'autres ont fait cesser l'usage des stimulants lors de l'évaluation (Piek et al., 1999) tandis que certains n'ont pas rapporté cette information. Toutefois, dans ces études, aucun chercheur n'a analysé les résultats en fonction de cette variable. Pourtant, la médication pourrait avoir un impact sur certaines variables. Ainsi une étude utilisant un design double aveugle avec placebo contrôlé pour les enfants ayant un TDAH ainsi qu'un groupe témoin a permis de démontrer que la médication améliorerait la performance dans une tâche d'équilibre (Wade, 1976). Cependant, les méthodologies et les résultats des autres études divergent trop pour qu'une conclusion puisse être tirée. Par exemple, des chercheurs ont mesuré l'attention et les habiletés motrices spécifiques au baseball chez 17 garçons ayant un TDAH (Pelham, McBurnett, Harper, Milich, Murphy, & Clinton, 1990). Ils ont démontré que la prise de méthylphénidate (Ritalin) avait un effet sur l'attention mais n'influçait pas les performances motrices. Tervo et ses collaborateurs (2002) ont, quant à

eux, comparé le fonctionnement moteur de 14 enfants ayant un TDAH et des difficultés motrices avec celui de 44 enfants ayant un TDAH sans difficultés motrices dans un design triple aveugle croisé avec placebo. Ils n'ont rapporté aucune différence entre les deux groupes sur le fonctionnement moteur, mesuré par questionnaire, pour les conditions avec placebo, avec faible dose de stimulants ou avec forte dose. Plusieurs problèmes dont l'influence de l'environnement lors de l'évaluation et la validité de l'instrument de mesure ont été soulevés dans ces travaux antérieurs (Harvey, Reid, Grizenko, Mbekou, Ter-Stepanian, & Joobar, 2007). Afin de combler ces lacunes, des chercheurs ont récemment comparé la performance motrice globale de 22 enfants ayant un TDAH selon un design randomisé croisé de 2 semaines, double aveugle, avec placebo (Harvey et al., 2007). Les résultats montrent une différence significative pour les habiletés motrices globales entre les enfants ayant un TDAH et les enfants du groupe témoin qui concorde avec les travaux cités précédemment. Cependant, cette étude démontre clairement l'absence d'effet de la médication sur la motricité globale des enfants ayant un TDAH. Encore trop peu d'études ont exploré l'effet de la médication sur la motricité globale et ont distingué les groupes d'enfants ayant un TDAH selon cette spécification. Cependant, à ce jour, il semble que la médication ne soit pas un déterminant important de la performance motrice globale.

Par ailleurs, le sous-type de TDAH pourrait aussi influencer la performance motrice. Des auteurs ont rapporté que les difficultés motrices des enfants avec un TDAH de type combiné se retrouvent surtout au niveau de la motricité globale tandis qu'elles se situent au niveau de la motricité fine pour les enfants ayant un TDAH de type inattentif. Ainsi, Piek et ses collaborateurs (1999) ont évalué 48 garçons ayant un TDAH de 8 à 11 ans, à l'aide de 2 tests moteurs: le MABC et le Kinaesthetic Sensitivity Test (Lazlo & Bairstow, 1985). Les résultats du test MABC, effectué sans méthylphénidate, démontrent que les participants ayant un TDAH de type combiné ont un moins bon équilibre tandis que les participants ayant un TDAH de type inattentif ont éprouvé plus de difficultés dans la dextérité manuelle comparativement avec un groupe de pairs du même âge sans déficit. Les auteurs n'ont pas noté de différence entre les groupes TDAH et contrôle dans le Kinaesthetic Sensitivity Test. Les conclusions de cette étude sont limitées par la taille de chacun des groupes (16 participants). Ce même groupe d'auteurs a publié un deuxième article dans lequel ils

comparaient la performance motrice à l'aide du MABC en fonction des sous-types du TDAH chez un plus grand nombre de participants (Pitcher et al., 2003). Leurs résultats diffèrent un peu de la première étude car ils rapportent que les enfants ayant un TDAH du sous-type inattentif ($n = 50$) et du sous-type combiné ($n = 38$) ont plus de difficultés de la motricité fine ce qui les distingue des enfants ayant un TDAH du sous-type hyperactif-impulsif ($n = 16$) ou d'un groupe témoin ($n = 39$). Les auteurs pensent que les résultats de la première étude ont peut-être été influencés par le fait que la majorité des enfants du sous-type combiné prenaient de la médication stimulante pendant l'évaluation comparativement au groupe inattentif, ce qui aurait pu favoriser la motricité fine des participants. Par ailleurs, il faut mentionner qu'un des biais majeur de ces deux études concerne le classement des participants qui a été fait au moyen de questionnaires comportementaux rapportés par les parents. Les diagnostics n'ont pas été validés par une équipe médicale. Le profil des difficultés motrices en fonction du sous-type du TDAH n'est pas encore bien compris. Néanmoins, à la lumière de ces travaux, l'hypothèse d'une différence associée au sous-type diagnostique ne peut être ignorée.

Le TDAH est un trouble qui vient rarement seul. Le diagnostic principal est souvent combiné à une co-morbidité comme le trouble oppositionnel-défiant, l'anxiété, la dépression, les troubles d'apprentissage, le trouble bipolaire ou le trouble de l'acquisition de la coordination (Barkley, 2006). Certains auteurs pensent que les co-morbidités ajoutent à la sévérité des symptômes et nuisent d'autant plus au fonctionnement des jeunes (Kooistra et al., 2005). Cette augmentation de la sévérité serait suggérée au moins pour l'opposition qui nuit au fonctionnement social et familial (De Boo, & Prins, 2007).

Peu de recherches sur le développement moteur ont traité les co-morbidités comme variables indépendantes. Koistra et al. (2005) ont comparé l'importance du déficit moteur, mesuré par le BOTMP, entre des enfants ayant un trouble d'apprentissage, des enfants ayant un TDAH seul, des enfants ayant un TDAH avec de l'opposition, des enfants ayant un TDAH et des troubles d'apprentissage, des enfants ayant un TDAH, de l'opposition et des troubles d'apprentissage et finalement, un groupe témoin. Selon leurs conclusions, il semblerait que le déficit moteur soit plus important en présence des co-morbidités et particulièrement pour les troubles d'apprentissage. Le groupe d'enfants ayant un TDAH avait une performance motrice qui ne différait pas du groupe d'enfant témoin tandis que les

difficultés étaient significatives pour les groupes avec co-morbidités de troubles d'apprentissage. Selon ces analyses, le trouble d'apprentissage serait le principal facteur de prédiction du déficit moteur. Toujours selon cet auteur, le lien entre les troubles d'opposition et les problèmes de motricité serait incertain mais leur association pourrait refléter un trouble plus sévère avec des atteintes globales plus grandes qui n'ont pas été mesurées dans l'étude.

Harvey et al. (2007) ont suggéré certains mécanismes pour expliquer la différence des habiletés motrices globales des enfants ayant un TDAH. Selon ces auteurs, des facteurs comme le manque d'expérience sportive, les difficultés dans les habiletés sociales, les problèmes à réguler la performance motrice selon les exigences des tests, la motivation à accomplir les épreuves d'évaluation ainsi que les facteurs de stress comme la vitesse exigée ou les conditions dans lesquelles se déroule l'évaluation pourraient être en cause. Toutefois, toutes ces hypothèses demeurent à explorer.

Malgré la prévalence importante, l'ensemble des difficultés identifiées et les impacts cliniques associés aux difficultés liées à la performance motrice globale, il manque encore beaucoup d'informations permettant de comprendre ces déficits. Dans leur étude, Harvey et Reid (1997) ont observé que les enfants ayant des difficultés motrices avaient aussi une faible condition physique. Ils n'ont pas mesuré la grandeur de cette relation. Cependant, cette piste encourage le développement des connaissances. Comme dans le cas de la condition physique, il est évident qu'il y a un besoin certain d'approfondir les recherches afin de comprendre l'étendue du déficit et les mécanismes modulant les performances motrices. Il serait aussi intéressant d'explorer le lien entre les différents sous-groupes du trouble ainsi que l'impact de la médication sur le développement moteur et les paramètres de l'activité physique.

Tableau I-2

Synthèse des articles sur la performance motrice globale

Auteurs (année)	Population étudiée	Variables de la performance motrice	Méthode de mesure	Méthode de comparaison des résultats	Résultats
Beyer (1999)	56 garçons TDAH 56 garçons troubles apprentissage 7-8 et 9-12 ans 100% TDAH médication stimulante	Équilibre, coordination bilatérale, force, coordination membres supérieurs, vitesse de la réponse, contrôle visuo-moteur, dextérité	BOTMP-LF * Utilisation de la médication non déterminée lors de l'évaluation	TDAH vs trouble apprentissage	TDAH < troubles apprentissage pour coordination bilatérale, force, supérieurs, contrôle visuo-moteur, dextérité Différence selon âge 9-12 > 7-8
Harvey et Reid (1997)	19 enfants TDAH (17 garçons, 2 filles) 7-12 ans 17 médication stimulante	Habilités de locomotion Habilités de contrôle d'objets	TGMD * Évaluation avec la médication habituelle	Normes TGMD (1985)	TDAH 22 ^e pourcentile locomotion TDAH 33 ^e pourcentile contrôle d'objets
Harvey et al. (2007)	22 TDAH (20 garçons, 2 filles) 6-12 ans 9 médication stimulante	Habilités de locomotion Habilités de contrôle d'objets	TGMD-2 * Évaluation avec et sans médication	Design double aveugle randomisé croisé avec placebo plus une comparaison avec un groupe témoin	TDAH < témoin Aucun effet de la médication stimulante

Johnsen et Rosen (2000)	34 garçons TDAH 41 garçons sans déficit 6-17 ans 73% TDAH avec médication	Engagement sports collectifs ou individuels, durée de l'engagement, qualité de l'engagement : fréquence de l'agressivité, des blessures, des disqualifications, de la réactivité émotionnelle, du respect des règles et de la conduite sportive.	Sports Behavior Checklist complété par les parents. Évaluation avec la médication habituelle	Groupe témoin	TDAH < témoin pour la durée d'engagement dans les sports collectifs TDAH > témoin pour agressivité, réactivité émotionnelle, disqualification
Karatekin et al. (2003)	25 enfants TDAH (24 garçons, 1 filles) 27 enfants sans déficit (24 garçons, 3 fille) 9-13 ans 19 TDAH avec médication	Apprentissage des habiletés motrices quotidiennes, niveau de performance des habiletés motrices, niveau de maladresse	Questionnaire parental Évaluation avec la médication habituelle	Groupe témoin	TDAH < témoin pour l'apprentissage et la performance des habiletés motrices
Pelham et al. (1990)	17 garçons TDAH 7-9 ans médication avant l'évaluation non disponible	Habilités motrices (frapper, attraper, arrêter la balle, lancer) Compréhension du jeu Vigilance à la tâche	Pourcentage de réussite des habiletés motrices Questionnaire aux participants Observation durant le jeu Évaluation avec et sans médication	Design double aveugle croisé avec placebo contrôlé	Médication augmente vigilance à la tâche et compréhension du jeu Aucun effet sur habiletés motrices

Piek et al. (1999)	48 garçons (16 TDAH combiné, 16 TDAH-inattentif, 16 témoin) 8-11 ans médication avant l'évaluation non disponible	Dextérité manuelle, habiletés de contrôle de balle, équilibre statique et dynamique. Acuité, perception et mémoire kinesthésique	MABC * KST * Évaluation sans médication	Différences entre les groupes	TDAH < témoin pour les habiletés motrices TDAH-I plus de difficultés dans habiletés motrices fines TDAH-C plus de difficultés dans habiletés motrices globales
Tervo et al. (2002)	63 enfants TDAH (49 garçons, 14 filles) 19/63 TDAH + dysfonctionnement moteur 44/63 TDAH 7-12 ans médication avant l'évaluation non disponible	Fonctionnement moteur	« Selective Motor Functioning Checklist complété par parents et enseignants Évaluation avec et sans médication	TDAH + DM * vs TDAH Design triple aveugle avec placebo (placebo, faible dose, forte dose),	TDAH+DM > TDAH pour chutes, accidents, moins actifs en sports, plus fatigués, difficultés pour sauter, gambader, faire du vélo Pas de différences selon placebo, faible ou forte dose stimulants.
Wade (1976)	12 enfants TDAH 12 enfants sans déficit 7-11 ans 100% TDAH avec médication	Équilibre : temps de balancement et variabilité de la performance	Temps en seconde Écart-type de la performance Évaluation avec et sans médication	Design double aveugle avec placebo contrôlé pour TDAH + groupe témoin	Temps : témoin > TDAH + médication > TDAH+placebo Variabilité : placebo > médication = témoin

Zhang (2001)	21 enfants 9 TDAH, 7 troubles apprentissage, 5 retard mental (12 garçons, 9 filles) 5-10 ans médication avant l'évaluation non disponible	Habilités de locomotion Habilités de contrôle d'objets	TGMD Médication non déterminée lors de l'évaluation	Normes TGMD (1985)	TDAH et troubles apprentissage < moyenne locomotion TDAH et troubles apprentissage = moyenne contrôle objets
--------------	--	--	--	-----------------------	---

Note : * BOTMP-LF : Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency-Long Form; TGMD : Test of Gross Motor Development;
MABC : Movement Assessment Battery for Children; KST: Kinesthetic Sensitivity Test; DM : dysfonctionnement moteur

4. TDAH et pratique de l'activité physique

L'hyperactivité caractéristique du TDAH est implicitement synonyme d'un excès de mouvements. Bien que tous les sous-types du trouble n'impliquent pas nécessairement l'hyperactivité, les gens ont tendance à croire que ces enfants sont très actifs (Holtkamp et al., 2004). Une hypothèse suggère que l'hyperactivité se manifeste en fonction de la structure et de l'effort d'autorégulation exigés par les différents environnements de l'enfant (Dane, Schachar, & Tannock, 2000; Porino, Rapoport, Behar, Sceery, Ismond, & Bunney, 1983). Certains résultats supportent cette hypothèse. Ainsi, des chercheurs ont utilisé la quantité de mouvements produits dans des tâches évaluatives de laboratoire exigeant un grand effort d'attention, pour tenter de discriminer les enfants ayant un TDAH de ceux n'ayant pas de déficit. Les résultats démontrent que le nombre de mouvements, mesuré par actigraphie ou par un système d'analyse de mouvements, différencie les enfants ayant un TDAH des enfants ayant d'autres troubles psychiatriques ou des enfants des groupes témoins (Halperin, Matier, Bedi, Sharma, & Newcorn, 1992; Halperin, Newcorn, Matier, Sharma, McKay, & Schwartz, 1993; Inoue, Nadaoka, Oiji, Morioka, Totsuka, Kanbayashi, et al., 1996; Teicher, Yutaka, Glod, & Barber, 1996). De plus, l'utilisation de l'actigraphie dans ce genre de tâche a permis de démontrer que des facteurs comme le moment de la journée ainsi que la situation d'évaluation pouvaient affecter le nombre de mouvements. En effet, pour ce type d'évaluation, on a constaté que la nouveauté de la tâche, une grande quantité de rétroactions et des évaluations en avant-midi favorisaient une plus petite quantité de mouvements (Dane et al., 2000). Toutefois, cette méthode n'a pas permis de différencier les différents sous-types du TDAH (Dane et al., 2000). Malgré l'utilité de ces données cliniques pour la compréhension de l'impact de l'hyperactivité dans le TDAH, l'information est restreinte à l'utilisation de tâches de courte durée effectuées dans un environnement contrôlé et ne renseigne pas sur les patrons de pratique d'activités physiques des enfants ayant un TDAH.

D'autres chercheurs ont mesuré la quantité d'activités motrices des enfants dans leur environnement naturel. Les travaux de Pinto et Tryon (1996) ont permis de constater que les enfants classifiés comme hyperactifs par les enseignants et les parents étaient plus actifs

que leurs pairs sans déficit dans des situations structurées comme les périodes académiques autant que dans celles non organisées comme les récréations, les temps libres et les activités à la maison. Ces données ont été obtenues auprès d'enfants de 6 à 12 ans ayant un TDAH et ne prenant pas de médication, ayant porté un accéléromètre à la taille pendant une période de 7 à 10 jours. Ces résultats concordent partiellement avec ceux de l'étude de Porino et al. (1983). Ces auteurs ont mesuré le nombre de mouvements pendant une semaine grâce à un des premiers prototypes d'accéléromètre. Ils ont comparé les résultats de 12 garçons ayant un TDAH avec ceux d'un groupe témoin apparié pour l'âge et le groupe scolaire. Ils rapportent que les enfants ayant un TDAH démontrent généralement un niveau d'activités motrices plus élevé que leurs pairs durant les heures de semaine, les nuits ainsi que les fins de semaine. Cependant, contrairement aux travaux de Pinto et Tryon (1996), ils ne rapportent pas de différences significatives entre les deux groupes lors des périodes du dîner, de la récréation ou dans les cours d'éducation physique.

Deux éléments pourraient expliquer la différence rapportée. Porino et ses collaborateurs n'ont pas mentionné si les enfants prenaient ou non de la médication. De plus, ils soupçonnent un biais dans la composition des groupes. En fait, selon les réponses des parents aux questionnaires comportementaux, ce groupe serait composé d'enfants ayant des comportements d'hyperactivité qui s'observaient particulièrement en classe mais qui n'interféraient pas dans les autres situations quotidiennes. Ces deux aspects méthodologiques pourraient expliquer pourquoi les auteurs n'ont pas observé de différences dans les périodes du dîner, de la récréation ou dans les cours d'éducation physique.

Une troisième recherche rapporte aussi des différences de l'activité motrice durant la journée, entre 11 garçons classifiés comme ayant un TDAH par leurs parents et enseignants et 12 garçons sans déficit (Cammann & Miehle, 1989). Les auteurs ont utilisé des observations directes pendant deux jours scolaires pour démontrer que les enfants ayant un TDAH n'étaient pas hyperactifs toute la journée. En fait, ils avaient une augmentation de l'activité motrice durant les périodes scolaires en matinée qui se différencièrent du groupe témoin mais une diminution marquée lors de la dernière période de la journée. Ces variations n'étaient pas reliées à la demande d'autorégulation et d'attention ou à la structure exigée par la classe puisque les périodes scolaires variaient. Ces résultats sont opposés à

ceux obtenus dans les études utilisant des tests contrôlés en laboratoire cités précédemment mais les tâches de cette dernière étude sont très différentes. Afin d'expliquer cette différence dans les résultats, les auteurs avancent l'hypothèse que les variations de l'activité motrice pourraient être une expression du rythme circadien endogène. Cependant, cette spéculation s'appuie sur une étude de cas et n'est pas supportée par d'autres travaux scientifiques. De plus, cette étude est la seule à rapporter une diminution de l'activité motrice en après-midi. Par comparaison, Porino et ses collaborateurs (1983) ont plutôt mesuré une augmentation durant la même période.

Les résultats rapportés ici renseignent sur le niveau d'activités motrices associé aux enfants ayant un TDAH. Les évaluations effectuées lors des tâches en laboratoire suggèrent, de façon générale, que les enfants ayant un TDAH ont une plus grande activité motrice que leurs pairs dans des activités demandant un effort d'autorégulation. Cette distinction n'est pas aussi claire dans les recherches ayant quantifié le nombre de mouvements en milieu naturel. Par ailleurs, ces données ne donnent pas de renseignements sur les paramètres importants d'une pratique régulière de l'activité physique que sont la fréquence, l'intensité et la durée de l'effort.

Deux études ont exploré la fréquence de la participation sportive des enfants ayant un TDAH. Des chercheurs ont comparé les comportements sportifs de 34 garçons ayant un TDAH avec ceux de 41 garçons sans déficit, grâce à un questionnaire complété par les parents (Johnson & Rosen, 2000). Les auteurs ont démontré que les difficultés comportementales vécues par les enfants ayant un TDAH nuisaient à la qualité et à la durée de leur engagement dans les sports d'équipe. Ils étaient plus agressifs, avaient une plus grande réactivité émotionnelle, subissaient plus de disqualifications et participaient moins longtemps aux sports collectifs que leur pairs sans déficit. Cette étude soulève l'hypothèse que les comportements puissent être un obstacle à une pratique sportive régulière en groupe. Tantillo et ses collaborateurs (2002) n'ont trouvé aucune différence significative pour le niveau d'activités physiques quotidien, mesuré par questionnaire auto-rapporté, entre des garçons et des filles ayant un TDAH prenant du méthylphénidate et un groupe témoin ajusté à l'âge des sujets. La validité de l'instrument de mesure est peut-être un facteur à considérer ici puisque l'utilisation des questionnaires auto-rapportés chez les

enfants est controversée (Welk, Corbin, & Dale, 2000). Par ailleurs, l'usage de la médication pourrait expliquer en partie ce résultat. En effet, il a été démontré que l'utilisation de la médication stimulante diminuait significativement le niveau d'activités motrices dans des tâches évaluatives cliniques chez les enfants ayant un TDAH (Konrad, Günther, Heinzl-Gutenbrunner, & Herpertz-Dahlmann, 2005). De plus, Butte et ses collaborateurs (1999) ont étudié l'effet de l'utilisation d'une médication stimulante chez les enfants de 6 à 12 ans diagnostiqués avec un TDAH sur la dépense énergétique quotidienne totale et l'activité physique en période d'éveil. La dépense énergétique a été mesurée indirectement dans une chambre calorimétrique, où il est possible de mesurer la consommation d'oxygène. L'activité physique a été mesurée par télémétrie. Les auteurs ont rapporté que l'utilisation d'une médication stimulante faisait diminuer la dépense énergétique quotidienne totale et l'activité physique en période d'éveil de 16 et 22 % respectivement.

Selon les auteurs cités dans cette section, le niveau d'activité motrice semble plus élevé chez les enfants ayant un TDAH, et ce, dans différents environnements. Plusieurs hypothèses, dont l'exigence d'autorégulation et d'attention, la structure offerte par le milieu, la sévérité des symptômes et le rythme circadien, sont avancées pour expliquer cette plus grande activité motrice. Les deux études ayant exploré la fréquence de la participation dans les activités physiques sont divergentes mais les méthodes utilisées peuvent expliquer cette différence. De façon générale, ces études ont peu de sujets et ne distinguent pas clairement l'effet de l'usage de la médication. Néanmoins, certains résultats suggèrent que les difficultés comportementales des enfants ayant un TDAH puissent influencer négativement la quantité d'activités physiques pratiquées. Malgré cela, les informations sur le niveau d'activités physiques des enfants ayant un TDAH prenant ou non de la médication sont insuffisantes et ne permettent pas de tirer une conclusion claire.

5. Effets de l'exercice

Un nombre grandissant de chercheurs appuie l'hypothèse d'un lien entre l'activité physique et les fonctions cognitives (Hillman, Erickson, & Kramer, 2008). Ce lien est avancé autant par la recherche animale que par la recherche chez les humains (Hillman et

al., 2008; Vaynman & Gomez-Pinilla, 2006). Les travaux dans le domaine animal soutiennent qu'un environnement enrichi, incluant un accès à de l'équipement d'exercice comme la roue d'entraînement, a un effet positif sur la croissance neuronale et les systèmes neurologiques impliqués dans l'apprentissage et la mémoire (Vaynman & Gomez-Pinilla, 2006). Il a été mentionné précédemment qu'un déficit de la dopamine et de la noradrénaline est avancé dans l'étiologie du TDAH. Des taux plus élevés de dopamine et de récepteurs dopaminergiques ont été mesurés dans le cerveau d'animaux après un exercice aigu (Freed & Yamamoto, 1985; Heyes, Garnett & Coates, 1988; MacRae, Spirduso, Cartee, Farrar, & Wilcox, 1987; Yadid, Overstreet, & Zangen., 2001). Pour cette raison, certains auteurs suggèrent que l'exercice pourrait être un complément pertinent aux traitements actuellement proposés (Tantillo et al., 2002; Tomporowski, 2003a).

Des bénéfices ont aussi été mentionnés dans des études explorant l'effet de l'activité physique sur les fonctions cognitives chez des humains de tous âges (Hillman et al., 2008). Des données récentes chez les personnes âgées ont démontré que l'exercice avait un impact significatif sur certains changements structuraux et sur un ensemble de fonctions cognitives, spécialement celles impliquées dans le contrôle exécutif comme la planification, la mémoire de travail, les tâches multiples et la prise de décision (Colcombe & Kramer, 2003). Ces résultats semblent intéressants pour le TDAH puisque le modèle théorique principal met en lumière un trouble de l'inhibition qui nuit à ces fonctions exécutives (Barkley, 1997, 2006). Toutefois, l'effet de l'activité physique sur des domaines spécifiques du développement comme la cognition n'a pas fait l'objet de nombreuses études dans la population générale des enfants (Hillman et al., 2008). Les données empiriques sont encore plus rares pour la population d'enfants ayant un TDAH. Beaucoup d'anecdotes et d'articles de presse sur les bénéfices de l'exercice ont été publiés chez cette population mais peu d'études scientifiques sont disponibles (Putman, 2001).

5.1 Les effets de l'activité physique chez les enfants de la population générale

L'influence de l'activité physique sur les performances académiques est un domaine ayant reçu beaucoup d'attention dans la population générale d'enfants au cours des dernières années. Deux approches méthodologiques mesurant la condition physique ou le

niveau de participation aux activités physiques ont été principalement utilisées. Ainsi, certains auteurs ont trouvé une relation positive mais modeste entre le niveau de la condition physique, mesuré par des tests standardisés, et les performances académiques d'enfants du primaire et du secondaire (Castelli, Hillman, Buck, & Erwin, 2007; Dwyer, Sallis, Blizzard, Lazarus, & Dean, 2001). Des chercheurs rapportent cette même association dans des protocoles ayant examiné la relation entre la pratique d'exercices modérés à vigoureux et la performance scolaire (Coe, Pivarnik, Womack, Reeves, & Malina, 2006). Cependant, d'autres rapportent des résultats ambivalents (Ahamed, MacDonald, Reed, Naylor, Liu-Ambrose, & McKay, 2007; Linder, 2002) ou même une relation négative entre la participation à des activités physiques et la performance académique (Lindner, 2002; Tremblay, Inman, Willms, 2000). Cependant, il est maintenant assez bien accepté que l'activité physique et le niveau de condition physique peuvent avoir un impact positif, quoique modeste, sur les performances académiques des enfants (Hillman et al., 2008). On suggère d'ailleurs que l'activité physique devrait faire partie d'un programme scolaire régulier autant pour les bénéfices physiques que pour les bénéfices cognitifs qu'elle peut apporter (Sibley & Etnier, 2003).

En 2003, une méta-analyse a été effectuée afin d'analyser l'impact de l'activité physique sur d'autres variables reliées au fonctionnement cognitif des enfants d'âge scolaire (Sibley & Etnier, 2003). Dans cette publication, on constate que les habiletés perceptuelles, le niveau de développement, la motivation scolaire, le quotient intellectuel, les performances mathématiques et verbales sont des variables ayant déjà été reliées positivement à l'activité physique. Les auteurs n'ont pas recensé d'effets positifs pour la mémoire. Récemment, Buck, Hillman et Castelli (2007) ont étudié la relation entre le niveau de la condition physique d'enfants de la population générale et certaines fonctions exécutives mesurées dans une tâche de performances cognitives incluant les processus d'attention, d'inhibition et de contrôle des interférences (STROOP Task). Ils ont démontré qu'un haut niveau de condition physique était associé avec un meilleur contrôle des interférences, une composante importante des fonctions exécutives. Dans une étude antérieure, ces auteurs avaient trouvé une association positive entre la condition physique et des paramètres neurophysiologiques reliés à l'attention, à la mémoire de travail et à la

vitesse de réponse des enfants (Hillman, Castelli & Buck, 2005). Ces résultats supportent la littérature existante concernant les effets bénéfiques de la pratique d'activités physiques et d'un bon niveau de la condition physique sur le développement des performances cognitives des enfants (Buck et al., 2007).

Néanmoins, comme plusieurs auteurs le mentionnent, il est encore difficile d'établir clairement une relation causale entre l'activité physique et les performances académiques ou les fonctions cognitives. Des hypothèses concernant des mécanismes physiologiques aigus ou chroniques comme l'augmentation de la concentration de certains neurotransmetteurs, du métabolisme cérébrale ou le changement des structures neurologiques ont été proposées (Dwyer et al., 2001; Etnier, Salazar, Landers, Petruzzello, et al., 1997). De plus, des facteurs psychologiques tels que les attitudes des enseignants ou des parents envers les enfants qui font de l'activité physique, l'attitude des enfants face à l'activité physique, la motivation des participants, l'anxiété ainsi que l'estime de soi pourraient expliquer une partie des résultats (Sibley & Etnier, 2003; Shephard, 1997). Toutefois, les mécanismes physiologiques et psychologiques ainsi que l'influence de facteurs modérateurs chez les enfants demeurent incompris (Castelli et al., 2007; Tremblay et al., 2000).

5.2 Les effets de l'activité physique chez les enfants ayant un TDAH

À ce jour, il n'existe que très peu de travaux explorant les effets de l'activité physique chez la population d'enfants ayant un TDAH et les conclusions divergent (Tomprowski, 2003b). Certains problèmes méthodologiques comme une faible puissance statistique ainsi que l'hétérogénéité des populations cliniques étudiées ont été soulevés (Sibley & Etnier, 2003; Tomporowski, 2003b). Par ailleurs, peu de chercheurs ont inclus seulement des enfants ayant un TDAH dans leurs études (Tomprowski, 2003b).

Dans sa thèse de doctorat, Wendt (2000) a observé des améliorations significatives du comportement, mesuré par l'échelle comportementale de Conner, chez 13 enfants ayant un TDAH ayant suivi un programme d'entraînement en activité physique intensif de six semaines, cinq fois par semaine. Deux autres études longitudinales ont employé un

programme combinant l'activité physique et des interventions comportementales chez des enfants ayant divers troubles dont celui du TDAH. Ainsi, Parish-Plass et Lufi (1998) ont utilisé un programme de vingt semaines combinant l'activité physique et un entraînement aux habiletés sociales. Ils ont comparé 43 garçons ayant des désordres comportementaux divers incluant 15 garçons ayant un TDAH et un groupe témoin d'enfants du même âge, sans déficit. Les variables mesurées étaient la défense positive, l'ajustement général, la psychose, le désordre de personnalité, les désordres neurologiques, l'intégration de la personnalité ainsi que le nombre de signes de déviance (Tennessee Self-Concept Scale). À la suite du programme, les auteurs ont observé une diminution significative de la quantité de signes déviants chez le groupe ayant des désordres cliniques comparativement au groupe contrôle. Bluechard et Shepard (1995) ont, quant à eux, obtenu des résultats différents dans un programme similaire de 10 semaines. Ils n'ont pas trouvé de différence significative pour la compétence motrice, le niveau des habiletés sociales rapporté par les enseignants ainsi que de la perception de la compétence personnelle entre un groupe de 45 enfants ayant des problèmes d'apprentissage randomisé pour le traitement ou le groupe contrôle. Les auteurs rapportent que certains enfants utilisaient la médication habituellement prescrite dans le TDAH mais ne rapportent pas le nombre d'enfants diagnostiqués dans leur échantillon.

En plus de ces études longitudinales, quelques travaux sur l'effet aigu de l'activité physique ont été recensés (Tomporowski, 2003b). Ainsi, il semble y avoir une association positive entre l'exercice aigu et l'amélioration des comportements et des fonctions cognitives chez des enfants ayant divers désordres cliniques caractérisés par des difficultés de contrôle et d'impulsivité ainsi que des problèmes d'attention. Toutefois, les rares résultats sont plus équivoques pour la population d'enfants ayant un TDAH tel que discuté dans les paragraphes suivants.

Quelques études de cas ont rapporté les résultats d'un programme d'activités physiques sur des variables comportementales obtenues auprès d'enfants ayant un TDAH. Etscheidt et Ayllon (1987), ont employé l'activité physique comme solution alternative pour diminuer les comportements d'hyperactivité d'un garçon de 13 ans ayant un TDAH. Pendant 2 semaines, une séance aérobie de 5 minutes était offerte quand le jeune ne pouvait

plus fonctionner adéquatement en classe. Ce programme a permis de mesurer une réduction significative du pourcentage de comportements négatifs pendant les sessions de lecture et de mathématiques. Un deuxième programme d'exercices, d'intensité élevée, a produit des résultats positifs sur les comportements d'attention observés en classe chez un enfant de 4 ans ayant un TDAH et un diagnostic d'autisme (Azrin, Ehle, & Beaumont, 2006). Molloy (1989) a rapporté qu'un exercice de 5 minutes, à vitesse constante sur vélo stationnaire, était associé à une plus grande amélioration des comportements d'attention à la tâche chez deux enfants ayant un TDAH comparativement à deux pairs sélectionnées dans un groupe de 32 enfants témoins. La médication n'était pas rapportée. Aucun changement n'a été observé lors des séances d'exercice de 10 minutes, dans les séances de repos ou pour les mesures de performances arithmétiques.

Par ailleurs, en 1983, Craft a démontré que des séances d'exercice sur vélo stationnaire, de 0, 1, 5 ou 10 minutes à intensité constante, n'avaient pas d'effet sur la performance cognitive, mesurée immédiatement après l'effort par un test de séquence de chiffres (Weschler Intelligence Scale for Children [WISC-R]), un test de traitement et de mémoire de travail (Wisc-R Coding B) et un test de mémoire séquentielle visuelle (Illinois Test of Psycholinguistic Abilities, [ITPA]). Le diagnostic de TDAH des 31 participants avait été établi grâce à un questionnaire comportemental administré par un psychologue scolaire et aucun participant ne prenait de médication. Plus récemment, Flohr, Saunders, Evans et Raggi (2004) ont examiné l'influence d'un exercice sur vélo stationnaire, d'intensité faible ou modérée, sur les performances académiques et les comportements en classe de 19 garçons ayant un TDAH. La méthode diagnostique ainsi que la médication n'ont pas été rapportées. Grâce à un système d'observation standardisé (CAT Classroom Observation System) et à une grille comportementale (IOWA Conners Rating Scale), ils ont trouvé que les enfants ayant un TDAH amélioraient significativement leurs comportements suite à une période d'exercice d'intensité faible ou modérée. Cependant, ils n'ont pas trouvé de différence pour la performance académique, mesurée par des indices de rendement et d'efficacité obtenus lors d'épreuves de mathématiques et de lecture.

Bien qu'une influence positive soit rapportée entre l'activité physique et certaines variables cognitives de la population générale d'enfants, il n'y a pas, actuellement, de

consensus clair sur les effets d'un programme d'activités physiques chez les enfants ayant un TDAH. Des résultats concernant les effets chroniques ou aigus de l'activité physique semblent supporter l'hypothèse que celle-ci peut avoir un impact sur certaines variables comme l'attention et les comportements mais la causalité et la généralisation des conclusions sont restreintes en raison de la méthodologie employée. En effet, la majorité de ces études comportaient des limites majeures : certaines étaient des études de cas, d'autres incluaient une population qui n'était pas diagnostiquée cliniquement ou pour laquelle la médication n'était pas connue. Finalement, peu de travaux incluaient une description complète des paramètres de l'activité physique. Ainsi, comme pour la condition physique, il existe des besoins importants dans l'étude de l'effet d'un exercice chronique ou aigu chez les enfants ayant un TDAH. Des études longitudinales, ayant un protocole contrôlé et un plus grand échantillon, prenant en considération des paramètres comme le diagnostic clinique, le traitement, le type et l'intensité de l'exercice ne sont pas encore disponibles. Ces études seront nécessaires afin de vérifier l'effet de l'activité physique structurée sur des variables comme la condition physique et la performance motrice.

6. Hypothèses de recherche

À la lumière de la littérature présentée précédemment, il semble que les données concernant l'activité physique et le TDAH sont incomplètes, mais les résultats actuels soulèvent tout de même des pistes de recherche intéressantes. En premier lieu, il pourrait y avoir une différence entre les enfants ayant un TDAH et leurs pairs pour certains paramètres définissant la condition physique comme la composition corporelle, la capacité aérobie, la force et l'endurance musculaire ainsi que la flexibilité. De plus, la présence de difficultés motrices globales semble être de plus en plus évidente chez ce groupe de jeunes. Par ailleurs, la médication stimulante utilisée comme traitement principal du trouble, pourrait moduler certaines ces variables. Deuxièmement, plusieurs facteurs peuvent interagir avec le niveau de la condition physique (Stodden et al., 2008). Parmi tous les éléments, la participation à des activités sportives a un impact important. Il semble que les enfants avec un TDAH aient une plus grande activité motrice mais que leurs comportements négatifs soient un obstacle à la participation. Toutefois, on ne connaît pas le

portrait réel de leur pratique d'activités physiques. Finalement, la pratique d'activités physiques pourrait apporter des bénéfices chez les enfants ayant un TDAH. Il existe des évidences scientifiques voulant que la pratique d'activités physiques apporte des bénéfices sur la performance scolaire, la cognition, les comportements. Cependant, ces relations demeurent relativement inexplorées chez la population d'enfants ayant un TDAH et les conclusions des quelques travaux répertoriés divergent.

Les manuscrits présentés dans la thèse auront comme objectif d'approfondir les conclusions actuelles concernant la description du niveau de la condition physique et de la performance motrice, l'évaluation de la participation à un programme d'activités physiques supervisé ainsi que l'évaluation de l'impact d'un programme en activité physique sur la condition physique, les performances motrices, les processus cognitifs et les comportements chez les enfants ayant un TDAH. Trois projets de recherche ont été consacrés au traitement de chacun de ces problématiques de recherche. Les hypothèses principales avancées dans la thèse sont les suivantes :

Hypothèse 1. Les enfants ayant un TDAH auront une condition physique et une performance motrice globale différentes des enfants du groupe de comparaison du même âge.

Hypothèse 2. Les enfants ayant un TDAH auront une intensité de participation différente des enfants d'un groupe de comparaison du même âge lors d'un programme d'activité physique supervisée.

Hypothèse 3. Les enfants ayant un TDAH auront des améliorations significatives de leur condition physique, de leurs comportements et de leurs fonctions cognitives, suite à un programme d'activités physiques structurées.

Les prochains chapitres présenteront respectivement les détails de chacun de ces projets.

Chapitre II

Article 1

**Fitness Level and Gross Motor Performance of Children With Attention-Deficit
Disorder With Hyperactivity**

Verret, Claudia^{1,2}, Gardiner, Phillip³, & Béliveau, Louise²

¹Clinique des Troubles de l'Attention, Hôpital Rivière-des-Prairies ; ²Département de Kinésiologie, Université de Montréal; ³Faculty of Kinesiology and Recreation Management, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba

Adapted Physical Activity Quarterly (Sous presse)

Abstract

The purpose of this study was to assess fitness and gross motor performance of children with ADHD, including users and non-users of methylphenidate medication. Seventy boys took part in the study. Fitness level of children with ADHD using medication or not, including body composition, flexibility and muscular endurance, was similar to that of a control group. The only difference was observed for body mass index, which was lower in children with ADHD using medication. Aerobic capacity was also similar when measured by a treadmill test. However, a lower performance was observed when aerobic capacity was estimated using a field shuttle test, suggesting that the methodology used is important. Finally, both groups of children with ADHD presented significantly lower scores for locomotion skills.

Introduction

Attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) is one of the most prevalent disorders in children (American Psychiatric Association, DSM-IV-TR, 2000). It is characterized by inattention, hyperactivity and/or impulsivity and has a negative impact in many areas of children's life (APA, 2000). In a classical theoretical model of ADHD, inhibition has been proposed as the principal deficit of this disorder (Barkley, 1997). This inhibition deficit is thought to alter the efficiency of four executive neuropsychological functions: working memory, self-regulation of affect, internalization of speech, and reconstitution. This model predicts that such inhibition and executive functions difficulties have a negative impact on motor control. Indeed, links between ADHD and motor problems have been proposed (Beyer, 1999; Harvey & Reid, 1997; Harvey & Reid, 2003; Pitcher, Piek & Hay, 2003; Yan & Thomas, 2002). As motor skills are an important determinant of physical activity and fitness (Bouffard, Watkinson, Thompson, Causgrove Dunn & Romanow, 1996; Malina, 1990), it could be hypothesized that children with ADHD may also have a low fitness level. However, few authors have described fitness levels in children with ADHD and available results from previous studies are divergent.

Fitness assessment is a complex task because it is defined by several parameters. Moreover, the body of literature is predominantly composed of adult studies and there is a lack of information in children of the general population (Malina, Bouchard & Bar-Or, 2004). Nevertheless, body composition, muscular and aerobic capacities, as well as flexibility are the predominantly used variables to assess global fitness in children. Given the importance of motor skills for the level of physical activity in the child population, it also has been suggested to include these skills in fitness assessment (Malina, 1990).

There is considerable variation in the conclusions of studies on fitness and ADHD. Differences are reported between variables of body composition, aerobic capacity and motor skill assessment. Methodological differences, diversity of assessment protocols and method of data comparison could be potential explicative factors (Harvey & Reid, 2005). Moreover, a clear definition of the diagnosis and comorbidities of the participants are sometimes missing. Finally, medication could also be a confounding factor in previous

studies (Harvey & Reid, 2005). In most available studies, researchers have examined fitness in children who were using stimulant medication, or have reported combined results for users and non users of medication.

Those methodological issues are present in the research looking for relationships between body composition and ADHD. For instance, body composition has been assessed by different skinfold protocols or by body mass index (BMI) calculation and data were compared to norms or control group. Researchers using skinfold assessment have reported that children with ADHD taking medication had an equal or a higher sum of skinfolds compared to a control group (Tantillo, Kesick, Hynd & Dishman, 2002) or to norms (Harvey & Reid, 1997). Similarly, some authors found that children with ADHD had higher BMI than norms (Holtkamp et al., 2004) or a control group (Hubel, Jass, Marcus & Laessle, 2006). However, other researchers using BMI have found that the prevalence of overweight and obesity was similar to aged-matched population norms (Curtin, Bandini, Perrin, Tybor & Must, 2005) or to a control group (Wigal et al., 2003). Some authors suggest a potential difference in BMI between children with ADHD users and non users of methylphenidate. Indeed, Curtin et al. (2005) found that proportion of overweight was reduced in half in children with ADHD taking stimulants compared to those not using medication. However, this difference was not observed in other studies (Holtkamp et al., 2004).

The impact of medication on growth rate has been the object of several studies because it has been suggested that medication could negatively affect growth of children with ADHD (Poulton, 2005). Indeed, some growth retardation has been reported in children with ADHD during stimulant treatment (Charach, Figueroa, Chen, Ickowicz & Schachar, 2006; Poulton, 2005; Swanson et al., 2007) but other authors suggest no clinical impact of stimulant therapy on growth rate (Biederman et al., 2003; Plizka, Matthews, Braslow, & Watson, 2006; Spencer et al., 2006; Sund & Zeiner, 2002). Methodology, dose range, duration of treatment or compliance with the drug treatment could explain the different conclusions (Sund & Zeiner, 2002). In a review on the effect of stimulant medication on growth, Poulton (2005) reported that a clear relationship between stimulant treatment and height deficit has been shown in high quality studies. An attenuation of growth in weight

can also be related to appetite suppression at the initiation of treatment and a return to normal score within few a months is usually observed (Poulton, 2005). Considering the divergent results of the previous papers on body composition or growth rate, impacts of those fitness determinants in children with ADHD with or without medication are not fully established.

Discrepancies in assessment protocol and results also arise when comparing aerobic capacity parameters. Harvey and Reid (1997) have found that children with ADHD using medication had a lower aerobic capacity, as measured by a shuttle run test, when compared to standard norms. These results differ from those of other authors who have used a treadmill protocol for testing aerobic capacity. For instance, Ballard (1977) as well as Tantillo et al. (2002) have shown that children with ADHD taking stimulant medication had an aerobic capacity similar to that of a control group. The authors did not include children with ADHD who did not take medication. One study reporting aerobic capacity in untreated children with ADHD used a progressive cycle ergometer test (Wigal et al., 2003). The authors did not find differences in the peak oxygen consumption compared to a control group. There is not enough evidence in the scientific literature to establish clear conclusions on aerobic capacity in children with ADHD.

A deficit in motor skills, in addition to potentially affecting results from a specific test, could also explain some of the differences in fitness-related variables. Indeed, the optimal development of motor skills can facilitate positive physical activity behaviours and support the exercise practice levels required for better fitness (Okely, Booth, & Patterson, 2001). Prevalence of motor problems in children with ADHD varies between 8 and 52 % across studies (Barkley, 1990; Doyle, Wallen, & Whitmont, 1995). Differences in methodology could be an explanation for this wide range (Harvey & Reid, 2005; Steger et al., 2001). According to Harvey and Reid (2003), the term motor coordination may be misleading and there may have been considerable confusion between fine and gross motor skills definition and assessment. Some researchers have investigated motor performance (Beyer, 1999; Harvey & Reid, 1997; Piek, Pitcher & Hay, 1999; Pitcher, Piek & Hay, 2003; Tseng, Henderson, Chow & Yao, 2004), motor dysfunction (Tervo, Azuma, Fogas, & Fiechtner, 2002), neuromotor deficits (Steger et al., 2001) or coordination problems

(Denkla & Rudel, 1978). Most of the tasks assessed in those papers are quite different from those completed in a physical activity context. Harvey and Reid (2003) have suggested that most researchers evaluating motor performance should describe children with ADHD as having poor fine motor coordination rather than a general motor coordination deficit. In a literature review looking specifically at gross motor skills in children with ADHD, these authors concluded cautiously that children with ADHD could be more at risk for movement skill problems than aged-matched peers without ADHD. Although there is converging evidence of movement difficulties in children with ADHD, there is a scarcity of information on their relation with fitness-related variables, rendering conclusions difficult.

The aim of this study is to compare physical fitness, motor performance in gross motor skills of locomotion and object control, and aerobic capacity, as assessed by a laboratory and a field test, in three groups of children: ADHD with stimulant medication, ADHD without medication and a control group.

Method

Participants

Seventy boys (range from 7 to 12 years old) took part in the study. They were recruited in a specialised ADHD clinic of the Rivière-des-Prairies Hospital and the surrounding community. All participants presented combined sub-type with the exception of four children (2 in both ADHD group) which had hyperactive-impulsive sub-type. The children who presented an ADHD inattentive sub-type, learning disorder, autism, Tourette's syndrome, intellectual disabilities, epileptic disorders or who took medication other than methylphenidate were excluded from the study. The project was approved by the Research Ethics Committee of the Rivière-des-Prairies Hospital. Informed consent was provided and signed by parents.

Diagnosis

All the participants presenting behaviours associated with the disorder had previously received an ADHD diagnosis according to the DSM-IV-TR criteria (American

Psychiatric Association, 2000) by their paediatrician. They were evaluated individually in neuropsychology and psychiatry in order to validate the preliminary diagnosis and to specify the differential diagnosis. For details of this evaluation see Guay, Lageix and Parent (2006). For the control group, screening questionnaires completed by the parents were used to ensure that the children did not show characteristics associated with ADHD (Du Paul, Power, Anastopoulos, & Reid, 1998; Goodman, 1997). Three groups were formed: a control group of 27 children not presenting characteristics associated to ADHD, a group of 24 children with an ADHD diagnosis and taking stimulant medication (Ritalin or Concerta for an average 24 ± 19 months; range between 5 and 72 months, median 21 months) and a group of 19 children presenting an ADHD diagnosis but never having used medication. It was not possible to assess dosage level because of the precision of information reported by parents. Some had difficulties remembering dosage level and time of utilisation. Among the children taking medication, 58% did not have any comorbidity, 29% had one comorbidity (opposition or anxiety) and 13% had two comorbidities (anxiety, opposition or obsessive-compulsive disorder). Among the children with an ADHD diagnosis not taking medication, 63% did not have any comorbidity and 37% had one comorbidity (opposition or anxiety).

Fitness and Motor Tests

The participants performed the fitness and motor performance tests following the counterbalance method with the order of the sessions randomly assigned. In one session, the tests were: body composition and musculoskeletal aptitudes (Canadian Society for Exercise Physiology [CSEP], 1998) as well as Bruce treadmill protocol. During the other session, the children completed the Test of Gross Motor Development-2 (TGMD-2, Ulrich, 2000) and the Shuttle test of Léger, Lambert, Goulet, Rowan and Dinelle (1984). The participants were informed not to practice intense physical activity and to cease any medication on the day preceding the assessments. Height, weight, body mass index (BMI), flexibility, muscular endurance, resting heart rate as well as resting systolic and diastolic blood pressure (SBP/DBP) were measured. Height and weight norms were provided by the CSEP (Docherty, 1996). The most recent growth norms provided by the U.S Centers for Disease Control and Prevention (National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion [CDC], 2000) were used to transform BMI raw scores to percentiles. Skinfold thicknesses were measured in duplicate (Bionetic Skinfold Calliper). The fat

percentage was estimated from the measurement of 4 skinfolds (biceps, triceps, subscapular and supra-iliac) using a formula suitable for children (Weststrate & Deurenberg, 1989). Flexibility was measured with the Sit and Reach test. Data on muscular endurance was obtained using the push-up (maximum number) and sit-up (maximum in 60 seconds) tests. Each test was validated in the Canadian population and norms are provided from the Canada Fitness Survey (Fitness Canada, 1985). Heart rate was measured by a heart rate monitor (Polar S-810) and blood pressure with a medical blood pressure monitor (Colin Company Instruments Corp).

Aerobic capacity was measured using two protocols. For the Bruce maximal progressive treadmill test, running time and percentile of the aerobic performance were assessed. Heart rate data were recorded in the last 30 seconds of each test level, at minutes 1, 2, 5 at rest and during recovery and at the maximum level reached by each participant. Percentiles were obtained by comparing running time with norms (Wessel, Strasburger & Mitchell, 2001). The 20m shuttle run test is a maximal progressive field test which has been used extensively to assess the aerobic fitness of children (Léger et al., 1984). Number of stages completed, percentile of aerobic performance and maximal heart rate were measured. Percentiles were obtained from the test norms. All shuttle tests were done with a running collaborator in order to provide a model to the children to ensure reaching of required running speed during each stage.

Gross motor skills were assessed using the TGMD-2 (Ulrich, 2000). This test is subdivided in two parts: locomotor and object control skills. The 12 tasks were: run, gallop, hop, leap, horizontal jump, skip and slide for the locomotion as well as two-hand strike, stationary bounce, catch, kick, overhand throw and underhand roll. Participants performed the test as described in the TGMD-2 Examiner's Manual. All tests were recorded and judged by different blind experimenters. An inter-judge agreement was calculated and experimenters made a regular follow-up of their assessment's skills using a standardized video. Scores were calculated from the sum of two trials of each subtest. A score of 0 indicated that the participant performed a component incorrectly. Maximal possible scores for locomotion and object control are 48 respectively. Raw scores are presented for the locomotion and object control skills.

Statistical Analysis

Parametric assumptions were established using visual inspection of the data, the Kolmogorov-Smirnov procedure for normality of sampling distribution and Levene's test for homogeneity of variance. Differences between groups were tested following a three step process. First, sets of independent variables were tested globally using multivariate analysis of variance (MANOVA). If MANOVA revealed significant result, then, individual independent variables were tested separately using univariate analysis of variance (ANOVA). Third, where a significant ANOVA result was found, the Tukey multiple comparisons test was used. Effect sizes were calculated by using the eta-squared (η^2) formula (Cohen, 1973). Statistical significance for the two-tailed tests was set at $p < 0.05$. Complementary analyses were conducted in order to look for a difference in the aerobic test performance. A paired t-test was executed on the percentile obtained in both aerobic tests. Finally, Chi-square tests were used to look for differences between groups as for rate of BMI percentile classified as at risk (overweight and obese). Analyses were run using SPSS 10.0.

Results

Anthropometrical, Body Composition and Fitness Variables

A global significant difference was obtained for the set of body composition variables and anthropometrical variables $F(12, 126) = 1.984, p = 0.031$. Indeed, the BMI and the BMI percentile were significantly different between the groups (Table II-1). However, no individual differences were found among the anthropometrical variables (Table II-1). The Tukey test of multiple comparisons indicated that children in the ADHD group with medication have a significantly lower BMI than children in the control group ($p = 0.012$). They also showed a tendency to have lower BMI than the ADHD group without medication ($p = 0.097$). Children in the ADHD with medication group also have a significantly lower BMI percentile than the control group ($p = 0.002$) and the ADHD without medication group ($p = 0.002$). Effect sizes were 0.122 for BMI and 0.201 for BMI percentile (Table II-1). Using Cohen's (1977; 1988) guidelines for interpreting the amount of explained variance, this would be considered as a medium and a large effect.

There were no significant differences for the set of fitness variables, neither globally ($F(12, 114) = 1.291, p = 0.234$) nor individually (Table II-2).

The result of the chi-square test for three independent samples indicates differences of BMI classification between groups ($\chi^2(2) = 8.731, p = 0.013$). The group of ADHD with medication had a higher proportion of normal BMI (92%) compared to control group (63%) and ADHD no medication group (53%).

Aerobic Capacity Variables

MANOVA test indicates globally no significant difference between groups for the set of aerobic capacity variables $F(8,72) = 0.976, p = 0.462$ (Table II-3).

A second interesting result was obtained when comparing the percentiles reached by all participants in both running protocols. Result of the paired t -test suggests that participants performed significantly better at the Bruce treadmill protocol than at the field test of Léger $t(40) = 9.91, p = 0.000$. In the Bruce protocol, the participants had a mean performance in the higher average compared to available norms. In the shuttle test however, the mean performance was under the average.

Gross Motor Variables

MANOVA result indicates a significant difference for motor performance variables $F(4,126) = 4.198, p = 0.003$. A significant difference was observed only for the locomotion variable (Table II-4). The Tukey test of multiple comparisons indicated that both groups of children with ADHD had lower scores for the locomotion component compared to children of the control group ($p = 0.005$ for ADHD with medication group and $p = 0.022$ for ADHD without medication group). Effect size for locomotion was 0.167 (Table II-4). Using Cohen's (1977; 1988) guidelines this would be considered as a large effect.

Discussion

The main objectives of this study were to compare the fitness and motor performance of children with ADHD taking medication or not with those of children without the deficit. Specific care was taken to ensure that children with ADHD included in

the study had received a reliable psychiatric diagnosis. Indeed one of the pitfalls of published data on children with ADHD appears to be the method of diagnosis, which can vary from parent's assessment by questionnaires to medical or psychiatric evaluations (Beyer, 1999; Harvey & Reid, 2003; Piek et al., 1999; Pitcher et al., 2003; Tseng et al., 2004). Furthermore, many previous studies did not take medication use into consideration or did not include a control group (see Harvey & Reid, 2005), as was the case in this study. Moreover, two aerobic capacity assessment protocols were compared in order to try to explain the differences found in previous works. Finally, authors tried to control for the homogeneity of the sample. Indeed, Kooistra, Crawford, Dewey, Cantell and Kaplan (2005) showed that motor deficiency associated with ADHD and learning disorders is higher in comparison to an ADHD only group or a control group. In addition, some results suggest that children with the ADHD inattentive sub-type (Piek et al., 1999) or hyperactive-impulsive sub-type (Pitcher et al., 2003) could have motor performances different from those with the ADHD combined subtype. Small samples limit the generalization of previous results and the need for more research has been suggested (Harvey & Reid, 2005). For that reason, care was taken to control heterogeneity of the sample by including children with ADHD having the combined subtype and by excluding children with ADHD presenting comorbidities other than anxious and oppositional disorders and children presenting learning disorders.

Implications

In the measured fitness-related variables, body composition is the only parameter which differed significantly between groups. Children with ADHD taking medication had a smaller BMI than the control group and a smaller BMI percentile than the two other groups. This result is in agreement with the growth retardation often reported in children with ADHD during stimulant treatment (Charach et al. 2006; Poulton, 2005; Swanson et al., 2007). Although there are discrepancies in results from published studies and on the clinical impact of such growth attenuation, the available evidence does suggest its presence and the importance of dosage and time of prescription. In this study, there is no difference in weight and height between groups but the lack of information on dosage and time of prescription limits further analysis. Furthermore, when compared to population norms, the mean BMI percentiles are slightly under the average for children with ADHD taking

medication and in the higher average for the two other groups (CDC, 2000). Moreover, all participants presented a fat percentage within the “optimal” category (Weststrate & Deurenberg, 1989), suggesting that the participants had a normal body composition. On the other hand, the proportion of overweight and obesity was higher in the group of children with ADHD no medication and in the control group compared to Canadian prevalence of overweight (29%) and obesity (14%) for boys (Tremblay & Willms, 2000). As suggested by Willms (2004), several issues concerning the measurement of body fat and the definition of overweight and obesity in childhood are unanswered. Moreover, mechanisms related to weight gain could differ between populations. Indeed, some authors have found a large prevalence of children and adults with ADHD in weight management programs, and tentatively proposed ADHD mechanisms such as impulsivity to explain this large representation (Agranat-Meged, 2005; Altfas, 2002).

Harvey and Reid (1997) have assessed others variables of physical fitness and compared them with the Canadian standard norms of 1985. Almost all children in their sample took medication but the small number of participants in their study contraindicated separation of the groups. They reported that those children were below average for flexibility and push-ups and were poor for sit-ups compared to norms of an age-matched population (Fitness Canada, 1985). In the present study, there were no significant differences among groups for any muscular-related variables. A comparison with 1985 standards however, also points to a lower fitness for all the groups in this study. Unfortunately, there are no recent Canadian standard norms to compare these fitness determinants.

The comparison of the three groups included in the present study shows similar running times for the Bruce laboratory test and similar number of completed stages in the shuttle field test of Léger. In the Bruce protocol, a comparison with norms (Wessel et al., 2001) indicates that children of all three groups were in a high average category compared to an age-matched population. The comparison of number of stage with the standard norms of Léger et al. (1984) showed that all groups of children had performances lower than average. This is similar to results from Harvey and Reid (1997), who reported maximum aerobic power results lower than average by comparing their results to the same norms.

This could be related to the use of standard norms established in 1984. Tomkinson, Léger, Olds and Carzola (2003) have published a meta-analysis comparing the performance of children and adolescents of 6 to 19 years on the 20m shuttle test from 1981 to 2000. They showed a decline of 0.43% of mean values per year. In the present study, no difference between ADHD and control group was observed for the shuttle test. It should be noted that all running tests were done with a running collaborator providing a model to the children in order to ensure running speed. Indeed the objective of the test was to assess aerobic fitness, not the children's understanding of the procedure. Clinical observations do suggest however, that children with ADHD have difficulties in adjusting rhythm and respecting a pace imposed by the test. Difficulties in self-regulation of movement and impaired sense of time have been linked to children with ADHD (Harvey et al., 2007).

Locomotion, as measured by the TGMD-2, is the only variable for which children with ADHD differed from children without the deficit, with lower raw scores for both groups of children with ADHD than for the control group. Previously, researchers have also suggested that children with ADHD are at risk for developing motor problems (Harvey & Reid, 2003). For example, using the TGMD (1985), Harvey and Reid (1997) classified 19 children with ADHD using medication in the average category for object control skills and under average for locomotion skills. Zhang (2001) obtained similar results for a small sample of children with ADHD and for a group of children with learning disorders. On the other hand, Doyle and collaborators (1995) reported that only 5% of children with ADHD in their sample (total $n = 38$) had substantial gross motor difficulties when assessed by the short form survey of Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOTMP, Bruininks, 1978). Difference in motor assessment protocols could explain those divergent results. Presents results have been compared to recent norms included in the TGMD-2 protocol. They indicate that nearly half (47%) of the children with ADHD of both groups are below the 25th percentile compared to only 21% of children in control group. The 25th percentile is the clinically recognised cut-off where children need special services in order to help their deficits (Geuze, 2005).

One important finding is that no significant difference was measured in gross motor performance between children with ADHD taking medication or not (Table 3). This

supports observations by Doyle et al. (1995), who did not report any difference between the BOTMP scores with or without medication. In a more recent and well controlled study, movement skills performance of 22 children with ADHD has been assessed using the TGMD-2 in a placebo-controlled design with a control group (Harvey et al., 2007). Children with ADHD had lower scores than the age-matched control group on both condition trials in the locomotor and object control subtests. However, no significant effects of medication on movement skills were found between medication and placebo trials. Earlier conclusions suggested that medication (methylphenidate) influence the ability to maintain attention more than speed or gross motor control (Beyer, 1999; Pelham et al., 1990). Harvey et al. (2007) proposed that factors other than medication could explain some differences reported in the gross motor skills of children with ADHD. They suggested that lack of physical skills and experience, poor social skills, failure to regulate performance, comorbidity, motivation and time constraints or performance conditions could be important factors but this still needs to be addressed (Harvey & Reid, 2005). Present results add support to the suggestion that medication did not influence the gross motor performance of children with ADHD. This is an important finding because few searchers have assessed motor performance in medication-treated and medication-free children with ADHD.

Limitations

In this study, it was not possible to obtain precise data for dosage of medication. Because of this methodological issue, the impact of dosage and time of prescription on growth parameters could not be established. This represents a major limitation in the generalisation of this result and will have to be addressed in future studies. Analyses were also limited by the available norms. More recent norms will be needed to allow a better comparison of fitness level of participants.

Recommendations for further study

In this research, ADHD participants present motor skills problems but no difference in overall fitness variables compared to peers. Several determinants influence fitness level and motor development. Physical activity practice, sedentary behaviours and nutrition are among those. It is known that children with ADHD have high levels of motor activity (Porino et al., 1983) but rate of practice and engagement in physical activities are not

known in these children. Besides, they live in greater social isolation, have a high frequency of sedentary behaviours such as television or computer viewing, as well as uncommon food consumption practices which could have an impact on fitness (Curtin et al, 2005). Motor skills problems could be a barrier to exercise practice. An activity-deficit hypothesis has been proposed as an explanation for the movement performance difficulties in ADHD (Harvey & Reid, 2003). This hypothesis highlights the process by which many children with motor skills difficulties avoid participating in physical activities and such an activity deficit may add to their lack of skill. In the current study, authors did not examine the relationship between gross motor performance and fitness or the level of physical activity. Those are not known in children with ADHD and add to the need of research on physical activity, fitness and ADHD.

In conclusion, results from this study suggest that fitness of children with ADHD, using stimulant medication or not, are comparable with that of children without the deficit. The choice of protocol for assessment and interpretation of aerobic fitness is important with a population of children with ADHD. Children with ADHD, whether using medication or not, have lower locomotion skills. In this study, the generalisation of the results is limited by the lack of information on medication and by available norms. Those limitations will have to be addressed in future studies. Moreover, the impact of motor skills deficit on sport participation is still to be explored.

References

- Agranat-Meged, A.N., Deitcher, C., Goldzweig, G., Leibenson, L., Stein, M., & Galili-Weisstub, E. (2005). Childhood obesity and attention deficit/hyperactivity disorder: a newly described comorbidity in obese hospitalized children. *International Journal of Eating Disorder*, 37, 357-359.
- Altfas, J.R. (2002). Prevalence of attention deficit/hyperactivity disorder among adults in obesity treatment. *BMC Psychiatry*, 2, 1-8.
- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-IV-TR*. Washington DC : American Psychiatric Association.
- Ballard, J.E. (1977). The effects of methylphenidate during rest, exercise, and recovery upon the circulorespiratory responses of hyperactive children. *Microform Publications* (University of Oregon Library No. RM666.M545).
- Barkley, R.A. (1990). *Attention Deficit Hyperactivity Disorder : a Handbook for Diagnosis and Treatment*. New-York : Guilford Publications.
- Barkley, R.A. (1997). *ADHD and the nature of self-control*. New York: Guilford.
- Beyer, R. (1999). Motor proficiency of boys with attention deficit hyperactivity disorder and boys with learning disabilities. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 16, 403-414.
- Biederman, J., Faraone, S.V., Monuteaux, M.C., Plunkett, E.A., Gifford, J., & Spencer, T. (2003). Growth deficits and attention-deficit/hyperactivity disorder revisited: impact of gender, development, and treatment. *Pediatrics*, 111, 1010-1016.
- Bouffard, M., Watkinson, E.J., Thompson, L.P., Causgrove Dunn, J.L., & Romanow, S.K.E. (1996). A test of the activity deficit hypothesis with children with movement difficulties. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 13, 61-73.
- Bruininks, R.H. (1978). *The Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency*. Circles Pines, MN: American Guidance Service.
- Canadian Society for Exercise Physiology (CSEP). (1998). *Physical Activity, Fitness and Lifestyle Appraisal : CSEP's plan for healthy active living*.
- Cohen, J. (1973). Eta-squared and partial eta-squared in fixed factor ANOVA designs. *Educational and Psychological Measurement*, 33, 107-112.
- Cohen, J. (1977). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (Rev. ed.). New York: Academic Press.
- Cohen, J. (1988). *Statistical analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Charach, A., Figueroa, M., Chen, S., Ickowicz, A., & Schachar, R. (2006). Stimulant treatment over 5 years : effects on growth. *Journal of the American Academy Child and Adolescents Psychiatry*, 45, 415-421.
- Curtin, C., Bandini, L.G., Perrin, E.C., Tybor, D.J., & Must, A. (2005). Prevalence of overweight in children and adolescents with attention deficit hyperactivity disorder and autism spectrum disorders: A chart review. *BMC Pediatrics*, 5, 48-55.
- Denkla, M.B., & Rudel, R.G. (1978). Anomalies of motor development in hyperactive boys. *Annals of Neurology*, 3, 231-233.
- Docherty, D. (1996). *Measurement in Pediatric Exercise Science*. Canadian Society for Exercise Physiology (CSEP).
- Doyle, S., Wallen, M., & Whitmont, S. (1995). Motor skills in Australian children with attention deficit hyperactivity disorder. *Occupational Therapy International*, 2, 229-240.
- Du Paul, G.J., Power, T.J., Anastopoulos, A.D., & Reid, R. (1998). *ADHD rating scale-IV : checklists, norms and clinical interpretation*. New-York : Guilford Press.
- Fitness Canada (1985). *Physical fitness of Canadian youth*. Ottawa, ON: Government of Canada, Fitness and Amateur Sport.
- Geuze, R.H. (2005). Démarche diagnostiques pour le trouble de l'acquisition de la coordination. Dans R.H. Geuze, *Le trouble de l'acquisition de la coordination : Évaluation et rééducation de la maladresse chez l'enfant* (p.29-85). Marseille, Éditions Solal.
- Goodman, R. (1997). The Strength and Difficulties Questionnaire: A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 38, 581-586.
- Guay, M.-C., Lageix, P. & Parent, V. (2006). Proposition d'une démarche évaluative du TDAH. Coordination motrice, pratique de l'activité physique et TDAH. Dans N. Chevalier, M.-C. Guay, A. Achim et P. Lageix & H. Poissant (Eds). *Trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité : Soigner, éduquer, surtout valoriser* (p.3-16). Québec : Presses de l'Université du Québec, collection *Santé et Société*.
- Harvey, W.J., & Reid, G. (1997). Motor performance of children with attention-deficit hyperactivity disorder: A preliminary investigation. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 14, 189-202.
- 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., & Reid, G. (2005). Attention-deficit/hyperactivity disorder: APA research challenges. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 22, 1-20.
- Harvey, W.J., Reid, G., Grizenko, N., Mbekou, V., Ter-Stepanian, M., & Joober, R. (2007). Fundamental movement skills and children with attention-deficit hyperactivity disorder: peer comparisons and stimulant effects. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 35, 871-882.
- Holtkamp, K., Konrad, K., Muller, B., Heussen, N., Herpertz, S., Herpertz-Dahlmann, B. et al. (2004). Overweight and obesity in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *International Journal of Obesity*, 28, 685-689.
- Hubel, R., Jass, J., Marcus, A., & Laessle, R.G. (2006). Overweight and basal metabolic rate in boys with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Eating Weight Disorder*, 11, 139-146.
- Kooistra, L., Crawford, S., Dewey, D., Cantell, M., & Kaplan, B.J. (2005). Motor correlates of ADHD: contribution of reading disability and oppositional defiant disorder. *Journal of Learning Disabilities*, 38, 195-206.
- Léger, L.A., Lambert, J., Goulet, A., Rowan, C., & Dinelle, Y. (1984). Capacité aérobie des québécois de 6 à 17 ans – test navette de 20 mètres avec paliers de 1 minutes. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 9, 64-69.
- Malina, R., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*, 2e edition, Champaign: Human Kinetics.
- Malina, R.M. (1990). Physical activity: Relationship to growth, maturation, and physical fitness. In C. Bouchard, R.J. Shephard, T. Stephens, J.R. Sutton, & B.D. McPherson (eds.), *Exercise, fitness and health: A consensus of current knowledge* (pp. 918-930). Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion (CDC). (2000). Growth charts retrieved September 1, 2007, from <http://www.cdc.gov/growthcharts>
- Okely, A.D., Booth, M.L., & Patterson, J.W. (2001). Relationship of physical activity to fundamental movement skills among adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 1988-2004.
- Pelham, W.E., McBurnett, K., Harper, G.W., Milich R., Murphy, D.A., Clinton, J. et al. (1990). Methylphenidate and baseball playing in ADHD children: Who's on first? *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 58, 130-133.
- Piek, J.P., Pitcher, T.M., & Hay, D.A. (1999). Motor coordination and kinaesthesia in boys with attention deficit-hyperactivity disorder. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 41, 159-165.
- Pitcher, T.M., Piek, J.P., & Hay, D.A. (2003). Fine and gross motor ability in males with ADHD. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 45, 525-535.

- Plizka, S.R., Matthews, T.L., Braslow, K.J., & Watson, M.A. (2006). Comparative effects of methylphenidate and mixed salts amphetamine on height and weight in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 45*, 520-526.
- Porino, L.J., Rapoport, J.L., Behar, D., Sceery, W., Ismond, D.R., & Bunney, W.E. (1983). A naturalistic assessment of the motor activity of hyperactive boys: I. Comparison with normal controls. *Archive of General Psychiatry, 40*, 681-687.
- Poulton, A. (2005). Growth on stimulant medication; clarifying the confusion: a review. *Archives of Disease in Childhood, 90*, 801-806.
- Spencer, T.J., Faraone, S.V., Biederman, J., Lerner, M., Cooper, K.M., & Zimmerman, B. (2006). Does prolonged therapy with long-acting stimulant suppress growth in children with ADHD? *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 45*, 527-537.
- Steger, J., Imhof, K., Coutts, E., Gundelfinger, R., Steinhausen, H., & Brandeis, D. (2001). Attentional and neuromotor deficits in ADHD. *Developmental Medicine & Child Neurology, 43*, 172-179.
- Sund, A.M., & Zeiner, P. (2002). Does extended medication with amphetamine or methylphenidate reduce growth in hyperactive children? *Nordic Journal of Psychiatry, 56*, 53-57.
- Swanson, J. M., Elliott, G.R., Greenhill, L.L., Wigal, T., Arnold, L.E., Vitiello, B., et al. (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.
- Tantillo, M., Kesick, C.M., Hynd, G.W., & Dishman, R.K. (2002). The effects of exercise on children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 34*, 203-212.
- Tervo, R.C., Azuma, S., Fogas, B., Fiechtner, H. (2002). Children with ADHD and motor dysfunction compared with children with ADHD only. *Developmental Medicine & Child Neurology, 44*, 383-390.
- Tomkinson, G.R., Léger, L.A., Olds, T.S., & Carzola, G. (2003). Secular trends in the performance of children and adolescents (1980-2000). An analysis of 55 studies of the 20m shuttle run test in 11 countries. *Sports Medicine, 22*, 285-300.
- Tremblay, M.S., & Willms, J.D. (2000). Secular trends in the body mass index of Canadian children. *Canadian Medical Association Journal, 163*, 1429-1433.

- Tseng, M.H., Henderson, A., Chow, S.M., & Yao, G. (2004). Relationship between motor proficiency, attention, impulse, and activity in children with ADHD. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 46, 381-388.
- Ulrich, D.A. (2000). *Test of Gross Motor Development-2*. Austin, Texas : Pro-ed Inc.
- Wessel., H.A., Strasburger, J.F., & Mitchell, B.M. (2001). New standards for the Bruce treadmill protocol in children and adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 13, 392-401.
- Westrate, J.A., & Deurenberg, P. (1989). Body composition in children: proposal for a method for calculating body fat percentage from total body density or skinfold-thickness measurements. *American Journal of Clinical Nutrition*, 50, 1104-1115.
- Wigal, S.B., Nemet, D., Swanson, J.M., Regino, R., Trampush, J., Ziegler, M.G., et al. (2003). Catecholamine response to exercise in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Pediatric Research*, 53, 756-761.
- Willms, J.D. (2004). Early childhood obesity: a call for early surveillance and preventive measures. *Canadian Medical Association Journal*, 171, 243-244.
- Yan, J.H., & J.R. Thomas (2002). Arm movement control: Differences between children with and without attention deficit hyperactivity disorder. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73, 10-18.
- Zhang, J. (2001). Fundamental motor skill performances of children with add, ld and mmr- a pilot study. *Palaestra*, 7-9.

Table II-1

Means and Standard Deviations of Anthropometrical and Body Composition Variables

Variable	Control		ADHD and medication		ADHD no medication		One –way ANOVA test		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i> (2,67)	<i>P</i>	<i>ES</i>
Age (yrs)	9.7	1.3	10.0	1.1	9.4	1.5	1.061	0.352	0.031
Weight (kg)	34.1	6.3	31.1	6.9	34.0	8.2	1.433	0.246	0.041
Height (m)	1.35	0.1	1.35	0.1	1.37	0.1	0.305	0.738	0.009
Body mass index	18.7	2.8	16.7	2.2	18.3	2.3	4.663	0.013 [†]	0.122
Percentile BMI	68.6	24.9	42.8	26.5	70.8	26.4	8.442	0.001 ^{†‡}	0.201
% Fat	19.9	6.4	15.9	5.4	18.9	6.4	2.986	0.057	0.082

Note. BMI: Body Mass Index; [†] ADHD with medication significantly different from control group;

[‡] ADHD with medication significantly different from ADHD no medication group; ES = effect size = proportion of observed variance attributed to differences between the groups.

Table II-2

Means and Standard Deviations of Fitness Variables

Variable	Control		ADHD and medication		ADHD no medication		One –way ANOVA test		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i> (_{2,61})	<i>p</i>	<i>ES</i>
Push-ups (#)	13.0	5.9	8.8	6.4	11.7	8.8	2.156	0.125	0.066
Sit-ups (#/60s)	33.2	7.5	32.1	14.5	29.8	14.7	0.410	0.666	0.013
Flexibility (cm)	25.9	4.5	22.1	7.2	23.9	5.3	2.258	0.113	0.069
Resting heart rate (b/min)	80.8	12.0	85.4	14.7	84.8	13.8	0.776	0.465	0.025
Systolic blood pressure (mmHg)	110.0	9.3	107.1	9.6	107.0	11.3	0.618	0.542	0.020
Diastolic blood pressure (mmHg)	64.6	7.1	67.7	7.9	64.2	8.4	1.291	0.282	0.041

Note. ES = effect size = proportion of observed variance attributed to differences between the groups.

Table II-3

Means and Standard Deviations of Aerobic Capacity Variables

Variable	Control		ADHD and medication		ADHD no medication		One –way ANOVA test			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i> _(2,38)	<i>p</i>	<i>ES</i>	
Bruce										
Running time (min)	12.4	3.4	10.7	2.7	10.5	2.5	1.677	0.200	0.081	
Percentiles	70.0	34.2	57.7	27.1	58.0	28.1	1.994	0.150	0.095	
Léger										
Stage (#)	3.3	1.4	2.9	1.8	2.0	0.9	1.150	0.327	0.057	
Percentiles	15.9	14.3	15.4	21,9	6.0	8.6	0.762	0.474	0.039	

Note. ES = effect size = proportion of observed variance attributed to differences between the groups.

Table II-4

Means and Standard Deviations of Gross Motor Variables

Variable	Control		ADHD and medication		ADHD no medication		One –way ANOVA test		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i> _(2,63)	<i>P</i>	<i>ES</i>
Locomotion	43.4	3.1	38.9	5.9	39.5	4.6	6.293	0.003 ^{†*}	0.167
Object control	41.3	4.8	41.9	4.9	40.2	5.3	0.618	0.542	0.019

Note. [†] ADHD with medication significantly different from control group; * ADHD no medication significantly different from control group; ES = effect size = proportion of observed variance attributed to differences between the groups.

Chapitre III

Article 2

Participation of children with attention-deficit hyperactivity disorder in a structured physical activity program.

Verret, Claudia^{1,2}, Gardiner, Phillip³, & Béliveau, Louise²

¹Clinique des Troubles de l'Attention, Hôpital Rivière-des-Prairies; ²Département de Kinésiologie, Université de Montréal; ³Faculty of Kinesiology and Recreation Management, University of Manitoba

Abstract

The objectives of this study were to assess the intensity of structured physical activity sessions and to explore the impact of variables such as weight, motor problems and sport participation outside the program on physical activity intensity in children with ADHD. Eleven participants with ADHD and ten children without the disorder participated in the study. Results indicate that children with ADHD can have an intensity and duration of participation similar to children without the disorder, with a simple behavioural management system for negative behaviours. Furthermore, the intensity of participation was not different for children with ADHD having weight problems or motors skills difficulties. This highlights the fact that children with ADHD can attain effective physical activity participation when they are included in a structured supervised program.

Introduction

It is a frequent perception that children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) are more active than other children (Holtkamp, Konrad, Muller, Heussen, Herpertz, Herpertz-Dahlmann et al., 2004). Indeed, movement pattern has been used as an objective measure of hyperactivity to discriminate between children with and without ADHD. It has been shown that movements assessed by actigraphy or infrared motion analysis system during laboratory tasks, are more numerous and can discriminate children with ADHD from children with non-ADHD psychiatric disorders or controls (Halperin, Matier, Bedi, Sharma, & Newcorn, 1992; Halperin, Newcorn, Matier, Sharma, McKay, & Schwartz, 1993; Inoue, Nadaoka, Oiji, Morioka, Totsuka, Kanbayashi et al., 1996; Teicher, Yutaka, Glod, & Barber, 1996). This does not however give information on physical activity patterns of children with ADHD since it is limited to a short specific laboratory task.

Some authors have used number of movements, measured by actigraphy or observations, during more naturalistic activities. Their results show that children with ADHD exhibit overall higher levels of motor activity compared to a control group (Cammann & Miehle, 1989; Pinto & Tryon, 1996; Porino, Rapoport, Behar, Sceery, Ismond, & Bunney, 1983). However, others searchers have shown that children with ADHD were more active during classroom activities such as reading or mathematics but were similar to peers during physical education, free play, lunch or recess (Porino et al., 1983; Tsujii, Okada, Kaku, Kuriki, Hanada, Matsuo et al., 2007).

Regardless of the number of movements, it has been reported that children with ADHD are less persevering in sport since they are engaged for shorter periods when practicing sports than their peers without ADHD (Johnson & Rosen, 2000). Moreover they present negative behaviours interfering with optimal participation. For instance, they have a higher rate of aggression, injuries, emotional reactivity and disqualification than children without ADHD (Johnson & Rosen, 2000). However, some divergence of opinion exists in this area. Indeed, results of a self-report physical activity questionnaire reveal that children

with ADHD have a rate of engagement and an intensity of participation in physical activity equivalent to a control group (Rigal, Chevalier, & Verret, 2006).

Despite those studies, there is still very little information on physical activity patterns in children with ADHD in real life settings. Furthermore, previous results reveal characteristics which could limit their engagement in daily physical activity practice (Harvey & Reid, 2003). It has been shown that a substantial number of children with ADHD present movement difficulties (Harvey & Reid, 2003). In addition, some studies suggest that they are at risk for obesity (Harvey & Reid, 1997; Ballard, 1977), although not all the evidence points in that direction (Curtin, Bandini, Perrin, Tybor, & Must, 2005). In a recent theoretical model, motor difficulties and obesity have been identified as potential factors influencing physical activity engagement in children of the general population (Stodden, Goodway, Langerdorfer, Robertson, Rudisill, Garcia et al., 2008) and in children with special motor skills needs (Bouffard, Watkinson, Thompson, Causgrove Dunn, & Romanow, 1996; Stratton, Ridgers, Fairclough, & Richardson; 2007). Moreover, some behavioural characteristics of children with ADHD could constitute an obstacle to physical activity participation (Johnson & Rosen, 2000). Despite their negative links with physical activity, the impact of those factors is not well established in children with ADHD.

Physical activity practice is commonly associated with physical fitness (Dencker, Thorsson, Karlsson, Linden, Svensson, Wollmer et al., 2006; Stodden et al., 2008). Recent findings suggest that children with ADHD have a fitness level similar to control children (Tantillo, Kesick, Hynd, & Dishman, 2002; Wigal, Nemet, Swanson, Regino, Trampush, Ziegler et al., 2003) or lower (Harvey & Reid, 2003). Several factors influence fitness level. As suggested by Malina, Bouchard and Bar-Or (2004), maturity, growth factors and daily physical activity could have an impact on fitness. It is recommended that children should practice at least 30 to 60 minutes per day of moderate-to-vigorous physical activity for a minimum of 6 weeks to obtain health benefits (Corbin & Pangrazi, 2003; Biddle, Sallis, & Cavill, 1998). The impact of number of movements on intensity and duration of physical activity is not assessed by previously described methodologies. Furthermore, there is no information on the impact of variables such as weight problems or motor skill difficulties that could limit physical activity practice in children with ADHD. Thus, the objectives of

this study are to measure the intensity and duration of structured physical activity sessions in children with ADHD compared to a control group using heart rate monitoring. In addition, the impact of weight and gross motor problems is considered.

Method

Participants

Twenty boys and one girl ($Mean = 9.1$, $SD = 1.1$ years old; range from 7 to 12) took part in the study. They were all recruited in the same school. The children who presented an ADHD inattentive sub-type, learning disorder, autism, Tourette's syndrome, intellectual disabilities, epileptic disorders or who took medication other than methylphenidate were excluded from the study. The project was approved by the Research Ethics Committee of the Rivière-des-Prairies Hospital. Informed consent was signed by parents.

Diagnosis

All the participants presenting behaviours associated with the disorder had previously received an ADHD diagnosis according to the DSM-IV-TR criteria (American Psychiatric Association, 2000) by their paediatrician. In order to validate the preliminary diagnosis and to specify the differential diagnosis, they were re-evaluated individually in neuropsychology and psychiatry (see Guay, Lageix, & Parent, 2006 for details). The children with ADHD had the combined or the hyperactive-impulsive ADHD sub-types. Three children in the ADHD group were using stimulant medication. Screening questionnaires, completed by the parents, were used for the control group to ensure that the children did not show characteristics associated with ADHD (Goodman, 1997; Du Paul, Power, Anastopoulos, & Reid, 1998). After evaluations, all children were assigned to a physical activity program. One participant with ADHD had to be excluded from the study after being expelled from school. The final sample was composed of ten children with ADHD and ten control children.

Physical activity training program

The physical activity program took place during 10 consecutive weeks in a school gymnasium. It was held three times a week for 45-minute periods at lunch time. All sessions were supervised by a physical activity specialist. Sessions included warm-up, progressive aerobic, muscular and motor skills exercises and cool down. The main objective was to maintain moderate to vigorous intensity during each session. Intensity was assessed by a heart rate monitor (Polar S-810) once a week for each child. Various physical activities were used in order to sustain motivation of the participants and adherence in the program. Basketball, soccer, exercise stations, tag and ball games were examples of aerobic activities used in the training sessions. The structured physical activity program was implemented with the goal of reaching a duration and an intensity of 30 to 60 minutes of moderate-to-vigorous physical activity, as recommended for health benefits (Corbin & Pangrazi, 2003; Biddle et al., 1998).

Behavioural management

Control for negative behaviours was performed using a standardized time-out procedure. Children were automatically assigned to a 3-minutes time-out when they were verbally or physically aggressive or dangerous to others or themselves. They were fully reintegrated in the exercise after the time-out was completed.

Measurements

Weight, height and body mass index (BMI) were measured. Mean heart rate (mean HR), duration of the session (min), mean heart rate reserve (mean HRR) and the percentage of time in low (HRR_{low}; under 50% HRR), moderate (HRR_{mod}; between 50 and 70% HRR) or vigorous (HRR_{vig}; above 70% HRR) range of the heart rate reserve were calculated for each session. Moreover, the duration of physical activity (time in min) was calculated by combining duration of the moderate and vigorous categories.

Resting and maximal heart rate

Resting and maximal heart rate were obtained for each child before and during a maximal treadmill aerobic test (Bruce protocol) using a heart rate monitor (Polar S-810).

Heart rate data were recorded during 30 seconds at minutes 1, 2, 5 at rest and at the maximum level reached by each participant. The lowest resting heart rate and the maximal heart rate were used to calculate the heart rate reserve of each child.

At risk weight and motor problem classification

The most recent growth norms provided by the Centers for Disease Control and Prevention (National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion [CDC], 2000) were used to transform BMI raw scores into percentiles. At risk weight was identified as BMI percentile higher than 85 and obesity is defined as BMI percentile higher than 95 (CDC, 2000).

The Test of Gross Motor Development-2 (TGMD-2, Ulrich, 2000) was used to assess gross motor skills. This test is subdivided in two parts : locomotor and object control skills. The 12 tasks were: run, gallop, hop, leap, horizontal jump, skip and slide for the locomotion as well as two-hand strike, stationary bounce, catch, kick, overhand throw and underhand roll. Participants performed the test as described in the TGMD-2 Examiner's Manual. All tests were recorded and judged by different blind experimenters. An inter-judge agreement was calculated and experimenters made a regular follow-up of their evaluation's skills using a standardized video. Scores were calculated from the sum of two trials of each subtest. A score of 1 indicated that the participant performed a component correctly. Maximal possible scores for locomotion and object control are 48 respectively. The score for the locomotion and object control skills as well as the sum of motor tests are converted in percentile. Children in motor problems category were identified using percentile rank lower than the 15e percentile (Geuze, 2005).

Statistical Analysis

First, the dependant variables were analyzed using a One-way Anova, comparing group results. Subsequently, Ancova on the dependant variables were performed using weight and motor problems as covariates. Parametric assumptions were established using visual inspection, the Kolmogorov-Smirnov procedure for normality of sampling

distribution and the Levene test for homogeneity of variance. Statistical significance for the two-tailed tests was set at $p < 0,05$. Analyses were run using SPSS 10.0.

Results

Both groups were similar for weight (35.4 ± 6.8 ; 30.8 ± 5.7 , $F(1.17) = 2.557$, $p = 1.128$), height (135.8 ± 7.0 ; 133.5 ± 9.9 ; $F(1.18) = 0.454$, $p = 0.509$) and body mass index (19.1 ± 2.9 ; 17.6 ± 1.2 ; $F(1.18) = 1.260$, $p = 0.150$) for control and ADHD groups respectively. Anova results revealed no differences between children with ADHD and children of control group for physical activities related variables (Table III-1).

Seven participants were in the at risk category for weight problems. There was no difference between ADHD and control group for the number of participants in this category. Ancova analyses revealed that participants at risk of weight problems in both groups were not different than participants with normal weight for all physical activities related variables (Data not shown).

Three participants were classified as at risk for gross motor problems. There was no difference between ADHD and control group for the number of children in this category. Ancova analyses revealed that participants at risk of gross motor problems in both groups were not different than other participants for all physical activity related variables (Data not shown).

Discussion

The primary purpose of this study was to compare the intensity and duration of physical activity practice of children with and without ADHD during structured physical activity sessions. Intensity was assessed by using heart rate monitoring. This method has a good reliability and validity in children (Treiber, Musante, Hartdagan, Davis, Levy, & Strong, 1989). It is an indicator of the cardiorespiratory system response to physical activity and is considered as an indirect measure of physical activity intensity (Fairclough & Stratton, 2006). A secondary objective was to identify the impact of factors such as weight problem and motor skills on the intensity of physical activity participation.

The first positive result is that, in a structured physical activity program, children with ADHD can reach a duration and intensity of exercise similar to that of peers without ADHD. The structured physical activity program was implemented with the goal of reaching a duration and an intensity of 30 to 60 minutes of moderate-to-vigorous physical activity, as recommended for health benefits (Corbin & Pangrazi, 2003; Biddle et al., 1998). Regular heart rate monitoring shows that this goal was reached, since children in the program exercised at moderate-to-vigorous intensity for a duration approximating the recommended 30 minutes. However, the program was held only three times a week, which is under the daily recommendations for frequency in order to obtain optimal health benefits (Corbin & Pangrazi, 2003; Biddle et al., 1998).

Heart rate monitoring has limitations for the estimation of physical activity intensity in low and high levels. At a low level, heart rate is influenced by emotional status and medication and at a high level it is modulated by age and fitness level (Epstein et al., 2004). However, in this study, the utilisation of the heart rate reserve calculated for each participant allowed a control for those factors and a personalised estimation of the intensity reached in the physical activity program. Thus, present results add objective support to previous data suggesting that activity patterns are similar between both groups in sport settings or free play (Porino et al., 1983; Tsujii et al., 2007).

A behavioural component could have a negative impact on exercise intensity or duration. Indeed, field observations of aggressive and violent behaviours in children with ADHD support the previous conclusion that social problems could limit their sports participation (Johnson & Rosen, 2000). In this program, behavioural management was oriented to support a high level of participation. There was a minimal procedure to control for negative behaviours, limited to a reduced standardized time-out, in order to allow a maximal engagement in physical activity.

A second feature of this study is that the intensity of the physical activity engagement in the supervised structured program was not influenced by weight problems, in children with ADHD. Indeed, children with ADHD at risk or with obesity problems reached an intensity of participation in the exercise sessions similar to that of other children. Although previous results on the relation between physical activity and weight in youth have been inconsistent, some suggest that overweight children in the general

population are less active than peers at all exercise intensity levels, when assessed on a daily base or in a recreational setting. (Troost, Kerr, Ward, & Pate, 2001; Stratton et al., 2007). In this program, it could be hypothesized that the supervision, providing optimal participation using minimal behavioural management, was an explanation for this level of participation.

Children at risk of motor skills difficulties also presented a level of intensity similar to children without those difficulties. This is contrary with findings showing that children with movement difficulties were significantly less engaged in playground recreational physical activities compared to peers (Bouffard et al., 1996; Smyth & Anderson, 2000). Thus, it could again be suggested that children with movement difficulties present overall similar exercise engagement when physical activity sessions are supervised in the way that it was in this study.

One constraint of this study is the small number of participants which limits the statistical power. For this reason, conclusions must be interpreted with care and the design should be replicated with a larger sample in order to obtain more robust results. Furthermore, it could be interesting, in future research, to see if the intensity of participation differs between children with ADHD and peers in situations with less direct supervision such as recess and free play. Those periods are important for the total quantity of physical activity practice in children (Mota, Santos, Guerra, Ribeiro, & Duare, 2002). Indeed, the recordings in this study were made only during the structured physical activity program. As mentioned previously, the social behaviour of children with ADHD could negatively impact on the intensity of physical activity practice (Johnson & Rosen, 2000). It is hypothesised that this could affect intensity in those situations.

In conclusion, children with ADHD took part in a structured physical activity program with the same intensity and duration than their peers without the disorder, with a minimal behavioural management procedure. Variables such as weight problems and motor skill difficulties had no negative impact on intensity. Many factors could influence the engagement in sport but the present results suggest that a structured physical activity program implemented in school is a good way to promote effective participation. It would

be interesting to observe physical activity engagement of children with ADHD in other life settings in order to measure the impact of social negative behaviours.

References

- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-IV-TR*. Washington DC : American Psychiatric Association.
- Ballard, J.E. (1977). The effects of methylphenidate during rest, exercise, and recovery upon the circulorespiratory responses of hyperactive children. *Microform Publications* (University of Oregon Library No. RM666.M545).
- Biddle, S.J.H., Sallis, J., & Cavill, N. (1998). *Young and active: physical activity guidelines for young people in the UK*. London, UK : Health Education Authority.
- Bouffard, M., Watkinson, E.J., Thompson, L.P., Causgrove Dunn, J.L., & Romanow, S.K.E. (1996). A test of the activity deficit hypothesis with children with movement difficulties. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 13, 61-73.
- Cammann, R., & Miehle, A. (1989). Differentiation of motor activity of normally active and hyperactive boys in schools: some preliminary results. *Journal of Psychology and Psychiatry*, 30, 899-906.
- Corbin, C.B., & Pangrazi, R.P. (2003). *Guidelines for appropriate physical activity for elementary school children : 2003 update*. Reston, VA : NASPE Publications.
- Curtin, C., Bandini, L.G., Perrin, E.C., Tybor, D.J., & Must, A. (2005). Prevalence of overweight in children and adolescents with attention deficit hyperactivity disorder and autism spectrum disorders: A chart review. *BMC Pediatrics*, 5, 48-55.
- Dencker, M., Thorsson, O., Karlsson, M.K., Linden, C., Svensson, J., Wollmer, P., et al. (2006). Daily physical activity and its relation to aerobic fitness in children aged 8-11 years. *European Journal of Applied Physiology*, 96, 587-592.
- Du Paul, G.J., Power, T.J., Anastopoulos, A.D., & Reid, R. (1998). *ADHD rating scale-IV : checklists, norms and clinical interpretation*. New-York : Guilford Press.
- Fairclough, S.J., & Stratton, G. (2006). A review of physical activity levels during elementary school physical education. *Journal of Teaching in Physical Education*, 25, 239-257.
- Geuze, R.H. (2005). Démarche diagnostiques pour le trouble de l'acquisition de la coordination. Dans R.H. Geuze, *Le trouble de l'acquisition de la coordination : Évaluation et rééducation de la maladresse chez l'enfant* (p.29-85). Marseille, Éditions Solal.
- Goodman, R. (1997). The Strength and Difficulties Questionnaire: A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 38, 581-586.

- Guay, M.-C., Lageix, P. & Parent, V. (2006). Proposition d'une démarche évaluative du TDAH. Coordination motrice, pratique de l'activité physique et TDAH. Dans N. Chevalier, M.-C. Guay, A. Achim et P. Lageix & H. Poissant (Eds). *Trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité : Soigner, éduquer, surtout valoriser* (p.3-16). Québec : Presses de l'Université du Québec, collection *Santé et Société*.
- Halperin, J.M., Matier, K., Bedi, G., Sharma, V., & Newcorn, J.H. (1992). Specificity of inattention, impulsivity, and hyperactivity to the diagnosis of attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 31, 190-196.
- Halperin, J.M, Newcorn, J.H., Matier, K., Sharma, V., McKay, K.E., & Schwartz, S. (1993). Discriminant validity of attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 32, 1038-1043.
- Harvey, W.J., & Reid, G. (1997). Motor performance of children with attention-deficit hyperactivity disorder: A preliminary investigation. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 14, 189-202.
- 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.
- Holtkamp, K., Konrad, K., Muller, B., Heussen, N., Herpertz, S., Herpertz-Dahlmann, B. et al. (2004). Overweight and obesity in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *International Journal of Obesity*, 28, 685-689.
- Inoue, K., Nadaoka, T., Oiji, A., Morioka, Y., Totsuka, S., Kanbayashi, Y., et al. (1996). Clinical evaluation of attention-deficit hyperactivity disorder by objective quantitative measures. *Child Psychiatry and Human Development*, 28, 179-188.
- Johnson, R.C., & Rosen, L.A. (2000). Sports behavior of ADHD children, *Journal of Attention Disorder*, 4, 150-160.
- Malina, R., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*, 2e edition, Champaign: Human Kinetics.
- Mota, J., Santo, P., Guerra, S., Ribeiro, J.C., & Duare, J.A. (2002). Differences of daily physical activity levels of children according to body mass index. *Pediatric Exercise Science*, 14, 442-452.
- National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion (CDC). (2000). Growth charts retrieved September 1, 2007, from <http://www.cdc.gov/growthcharts>
- Pinto, L.P., & Tryon, W.W. (1996). Activity measurements support dimensional assessment. *Behavior Modification*, 20, 243-258.

- Porino, L.J., Rapoport, J.L., Behar, D., Sceery, W., Ismond, D.R., & Bunney, W.E. (1983). A naturalistic assessment of the motor activity of hyperactive boys: I. Comparison with normal controls. *Archive of General Psychiatry*, *40*, 681-687.
- Rigal, R., Chevalier, N., & Verret, C. (2006). Coordination motrice, pratique de l'activité physique et TDAH. Dans N. Chevalier, M.-C. Guay, A. Achim et P. Lageix & H. Poissant (Eds). *Trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité : Soigner, éduquer, surtout valoriser* (p.69-90). Québec : Presses de l'Université du Québec, collection *Santé et Société*.
- Smyth, M.A., & Anderson, H.U. (2000). Coping with clumsiness in the school playground : Social and physical play in children with coordination impairments. *British Journal of Developmental Psychology*, *18*, 389-413.
- Stodden, D.F., Goodway, J.D., Langendorfer, S.J., Robertson, M.A., Rudisill, M.E., Garcia, C., et al. (2008). A developmental perspective on the role of motor skill competence in physical activity: An emergent relationship. *Quest*, *60*, 290-306.
- Stratton, G., Ridgers, N.D., Fairclough, S.J., & Richardson, D.J. (2007). Physical activity levels of normal-weight and overweight girls and boys during primary school recess. *Obesity*, *15*, 1513-1519.
- Tantillo, M., Kesick, C.M., Hynd, G.W., & Dishman, R.K. (2002). The effects of exercise on children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *34*, 203-212.
- Teicher, M.H., Yutaka, I., Glod, C.A., & Barber, N.I. (1996). Objective measurement of hyperactivity and attentional problems in ADHD. *Journal of American Academy, Child and Adolescent Psychiatry*, *35*, 334-342.
- Treiber, F.A., Musante, L., Hartdagan, S., Davis, H., Levy, M., & Strong, W.B. (1989). Validation of heart rate monitor with children in laboratory and field settings. *Medicine and Sciences in Sport and Exercise*, *21*, 338-342.
- Trost, S.G., Kerr, L.M., Ward, D.S., & Pate, R.R. (2001). Physical activity and determinant of physical activity in obese and non-obese children. *International Journal of Obesity*, *25*; 822-829.
- Tsujii, N., Okada, A., Kaku, R., Kuriki, N., Hanada, K., Matsuo, J. et al. (2007). Association between activity level and situational factors in children with attention deficit/hyperactivity disorder in elementary school. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, *61*, 181-185.
- Ulrich, D.A. (2000). *Test of Gross Motor Development-2*. Austin, Texas : Pro-ed Inc.

- Wall, A.E. (1986). A knowledge-based approach to motor skill acquisition. In M.G. Wade and H.T.A. Whiting (Eds), *Motor development in children: Aspects of coordination and control*, Dordrecht, The Netherlands : Martinus Nijhoff.
- Wigal, S.B., Nemet, D., Swanson, J.M., Regino, R., Trampush, J., Ziegler, M.G. et al. (2003). Catecholamine response to exercise in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Pediatric Research*, 53, 756-761.

Table III-1
Physical Activity Program Variables.

Variables	ADHD		Control		$F(1,18)$	p
	M	SD	M	SD		
Mean HR (b/min)	150.9	8.9	155.4	9.5	1.133	0.301
Duration (min)	46.5	6.0	47.5	6.0	0.133	0.719
Mean HRR	58.6	7.4	58.9	7.8	0.013	0.910
% HRR low	39.4	10.5	36.9	12.4	0.238	0.631
% HRR mod	35.6	7.8	35.3	10.1	0.005	0.943
% HRR vig	24.9	13.4	27.8	14.9	0.199	0.661
Time in PA (min)	27.58	6.9	29.54	6.5	0.411	0.529

Note. HR: heart rate; HRR: heart rate reserve; % HRR low : under 50% HRR; % HRR mod: between 50 and 70% HRR; % HRR vig: above 70% HRR; mod: moderate; vig: vigorous; PA: physical activity.

Chapitre IV

Article 3

A physical activity program improves behaviour and cognitive functions in children with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder : an exploratory study.

Verret, Claudia^{1,2}, Guay, Marie-Claude³, Berthiaume, Claude², Gardiner, Phillip⁴, & Béliveau, Louise²

¹Clinique des Troubles de l'Attention, Hôpital Rivière-des-Prairies ; ²Département de Kinésiologie, Université de Montréal ; ³Département de Psychologie, Université du Québec à Montréal; ⁴Faculty of Kinesiology and Recreation Management, University of Manitoba

Journal of Attention Disorders (En révision)

Abstract

The objective of this study was to explore the effects of a moderate- to high-intensity physical activity program on fitness, cognitive functions and ADHD-related behaviour in children with ADHD. Fitness level, motor skills, behaviours and cognitive functions were assessed by standardized tests before and after a 10-week training or control period. Participation in a physical activity program improves muscular capacities, motor skills, behaviour reports by parents and teachers and level of information processing. A structured physical activity program may have clinical relevance in the functional adaptation of children with ADHD. This supports the need for further research in the area of physical activity with this population.

Introduction

The inattention and hyperactivity-impulsivity that characterize children with attention-deficit hyperactive disorder (ADHD) are associated with organisational problems, risk for achievement difficulties and extensive negative criticism from parents and teachers (Landau, Milich, & Diener, 1998). These children experience negative outcomes in personal, educational and social domains which might impair their functional adaptation throughout their life (Barkley, Fischer, Smallish, & Fletcher, 2006). Central nervous system stimulants and behavioural interventions, including parents' training, classroom and peer interventions are considered effective treatments for ADHD (Pelham, Gnagy, Greiner, Hoza, Hinshaw, Swanson, et al., 2000; Pelham & Fabiano, 2008). A growing body of literature has suggested that sport and exercise could be of benefit for a number of cognition-related variables (Hillman, Erickson, & Kramer, 2008). Conclusions of several experiments conducted with animals as well as in adult humans suggest that physical activity performed on a regular basis can alter brain functions underlying cognition and behaviour (Tomporowski, Davis, Miller, & Naglieri, 2008). The mechanisms are not yet fully elucidated (Buck, Hillman, & Castelli, 2008). Some researchers argue that voluntary physical activity can positively alter brain plasticity by neurogenerative, neuroadaptive, and neuroprotective processes (Dishman, Berthoud, Booth, Cotman, Edgerton, & Fleshner, 2006). Other researchers also add that the potential changes in cognition may be linked to psychological mechanisms such as self-esteem or attitudes following a physical activity program (Etnier, Salazar, Landers, Petruzello, Han, & Nowell, 1997). The effect of physical activity on specific domains of child development such as cognitive function has received little attention to date (Hillman et al., 2008). This is especially true for children with mental health conditions such as ADHD.

In the general population of children, academic performance is one of the most studied variables in this area of research. Correlational studies provide evidence suggesting a positive association between results from aerobic fitness tests (Castelli, Hillman, Buck, & Erwin, 2007; Dwyer, Sallis, Blizzard, Lazarus, & Dean, 2001) or amount of moderate to vigorous physical activity (Coe, Pivarnik, Womack, Reeves, & Malina, 2006) and academic

performance has been reported, although others report equivocal results (Ahamed, MacDonald, Reed, Naylor, Liu-Ambrose, & McKay, 2007; Linder, 2002) or a negative relationship (Lindner, 2002; Tremblay, Inman, Willms, 2000). Results from longitudinal studies are difficult to interpret because of methodological inconsistencies. The few studies available do however suggest that time spent in physical activity programs does not have a negative impact on children's academic performance (Tomporowski, Davis, Miller, & Naglieri, 2008).

A meta-analysis, looking at other cognitive variables, was published in 2003 (Sibley & Etnier). According to the authors, various cognition assessments such as perceptual skills, developmental level, academic readiness, intellectual quotient, academic achievement, and results on math verbal tests, have been positively related to physical activity in a general population of school-aged children. However, they did not find any effect on memory assessments. Recently, the impacts of exercise on children's cognitive process have been assessed in cross-sectional studies. Buck, Hillman and Castelli (2007), found that a higher level of aerobic fitness was associated with better interference control, a component of the executive control, in a task performance (STROOP Task) in children without disabilities. These authors had already shown that a high level of fitness was associated with parameters of attention, working memory and speed response in children (Hillman, Castelli & Buck, 2005). They suggest that their findings add support to the beneficial effects of physical activity, or fitness level, on cognitive performance during development in preadolescent children (Buck et al., 2007). Moreover, a recent review of several large-scale experimental studies suggests that physical activity training exerts specific effects on cognitive functions of children from the general population (Tomporowski, Davis, Miller, & Naglieri, 2008). Indeed, children participating in aerobic physical activity training in those studies improved on tests involving executive functions such as planning but not on other cognitive variables such as attention, simultaneous or successive functioning, perceptual skills and visuo-motor coordination.

Those results are especially interesting for children with ADHD in light of the ADHD theoretical model of Barkley (1997) which suggests that inhibition is the principal deficit of this disorder. This inhibition deficit impedes four executive neuropsychological

functions: working memory, self-regulation of affect, internalization of speech and reconstitution, leading to problems of behavioural self-regulation (inattention, hyperactivity-impulsivity). Therefore, if physical activity can improve inhibition and executive functions, one could expect an improvement of self-regulation. However, conclusions on the impact of physical activity on behaviour or cognitive functions are few and divergent for children in populations with mental health conditions (Tomprowski, 2003). Furthermore, methodological issues such as lack of statistical power and heterogeneity of the clinical population studied have been reported in the literature (Sibley & Etnier, 2003; Tomporowski, 2003). Moreover, few researchers have considered only children with ADHD in their studies (Tomprowski, 2003).

The few available longitudinal studies have reported divergent results on behavioural variables. In his unpublished thesis, Wendt (2000) observed significant improvements in behaviour, as measured by the Conner's Behavioral Rating Scale, in 13 children with ADHD after a 6-week physical activity program with a frequency of 5 sessions per week. Parish-Plass and Lufi (1998) used a combination of physical activity and social skills training during a 20-week program. They compared a sample of 43 boys with various disruptive behaviour disorders including 15 children with ADHD with a control group. They observed a significant improvement in the number of behavioural deviant signs after the program. They concluded that these results provide initial support for the therapeutic value of a combination of physical activity and social skills training in children with behavioural disorders. Bluechard and Shepard (1995) have reported different results. They assessed motor proficiency, teacher rating of social skills and self perception of personal competence in sample of 45 children with learning disabilities randomly assigned to a trained group and a control group. After ten weeks of a physical activity program combined with social skills activities, differences between groups were not apparent.

Acute effects of exercise have been associated with reductions in negative behaviours and improvements in acceptable behaviours and cognitive functions in children with clinical disorders categorized by poor impulse control and attention (Tomprowski, 2003). Nevertheless conclusions are conflicting when looking specifically at children with ADHD. Few papers have been published and many are case studies looking for at impact of

a physical activity program on behavioural and academic performances variables in children with ADHD. Etscheidt and Ayllon (1987), used 5-minute exercise sessions to reduce hyperactive behaviours of a 13 year-old child with ADHD when he was not able to do his class work. The treatment produced a reduction in the percentage of negative behaviours during reading and arithmetic classes. Vigorous playground exercise has also produced positive results on attention behaviours when used as a reinforcement to promote calmness for a 4 year-old child with ADHD and autism (Azrin, Ehle, & Beaumont, 2006). Molloy (1989), assessed problem-solving performance in a sample of 32 children including 2 children with ADHD. They reported that five minutes of cycling exercise was associated with improvement in the on-task attention behaviours of children with ADHD compared to ten minutes of exercise or no exercise. There was no effect on arithmetic performance. In 1983, Craft failed to find any difference in cognitive performance, assessed by an intelligence test (WISC-R), a Digit span test, a coding test (Wisc-R coding B) and a test of visual sequential memory (Illinois test of Psycholinguistic Abilities [ITPA]), after cycling bouts of 0, 1, 5 and 10 minutes adjusted for individual work capacities, in 31 children with ADHD. More recently, Flohr, Saunders, Evans and Raggi (2004) tried to determine if low or moderate intensity cycling bouts of exercise influenced academic performance and class behaviour assessed by an observation system, in 19 boys with ADHD. They found that children with ADHD had significantly improved behaviours following the two exercises periods. They did not find any difference for the academic performance. According to those studies, acute physical activity could improve some ADHD related variables such as attention and negative behaviours.

The growing body of evidence supporting the beneficial effects of physical activity in the improvement of cognitive functions for different populations (Hillman et al., 2008) includes positive impacts on executive functions impaired in the ADHD (Hillman et al., 2005; Buck et al., 2007). Nevertheless, the diversity of the variables assessed as well as methodological issues in previous studies including children with ADHD do not allow for consensus.

Objectives

Considering the clinical importance of an improvement in cognitive functions and behaviour on the functional adaptation of children with ADHD, the objectives of this study were to assess the effects of a moderate to high intensity physical activity program lasting 10 weeks on fitness, cognitive functions and behaviour in children with ADHD. It was hypothesized that the program would result in improved fitness, ADHD-related behaviours and cognitive functions such as attention and response inhibition.

Method

Participants

Twenty one participants ($Mean = 9.1$, $SD = 1.1$ years old; range from 7 to 12) took part in the study. They were recruited from a specialized ADHD Clinic of the Rivière-des-Prairies Hospital and from a local school. Children who presented an ADHD inattentive sub-type were not considered in this study because they are not included in the theoretical model of ADHD (Barkley, 1997). Children with learning disorders, autism, Tourette's syndrome, intellectual disabilities, epileptic disorders or who took medication other than the usual ADHD stimulant treatment (methylphenidate) were also excluded from the study. The project was approved by the Research Ethics Committee of the Rivière-des-Prairies Hospital. Informed consent was signed by parents.

Diagnosis

All the participants had previously received an ADHD diagnosis according to the DSM-IV criteria (American Psychiatric Association, 2000) by their paediatrician. They were evaluated individually in neuropsychology and psychiatry in order to validate the preliminary diagnosis and to specify the differential diagnosis. After evaluations, two groups were formed: a group of 10 children with ADHD were assigned to the physical activity program. A second group of 11 children with an ADHD diagnosis were assigned to the control group. Because of recruitment difficulties, participants in the experimental group were recruited in the same school whereas the control group children were recruited from different areas. Both groups included only one girl. The children had the combined or

the hyperactive-impulsive ADHD sub-types. Children with ADHD in the control group were all taking stimulant medication compared to 30% in the trained group. Parents and teachers were asked not to change medication regimen and behavioural management during the program.

Physical activity training program monitoring

The training program took place during 10 consecutive weeks in a school gymnasium. It was held three times a week for 45-minute periods at lunch time. All sessions were supervised by a physical activity specialist. Sessions included warm-up, progressive aerobic, muscular and motor skills exercises, and cool down. The main objective was to maintain moderate to vigorous intensity in each session. Intensity was monitored by a heart rate monitor (Polar S-810) once a week for each child. Various physical activities were used in order to maintain the motivation of the participants and the adherence in the program. Basketball, soccer, exercise stations, tag and ball games were examples of aerobic activities used in the training sessions.

Fitness and motor tests measures

Fitness and motor performance tests were carried out within ten days before the training program. The post-tests were done within one week. The participants were informed not to practice intense physical activity and to cease any stimulant medication on the day preceding the evaluations. The tests were: anthropometric measures and musculoskeletal aptitudes (Canadian Society for Exercise Physiology [CSEP], 1998), the Test of Gross Motor Development-2 (TGMD-2, Ulrich, 2000) as well as the Bruce treadmill protocol. Height, weight, body mass index (BMI), flexibility, muscular endurance, resting and maximal heart rate were measured. Height and weight norms were provided by the CSEP (Docherty, 1996). The most recent growth norms provided by the U.S National Center for Disease Control and Prevention (CDC, 2000) were used to transform BMI raw scores to percentiles. Flexibility was measured with the Sit and Reach test. Data on muscular endurance were obtained using the push-up (maximum number) and sit-up (maximum in 60 seconds) tests. Each test was validated in the Canadian population and norms are provided from the Canada Fitness Survey (Fitness Canada, 1985). Aerobic

capacity was measured using the Bruce maximal progressive treadmill test. Percentiles were obtained by comparing running time with norms (Wessel, Strasburger, & Mitchell, 2001). During the aerobic test, heart rate was measured by a heart rate monitor (Polar S-810). Heart rate data were recorded in the last 30 seconds of each test level, at minutes 1, 2, 5 at rest and during recovery and at the maximum level reached by each participant.

Gross motor skills were assessed using the TGMD-2 (Ulrich, 2000). This test is subdivided in two parts and evaluates locomotor and object control skills. The 12 tasks were: run, gallop, hop, leap, horizontal jump, skip and slide for the locomotor skills as well as two-hand strike, stationary bounce, catch, kick, overhand throw and underhand roll for object control. The TGMD-2 has good psychometric properties (Burton & Miller, 1998). It is considered in research settings as a reliable and valid fundamental movement skill assessment instrument (Harvey, Reid, Grizenko, Mbekou, Ter-Stepanian, & Joobar, 2007). The participants performed the test as described in the TGMD-2 examiner's manual. A score of 1 indicated that the participant performed a component correctly. Maximal scores for both locomotion and object control were 48. In the present study, instead of converting standardized scores per age group, the raw scores were used for the analyses, because children 11 and 12 years of age were included, which is outside the range of TGMD-2 normative data. The raw score for the locomotion and object control skills as well as the sum of motor tests are reported.

Behavioural measures

Parents and teachers completed the *Child Behavior Checklist* (CBCL; Achenbach, 1991) before and after the physical activity program. This questionnaire evaluates behavioural problems and social competences of the children. This test has a good reliability coefficient ($r = 0,85$) and has been used extensively in clinical and research settings. Eight scales were calculated: anxiety-depression (13 components), withdrawn-depression (8 components), somatic complaints (11 components), social problems (11 components), thought problems (15 components), attention problems (10 components), rule-breaking behaviour (17 components), and aggressive behaviours (18 components). Their compilation allows scaled computation of internalized, externalized and total problems. Percentile scores calculated from the test manual are reported.

Neuropsychological measures

Attention functions and response inhibition were measured by the Test of Everyday Attention for Children (Tea-Ch; Manly, Robertson, Anderson & Nimmo-Smith, 1999). The objectives of this test are to assess the different attentional capacities in children and adolescents from 6 to 16 years old. In this study, visual search skills were measured using the *Sky Search* part of the test, where participants have to detect similar targets among many presented, as quickly as possible. Auditory sustained attention was obtained using the *Score Test* part. In this task, the participants have to count the number of sounds heard. The *Sky Search DT* (Tea-Ch) was used to measure divided attention. This task requires the subject to perform the visual search task (*SkySearch*) and the auditory sustained attention task (*Score*) simultaneously. The *Walk/Don't Walk* part of the test was used to evaluate response inhibition. In this task, participants have to respond to a specific auditory signal but have to stop the response if the signal is followed by a different sound. The range of test retest correlation coefficients between sub-tests are from $r = 0,70$ (*Walk/Don't Walk*) to $r = 0,81$ (*Sky Search DT*). Pondered scores adjusted for age are reported.

Statistical analysis

This study used a quasi-experimental design with a non-equivalent control group as a control on the physical activity program. An ANCOVA was used to assess post-test differences after adjusting for pre-test variables. A significant result indicates a post-test difference and suggests a program effect. The ANCOVA procedure does not test differences on pre-test measures. Nevertheless, group equivalence was tested using independent samples t-tests. There was no significant difference for all dependant variables except for the withdrawn-depression scale of teacher's behaviour questionnaires where the control group had a higher score (data not shown). However, the score was not in the range that is considered as a clinical problem.

ANCOVA assumptions were established using visual inspection and "pre-test X group" interaction test, the Shapiro-Wilk procedure for normality of sampling distribution on variable residuals and Levene's test for homogeneity of variance. Because they provide higher statistical power, one-tailed tests were used based on a priori hypothesis for each of

the two groups. Significance level was set at $p < 0.05$. Analyses were run using SPSS 10.0. There were missing data for some fitness and behaviour measures; numbers of correct data are shown in the tables.

Results

Physical activity program

Heart rate and exercise duration were measured in order to monitor physical activity level. Average training duration per session was 47 minutes and mean heart rate was 154 beats per minute (77% HR max) which indicates an intensity in the moderate to vigorous category.

Fitness

Baseline levels were in the normal range for all fitness parameters compared to norms for the same age group. ANCOVA results showed that after the physical activity program, the only variable where a difference was observed was muscular capacity as assessed by the number of push-ups. Children from the physical activity group executed more push-ups than those from the control group (Table 1).

Insert Table 1 about here

Motor performance

ANCOVA results for motor skills show a group difference for two variables: the locomotion score ($F(1,14) = 8.885$; $p = 0.006$, unicaudal test) and the total raw motor skills score ($F(1,14) = 8.276$; $p = 0.007$, unicaudal test). There was also a tendency for a higher object control score ($F(1,14) = 1.914$; $p = 0.087$, unicaudal test). Figure 1 illustrates improvements on Locomotion and Total Motor Skills scores.

Insert Figure 1 about here

Behaviour

The impact of the physical activity program on behaviour was assessed using parent and teacher forms of the *CBCL*. Post-test significant differences were observed for total problems score and for three sub-scales: social problems, thought problems and attention problems (Table 2). There was also a tendency for the withdrawn-depression score. Each scale is composed of several specific components related to the principal definition of the scale. Paired t-tests on each component allowed the identification of which component was improved. There was a decrease of raw scores, although not reaching statistical significance, for the dependent behaviours and clumsy components of the social problems scale. Paired t-tests on separate components of the attention scale showed a significant decrease for the impulsive ($t(8) = 2.530$; $p = 0.035$) and a tendency for the inattentive component ($t(8) = 2.0$; $p = 0.081$) (Data not shown).

Insert Table 2 about here

Post-test analysis revealed that with the exception of rule-breaking behaviours, a tendency for improvements was reported by the teachers in the experimental group for all scales but all differences did not reach statistical significance. Ancova results showed that children in the experimental group had a significantly lower anxiety-depression score ($F(1,13) = 7.375$, $p = 0.01$) and less social problems ($F(1,13) = 3.125$, $p = 0.05$). Specifically, paired t-tests showed a tendency for a significant reduction in the worthless

component ($t(6) = 2.121$; $p = 0.078$) and the fearful component ($t(6) = 2.121$; $p = 0.078$) of the anxiety-depression scale (Data not shown).

Neuropsychological measures

Significant post-test differences were observed for two neuropsychological variables. Children in the experimental group showed a higher level of information processing. They were faster in the visual research as assessed by the time target pondered score of the *SkySearch* test (Table 3). They also had a higher outcome for the pondered *Score* result which indicates a better auditory sustained attention.

Insert Table 3 about here

Discussion

The objectives of this study were to assess the effects of a moderate to vigorous intensity physical activity program on fitness, behaviour and cognitive functions in children with ADHD. To our knowledge, this is the first study exploring the effect of a physical activity program on those parameters in a sample of children with ADHD. The results show that the physical activity program had a positive impact. Motor performance was better in the experimental group as shown by the increase in locomotion and total motor skill scores. Moreover, positive significant behavioural scores are reported by parents for total problems, social problems, thought problems and attention problems and from teachers for anxiety-depression and social problems in the physical activity group. The level of information processing as assessed by visual research and auditory sustained attention tasks was also better for the experimental group. Baseline fitness parameters were similar, within the normal range in both groups and did not differ after the physical activity program. The only exception was a higher number of push-ups in the experimental group after the program.

The higher scores of arm muscular strength, as assessed by the push-ups test, and of motor skills, were expected since the program included exercises targeting those variables. Specifically, motor skills exercises were included in the activities because significant difficulties have been reported in children with ADHD (Harvey & Reid, 2003). Motor skills difficulties have been related to limited participation in physical activity (Bouffard, Watkinson, Thompson, Causgrove Dunn, & Romanow, 1996). Thus, improvement in motor skills could be an important variable facilitating the sport participation for those children.

It could be surprising to note that two of the most important fitness parameters, aerobic fitness level and body composition, did not differ after the program. Results of longitudinal studies in children have suggested that training has no effect on VO_2 peak, a parameter usually associated with aerobic capacity, before puberty (Rowland, 1985). In a review published in 2003 (Baquet, Van Praagh, & Berthoin), mean gains reported were less than 10% in VO_2 peak. It was indicated that potential moderators such as maturity, gender, initial aerobic level, physical activity level, testing modality or drop-out rate could influence the responses of the aerobic capacity to training. Authors found that two or more sessions per week with an intensity higher than 80 % of maximal heart rate were necessary to expect a significant improvement in the VO_2 peak in a children population. Similarly, only small changes in body composition (1-3 % body fat) have been reported, and mostly when interventions were oriented on longer duration, lifestyle activities (Bar-Or & Baranowski, 1994) and combined with appropriate dietary changes (Epstein, Meyers, Raynors, & Saelens, 1998; Southern, 2001). In this study, the program was designed to offer optimal improvement: intensity was carefully monitored to about 77 % of maximal heart rate, frequency was adequate and duration was long enough to expect changes. However, initial levels of aerobic capacity and body composition of participants were in an optimal range and many moderators such as nutrition status or physical activity practice have not been addressed. It could be interesting to consider separately the changes in overweight or obese participants but small samples limit statistical analysis.

Previous studies have found a positive relation between diverse parameters of cognition and aerobic fitness tests (Buck et al., 2007; Castelli et al., 2007; Dwyer et al.,

2001) or moderate to vigorous physical activity (Coe et al., 2006). This study found no significant differences for the inhibition deficit and impaired characteristics of hyperactivity-impulsivity associated with ADHD. Thus, this program did not affect all the ADHD core symptoms. Nevertheless, it had a significant impact on information processing and on other important functional domains such as social skills and behaviour. After the program, higher scores in behaviour and attention functions were present in the experimental group without changes in the aerobic fitness level. Thus, they could be related to participation in the moderate to vigorous physical activity program. As mentioned previously there is a scarcity of information regarding the mechanisms and the mediator factors explaining the relation between physical activity and cognition in general population, especially in children. Thus, in the light of present result it is difficult to propose a mechanism of action.

A main finding of this study is that both parents and teachers observed better behavioural scores in the physical activity group. This could mean that positive effects of physical activity may occur in different settings of the children's life. Indeed, although the changes were different for parents and teacher *CBCL* scales, the social scale of the physical activity group was significantly higher after the program for both types of respondents. This could be very interesting because children with ADHD frequently have to deal with social difficulties and isolation (Antshel & Remer, 2003) and convincing evidence for social relationship programs efficacy is still lacking (Frankel, Myatt, Cantwell, & Feinberg, 1997; Pelham & Fabiano, 2008). Interestingly, the Summer Treatment Program (STP), which includes various strategies in behavioural modification, uses sport group activities to give an opportunity for children with ADHD to practice appropriate behaviours and social relations. This form of behavioural intervention is proposed as one of the efficient treatments for ADHD children (Pelham & Fabiano, 2008). However, present results suggest that physical activity by itself could help to improve social behaviour.

Finally, another central feature of the present study is that attention improvement as been measured by two different assessment procedures. Indeed, parental report of attentional behaviour and standardized measure of attention are convergent indices of the positive effect of physical activity on attention function of children with ADHD.

Specifically, it seems that children with ADHD in the experimental group were more efficient in information processing as shown by faster speeds of visual research and better sustained auditory attention. Attention has previously been associated with high aerobic fitness level in healthy preadolescents but the variables used were the speed of reaction and the amplitude of the P3 component of the event related brain potentials, hypothesized to be an indicator of the processes involved in the allocation of attention and working memory (Hillman et al., 2005). Present results add some support to the effect of physical activity on this cognitive domain. To our knowledge, no other study has looked at physical activity and sustained auditory attention in children.

Limitations

Some methodological issues must be discussed. Indeed, because of recruitment difficulties, participants in the experimental group were recruited in the same school whereas the control group children were recruited from different areas. Moreover, there was a difference in stimulant medication prescription between both groups. It has been shown that medication could improve fine motors skills (Picher et al., 2003) but do not seems to have an impact on gross motor skills such as locomotion and object control (Harvey et al., 2007; Verret et al., 2010) and on fitness level (Verret et al. 2010). Furthermore, the effect of medication has been controlled by asking participant to performed assessment without medication. Stopping the medication prior to the evaluation is a standard clinical procedure at the specialized clinic that allows assessment of the real capacities of children. Stimulant medication has a short half-life and discontinuation of medication for a 24 hours period does not cause negative secondary effects. It allows assessment of the children on a similar basis as the results are not influenced by medication.

Some could think that difference in medication status could be attributed to more severe ADHD symptoms in the control group. Severity of the symptoms is only one variable influencing parental decision to give medication to their children but several other factors such as adverse effects, apprehensions about stigmatization, and the child's dislike of taking pills, all contribute to parents' decisions to suspend or not adhere to medication (Charach, Skyba, Cook, & Antle, 2006). In this study, despite different medication status, groups were similar for fitness, behaviour and neuropsychological variables before the

program. For all those reasons, methodological issues with medication are considered as minimal.

Another limit to the generalization of these results is that both parents and teachers were aware of the treatment and probably had expectations for changes. The expectancy, or the Halo effect, could influence the positive response in physical activity and cognition studies (Shepard, 1997). Objective measurement of behaviours, such as direct observation or a placebo control group could be a good way to eliminate this bias in further studies. Finally, small sample size and missing data limits the statistical power of the study. Thus, the results must be considered as preliminary and will have to be replicated. However, they can be useful to guide future research.

Conclusion

Thus, despite positive results, conclusions must be considered as exploratory because of methodological issues. Nevertheless, results suggest that a physical activity program may be beneficial for children with ADHD. In addition to strength and motor skills, it positively influences social behaviours and cognitive function such as attention in children with ADHD. Buck, Hillman and Castelli (2007), found an association between aerobic level and interference control, a component of the executive control, in a task performance (STROOP Task) in children without disabilities. These authors had already shown that a high level of fitness was associated with parameters of attention, working memory and speed response in children of the general population (Hillman, Castelli & Buck, 2005). In order to add support to those outcomes in the present study, future research should include greater executive functions assessment such as planification or working memory because they do not have been assessed in this study. Moreover, follow-up and additive effects of Physical activity with others ADHD usual treatments like medication and behaviour training management in school setting or in summer camp training should be explored.

In conclusion, the present study has important clinical implications. Considering the beneficial effect of physical activity participation on some important ADHD related variables, schools and parents of children with ADHD should look to maximize opportunities for structured group physical activity in their children's life.

References

- Achenbach, T.M. (1991). *Manual for the child behaviour checklist*. Burlington: University of Vermont, Department of Psychiatry.
- Ahamed, Y., MacDonald, H., Reed, K., Naylor, P-J., Liu-Ambrose, T., & McKay, H. (2007). School-based physical activity does not compromise children's academic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39, 371-376
- American Psychiatric Association (2000). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders : DSM-IV-TR*. Washington DC : American Psychiatric Association.
- Antshel, K.M. & Remer, R. (2003). Social skills training in children with attention deficit hyperactivity disorder: a randomized-controlled clinical trial. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, 32, 153-165.
- Azrin, N.H., Ehle, C.T., & Beaumont, A.L. (2006). Physical exercise as a reinforcer to promote calmness of an ADHD child. *Behavior Modification*, 30, 564-570.
- Baquet, G., Van Praagh, E., & Berthoin, S. (2003). Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Medicine*, 33, 1127-1143.
- Barkley, R. A. (1997). *ADHD and the nature of self-control*. New York: Guilford.
- Barkley, R.A., Fischer, M., Smallish, L., & Fletcher, K. (2006). Young Adult Outcome of Hyperactive Children: Adaptive Functioning in Major Life Activities. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 45, 192-202.
- Bar-Or, O., & Baranowski, T. (1994). Physical activity, adiposity and obesity among adolescents. *Pediatrics Exercise Science*, 6, 348-360.
- Bluechard, M.H., & Shepard, R.J. (1995). Using an extracurricular physical activity program to enhance social skills. *Journal of Learning Disabilities*, 28, 160-169.
- Bouffard, M., Watkinson, E.J., Thompson, L.P., Causgrove Dunn, J.L., & Romanow, S.K.E. (1996). A test of the activity deficit hypothesis with children with movement difficulties. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 13, 61-73.
- Buck, S.M., Hillman, C.H., & Castelli, D.M. (2007). The relation of aerobic fitness to stoop task performance in preadolescent children. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 40, 166-172.
- Burton, A. W., & Miller, D. E. (1998). Movement skill assessment. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Canadian Society for Exercise Physiology (CSEP). (1998). Physical Activity, Fitness and Lifestyle Appraisal : CSEP's plan for healthy active living. Castelli, D.M., Hillman, C.H., Buck, S.M., & Erwin, H.E. (2007). Physical fitness and academic

- achievement in third- and fifth-grade students. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29, 239-252.
- Castelli, D.M., Hillman, C.H., Buck, S.M., & Erwin, H.E. (2007). Physical fitness and academic achievement in 3rd and 5th grade students. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 29, 239-52.
- Charach, A., Skyba, A., Cook, L., & Antle, B.J. (2006). Using stimulant medication for children with ADHD : What do parents say ? A brief report. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 15, 75-83.
- Coe, D.P., Pivarnik, J.M., Womack, C.J., Reeves, M.J., & Malina, R.M. (2006). Effects of physical education and activity levels on academic achievement in children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38, 1515-1519.
- Craft, D.H. (1983). Effect of prior exercise on cognition performance tasks by hyperactive and normal young boys. *Perceptual and Motor Skills*, 56, 979-982.
- Dishman, R.K., Berthoud, H.-R., Booth, F.W., Cotman, C.W., Edgerton, V.R., Fleshner, M.R. et al. (2006). Neurobiology of exercise. *Obesity*, 14, 345-355.
- Docherty, D. (1996). *Measurement in Pediatric Exercise Science*. Canadian Society for Exercise Physiology (CSEP).
- Dwyer, T., Sallis, J.F., Blizzard, L., Lazarus, R., & Dean, K. (2001). Relation of academic performance to physical activity and fitness in children. *Pediatric Exercise Science*, 13, 225-237.
- Epstein, L.H., Meyers, M.D., Raynors, H.A., & Saelens, B.E. (1998). Treatment of pediatric obesity. *Pediatrics*, 101(Suppl.), 554-570.
- Etnier, J.L., Salazar, W., Landers, D.M., & Petruzzello, S.J. (1997). The influence of physical fitness and exercise upon cognitive functioning: a meta-analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 19, 249-277.
- Etscheidt, M.A. & Ayllon, T. (1987). Contingent exercise to decrease hyperactivity. *Journal of Child and Adolescent Psychotherapy*, 4, 192-198.
- Fitness Canada (1985). *Physical fitness of Canadian youth*. Ottawa, ON : Government of Canada, Fitness and Amateur Sport.
- Flohr J.A., Saunders, M.J., Evans, S.W., & Raggi, V. (2004). Effects of physical activity on academic performance and behavior in children with ADHD. *The American College of Sports Medicine*, 36, S145-S146.
- Frankel, F., Myatt, R., Cantwell, D.P., & Feinberg, D.T. (1997). Parent-assisted transfer of children's social skills training: effects on children with and without attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 36, 1056-1064.

- 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., Reid, G., Grizenko, N., Mbekou, V., Ter-Stepanian, M., & Joobar, R. (2007). Fundamental movement skills and children with attention-deficit hyperactivity disorder: peer comparisons and stimulant effects. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 35, 871-882.
- Hillman, C.H., Castelli, D.M., & Buck, S.M. (2005). Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 37, 1967-1974.
- Hillman, C.H., Erickson, K.I., & Kramer, A.F. (2008). Be smart, exercise your hearth: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews*, 9, 58-65.
- Landau, S., Milich, R., & Diener, M. B. (1998). Peer relations of children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Reading and Writing Quarterly*, 14, 83-105.
- Lindner, K.J. (2002). The physical activity participation-academic performance relationship revisited: perceived and actual performance and the effect of banding (academic tracking). *Pediatric Exercise Science*, 14, 155-169.
- Manly, T., Robertson, I.H., Anderson, V., & Nimmo-Smith, I. (1999). TEA-Ch : The Test of Everyday Attention. Thames Valley Test Company Limited, Bury St-Edmunds, England.
- Molloy, G.N. (1989). Chemicals, exercise and hyperactivity: a short report. *International Journal of Disability*, 36, 57-61.
- National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. (2000). Growth charts. Retrieved September 1, 2007, from <http://www.cdc.gov/growthcharts>
- Parish-Plass, J., & Lufi, D. (1998). Combining physical activity with a behavioural approach in the treatment of young boys with behavior disorders. *Small Group Research*, 28, 357-369.
- Pelham, W.E., & Fabiano, G.A. (2008). Evidence-based psychosocial treatments for attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 37, 184-214.
- Pelham, W.E., Gnagy, E.M., Greiner, A.R., Hoza, B., Hinshaw, S.P., Swanson, J.M., et al. (2000). Behavioral vs. behavioral and pharmacological treatment in ADHD children attending a summer treatment program, *Journal of Abnormal Child Psychology*, 28, 507-526.
- Rowland, T.W. (1985). Aerobic response to endurance training in prepubescent children : a critical analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 17, 493-497.

- Shepard, R.J. (1997). Curricular physical activity and academic performance. *Pediatric Exercise Science, 9*, 113-126.
- Sibley, B.A. & Etnier, J.L. (2003). The relationship between physical activity and cognition in children : A meta-analysis. *Pediatric Exercise Science, 15*, 243-256.
- Southern, M.S. (2001). Exercise as a modality in the treatment of childhood obesity. *Pediatric Clinics of North America, 48*, 995-1015.
- Tomporowski, P.D. (2003). Cognitive and behavioural responses to acute exercise in youths: a review. *Pediatric Exercise Science, 15*, 348-359.
- Tomporowski, P.D., Davis, C.L., Miller, P.H., & Naglieri, J.A. (2008). Exercise and children's intelligence, cognition, and academic achievement. *Educational Psychology Review, 20*, 111-131.
- Tremblay, M.S., Inman, J.W., & Willms, J.D. (2000). The relationship between physical activity, self-esteem, and academic achievement in 12-year-old children. *Pediatric Exercise Science, 12*, 312-323.
- Ulrich, D.A. (2000). *Test of Gross Motor Development-2*. Austin, Texas : Pro-ed Inc.
- Wendt, M.S. (2000). The effect of an activity program designed with intense physical exercise on the behavior of attention-deficit hyperactivity disorder (Doctoral dissertation, State University of New York). *Dissertation Abstract International 61*, 114.
- Wessel., H.A., Strasburger, J.F. & Mitchell, B.M. (2001). New standards for the Bruce treadmill protocol in children and adolescents. *Pediatric Exercise Science, 13*, 392-401.

Table IV-1

Analysis of Covariance of Anthropometrical and Fitness Variables

<i>Variables</i>	<i>Groups</i>				<i>Pre-test grand mean</i>	<i>F(1,18)</i>	<i>P^a</i>
	<i>Physical activity group (n=10)</i>		<i>Control group (n=8)</i>				
	<i>Post-test adjusted means</i>	<i>SD</i>	<i>Post-test adjusted means</i>	<i>SD</i>			
Weight (kg)	33.2	1.3	34.6	1.4	33.9	0.557	0.233
Height (cm)	139.0	0.3	140.7	0.4	138.1	11.808	0.002
Body mass index (BMI)	17.5	0.6	17.3	0.6	17.9	0.033	0.429
Percentiles BMI	56.5	8.7	54.8	9.8	60.6	0.015	0.452
Push-up (max. number)	17.8	2.1	12.1	2.5	12.5	3.187	0.048
Sit-up (#/60s)	42.7	3.3	36.9	3.8	37.3	1.233	0.142
Flexibility (cm)	24.4	0.6	24.8	0.8	22.2	0.135	0.359
Resting heart rate (b/min)	83.8	2.7	78.7	3.1	90.6	1.456	0.124
Bruce running time (min)	10.6	0.6	11.3	0.7	11.0	0.618	0.222
Bruce Percentiles	61.2	11.4	54.2	13.6	63.8	0.153	0.350

Note. p^a is for unicaudal test.

Table IV-2

Analysis of Covariance of Behavioural Variables reported by parents

<i>Variables</i>	<i>Groups</i>				<i>Pre-test grand mean</i>	<i>F(1,16)</i>	<i>P^a</i>
	<i>Physical activity group (n=9)</i>		<i>Control group (n=9)</i>				
	<i>Post-test adjusted means</i>	<i>SD</i>	<i>Post-test adjusted means</i>	<i>SD</i>			
Anxiety- depression	71.4	21.6	82.8	17.5	84.2	0.550	0.235
Withdrawn- depression	79.9	3.1	87.2	3.1	81.8	2.765	0.059
Somatic complaints	66.1	6.0	72.1	6.0	72.9	0.509	0.243
Social problems	74.2	3.5	84.1	3.5	83.8	3.943	0.033
Thought problems	67.8	5.5	85.9	5.5	81.8	5.154	0.019
Attention problems	83.3	3.4	96.0	3.4	92.6	6.938	0.01
Rule-breaking behaviours	79.2	4.2	81.2	4.2	85.1	0.106	0.374
Aggressive behaviours	82.9	4.6	89.4	4.6	90.9	0.955	0.172
Internalized problems	75.9	6.5	76.0	6.9	84.6	0.000	0.497
Externalized problems	83.7	5.1	87.2	5.5	89.7	0.220	0.323
Total problems	78.8	4.4	91.3	4.7	90.8	3.681	0.038

Note. p^a is for unicaudal test.

Table IV-3

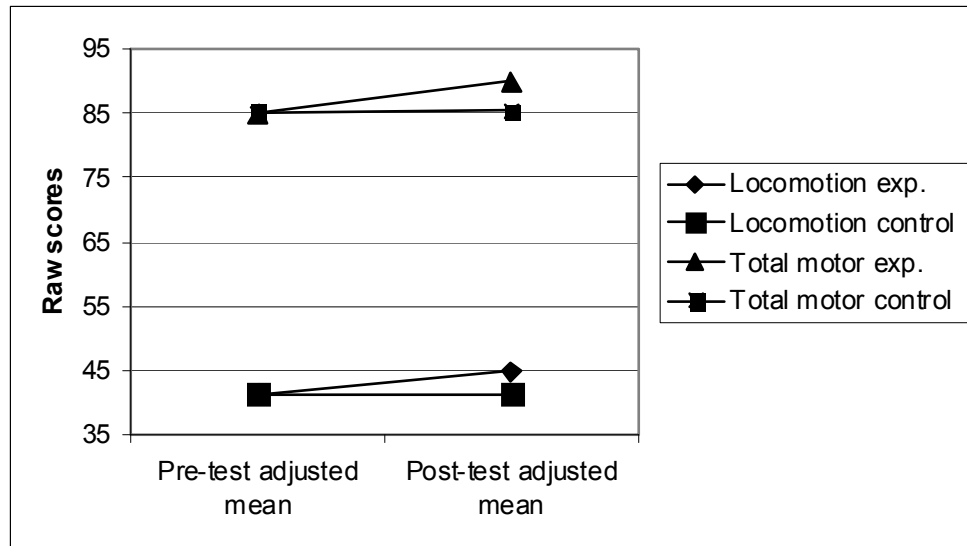
Analysis of Covariance of Neuropsychological Variables

<i>Variables</i>	<i>Groups</i>				<i>Pre-test grand mean</i>	<i>F(1,19)</i>	<i>P^a</i>
	<i>Physical activity group (n=10)</i>		<i>Control group (n=11)</i>				
	<i>Post-test adjusted means</i>	<i>SD</i>	<i>Post-test adjusted means</i>	<i>SD</i>			
<i>SkySearch</i>							
Time target pondered	10.3	0.6	8.8	0.5	8.1	2.983	0.05
Attention pondered	10.0	0.6	9.6	0.6	7.9	0.221	0.322
Score pondered	7.8	0.8	5.4	0.8	7.9	3.847	0.03
<i>SkySearch dt</i> pondered	6.6	1.0	6.9	1.1	6.8	0.021	0.444
<i>Walk don't walk</i> pondered	6.9	1.0	7.0	0.9	5.5	0.000	0.493

Note. p^a is for unicaudal test.

Figure IV-1

Analysis of Covariance for Locomotion and Total Motor Skills raw scores



Chapitre V

Discussion générale

1.0 Discussion

Cette thèse poursuit deux objectifs. Premièrement, elle décrit le niveau de la condition physique, de la performance motrice et de la participation aux activités physiques chez des enfants ayant un TDAH. Deuxièmement, elle évalue l'impact d'un programme structuré en activité physique sur la condition physique, la performance motrice, les comportements ainsi que les fonctions cognitives pour cette population. Dans les paragraphes suivants, le lecteur prendra connaissance des liens suggérés par le modèle théorique de Stodden et al. (2008), entre la performance motrice, la condition physique, la pratique sportive ainsi que la perception des compétences favorisant l'engagement dans les activités physiques chez les enfants. Ce modèle sera utilisé pour intégrer la discussion des trois manuscrits présentés dans la thèse. Pour ce faire, la discussion débutera en présentant les liens existants entre la performance motrice, la participation aux activités physiques et la condition physique pour la population d'enfants ayant un TDAH. Par la suite, elle abordera les bénéfices associés à un programme d'activités physiques dans cette population. La discussion sera complétée par la présentation des impacts cliniques et des développements souhaités dans les domaines de l'activité physique et du TDAH. Elle se terminera avec une conclusion générale.

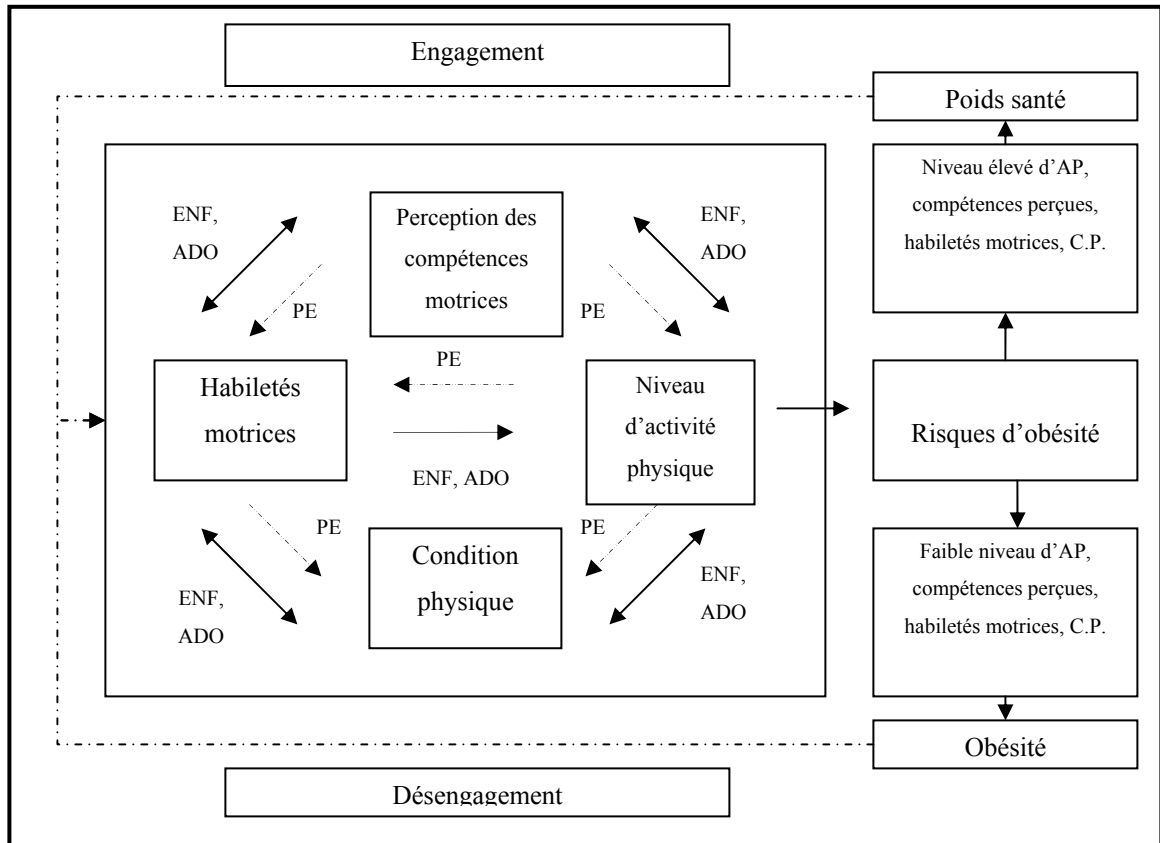
2.0 Performance motrice, niveau de participation, condition physique

Le modèle théorique des mécanismes d'engagement dans l'activité physique de Stodden et al. (2008) suggère des liens dynamiques entre les habiletés motrices, la condition physique, la perception des compétences motrices et l'engagement dans des activités physiques chez les enfants de la population générale (Figure V-1). Le modèle propose que le développement des habiletés motrices globales soit un facteur principal qui permet l'engagement dans des activités physiques nécessaire à un bon niveau de condition physique et une perception positive des compétences motrices, particulièrement chez les enfants plus âgés et les adolescents. Selon les auteurs, les relations entre les variables sont influencées par des facteurs modérateurs comme l'obésité ou l'âge des participants. De plus, ces facteurs sont tous associés, mais le sens de la relation n'est pas clairement établi.

La figure V-1 présente le modèle des mécanismes d'engagement dans l'activité physique chez les enfants, traduit et adapté de l'article de Stodden et al. (2008).

Figure V-1

Modèle des mécanismes d'engagement dans l'activité physique chez les enfants



Note : Traduit et adapté de Stodden et al. (2008).

PE : petite enfance; ENF : enfance; ADO : adolescence; AP : activité physique; CP : condition physique

Les résultats obtenus dans la thèse pour l'échantillon d'enfants ayant un TDAH diffèrent légèrement de ce modèle théorique. Ainsi, malgré la prévalence de difficultés motrices globales observée chez les enfants ayant un TDAH, il n'y a pas de différence quant à l'intensité de la participation ou la condition physique entre les enfants ayant un TDAH prenant ou non de la médication et les enfants du groupe témoin. La prochaine section présentera une analyse de ces variables en fonction des connaissances spécifiques chez la population d'enfants ayant un TDAH.

2.1 Développement des habiletés motrices

Compte tenu de la prévalence élevée de difficultés motrices chez les enfants ayant un TDAH, connaître les mécanismes de développement devient un enjeu important pour les chercheurs et les cliniciens. Or, on en connaît encore très peu sur les facteurs reliés à l'apprentissage des habiletés motrices globales chez les enfants ayant un TDAH. Plusieurs auteurs se sont interrogés sur le rôle de la médication dans ce domaine (Beyer, 1999; Harvey, Reid, Bloom, Staples, Grizenko, Mbekou, Stepanian & Jooper, 2007; Pelham et al., 1990). Les résultats de la présente thèse ne supportent pas l'hypothèse que la médication influence la performance associée à la motricité globale. En effet, les deux groupes d'enfants ayant un TDAH, prenant ou non de la médication, ont significativement plus de difficultés de motricité globale que leurs pairs sans déficit. D'autres auteurs se sont penchés sur cette question et n'ont pas trouvé non plus de différence dans la performance motrice globale d'enfants ayant un TDAH en fonction de la médication (Harvey et al., 2007). Ces auteurs ont démontré que les difficultés demeuraient semblables lors d'une évaluation effectuée selon un protocole croisé avec médication et placebo (Harvey et al., 2007). Selon certains chercheurs, la médication stimulante aurait plus d'impact sur les comportements d'attention que sur la vitesse ou le contrôle moteur (Beyer, 1999; Pelham et al., 1990). Toutefois, plusieurs différences méthodologiques limitent la généralisation de ces suggestions et d'autres recherches seront nécessaires avant de pouvoir émettre des conclusions à ce sujet.

Par ailleurs, le manque d'expérience en activité physique, les faibles habiletés sociales, les comorbidités associées au TDAH, la motivation, les difficultés d'autorégulation et les contraintes de temps ou les conditions durant la performance sont autant de variables qui pourraient influencer les difficultés motrices globales des enfants ayant un TDAH (Harvey et al., 2007). La connaissance des mécanismes de développement de la motricité globale chez ces enfants ne pourra être complète sans l'étude de l'impact de chacun de ces facteurs sur les déficits observés. Le niveau de participation des enfants dans un programme d'activités physiques a été étudié dans cette thèse et fait l'objet de la section suivante.

2.2 Pratique d'activités physiques

Selon le modèle théorique présenté précédemment, le niveau des habiletés motrices globales aurait un lien avec la pratique d'activités physiques. Toutefois, les résultats de la thèse suggèrent que les enfants ayant un TDAH ont une intensité et une durée de participation aux exercices qui sont similaires à celles de leurs pairs lors d'un programme structuré, et ce malgré la présence de nombreuses difficultés motrices, particulièrement au niveau de la locomotion. C'est du moins le cas dans le type d'activités physiques pratiquées ici, soit des activités principalement de type endurance aérobie et de développement musculaire.

Une première explication possible des résultats concerne le type de problème de motricité éprouvé par les enfants ayant un TDAH. Les difficultés ont été observées particulièrement dans la locomotion. Or, certains auteurs ont suggéré que les habiletés de contrôle d'objets étaient plus importantes pour l'engagement dans la pratique sportive que celles impliquant la locomotion (Barnett, Van Beurden, Morgan, Brooks, & Beard, 2008; Morgan, Okely, Cliff, Jones & Baur, 2008). Dans la présente étude, les habiletés de contrôle d'objets sont semblables entre les participants ayant un TDAH et ceux du groupe contrôle. Néanmoins, contrairement aux présents résultats, d'autres auteurs ont rapporté d'importants déficits au niveau du contrôle d'objets pour des enfants ayant un TDAH (Harvey et al., 2007). La pratique structurée est un facteur principal du développement de l'expertise dans les tâches motrices complexes (Wall, 2004). Comme l'engagement dans l'activité physique et les pratiques sportives à l'extérieur du programme ne sont pas connus pour ces enfants, il faudra plus de recherches explorant cette question avant de connaître l'impact réel de la locomotion et le contrôle d'objets sur le niveau d'engagement dans l'activité physique.

Une deuxième piste de réflexion concerne le programme d'activités physiques lui-même. Les conclusions des publications antérieures permettent de penser que le contexte expérimental dans lequel s'effectue la mesure de la participation aux activités physiques influence les résultats. En effet, ceux-ci varient en fonction de la méthode de mesure et du milieu d'observation utilisés. Ainsi, des recherches dans lesquelles ont été mesurées la quantité de mouvements effectués dans des tâches évaluatives en laboratoire appuient la

conclusion que les enfants ayant un TDAH sont plus actifs que leurs pairs (Halperin et al., 1992; Halperin et al., 1993; Inoue et al., 1996; Teicher et al., 1996). Une recherche sur la quantité de mouvements effectués dans les milieux de vie des enfants va aussi dans le même sens (Pinto & Tryon, 1996). Toutefois, il existe des divergences quant à la quantité réelle de mouvements effectués puisque d'autres chercheurs n'ont pas rapporté de différence dans le nombre de mouvements entre des enfants ayant un TDAH et leurs pairs dans les périodes de jeux et les sports (Porino et al., 1983).

Les données rapportées dans la deuxième étude présentée dans la thèse soutiennent l'hypothèse que les enfants ayant un TDAH s'engagent dans un programme structuré d'activités physiques de façon comparable à leurs pairs sans déficit. De plus, elles suggèrent que les enfants ayant un TDAH ont la capacité d'atteindre une intensité de participation élevée conduisant à des bénéfices physiques et psychologiques lorsqu'ils sont intégrés dans un programme supervisé.

Il est de plus en plus évident que la relation entre la performance motrice et le niveau de participation est influencée par une multitude de facteurs. La capacité de s'engager dans l'activité physique telle qu'évaluée dans la thèse par le temps d'engagement et le niveau d'intensité ne semble pas influencer cette relation. De plus, ni les problèmes de motricité, ni les problèmes de poids ne semblent influencer l'intensité de la participation des enfants lors du programme supervisé. Cependant, l'impact des problèmes de comportement demeure à mesurer. Dans le présent travail, des comportements négatifs ont été observés chez les enfants pendant le programme expérimental. Cependant, un système minimal de supervision a permis aux enfants du groupe TDAH d'atteindre la même intensité de participation que leurs pairs. Cette constatation souligne donc l'importance de la supervision dans la pratique régulière d'activités physiques pour cette population.

Finalement, il faut mentionner que le programme d'activités physiques a été implanté en contexte parascolaire. La possibilité de participer à de tels programmes n'est pas fréquente pour plusieurs de ces enfants. Pour une majorité, la pratique sportive se fait plus souvent à l'extérieur de ce contexte, dans les jeux ou par les habitudes de vie quotidiennes, où la supervision directe est habituellement moins présente. Ces activités comptent pour une grande partie de la pratique quotidienne d'activités physiques chez les

enfants (Mota, Santos, Guerra, Ribeiro, & Duare, 2002). Or, des chercheurs ont récemment recueilli des données qualitatives suggérant que les enfants ayant un TDAH vivaient des expériences de pratique d'activités physiques différentes de celles de leurs pairs sans déficit (Harvey, Reid, Bloom, Stapples, Grizenko, Mbekou, Ter-Stepanian, & Jooper., 2009). D'après ces chercheurs, les préférences d'activités, les connaissances et les émotions des enfants ayant un TDAH face à l'activité physique sont des variables qui diffèrent de celles des autres enfants. Cela aurait un impact sur le niveau de pratique (Harvey et al., 2009). C'est pourquoi il sera intéressant de mesurer le niveau de la participation aux activités physiques dans différents contextes et de comparer les résultats avec ceux présentés ici. L'hypothèse que la qualité de la participation soit affectée dans un milieu différent pourra alors être validée.

2.3 Condition physique

Comme pour le niveau de participation, il n'y a pas de différence entre la condition physique des enfants ayant un TDAH ayant participé au projet et leurs pairs du groupe témoin. Le premier article expose les arguments méthodologiques qui permettent de comprendre l'écart entre les résultats de la thèse et les conclusions avancées par certaines publications recensées. Bien que l'hypothèse d'une différence entre les enfants ayant un TDAH et ceux du groupe témoin ne soit pas appuyée par les analyses actuelles, il sera important de comparer les données à des normes canadiennes récentes afin de vérifier à quel niveau de condition physique se situait l'ensemble de l'échantillon. Comme ces données ne sont pas disponibles actuellement, la comparaison avec l'ensemble de la population générale d'enfants est encore prématurée.

2.4 Perception des compétences

Le quatrième élément expliquant l'engagement dans l'activité physique selon le modèle de Stodden et al. (2008) est la façon dont les enfants perçoivent leurs compétences motrices. Cet élément n'est pas documenté actuellement dans la littérature. Toutefois, des obstacles méthodologiques existants permettent d'émettre des réserves sur la validité de telles mesures auto-rapportées dans la population d'enfants ayant un TDAH. En effet, certaines expériences cliniques démontrent que les enfants ayant un TDAH ont de la

difficulté à s'auto-évaluer et à se comparer de façon réaliste aux autres (Harvey et al., 2009). Très souvent, on constate qu'ils se surestiment et se comparent avantageusement à leurs pairs. Par exemple, dans l'étude de Harvey et collaborateurs (2009), les enfants rapportent que leurs habiletés motrices dans les cours d'éducation physique sont meilleures ou vraiment meilleures comparativement à celles de leurs pairs, bien que leur niveau réel d'habiletés motrices se situe en dessous de la moyenne. Selon ces chercheurs, ce biais de réponse pourrait refléter un mécanisme de défense destiné à détourner l'attention des difficultés motrices. Ils suggèrent d'utiliser des méthodes diversifiées comme les entrevues qualitatives, les dessins ou le bricolage afin d'augmenter les opportunités pour les enfants de partager leurs expériences et de pallier à ces obstacles inhérents à cette population.

2.5 Conclusion

En conclusion de cette section, l'analyse en fonction du modèle de l'engagement dans les activités physiques chez les enfants ayant un TDAH doit être nuancée par rapport à la méthodologie employée dans la thèse. En effet, les modèles expérimentaux utilisés dans les deux premiers projets de recherche ne permettent qu'une collecte des résultats à un moment précis du développement des participants. Cela ne renseigne pas sur les bénéfices chroniques associés à l'entraînement en activité physique pour cette population d'enfants. De plus, ils ne permettent pas d'évaluer le développement dans le temps des différentes variables ou de connaître l'impact des déficits à long terme. Ces aspects seront traités dans la section suivante.

3.0 Bénéfices associés à la pratique d'activités physiques chez les enfants ayant un TDAH

Les résultats obtenus lors des travaux présentés dans cette thèse suggèrent que les enfants ayant un TDAH peuvent profiter des bénéfices physiques et psychologiques associés à une pratique régulière d'activités physiques, du moins quand ils sont supervisés adéquatement. Chez les enfants de la population générale, des impacts positifs ont été rapportés après un programme d'entraînement pour différentes variables associées à la condition physique (Strong, Malina, Blimkie, Daniels, Dishman, Gutin et al., 2005), aux habiletés motrices (Chiodera, Volta, Gobbi, Miliolo, Mirandola, Bonetti, et al., 2008; Sigmundsson, Pedersen, Whiting, & Ingvaldsen, 1998), aux fonctions cognitives (Buck et

al., 2007; Castelli et al., 2007; Coe et al., 2006; Dwyer et al., 2001) et aux comportements (Bluechard & Shepard, 1995; Parish-Plass & Lufi 1998; Tomporowski, 2003; Wendt, 2000). Plusieurs de ces variables sont affectées chez les enfants ayant un TDAH ce qui rend la question des impacts de l'activité physique d'autant plus pertinente pour cette population. C'est donc sur ce point que la troisième recherche de la thèse prend toute son originalité et son importance.

Premièrement, le programme d'activités physiques a permis aux participants ayant un TDAH d'améliorer leurs scores totaux de motricité globale et de locomotion. Ce constat est intéressant puisqu'il est démontré que les difficultés de la motricité globale sont un obstacle à l'engagement dans les activités physiques (Bouffard et al., 1996; Wall, 2004). Dans la présente étude, il n'a pas été possible de corrélérer les améliorations des habiletés motrices globales avec la condition physique ou l'intensité de participation en raison de limites méthodologiques. Toutefois, les résultats offrent une nouvelle piste de réflexion sur l'aide qui peut être apportée à ces jeunes. Ainsi, durant l'enfance, le jeu et les sports encadrent une grande partie des interactions sociales mais les déficits moteurs et sociaux des enfants ayant un TDAH affectent la qualité de leur engagement sportif (Johnson & Rosen, 2000; Lopez-Williams, Chacko, Wymbs, Fabiano, et al., 2005). Donc, on peut poser l'hypothèse que l'amélioration des habiletés motrices globales permettrait aux jeunes ayant un TDAH de participer davantage aux activités sportives pratiquées par leurs pairs et peut-être, d'améliorer leur réseau social. Cette avenue de recherche sera à développer ultérieurement mais déjà, elle est encouragée par certaines améliorations observées chez les participants.

Ainsi, un apport positif du programme d'activités physiques implanté repose sur les gains dans différentes catégories de comportements qui ont été rapportés autant par les parents que par les enseignants. La convergence des résultats appuie l'idée que la pratique d'activités physiques structurées et supervisées peut avoir un impact dans plusieurs milieux de vie de l'enfant. De façon plus spécifique, autant les parents que les enseignants notent des améliorations significatives dans l'échelle des habiletés sociales. Or, durant le programme, seul un système minimal de gestion des comportements négatifs a été utilisé. Aucune autre mesure de gestion comportementale n'a été mise en place, de façon à isoler le

plus possible l'effet de l'activité physique. Cette amélioration des habiletés sociales peut donc signifier que la pratique d'activités physiques est une nouvelle avenue à explorer pour favoriser le développement de ces habiletés chez des jeunes ayant un TDAH. Malgré tout l'enthousiasme soulevé par cette hypothèse, il faut rappeler que les parents et les enseignants étaient au courant des objectifs de l'intervention. Leurs réponses ont donc pu être biaisées. L'observation directe des comportements pourrait permettre de mesurer les gains comportementaux de façon objective. Cette avenue méthodologique sera donc à considérer dans les travaux futurs.

En plus des bénéfices sur les habiletés sociales, la pratique d'activités physiques semble aussi avoir eu un impact positif sur des symptômes principaux du TDAH. En effet, la participation au programme d'activités physiques semble avoir permis à ces enfants d'améliorer leur capacité d'attention. Deux méthodes de mesure de l'attention permettent de proposer cette conclusion. D'abord, les parents ont rapporté une diminution significative des problèmes de comportements liés à l'attention chez les participants. De plus, cette tendance a été corroborée par les résultats de ces participants aux tests neuropsychologiques standardisés. Ceux qui ont participé au programme sont plus rapides dans les tâches évaluant la recherche visuelle et sont plus efficaces dans les tâches mesurant l'attention auditive soutenue. En bref, la pratique d'activités physiques, telle que proposée dans ce travail, a permis d'améliorer la capacité d'attention en augmentant la vitesse de traitement de l'information chez les enfants ayant un TDAH.

À ce jour, cette recherche est l'une des seules à utiliser l'activité physique comme moyen principal d'intervention avec une clientèle exclusivement TDAH. Elle est la première à suggérer que la participation à des activités physiques intenses et continues permet des gains dans le traitement de l'information des enfants ayant un TDAH. Elle rejoint tout de même les conclusions d'autres chercheurs qui ont démontré des effets positifs d'une bonne condition physique sur des paramètres différents de la capacité attentionnelle chez des adolescents sans déficit (Hillman et al., 2005). Bien que plusieurs aspects méthodologiques limitent la généralisation précoce de ces résultats à l'ensemble de la population ayant un TDAH, ces données préliminaires ont le mérite de soutenir le besoin de répliquer la recherche sur un plus grand échantillon. Elles ouvrent la porte à une

multitude de pistes de recherche chez cette clientèle ainsi qu'à d'importantes implications cliniques.

4.0 Pistes de recherche

4.1 Motricité globale

Un premier axe de recherche concerne les problèmes de la motricité globale. Une multitude d'aspects demeurent à explorer. Harvey et al. (2007) ont déjà suggéré d'importantes hypothèses de recherche qui peuvent affecter les difficultés motrices et expliquer le développement de ce déficit. Ces hypothèses concernent les expériences en activité physique, les habiletés sociales, les habiletés d'auto-régulation, les comorbidités associées au TDAH et les conditions reliées aux séances d'évaluation. Ces pistes de recherche devront être mieux comprises afin de pouvoir connaître le rôle potentiel d'un déficit de motricité global en lien avec les autres variables de l'engagement en activité physique. Par ailleurs, puisque les habiletés de locomotion et les habiletés de contrôle d'objets pourraient avoir un effet différent (Morgan, Okely, Cliff, Jones & Baur, 2008), il sera important de connaître la trajectoire développementale en séparant l'influence de ces deux domaines. De plus, on ne connaît pas encore l'impact à long terme des déficits moteurs. Harvey et al. (2007) ont démontré que la performance de motricité globale s'améliorait entre des enfants ayant un TDAH de 6 à 9 ans et ceux de 10 à 12 ans. Toutefois, les recherches impliquant les adolescents et les adultes permettront de vérifier l'ampleur ainsi que l'impact longitudinal de ce déficit.

Par ailleurs, connaissant la grande prévalence des difficultés motrices chez cette population et leur impact potentiel, il sera important d'établir les paramètres des interventions les plus efficaces pour l'amélioration de la performance motrice. Le type d'intervention, les modalités de traitement, l'efficacité ainsi que les risques et bénéfices devront être documentés afin d'assurer la reconnaissance de ce type d'intervention par les milieux scientifiques et médicaux.

4.2 Implication clinique

Un deuxième axe de recherche concerne l'évaluation du rôle clinique que pourrait prendre l'activité physique dans les interventions reliées au TDAH. Plusieurs modalités thérapeutiques multidimensionnelles sont déjà reconnues (Barkley, 2006; Chronis, Heather, & Raggi, 2006; Pelham & Fabiano, 2008). Les traitements pharmacologiques et les interventions psychosociales sont considérés comme des traitements efficaces mais comprennent aussi certaines limites dont le maintien et la généralisation aux milieux de vie de l'enfant (Pelham, Gnagy, Greiner, Hoza, Hinshaw, & Swanson, 2000; Pelham & Fabiano, 2008; Swanson, McBurnett, Wigal, Pfiffner, Lerner, Williams, et al, 1993). Des auteurs avancent que ces limites proviennent en partie du fait que les thérapies ne se déroulent habituellement pas dans le milieu de vie des enfants (Pelham & Fabiano, 2008). Or, l'activité physique est pratiquée par l'ensemble des enfants. Elle reproduit leur milieu écologique car ils y vivent les mêmes interactions sociales et comportementales susceptibles d'être problématiques dans les autres périodes de la journée. Cela en fait donc un milieu privilégié pour évaluer et engager un changement de comportement chez l'enfant (Hupp, & Reitman, 1999).

Par ailleurs, les résultats présentés dans cette thèse suggèrent des bénéfices pour les comportements sociaux et certaines variables attentionnelles grâce à un programme exclusivement composé d'activités physiques aérobies et d'activités de développement moteur. Ces variables sont habituellement améliorées par la médication et par les interventions psychosociales. De ce point de vue, l'activité physique a atteint des objectifs thérapeutiques. Il émerge plusieurs questionnements de ce constat. Quels sont les mécanismes impliqués? Pourrait-il y avoir un impact sur d'autres variables de la cognition? Pourrait-on avoir des méthodes de mesures différentes? Parallèlement, une autre avenue de recherche serait de mesurer l'effet de la combinaison d'un programme en activité physique tel que proposé ici avec les thérapies existantes. Cette procédure permettrait d'évaluer l'effet additif potentiel et de comparer l'efficacité sur les variables reconnues. Pour répondre à toutes ces questions, il faudra des travaux qui permettent l'évaluation des effets pour un grand nombre d'enfants.

4.3 Limites

Les limites inhérentes à chacun des projets expérimentaux ont été présentées dans les manuscrits. Les deux limites majeures concernent la petite taille des échantillons qui limitent la puissance statistique des travaux et le manque d'information sur la médication. Pour les trois études, les petits échantillons fournissent une puissance acceptable (80% ou plus) seulement si les effets sont très importants. Ainsi, tous les résultats non significatifs peuvent être le fait d'un manque de sujets et ne peuvent être interprétés comme un indicateur de la similarité des moyennes.

Rappelons donc que malgré les résultats positifs, les conclusions doivent être considérées comme étant exploratoires en raison des différents obstacles méthodologiques. Malgré ces limites, les résultats obtenus dans les trois projets de recherche sont basés sur d'autres éléments méthodologiques robustes. Ainsi, l'établissement du diagnostic des participants a été réalisé de façon précise grâce à l'implication d'une équipe multidisciplinaire regroupant des professionnels expérimentés du milieu de la santé. De plus, dans chacun des projets, l'utilisation d'instruments de mesure fiables et valides a été priorisée. Finalement, la collaboration des partenaires a permis le recrutement de plusieurs enfants. Cela a permis de séparer les groupes des enfants ayant un TDAH en fonction de la médication ou de l'absence de médication, ce qui n'avait pas été fait dans les publications antérieures. Ces points méthodologiques contribuent à la force des résultats et permettent de discuter de l'intérêt de développer un programme en activité physique pour une population d'enfants ayant un TDAH.

3.0 Conclusion

En conclusion, les travaux présentés dans cette thèse apportent des données nouvelles concernant la condition physique des enfants ayant un TDAH. Ils corroborent le constat à l'effet que les enfants ayant un TDAH éprouvent des difficultés majeures de la motricité globale. Toutefois, les résultats suggèrent aussi que ces enfants ont la capacité de pratiquer l'activité physique aussi intensément que leurs pairs sans TDAH et qu'ils ont une condition physique comparable. Dans l'ensemble, ce portrait semble moins négatif que ce qui était avancé dans la littérature existante. De façon plus significative encore, ces travaux

suggèrent que l'activité physique intense apporte des bénéfices importants dans des domaines ayant un impact direct sur l'adaptation fonctionnelle des enfants ayant un TDAH. De ce point de vue, l'activité physique pourrait donc devenir une option complémentaire à considérer dans les interventions offertes à cette clientèle. Les arguments développés dans la thèse encouragent la recherche mais plusieurs questions demeurent sans réponse. À la lumière des données actuelles, le déficit de la motricité globale avec son rôle dans le modèle de l'engagement des enfants ainsi que l'impact clinique potentiel de l'activité physique dans le TDAH sont les deux axes de recherches qui semblent les plus prioritaires pour des travaux futurs.

Bibliographie

- Achenbach, T.M. (1991). *Manual for the child behaviour checklist*. Burlington: University of Vermont, Department of Psychiatry.
- Agranat-Meged, A.N., Deitcher, C., Goldzweig, G., Leibenson, L., Stein, M., & Galili-Weisstub, E. (2005). Childhood obesity and attention deficit/hyperactivity disorder: a newly described comorbidity in obese hospitalized children. *International Journal of Eating Disorder*, 37, 357-359.
- Ahamed, Y., MacDonald, H., Reed, K., Naylor, P-J., Liu-Ambrose, T., & McKay, H. (2007). School-based physical activity does not compromise children's academic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39, 371-376
- Altfas, J.R. (2002). Prevalence of attention deficit/hyperactivity disorder among adults in obesity treatment. *BMC Psychiatry*, 2, 1-8.
- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-IV-TR*. Washington DC : American Psychiatric Association.
- American Psychiatric Association, APA (2003). *Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux: DSM-IV-TR*. 4e edition. Washington DC : American Psychiatric Association.
- Antshel, K.M. & Remer, R. (2003). Social skills training in children with attention deficit hyperactivity disorder: a randomized-controlled clinical trial. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, 32, 153-165.
- Antshel, K.M., & Barkley, R.A. (2008). Psychosocial interventions in attention deficit hyperactivity disorder. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, 17, 421-437.
- Azrin, N.H., Ehle, C.T., & Beaumont, A.L. (2006). Physical exercise as a reinforcer to promote calmness of an ADHD child. *Behavior Modification*, 30, 564-570.
- Ballard, J.E. (1977). The effects of methylphenidate during rest, exercise, and recovery upon the circulorespiratory responses of hyperactive children. *Microform Publications* (University of Oregon Library No. RM666.M545).
- Ballard, J.E., Boileau, R.A., Sleator, E.K., Massey, B.H., & Sprague, R. L. (1976). Cardiovascular responses of hyperactive children to methylphenidate. *Journal of the American Medical Association*, 235, 2870-2874.

- Baquet, G., Van Praagh, E., & Berthoin, S. (2003). Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Medicine*, *33*, 1127-1143.
- Barkley, R. A. (1990). *Attention deficit hyperactivity disorder: A handbook for diagnosis and treatment*. Guilford Press: New York.
- Barkley, R. A. (1997). *ADHD and the nature of self-control*. New York: Guilford.
- Barkley, R.A. (2006). *Attention-deficit hyperactivity disorder : A handbook for diagnosis and treatment*. Third edition. The Guilford Press, New York.
- Barkley, R.A., Fischer, M., Smallish, L., & Fletcher, K. (2002). Persistence of attention deficit hyperactivity disorder into young adulthood as a function of reporting source and definition of disorder. *Journal of Abnormal Psychology*, *111*, 279-289.
- Barkley, R.A., Fischer, M., Smallish, L., & Fletcher, K. (2006). Young Adult Outcome of Hyperactive Children: Adaptive Functioning in Major Life Activities. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *45*, 192-202.
- Barnett, L.M., Van Beurden, E., Morgan, P.J., Brooks, L.O., & Beard, J.R. (2008). Does childhood motor skill proficiency predict adolescent fitness? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *40*, 2137-2144.
- Bar-Or, O., & Baranowski, T. (1994). Physical activity, adiposity and obesity among adolescents. *Pediatrics Exercise Science*, *6*, 348-360.
- Beyer, R. (1999). Motor proficiency of boys with attention deficit hyperactivity disorder and boys with learning disabilities. *Adapted Physical Activity Quarterly*, *16*, 403-414.
- Biddle, S.J.H., Sallis, J., & Cavill, N. (1998). *Young and active : physical activity guidelines for young people in the UK*. London, UK : Health Education Authority.
- Biederman, J., Faraone, S.V., Monuteaux, M.C., Plunkett, E.A., Gifford, J., & Spencer, T. (2003). Growth deficits and attention-deficit/hyperactivity disorder revisited: impact of gender, development, and treatment. *Pediatrics*, *111*, 1010-1016.
- Biederman, J., Newcorn, J., & Sprich, S. (1991). Comorbidity of attention deficit hyperactivity disorder with conduct, depressive, anxiety and other disorders. *American Journal of Psychiatry*, *148*, 564-577.
- Bluechard, M.H., & Shepard, R.J. (1995). Using an extracurricular physical activity program to enhance social skills. *Journal of Learning Disabilities*, *28*, 160-169.

- Bouffard, M., Watkinson, E.J., Thompson, L.P., Causgrove Dunn, J.L., & Romanow, S.K.E. (1996). A test of the activity deficit hypothesis with children with movement difficulties. *Adapted Physical Activity Quarterly*, *13*, 61-73.
- Bruininks, R.H. (1978). *The Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency*. Circle Pines, Minnesota : American Guidance Service.
- Buck, S.M., Hillman, C.H., & Castelli, D.M. (2007). The relation of aerobic fitness to strop task performance in preadolescent children. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, *40*, 166-172.
- Butte, N.F., Treuth, M.S., Voigt, R.G., Llorente, A.M. & Heird, W.C. (1999). Stimulant medication decrease energy expenditure and physical activity in children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of Pediatrics*, *135*, 203-207.
- Burton, W.A. & Miller, E.D. (1998). *Movement skill assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Cammann, R., & Miehke, A. (1989). Differentiation of motor activity of normally active and hyperactive boys in schools : some preliminary results. *Journal of Psychology and Psychiatry*, *30*, 899-906.
- Canadian Society for Exercise Physiology (CSEP). (1998). *Physical Activity, Fitness and Lifestyle Appraisal : CSEP's plan for healthy active living*.
- Caron, C., & Rutter, M. (1991). Comorbidity in child psychopathology : Concepts, issues and research strategies. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *32*, 1063-80.
- Castelli, D.M., Hillman, C.H., Buck, S.M., & Erwin, H.E. (2007). Physical fitness and academic achievement in 3rd and 5th grade students. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *29*, 239-52.
- Charach, A., Figueroa, M., Chen, S., Ickowicz, A., & Schachar, R. (2006). Stimulant treatment over 5 years : effects on growth. *Journal of the American Academy Child and Adolescents Psychiatry*, *45*, 415-421.
- Charach, A., Skyba, A., Cook, L., & Antle, B.J. (2006). Using stimulant medication for children with ADHD : What do parents say ? A brief report. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *15*, 75-83.
- Chiodera, P., Volta, E., Gobbi, G., Miliolo, M.A., Mirandola, P., Bonetti, A., et al. (2008). Specifically designed physical exercise programs improve children's motor abilities. *Scandinavian Journal of Medicine Sciences Sports*, *18*, 179-187.
- Chronis, A.M., Heather, A.J., & Raggi, V.L. (2006). Evidence-based psychosocial treatments for children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Clinical Psychology Review*, *26*, 486-502.

- Churton, M.W. (1989). Hyperkinesis : a review of literature. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 6, 313-327.
- Coe, D.P., Pivarnik, J.M., Womack, C.J., Reeves, M.J., & Malina, R.M. (2006). Effects of physical education and activity levels on academic achievement in children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38, 1515-1519.
- Cohen, J. (1973). Eta-squared and partial eta-squared in fixed factor ANOVA designs. *Educational and Psychological Measurement*, 33, 107-112.
- Cohen, J. (1977). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (Rev. ed.). New York: Academic Press.
- Cohen, J. (1988). *Statistical analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Colcombe, S.J., & Kramer, A.F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study *Psychological Science*. 14, 125-130.
- Conners, C.K., Epstein, J.N., March, J.S. et al. (2001). Multimodal treatment of ADHD in the MTA : an alternative outcome analysis. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 40, 159-167.
- Connor, D.F. (2006). Stimulants. In *Attention-Deficit Hyperactivity Disorder : A handbook for diagnosis and treatment* (3rd ed.). Barkley, R.A. The Guilford Press.
- Corbin, C.B., & Pangrazi, R.P. (2003). Guidelines for appropriate physical activity for elementary school children : 2003 update. Reston, VA : NASPE Publications.
- Craft, D.H. (1983). Effect of prior exercise on cognition performance tasks by hyperactive and normal young boys. *Perceptual and Motor Skills*, 56, 979-982.
- Curtin, C., Bandini, L.G., Perrin, E.C., Tybor, D.J., & Must, A. (2005). Prevalence of overweight in children and adolescents with attention deficit hyperactivity disorder and autism spectrum disorders: A chart review. *BMC Pediatrics*, 5, 48-55.
- Daly, B.P., Creed, T., Xanthopoulos, M., & Brown, R.T. (2007). Psychosocial treatments for children with attention deficit/hyperactivity disorder. *Neuropsychology review*, 17, 73-89.
- Dane A, Schachar R, & Tannock R (2000) Does actigraphy differentiate ADHD subtypes in a clinical research setting? *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 39, 752-760.
- De Boo, G.M., & Prins, P.J.M. (2007). Social incompetence in children with ADHD: Possible moderators and mediators in social-skills training. *Journal of Psychology review*, 27, 78-97.

- Dencker, M., Thorsson, O., Karlsson, M.K., Linden, C., Svensson, J., Wollmer, P., et al. (2006). Daily physical activity and its relation to aerobic fitness in children aged 8-11 years. *European Journal of Applied Physiology*, 96, 587-592.
- Denkla, M.B., & Rudel, R.G. (1978). Anomalies of motor development in hyperactive boys. *Annals of Neurology*, 3, 231-233.
- Docherty, D. (1996). *Measurement in Pediatric Exercise Science*. Canadian Society for Exercise Physiology (CSEP).
- Doyle, S., Wallen, M., & Whitmont, S. (1995). Motor skills in Australian children with attention deficit hyperactivity disorder. *Occupational Therapy International*, 2, 229-240.
- Du Paul, G.J., Power, T.J., Anastopoulos, A.D., & Reid, R. (1998). *ADHD rating scale-IV : checklists, norms and clinical interpretation*. New-York : Guilford Press.
- Dwyer, T., Sallis, J.F., Blizzard, L., Lazarus, R., & Dean, K. (2001). Relation of academic performance to physical activity and fitness in children. *Pediatric Exercise Science*, 13, 225-237.
- Epstein, L.H., Meyers, M.D., Raynors, H.A., & Saelens, B.E. (1998). Treatment of pediatric obesity. *Pediatrics*, 101(Suppl.), 554-570.
- Etnier, J.L., Salazar, W., Landers, D.M., & Petruzzello, S.J. (1997). The influence of physical fitness and exercise upon cognitive functioning: a meta-analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 19, 249-277.
- Etscheidt, M.A. & Ayllon, T. (1987). Contingent exercise to decrease hyperactivity. *Journal of Child and Adolescent Psychotherapy*, 4, 192-198.
- Fairclough, S.J., & Stratton, G. (2006). A review of physical activity levels during elementary school physical education. *Journal of Teaching in Physical Education*, 25, 239-257.
- Faraone, S.V., Biederman, J., Spencer, T.J., et al. (2006). Comparing the efficacy of medications for ADHD using meta-analysis. *Medscape General Medicine*, 8, 4.
- Fitness Canada (1985). *Physical fitness of Canadian youth*. Ottawa, ON: Government of Canada, Fitness and Amateur Sport.
- Flohr J.A., Saunders, M.J., Evans, S.W., & Raggi, V. (2004). Effects of physical activity on academic performance and behavior in children with ADHD. *The American College of Sports Medicine*, 36, S145-S146.
- Frankel, F., Myatt, R., Cantwell, D.P., & Feinberg, D.T. (1997). Parent-assisted transfer of children's social skills training: effects on children with and without attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 36, 1056-1064.

- Freed, C.R., & Yamamoto, B.K. (1985). Regional brain dopamine metabolism: a marker for the speed, direction and posture of moving animals. *Science*, 229, 62-65.
- Geuze, R.H. (2005). Démarche diagnostiques pour le trouble de l'acquisition de la coordination. Dans R.H. Geuze, *Le trouble de l'acquisition de la coordination : Évaluation et rééducation de la maladresse chez l'enfant* (p.29-85). Marseille, Éditions Solal.
- Gillberg, C. (2003). Deficits in attention, motor control, and perception: a brief review. *Archives of disease in childhood*, 88, 904-910.
- Goodman, R. (1997). The Strength and Difficulties Questionnaire: A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 38, 581-586.
- Greene, R.W., Biederman, J., Faraone, S.V., Sienna, M., & Garcia-Jetton, J. (1997). Adolescent outcome of boys with attention-deficit/hyperactivity disorder and social disability: results from a 4-year longitudinal follow-up study. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 65, 758-767.
- Greenhill, L.L., Swanson, J.M., Vitiello, B., et al. (2001). Impairment and deportment responses to different methylphenidate doses in children with ADHD: the MTA titration trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 40, 180-187.
- Guay, M.-C., Lageix, P. & Parent, V. (2006). Proposition d'une démarche évaluative du TDAH. Coordination motrice, pratique de l'activité physique et TDAH. Dans N. Chevalier, M.-C. Guay, A. Achim et P. Lageix & H. Poissant (Eds). *Trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité : Soigner, éduquer, surtout valoriser* (p.3-16). Québec : Presses de l'Université du Québec, collection *Santé et Société*.
- Halperin, J.M., Newcorn, J.H., Matier, K., Sharma, V., McKay, K.E., & Schwartz, S. (1993). Discriminant validity of attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 32, 1038-1043.
- Halperin, J.M., Matier, K., Bedi, G., Sharma, V., & Newcorn, J.H. (1992). Specificity of inattention, impulsivity, and hyperactivity to the diagnosis of attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 31, 190-196.
- Hartsough, C.S., & Lambert, N.M. (1985). Medical factors in hyperactive and normal children : Prenatal, developmental, and health history findings. *American Journal of Orthopsychiatry*, 55, 190-210.
- Harvey, W.J., & Reid, G. (1997). Motor performance of children with attention-deficit hyperactivity disorder: A preliminary investigation. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 14, 189-202.
- 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., & Reid, G. (2005). Attention-deficit/hyperactivity disorder: APA research challenges. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 22, 1-20.
- Harvey, W.J., Reid, G., Bloom, G.A., Stapples, K., Grizenko, N., Mbekou, V., Ter-Stepanian, M., & Joobar, R. (2009). Physical activity experiences of boys with and without ADHD. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 26, 131-150.
- Harvey, W.J., Reid, G., Grizenko, N., Mbekou, V., Ter-Stepanian, M., & Joobar, R. (2007). Fundamental movement skills and children with attention-deficit hyperactivity disorder: peer comparisons and stimulant effects. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 35, 871-882.
- Henderson, S.E. & Sugden, D.A. (1992). *Movement Assessment Battery for Children*. London : The Psychological Corporation.
- Heyes, M.P., Garnett, E.S. & Coates, G.. (1988). Nigrostriatal dopaminergic activity is increased during exhaustive exercise stress in rats. *Life Sciences*, 42, 1537-1542.
- Hillman, C.H., Castelli, D.M., & Buck, S.M. (2005). Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 37, 1967-1974.
- Hillman, C.H., Erickson, K.I., & Kramer, A.F. (2008). Be smart, exercise your hearth: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews*, 9, 58-65.
- Holtkamp, K., Konrad, K., Muller, B., Heussen, N., Herpertz, S., Herpertz-Dahlmann, B. et al. (2004). Overweight and obesity in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *International Journal of Obesity*, 28, 685-689.
- Hubel, R., Jass, J., Marcus, A., & Laessle, R.G. (2006). Overweight and basal metabolic rate in boys with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Eating Weight Disorder*, 11, 139-146.
- Hupp, S.D.A., & Reitman, D. (1999). Improving sports skills and sportsmanship in children diagnosed with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Child and family behavior therapy*, 2135-51.
- Inoue, K., Nadaoka, T., Oiji, A., Morioka, Y., Totsuka, S., Kanbayashi, Y. et al. (1996). Clinical evaluation of attention-deficit hyperactivity disorder by objective quantitative measures. *Child Psychiatry and Human Development*, 28, 179-188.
- Johnson, R.C., & Rosen, L.A. (2000). Sports behavior of ADHD children, *Journal of Attention Disorder*, 4, 150-160.
- Kadesjö, B., & C. Gillberg (1998). Attention deficits and clumsiness in swedish 7-year-old children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 40, 796-811.

- Kalff, de Sonnevile, Hurks, Hendriksen, Kroes, Feron et al. (2003). Low-and high level controlled processing in executive motor control task in 5-6 year-old children at risk of ADHD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *44*, 1049-1057.
- Karatekin, C., Markiewicz, S. W., & Siegel, M. A. (2003). A preliminary study of motor problems in children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). *Perceptual and Motor Skills*, *97*, 1267-1280.
- Kieling, C., Goncalves, R.R.F., Tannock, R., & Castellanos, F.X. (2008). Neurobiology of attention deficit hyperactivity disorder. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, *17*, 285-307.
- Klimkeit, E.I., Mattingley, J.B., Sheppard, D.M., Lee, P. & Bradshaw, J.L. (2005). Motor preparation, motor execution, attention, and executive functions in attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Child Neuropsychology*, *11*, 153-173.
- Konrad, K., Gunther, T., Heinzl-Gutenbrunner, M., & Herpertz-Dahlmann, B. (2005). Clinical evaluation of subjective and objective changes in motor activity and attention in children with attention-deficit/hyperactivity disorder in a double-blind methylphenidate trial. *Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology*, *15*, 180-190.
- Kooistra, L., Crawford, S., Dewey, D., Cantell, M., & Kaplan, B.J. (2005). Motor correlates of ADHD: contribution of reading disability and oppositional defiant disorder. *Journal of Learning Disabilities*, *38*, 195-206.
- Landau, S., Milich, R., & Diener, M. B. (1998). Peer relations of children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Reading and Writing Quarterly*, *14*, 83–105.
- Laszlo, J.I., & Bairstow, P.J. (1985). *Perceptual-Motor Behavior: Developmental Assessment and Therapy*. New-York: Praeger.
- Léger, L.A., Lambert, J., Goulet, A., Rowan, C., & Dinelle, Y. (1984). Capacité aérobie des québécois de 6 à 17 ans – test navette de 20 mètres avec paliers de 1 minutes. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, *9*, 64-69.
- Lindner, K.J. (2002). The physical activity participation-academic performance relationship revisited: perceived and actual performance and the effect of banding (academic tracking). *Pediatric Exercise Science*, *14*, 155-169.
- Lopez-Williams, A., Chacko, A., Wymbs, B.T., Fabiano, G.A., et al. (2005). *Journal of Emotional and Behavioral Disorders*, *13*, 173-180.
- Lundhal, B., Risser, H.J., & Lovejoy, M.C. (2006). A meta-analysis of parent training: moderators and follow-up effects. *Clinical Psychology Review*, *26*, 86-104.

- MacRae, P.G., Spirduso, W.W., Cartee, G.D., Farrar, R.P., & Wilcox, R.E. (1987). Endurance training effects on striatal D2 dopamine receptor binding and striatal dopamine metabolite levels. *Neuroscience Letters*, *79*, 138-144.
- Malina, R.M. (1990). Physical activity: Relationship to growth, maturation, and physical fitness. In C. Bouchard, R.J. Shephard, T. Stephens, J.R. Sutton, & B.D. McPherson (eds.), *Exercise, fitness and health: A consensus of current knowledge* (pp. 918-930). Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Malina, R.M, Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*, 2e edition, Champaign: Human Kinetics.
- Manly, T., Robertson, I.H., Anderson, V., & Nimmo-Smith, I. (1999). TEA-Ch : The Test of Everyday Attention. Thames Valley Test Compagny Limited, Bury St.Edmunds, England.
- McCormack, W.P., Cureton, K.J., Bullock, A.T., & Weyand, P.G. (1991). Metabolic determinant of 1-mile run/walk performance in children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *23*, 611-617.
- Molloy, G.N. (1989). Chemicals, exercise and hyperactivity: a short report. *International Journal of Disability*, *36*, 57-61.
- Morgan, J., Okely, A.D., Cliff, D.P., Jones, R.A., & Baur, L.A. (2008). Correlates of objectively measured physical activity in obese children. *Obesity*, *16*, 2634–2641.
- Mota, J., Santo, P., Guerra, S., Ribeiro, J.C., & Duare, J.A. (2002). Differences of daily physical activity levels of children according to body mass index. *Pediatric Exercise Science*, *14*, 442-452.
- National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion (CDC). (2000). Growth charts retrieved September 1, 2007, from <http://www.cdc.gov/growthcharts>
- Okely, A.D., Booth, M.L., & Patterson, J.W. (2001). Relationship of physical activity to fundamental movement skills among adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *33*, 1988-2004.
- Parish-Plass, J., & Lufi, D. (1998). Combining physical activity with a behavioural approach in the treatment of young boys with behavior disorders. *Small Group Research*, *28*, 357-369.
- Pedersen, S.J., Surburg, P.R., Heath, M., & Koceja, D.M. (2004). Fractionated lower extremity response time performance in boys with and without ADHD. *Adapted Physical Activity Quarterly*, *21*, 315–329.
- Peireira, H., Elisasson, A.C., & Forssberg, H. (2000). Detrimental neural control of precision grip lifts in children with ADHD. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *42*, 545-553.

- Pelham, W.E., & Fabiano, G.A. (2008). Evidence-based psychosocial treatments for attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology, 37*, 184-214.
- Pelham, W.E., Gnagy, E.M., Greiner, A.R., Hoza, B., Hinshaw, S.P., Swanson, J.M., et al. (2000). Behavioral vs. behavioral and pharmacological treatment in ADHD children attending a summer treatment program, *Journal of Abnormal Child Psychology, 28*, 507–526.
- Pelham, W.E., McBurnett, K., Harper, G.W., Milich R., Murphy, D.A., Clinton, J. et al. (1990). Methylphenidate and baseball playing in ADHD children: Who's on first? *Journal of Consulting and Clinical Psychology, 58*, 130-133.
- Piek, J.P., Pitcher, T.M. & Hay, D.A. (1999). Motor coordination and kinaesthesia in boys with attention deficit-hyperactivity disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology, 41*, 159-165.
- Pinto, L.P., & Tryon, W.W. (1996). Activity measurements support dimensional assessment. *Behavior Modification, 20*, 243-258.
- Pitcher, T.M., Piek, J.P., & Barret, N.C. (2002). Timing and force control in boys with attention deficit hyperactivity disorder: Subtype differences and the effect of comorbid developmental coordination disorder. *Human Movement Science, 21*, 919-945.
- Pitcher, T.M., Piek, J.P., & Hay, D.A. (2003). Fine and gross motor ability in males with ADHD. *Developmental Medicine and Child Neurology, 45*, 525-535.
- Plizka, S.R., Matthews, T.L., Braslow, K.J., & Watson, M.A. (2006). Comparative effects of methylphenidate and mixed salts amphetamine on height and weight in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 45*, 520-526.
- Porino, L.J., Rapoport, J.L., Behar, D., Sceery, W., Ismond, D.R., & Bunney, W.E. (1983). A naturalistic assessment of the motor activity of hyperactive boys: I. Comparison with normal controls. *Archive of General Psychiatry, 40*, 681-687.
- Poulton, A. (2005). Growth on stimulant medication; clarifying the confusion: a review. *Archives of Disease in Childhood, 90*, 801-806.
- Putnam S.C. (2001). Nature's Ritalin for the marathon mind : nurturing your ADHD child with exercise. Hinesburg, US : Upper Access Inc.
- Rigal, R., Chevalier, N., & Verret, C. (2006). Coordination motrice, pratique de l'activité physique et TDAH. Dans N. Chevalier, M.-C. Guay, A. Achim et P. Lageix & H. Poissant (Eds). *Trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité : Soigner,*

éduquer, surtout valoriser (p.69-90). Québec : Presses de l'Université du Québec, collection *Santé et Société*.

- Rowland, T.W. (1985). Aerobic response to endurance training in prepubescent children: a critical analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *17*, 493-497.
- Shepard, R.J. (1997). Curricular physical activity and academic performance. *Pediatric Exercise Science*, *9*, 113-126.
- Sibley, B.A. & Etnier, J.L. (2003). The relationship between physical activity and cognition in children : A meta-analysis. *Pediatric Exercise Science*, *15*, 243-256.
- Sigmundsson, H., Pedersen, A. V., Whiting, H. T. A., & Ingvaldsen, R. P. (1998). We can cure your child clumsiness! A review of intervention methods. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, *30*, 101-106.
- Smyth, M.A., & Anderson, H.U. (2000). Coping with clumsiness in the school playground : Social and physical play in children with coordination impairments. *British Journal of Developmental Psychology*, *18*, 389-413.
- Southern, M.S. (2001). Exercise as a modality in the treatment of childhood obesity. *Pediatric Clinics of North America*, *48*, 995-1015.
- Spencer, T.J., Faraone, S.V., Biederman, J., Lerner, M., Cooper, K.M., & Zimmerman, B. (2006). Does prolonged therapy with long -acting stimulant suppress growth in children with ADHD? *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *45*, 527-537.
- Steger, J., Imhof, K., Coutts, E., Gundelfinger, R., Steinhausen, H., & Brandeis, D. (2001). Attentional and neuromotor deficits in ADHD. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *43*, 172-179.
- Stodden, D.F., Goodway, J.D., Langendorfer, S.J., Robertson, M.A., Rudisill, M.E., Garcia, C. et al. (2008). A developmental perspective on the role of motor skill competence in physical activity: An emergent relationship. *Quest*, *60*, 290-306.
- Stratton, G., Ridgers, N.D., Fairclough, S.J., & Richardson, D.J. (2007). Physical activity levels of normal-weight and overweight girls and boys during primary school recess. *Obesity*, *15*, 1513-1519.
- Strong, W.B., Malina, R.M., Blimkie, C.J.R., Daniels, S.R., Dishman, R.K., Gutin B. et al., (2005). Evidence based physical activity for school-age youth. *Journal of Pediatrics*, *146*, 732-737.

- Sund, A.M., & Zeiner, P. (2002). Does extended medication with amphetamine or methylphenidate reduce growth in hyperactive children? *Nordic Journal of Psychiatry*, *56*, 53-57.
- Swanson, J. M., Elliott, G.R., Greenhill, L.L., Wigal, T., Arnold, L.E., Vitiello, B., et al. (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.
- Swanson, J.M., McBurnett, K., Wigal, T., Pfiffner, L.J., Lerner, M.A., Williams, L., Christian, D.L., Tamm, L., Willcutt, E., Crowley, K., Clevenger, W., Khouzam, N., Woo, C., Crinella, F.M. & Fisher, T.D. (1993). Effect of stimulant medication on children with attention deficit disorder: a review of reviews. *Exceptional Children*, *60*, 154-162.
- Tantillo, M., Kesick, C.M., Hynd, G.W., & Dishman R.K. (2002). The effects of exercise on children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *34*, 203-212.
- Teicher, M.H., Yutaka, I., Glod, C.A., & Barber, N.I. (1996). Objective measurement of hyperactivity and attentional problems in ADHD. *Journal of American Academy Child and Adolescent Psychiatry*, *35*, 334-342.
- Tervo, R.C., Azuma, S., Fogas, B., & Fiechtner, H. (2002). Children with ADHD and motor dysfunction compared with children with ADHD only. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *44*, 383-390.
- Tomkinson, G.R., Léger, L.A., Olds, T.S., & Carzola, G. (2003). Secular trends in the performance of children and adolescents (1980-2000). An analysis of 55 studies of the 20m shuttle run test in 11 countries. *Sports Medicine*, *22*, 285-300.
- Tomporowski, P.D. (2003a) Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta Psychologica*, *12*, 297-324.
- Tomporowski, P.D. (2003b). Cognitive and behavioural responses to acute exercise in youths: a review. *Pediatric Exercise Science*, *15*, 348-359.
- Treiber, F.A., Musante, L., Hartdagan, S., Davis, H., Levy, M., & Strong, W.B. (1989). Validation of heart rate monitor with children in laboratory and field settings. *Medicine and Sciences in Sport and Exercise*, *21*, 338-342.
- 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., Inman, J.W., & Willms, J.D. (2000). The relationship between physical activity, self-esteem, and academic achievement in 12-year-old children. *Pediatric Exercise Science*, *12*, 312-323.

- Trost, S.G., Kerr, L.M., Ward, D.S., & Pate, R.R. (2001). Physical activity and determinant of physical activity in obese and non-obese children. *International Journal of Obesity*, 25; 822-829.
- Tseng, M.H., Henderson, A., Chow, S.M., & Yao, G. (2004). Relationship between motor proficiency, attention, impulse, and activity in children with ADHD. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 46, 381-388.
- Tsujii, N., Okada, A., Kaku, R., Kuriki, N., Hanada, K., Matsuo, J. et al. (2007). Association between activity level and situational factors in children with attention deficit/hyperactivity disorder in elementary school. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 61, 181-185.
- Ulrich, D.A. (2000). *Test of Gross Motor Development-2*. Austin, Texas : Pro-ed Inc.
- Ulrich, D.A. (1985). *Test of gross motor development*. Austin, TX: PRO-ED.
- Vaynman, S., & Gomez-Pinilla, F. (2006). Revenge of the « sit » how lifestyle impacts neuronal and cognitive health through molecular systems that interface energy metabolism with neuronal plasticity. *Journal of Neurosciences Research*, 84, 699-715.
- Wade, M.G. (1976). Effects of methylphenidate on motor skill acquisition of hyperactive children. *Journal of Learning Disabilities*, 9, 48-52.
- Wall, A.E. (1986). A knowledge-based approach to motor skill acquisition. In M.G. Wade and H.T.A Whiting (Eds), *Motor development in children : Aspects of coordination and control*, Dordrecht, The Netherlands : Martinus Nijhoff.
- Wall, A.E. (2004). The developmental skill-learning gap hypothesis: Implications for children with movement difficulties. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 21, 197-218.
- Wall, A.E., McClements, J., Bouffard, M., Findlay, H., & Taylor, M.J. (1985). A knowledge-based approach to motor development: Implications for the physically awkward. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 2, 21-42.
- Welk, G.J., Corbin, C.B., & Dale, D. (2000). Measurement issues in the assessment of physical activity in children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 71, 59-73.
- Wendt, M.S. (2000). The effect of an activity program designed with intense physical exercise on the behavior of attention-deficit hyperactivity disorder (Doctoral dissertation, State University of New York). *Dissertation Abstract International* 61, 114.

- Wessel., H.A., Strasburger, J.F. & Mitchell, B.M. (2001). New standards for the Bruce treadmill protocol in children and adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 13, 392-401.
- Westrate, J.A., & Deurenberg, P. (1989). Body composition in children: proposal for a method for calculating body fat percentage from total body density or skinfold-thickness measurements. *American Journal of Clinical Nutrition*, 50, 1104-1115.
- Wigal, S.B., Nemet, D., Swanson, J.M., Regino, R., Trampush, J., Ziegler, M.G., et al. (2003). Catecholamine response to exercise in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Pediatric Research*, 53, 756-761.
- Willms, J.D. (2004). Early childhood obesity: a call for early surveillance and preventive measures. *Canadian Medical Association Journal*, 171, 243-244.
- Yadid, G., Overstreet, D.H., & Zangen, A. (2001). Limbic dopaminergic adaptation to a stressful stimulus in a rat model of depression. *Brain Research*, 896, 43-47.
- Yan, J.H., & J.R. Thomas (2002). Arm movement control: Differences between children with and without attention deficit hyperactivity disorder. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73, 10-18.
- Zhang, J. (2001). Fundamental Motor Skill Performance of children with ADD, LD, and MMR: a pilot study. *Palaestra*, 7-9.

