
3

Troubles associés

La personne porteuse de TDC présente fréquemment des troubles associés de nature diverse, en premier lieu avec d'autres troubles neuro-développementaux mais également avec des troubles psychopathologiques ou des pathologies médicales. Ces associations soulèvent un certain nombre de questions pour en comprendre la nature : mécanismes communs, conséquence d'un trouble primaire, signe d'appel, etc. Elles ont des conséquences variées sur les individus, aux niveaux physiologique, cognitif et comportemental, mais aussi en termes de participation et de qualité de vie. Dans ce chapitre, après un retour sur la terminologie utilisée devant une association de troubles chez un même individu, les associations retrouvées dans la littérature seront présentées avec une attention particulière aux données de fréquence et aux impacts sur les individus puis aux hypothèses proposées pour les expliquer.

Définitions et associations diverses

La première réflexion concerne la terminologie utilisée devant une association de troubles chez un même individu. Différents termes sont en effet en vigueur tels ceux de comorbidité, co-occurrence, co-variation ou encore continuum (Kaplan et coll., 2001 et 2006) sans véritable consensus sur leur signification.

Le terme de comorbidité a été utilisé par Feinstein (1970) pour désigner les conditions ou les manifestations associées à une maladie et ne participant pas au diagnostic initial. Ces entités cliniques distinctes peuvent, d'un point de vue chronologique, apparaître en même temps ou survenir à des périodes différentes de l'évolution de la ou des maladies ou troubles, certains troubles associés pouvant quelquefois être la conséquence des troubles primaires (Angold et coll., 1999 ; Valderas et coll., 2009). Il peut s'agir de la coexistence de plusieurs maladies, troubles ou conditions pathologiques. Toutefois Feinstein envisageait cette coexistence de plusieurs troubles de façon plus large en y incluant des entités cliniques sans rapport avec une maladie comme la grossesse ou la privation alimentaire délibérée pour perdre du poids, ou

encore des réactions à une prise médicamenteuse comme les nausées. La position de Kaplan et coll. (2006) est plus restrictive, réservant le terme de comorbidité à la présence de deux maladies ou troubles, en excluant la présence de symptômes isolés. Les auteurs recommandent d'ailleurs de faire la distinction entre symptômes et troubles. Une des difficultés, lorsque l'on se situe dans le cadre des troubles apparaissant au cours du développement, réside dans le système de classification adopté et dans la façon dont les symptômes sont associés au sein d'un trouble ou, au contraire, distingués dans les critères diagnostiques. On peut ainsi passer d'un trouble élargi à une comorbidité selon la sémiologie retenue (Angold et coll., 1999). En effet, les troubles du développement sont définis par des performances qui s'écartent de la moyenne et sont donc le résultat d'une convention, à savoir à partir de quel score seuil est établi le caractère pathologique (- 1 écart-type, 5^e percentile ou encore - 2 écarts-types).

Le terme de co-occurrence est parfois utilisé pour se démarquer de la notion de « morbidité », qui renvoie notamment au pourcentage d'individus malades dans une population. L'ambiguïté demeure toutefois, puisque la définition qu'en donnent par exemple Kaplan et coll. (2006, p. 724) est celle d'« un concept uniquement temporel, (qui) peut refléter soit une causalité sous-jacente, soit des étiologies sans aucun rapport ». Ces mêmes auteurs envisagent également la notion de continuum de sévérité qui agrégerait, au fur et à mesure, des tableaux de plus en plus larges. On pourrait ainsi englober dans un même continuum des sujets avec un développement typique, ceux présentant un TDC isolé, ou encore un TDC associé avec un trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H)⁴⁰ ou avec un trouble du langage (Dyck et coll., 2011). La question du continuum est également envisagée entre TDC et paralysie cérébrale avec notamment des réflexions sur la mise en place des soins (Rosenbloom, 2007 ; Pearsall-Jones et coll., 2010). Krueger et Markon (2006) distinguent la co-occurrence qui renverrait à la présence chez un même individu de deux diagnostics distincts, et la corrélation indiquant que, dans un groupe d'individus, deux diagnostics sont reliés ou co-varient sans pour autant préjuger des rapports de causalité. Lilienfeld et coll. (1994) utilisent d'ailleurs ce terme de co-variation à propos de troubles dont l'association est attestée dans un groupe d'individus.

Si la question de la comorbidité dans les troubles psychopathologiques chez l'enfant apparaît dans la fin des années 1980 (Anderson et coll., 1987 ; Lilienfeld et coll., 1994), l'intérêt pour les troubles associés dans le TDC se développe fortement à partir de l'étude de Kaplan et coll. (1998) qui porte sur

les associations entre troubles des apprentissages et/ou attentionnels et dont les résultats seront présentés par la suite.

Il résulte de cette étude et de celles qui ont suivi que les troubles associés au TDC sont de nature diverse : troubles neuro-développementaux (TDA/H, troubles des apprentissages, troubles spécifiques du langage oral ou troubles de la communication) ; troubles psychopathologiques (troubles anxieux, troubles dépressifs, troubles émotionnels et comportementaux) ; pathologies médicales (obésité, troubles cardio-vasculaires, syndrome d'hypermobilité articulaire bénigne, troubles du sommeil, migraine) comme l'indique la figure 3.1.

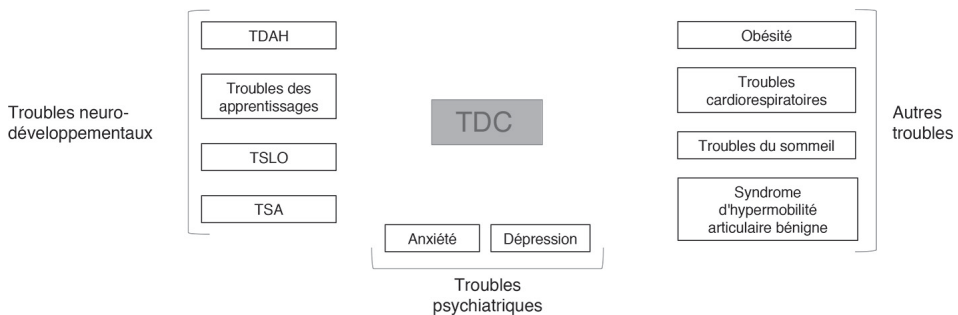


Figure 3.1 : Synthèse des principaux troubles associés au TDC

TDAH : trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité ; TSLO : troubles spécifiques du langage oral ; TSA : trouble du spectre de l'autisme

Nous allons maintenant apporter plus d'éléments pour chacune de ces associations.

Troubles neuro-développementaux

Nous rendrons tout d'abord compte des articles qui abordent l'association du TDC avec l'ensemble des troubles neuro-développementaux puis ceux traitant une association de manière plus spécifique.

Tous types de troubles neuro-développementaux

L'étude précurseur de Kaplan et coll. (1998) porte sur des enfants adressés en consultation pour troubles des apprentissages et/ou attentionnels, tout en excluant les déficiences intellectuelles. L'ensemble des enfants a bénéficié d'une évaluation des capacités attentionnelles, motrices et

langagières. La comorbidité a été explorée dans un groupe de 162 enfants (figure 3.2). Un tiers des enfants ($n = 62$) souffrait d'un ou plusieurs autres troubles, un autre tiers ($n = 53$) présentait un trouble isolé, dont 26 un TDC, et le tiers restant (47 enfants) ne répondait pas aux critères des pathologies développementales examinées (TDA/H, TDC, dyslexie), ce qui amena les auteurs à affirmer que « la comorbidité est la règle plutôt que l'exception » et à proposer le modèle du développement cérébral atypique (voir plus loin). Ces résultats ont ensuite été confirmés au cours d'une étude à laquelle ont participé 179 familles (Kaplan et coll., 2001). Parmi les 29 sujets présentant un TDC, aucun ne présentait le trouble isolé, 3 avaient un TDA/H associé, les 26 autres ayant de 2 à 4 troubles associés (TDA/H, dyslexie, trouble oppositionnel avec provocation, trouble des conduites, troubles anxieux).

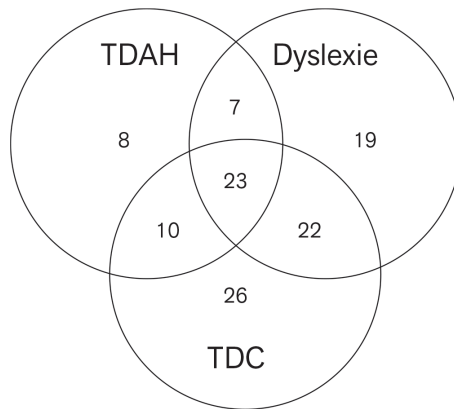


Figure 3.2 : Répartition des effectifs avec association de troubles neuro-développementaux selon Kaplan et coll. (1998)

S'il est aujourd'hui admis que les troubles de la coordination motrice, du langage, de l'attention et des apprentissages (lecture, écriture, etc.) peuvent coexister chez un même enfant avec une fréquence supérieure à celle attendue si ces difficultés étaient indépendantes, la fréquence de ces associations reste difficile à établir avec précision. En effet, la plupart des études sont basées sur de petites séries, toutefois tout à fait concordantes dans les associations qu'elles rapportent.

Un premier ensemble de publications pose la question de la prévalence des associations estimée lors d'un dépistage en population générale. Dès l'âge de 4 ans, Valtonen et coll. (2004) montrent que les associations de retards de développement dans différents domaines (attention, comportement,

compétences perceptivo-motrices, langage) existent dans 14,1 % de l'échantillon sélectionné (n = 434), ce qui représente près de la moitié (48,8 %) des 125 enfants présentant au moins une difficulté. Les difficultés associées sont plus sévères que les difficultés isolées et les garçons présentent plus souvent que les filles des retards dans plusieurs domaines du développement (23,9 % *versus* 5,9 % respectivement pour les garçons et les filles sur l'ensemble de l'échantillon). Des fréquences comparables ont été retrouvées chez des enfants un peu plus âgés (5-7 ans ; Stich et coll., 2014). Dans le cadre d'un dépistage réalisé à l'entrée à l'école, la motricité, le langage, la cognition et le développement psychosocial (12 compétences au total) étaient explorés. Sur cette très large série de 12 399 enfants examinés entre 1997 et 2008, 19 % présentaient un retard dans au moins deux des domaines explorés, soit 56,5 % des enfants avec au moins un retard du développement.

Un deuxième ensemble de publications explore les comorbidités associées dans des populations préalablement identifiées comme présentant un TDC (tableau 3.I) et confirme que la coexistence de différents troubles développementaux est souvent la règle. Pieters et coll. (2013), en étudiant le profil clinique de 410 enfants adressés dans des centres de prise en charge pour troubles du comportement, du développement ou déficits neurosensoriels, ont montré dans leur série que la très grande majorité des enfants porteurs d'un TDC présente un (40,3 % des cas), deux (43,7 %) ou trois ou plus (10,7 %) autres retards ou troubles du développement en plus du trouble de la coordination motrice. De manière attendue, le risque de présenter une symptomatologie associée augmente avec la sévérité du TDC (Martin et coll., 2010 ; Schoemaker et coll., 2013). Les résultats seront ensuite présentés par pathologie associée.

Enfin, une troisième série de publications rapporte une fréquence augmentée de troubles de la coordination motrice chez des enfants avec d'autres troubles sans que cette augmentation ne soit toujours quantifiée. Les études portent principalement sur des populations avec troubles du langage (Hill, 2001 ; Flapper et Schoemaker, 2013 ; Gooch et coll. 2014), troubles des apprentissages (Pieters et coll., 2012 ; Margari et coll., 2013) ou TDA/H (Fliers et coll., 2008).

Tableau 3.1 : Association de troubles neuro-développementaux

Référence	TDC : définition groupe à l'étude âge effectif	Compétences explorées	Résultats
Cruddace et Riddell, 2006	TDC MABC 9-10 ans n = 25 TDC (dont 9 avec troubles de la lecture) n = 15 troubles de la lecture n = 31 témoins	Attention	Co-occurrence TDC et difficultés de lecture supérieure à celle attendue si troubles indépendants Comparativement aux témoins : performances plus basses sur tous les tests attentionnels
Dewey et coll., 2002	TDC DCDQ, MABC, BOTMP 11-12 ans n = 45 avec TDC n = 51 suspects de TDC n = 78 témoins	Attention Apprentissages (lecture, écriture, orthographe) Ajustement psychosocial	Association avec diagnostic de TDA/H En comparaison aux témoins : performances plus faibles en lecture, écriture, orthographe plus de difficultés dans les relations sociales
Lingman et coll., 2010	TDC (< 15 ^e perc.) <i>ALSPAC coordination test</i> (inclut la MABC) 7-9 ans n = 346	Attention Langage Compétences sociales Performances académiques	Association avec : troubles de l'attention OR 1,9 [1,2-3,2] répétition de non mots OR 1,8 [1,3-2,7] communication sociale OR 1,9 [1,1-3,0] lecture OR 3,4 [2,4-4,8] orthographe OR 2,8 [2,0-3,9]
Pieters et coll., 2013	TDC DSM, MABC-2 (< 15 ^e perc.) 7-12 ans n = 201 TDC (102 TDC et 99 TDC + MLD) n = 75 MLD n = 136 témoins	Difficultés en mathématiques	Association problèmes moteurs et difficultés en mathématiques (en particulier sous-type mémoire sémantique)
Schoemaker et coll., 2013	TDC <i>ALSPAC coordination test</i> (inclut la MABC) 7 ans n = 289 TDC (< 5 ^e perc.) n = 951 TDC (5 ^e -15 ^e perc.) n = 5719 témoins	Attention Compétences académiques (lecture, orthographe, écriture) Compétences sociales	En comparaison aux témoins : performances plus basses en lecture performances plus basses en écriture plus de problèmes attentionnels compétences sociales plus basses
Tseng et coll., 2007	TDC DCDQ (<i>screening</i>), BOTMP 6-10 ans n = 38 avec TDC n = 32 suspects de TDC n = 82 témoins	Attention Hyperactivité Lecture Écriture Ajustement psychosocial	En comparaison aux témoins : performances plus basses en attention et lecture performances comparables en écriture plus hyperactifs plus de difficultés dans les relations sociales

BOTMP : *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency* ; DCDQ : *Developmental Coordination Disorder Questionnaire* ; IC : intervalle de confiance ; MABC : *Movement Assessment Battery for Children* ; MLD : *Mathematical Learning Disability* ; OR : *odds ratio* ; perc. : percentile ; TDA/H : trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité ; TDC : trouble développemental de la coordination.

TDA/H

L'association entre TDC et TDA/H est une donnée ancienne, déjà présente dans les tableaux de dysfonctionnement cérébral *a minima* (DCM ; Clements, 1966). La fréquence d'une telle association est élevée. Dans les publications portant sur des populations identifiées comme présentant un TDC, les associations avec un trouble de l'attention (Dewey et coll., 2002 ; Cruddace et Riddell, 2006 ; Tseng et coll., 2007 ; Lingman et coll., 2010 ; Schoemaker et coll., 2013) sont les plus fréquemment retrouvées, avec des performances dégradées chez les enfants présentant un TDC comparativement à des enfants à développement typique (tableaux 3.1). Dans les publications s'intéressant à une population d'enfants avec TDA/H, l'association avec le TDC concernerait environ un tiers des enfants avec TDA/H (Fliers et coll., 2008). Enfin, dans d'autres publications on retrouve entre 30 et 50 % des enfants avec l'un des troubles qui sont également porteurs de l'autre (Kadesjö et Gillberg, 1998 ; Tervo et coll., 2002 ; Pitcher et coll., 2003 ; Watemberg et coll., 2007 ; Gagné et coll., 2008 ; Williams et coll., 2013 ; Kaiser et Albaret, 2016 ; voir Kaiser et coll., 2015 et Goulardins et coll., 2017 pour deux revues récentes de cette association). Ces résultats sont néanmoins à nuancer dans la mesure où certains articles mentionnent des troubles moteurs chez les enfants TDA/H, ce qui renvoie à la question de savoir s'il s'agit d'une conséquence du TDA/H ou d'une association avec un TDC.

Toutefois, le constat de ces associations fréquentes a conduit certains auteurs scandinaves, dont Gillberg et coll. (1982), à proposer le terme de déficit en attention, contrôle moteur et perception (DAMP) pour qualifier l'association TDC et TDA/H. Une étude de cohorte, réalisée en Suède et portant sur 409 enfants âgé de 7 ans, retrouvait ainsi un TDC isolé chez 7,3 % des enfants, un TDA/H isolé chez 7,4 % et un DAMP chez 6,6 %, dont 1,7 % considéré comme sévère (Kadesjö et Gillberg, 1998).

Il semble que l'association TDC et TDA/H produise un effet cumulatif, tant au niveau comportemental et cognitif qu'au niveau psychologique. Par exemple, dans une tâche d'appui digital répétée avec variation de la force de l'appui, les enfants porteur d'un TDC et d'un TDA/H associés présentent des pics de force augmentés par rapport aux sujets TDA/H et contrôles (Pitcher et coll., 2002). Dans un ensemble de tâches visuomotrices (poursuite d'une cible sur un écran, traçage d'un trait entre deux cercles concentriques), Lee et coll. (2013) ont aussi montré que les sujets présentant un TDC et un TDA/H ont des mouvements moins fluides et moins réguliers et utilisent plus de force que les sujets avec TDA/H isolé ou les sujets contrôles.

Concernant les aspects psychologiques, un suivi sur 15 ans d'une des premières cohortes (n = 141) étudiées par Gillberg et coll. (1982) montre que les sujets présentant un TDC et un TDA/H ont, à l'âge de 22 ans, un risque plus élevé de personnalité antisociale, d'alcoolisme, d'infractions criminelles, de dyslexie et un faible niveau d'instruction (Rasmussen et Gillberg, 2000). Comparés à des enfants présentant un TDC ou un TDA/H, ceux qui présentent les 2 troubles sont plus souvent considérés comme dépressifs par leur parent (3 à 5 fois plus pour Missiuna et coll., 2014).

Au niveau cérébral, les études comparant des sujets présentant un TDC ou un TDA/H isolés et ceux avec l'association des deux troubles montrent également des particularités. McLeod et coll. (2014) constatent une connectivité fonctionnelle altérée et plus élevée entre le cortex moteur primaire et les régions cérébrales impliquées dans le traitement sensorimoteur et dans le contrôle cognitif du mouvement, ce qui suggère une plus grande sollicitation de ces réseaux pour pouvoir planifier et exécuter correctement les mouvements. Dans une étude avec IRM de diffusion, Langevin et coll. (2014) retrouvent un effet additif, les sujets présentant un TDA/H et un TDC cumulant les altérations retrouvées dans les deux troubles présents isolément (régions distinctes du corps calleux). Toutefois, en étudiant l'épaisseur corticale, Langevin et coll. (2015) montrent une diminution plus importante et distribuée différemment lorsque les deux troubles étaient associés plutôt qu'isolés, ce qui les a amenés à considérer que les sujets avec troubles associés sont singuliers sur le plan neurobiologique.

Martin et coll. (2006), à partir d'une étude sur 1 285 paires de jumeaux enfants et adolescents âgés de 5 à 16 ans, envisagent que le TDA/H et le TDC présentent une héritabilité partagée, notamment entre le TDC avec troubles de la motricité fine et le TDA/H à prédominance inattentive.

Malgré la constatation fréquente et ancienne d'une telle association, la connaissance des mécanismes explicatifs est encore partielle et discutée. L'une des raisons est que, dans de nombreuses études portant sur chacun de ces deux troubles affectant la motricité intentionnelle, les éventuelles comorbidités n'ont pas été considérées, limitant ainsi la portée des conclusions (Kaiser et coll., 2015). De plus, les implications et les conséquences sont loin d'être prises en compte, comme pour nombre de ces comorbidités : du point de vue de la clinique dans l'évaluation et la mise en place des soins et des aménagements ; concernant la recherche, dans la délimitation du périmètre de chacun de ces troubles ainsi que dans les facteurs d'inclusion et d'exclusion des participants aux études, mais également dans l'analyse de cet état de fait (Goulardins et coll., 2017).

Troubles des apprentissages

Différentes études confirment l'importance de l'association entre TDC et troubles des apprentissages, malgré les différences dans les critères d'inclusion ou dans les définitions retenues pour les différents troubles. Lorsque l'on part d'une population avec troubles des apprentissages, la présence de troubles moteurs est fréquente comme le montre l'étude de Vuijk et coll. (2011), réalisée auprès de 137 enfants de 7 à 12 ans porteurs d'un trouble des apprentissages, dont 50 % ont des troubles moteurs (MABC < 15^e percentile), avec des corrélations positives entre équilibre et résultats en mathématiques, maîtrise de balles et lecture ou encore dextérité manuelle et orthographe. Dans une population clinique de 3 608 enfants, dont 1 319 porteurs d'un trouble des apprentissages, Pieters et coll. (2012) trouvent que 24,8 % des sujets avec trouble des apprentissages présentent des troubles moteurs (score inférieur au 10^e percentile à la MABC ou au *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency*). Enfin, Margari et coll. (2013) trouvent qu'entre 18 % et 28 % des 448 enfants avec troubles des apprentissages présentent un TDC.

Dyslexie

L'association entre dyslexie et TDC est envisagée dès 1974 par Crichtley, qui constate que même si la « maladresse n'est pas du tout un symptôme constant », 34 des 125 enfants porteurs d'une dyslexie dans son étude présentent également des difficultés motrices. La présence de troubles moteurs est d'ailleurs fréquemment rapportée dans les recherches sur la dyslexie (Jover et coll., 2013). Des atteintes de la locomotion (Westendorp et coll., 2011), de l'équilibre et de la dextérité manuelle (Jongmans et coll., 2003 ; Iversen et coll., 2005) sont trouvées chez des enfants avec une dyslexie. Les difficultés en motricité fine, associées à la dyslexie, touchent à la fois la manipulation d'objets (Stoodley et Stein, 2006) et la graphomotricité (Smits-Engelsman et coll., 2003).

Les pourcentages de l'association entre TDC et dyslexie restent importants quels que soient les critères retenus. Mæland et Sjøvik (1993) trouvent ainsi 22 % de sujets présentant un TDC parmi les sujets avec une dyslexie. L'expertise collective de l'Inserm (2007) mentionne des proportions similaires avec 22 % de troubles de la motricité (TDC et/ou dysgraphie) parmi les 177 dyslexiques de l'étude de Habib (2003). L'étude de Chaix et coll. (2007), portant sur une population de 58 enfants dyslexiques, montre une association avec le TDC de l'ordre de 40 % à 57 %, avec un score à l'échelle de développement psychomoteur de Lincoln-Oseretsky inférieur à - 2 ET pour 40 % d'entre eux, et un score compris entre - 1 et - 2 ET pour 17 % d'entre eux.

Iversen et coll. (2005) comparent 20 enfants de 10-11 ans avec une dyslexie sévère diagnostiquée médicalement (milieu clinique), 17 faibles lecteurs identifiés en milieu scolaire et 22 bons lecteurs constituant le groupe contrôle. 60 % des sujets du groupe clinique et 53 % des mauvais lecteurs présentent des scores inférieurs au 5^e percentile à la MABC contre seulement 13,6 % dans le groupe contrôle. Les pourcentages de troubles de la motricité intentionnelle au sein d'une population de dyslexiques peuvent atteindre jusqu'à 59 % (Ramus et coll., 2003), voire 80 % des cas (Fawcett et Nicolson, 1999). Lorsque les études portaient sur des enfants maladroits, Gubbay et coll. (1965) évoquaient déjà des troubles de la lecture chez environ 30 % des sujets (6 sur 21 enfants). Par la suite, Kaplan et coll. (1998) ont montré que sur les 81 sujets avec un diagnostic de TDC, 45 présentent une dyslexie, soit 56 %. Les publications portant sur les enfants présentant un TDC rapportent également que les associations entre TDC et trouble de la lecture (Crudace et Riddell, 2006 ; Dewey et coll., 2002 ; Lingman et coll., 2010 ; Martin et coll., 2010 ; Schoemaker et coll., 2013 ; Tseng et coll., 2007) sont les plus fréquemment retrouvées avec des performances dégradées chez les enfants présentant un TDC comparativement à des enfants à développement typique (tableau 3.I). O'Hare et Khalid (2002) trouvent également des troubles de lecture chez 70 % des 23 enfants présentant un TDC, contre 14 % dans une population contrôle (n = 136).

Les sujets porteurs de l'association dyslexie et TDC semblent avoir des caractéristiques comportementales et cognitives plus proches des enfants avec dyslexie seule que de celles des enfants présentant un TDC isolé (Biotteau et coll., 2015 et 2017), ce qui indiquerait qu'il n'y a pas dans cette configuration de phénomène cumulatif.

Dyscalculie

Les difficultés en calcul et mathématiques sont présentes chez des enfants porteurs d'un TDC (Pieters et coll., 2012). Ces derniers éprouvent plus de difficultés à réaliser des opérations simples, à faire du calcul mental, à ranger des séries de nombres. Les auteurs différencient en outre les sujets présentant un TDC modéré (MABC-2 < 15^e percentile) et ceux présentant un TDC sévère (MABC-2 < 5^e percentile), les seconds ayant un retard moyen de deux ans dans ces épreuves par rapport aux sujets à développement typique, alors que le retard se limite à un an pour les premiers. Les auteurs restent toutefois prudents sur la question du trouble de l'apprentissage des mathématiques, considérant que tous les critères diagnostiques n'ont pu être étudiés et notamment l'absence de sensibilité aux interventions spécialisées mises en place dans le milieu scolaire. Gomez et coll. (2015) ont aussi montré que

les enfants présentant un TDC ont de moins bonnes performances dans des tâches de comparaison de nombres symboliques (chiffres arabes) et non symboliques (quantité de points) et dans des tâches d'additions simples. Néanmoins, dans une tâche de ligne numérique, Gomez et coll. (2015) montrent que si les enfants présentant un TDC sont moins précis pour estimer la position des nombres sur la ligne numérique, ils utilisent les mêmes stratégies que les enfants contrôles basées sur le principe de linéarité (l'écart entre 9 et 10 est le même qu'entre 90 et 91), à la différence des enfants dyscalculiques. Ces résultats suggèrent que les mécanismes sous-tendant les difficultés en mathématiques ne sont pas similaires dans les deux troubles.

Par ailleurs, il est intéressant de noter que sous le terme d'incapacité d'apprentissage non verbale, différents auteurs ont décrit un tableau associant une dyscalculie, des troubles perceptivo-moteurs et visuospatiaux ainsi que des difficultés dans les habiletés sociales alors que les différentes fonctions verbales sont préservées, voire d'un niveau supérieur à la moyenne (Rourke, 1987 et 1995 ; Mammarella et Cornoldi, 2014 ; Cornoldi et coll., 2016).

Troubles de la communication, troubles du langage

Quelles que soient les appellations des troubles spécifiques du langage oral (TSLO), leur association avec le TDC ou des troubles moteurs est retrouvée de façon constante dans les études portant sur la fréquence des troubles de la motricité chez les enfants diagnostiqués comme ayant un trouble du développement du langage (voir chapitre Motricité et langage). Par ailleurs, bien que le profil linguistique des enfants présentant un TDC reste encore mal connu, les études portant sur la description des troubles du langage chez les enfants diagnostiqués TDC en comparaison avec les enfants diagnostiqués TSLO montrent qu'il existe bien un risque de co-occurrence entre TDC et troubles du langage (*ibid.*).

Trouble du spectre de l'autisme

La question de l'association entre le TDC et les troubles du spectre de l'autisme (TSA) a été envisagée sous différents angles. Quelques informations sont données ici mais cette association n'a pas été considérée dans la suite de l'expertise.

Miyahara et coll. (1997) comparent les capacités motrices de 26 enfants avec un syndrome d'Asperger et celles de 16 enfants avec un trouble des apprentissages à l'aide de la MABC. Ils retrouvent un trouble spécifique du développement moteur chez, respectivement, 85 % et 88 % d'entre eux et

confirment ainsi des études précédentes. De même, l'étude de Green et coll. (2009) montre que 79 % des enfants avec TSA, avec ou sans déficience intellectuelle, évalués à partir de la MABC, ont un score pathologique (< 5^e percentile) et 10 % présentent un score limite nécessitant une surveillance, ce qui va aussi dans le sens d'une coexistence entre TDC et TSA. Plus largement, la présence de troubles moteurs et psychomoteurs dans l'autisme est aujourd'hui bien documentée (Kopp et coll., 2010 ; Miller et coll., 2014 ; Paquet et coll., 2016 ; Subramanian et coll., 2017 ; Kaur et coll., 2018). Sont ainsi retrouvés des troubles au niveau du contrôle postural et de la marche (Rinehart et coll., 2006 ; Freitag et coll., 2007), des coordinations générales, de la dextérité manuelle et de l'écriture (Provost et coll., 2007 ; Jasmin et coll., 2009 ; Kushki et coll., 2011 ; Kaur et coll., 2018). Des troubles des praxies visuoconstructives, associés à un déficit dans la motricité fine sont également rencontrés (Hellinckx et coll., 2013), de même que des troubles des praxies gestuelles (Dewey et coll., 2007 ; Miller et coll., 2014). À l'aide de la *Florida Apraxia Battery* adaptée pour les enfants (gestes sur commande verbale, sur imitation et avec utilisation d'objets), MacNeil et Mostofsky (2012) trouvent que les enfants avec autisme commettent un plus grand nombre d'erreurs dans les différentes conditions du test que les enfants avec TDA/H et les enfants à développement typique. Les auteurs attribuent ces résultats à une anomalie du système des neurones miroirs. Ces résultats sont retrouvés par Kaur et coll. (2018). Cependant pour Dowell et coll. (2009), les difficultés seraient surtout présentes lors de l'imitation de gestes sans signification. À l'exception des troubles affectant la motricité globale (évaluée avec le *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency – BOTMP*), les différents troubles rencontrés dans le cadre de cette association, et notamment les troubles praxiques, sont indépendants des capacités intellectuelles des enfants (Kaur et coll., 2018) suggérant que ces troubles doivent être considérés comme partie intégrante du tableau de TSA.

L'association de problèmes moteurs (déterminés à partir de la *Child Behavior Checklist*) et de traits autistiques (évalués avec la *Social Responsiveness Scale*) a été étudiée auprès d'enfants TDA/H issus de la *Missouri Twin Study* (n = 1 647) (Reiersen et coll., 2008). Les résultats indiquent que l'association TDA/H et problèmes moteurs est accompagnée d'un niveau plus élevé de traits autistiques que le TDA/H isolé.

Troubles psychopathologiques

Un ensemble de travaux atteste que les associations avec des difficultés psychopathologiques sont plus fréquemment retrouvées avec des performances

dégradées chez les enfants présentant un TDC comparativement à des enfants à développement typique (Dewey et coll., 2002 ; Tseng et coll., 2007 ; Lingman et coll., 2010 ; Schoemaker et coll., 2013). Il apparaît en effet que les enfants et adolescents porteurs d'un TDC présentent un risque augmenté de développer secondairement une série de difficultés émotionnelles et comportementales qui peuvent aller jusqu'à la coexistence de troubles anxieux et dépressifs durables (Green et coll., 2006 ; Cairney et coll., 2010b ; Waszczuk et coll., 2016).

Les résultats sur ces associations sont influencés par la nature des populations explorées, avec globalement dans la littérature trois types de recrutement. Le premier correspond à des enfants présentant un TDC cliniquement confirmé, recrutés dans des centres de référence et comparés à des enfants à développement typique quant à la fréquence des troubles psychopathologiques (Green et coll., 2006 – groupe de référence externe ; Pratt et Hill, 2011 – groupe témoin interne à l'étude). Le deuxième correspond à un recrutement en population générale, repérant un groupe d'enfants moins sévères que dans le premier cas en l'absence des biais d'adressage et un groupe contrôle (Piek et coll., 2008 ; Campbell et coll., 2012 ; Lingam et coll., 2012 ; Missiuna et coll., 2014 ; Hill et coll., 2016), la première étude citée s'intéressant à des enfants présentant un TDC d'âge préscolaire (4,3 ans en moyenne). Ici également, il s'agit de quantifier le risque supplémentaire de présenter un trouble psychopathologique comparativement à la population générale. Enfin, on trouve des échantillons définis par l'existence des troubles psychopathologiques – troubles anxieux (Ekornås et coll., 2010 ; Skirbekk et coll., 2012), troubles émotionnels (Iversen et coll., 2006), dépression (Fuhrmann et coll., 2014) – et pour lesquels une association avec des troubles de la coordination motrice est recherchée.

Ces études sont difficilement comparables car elles explorent des symptomatologies variées avec des outils différents et les questionnaires sont complétés par les enfants (*self-report*), les parents ou les enseignants. Les résultats vont maintenant être présentés par type de troubles.

Troubles émotionnels et comportementaux

Chez les enfants d'âge scolaire, les troubles de la coordination motrice sont associés à des scores plus élevés au SDQ *Strengths and Difficulties Questionnaire*⁴¹, témoignant d'une plus grande fréquence de troubles émotionnels et comportementaux dans la population présentant un TDC comparativement

41. Goldmann, 1997

à la population à développement typique (Green et coll., 2006 ; Lingam et coll., 2012 ; Hill et coll., 2016) (tableau 3.II). Il convient néanmoins de rester prudent quant à l'interprétation des résultats au SDQ dans la mesure où il s'agit d'un outil de dépistage qui explore les aspects émotionnels, comportementaux mais aussi l'hyperactivité et l'inattention ou encore la relation avec les pairs. L'association aux troubles émotionnels est toutefois retrouvée également par Piek et coll. (2008) chez des enfants plus jeunes âgés de 3,5 à 5,5 ans ainsi que par Iversen et coll. (2006) avec l'utilisation d'autres outils.

Tableau 3.II : Associations de troubles émotionnels et comportementaux avec des troubles de la coordination motrice

Référence	Définition groupe à l'étude : âge moyen, effectif	Symptomatologie explorée, outil, répondant	Résultats
Green et coll., 2006	TDC (< 15 ^e perc. MABC) : 8 ans, n = 47	Troubles émotionnels et comportementaux : <i>Strengths and Difficulties Questionnaire</i> (SDQ), parent	75 % des parents rapportent des troubles émotionnels et du comportement modérés à sévères (score total)
Hill et coll., 2016	TDC (<i>C-KAT battery</i>) + DT : 7,7 ans, n = 298	Troubles émotionnels et comportementaux : <i>Strengths and Difficulties Questionnaire</i> (SDQ), enseignant	OR = 5,9 [2,9-12,9] mesurant le risque supplémentaire d'avoir un trouble (SDQ Score total, % anormal) quand on réduit d'un ET la performance motrice (score C-KAT)
Lingam et coll., 2012	TDC (probable TDC, < 15 ^e perc., 3 sous-tests dérivés de la MABC) : 9-10 ans, n = 346 DT : n = 5 254	Symptômes dépressifs : <i>Short Mood and Feelings Questionnaire</i> (SMFQ), enfant Troubles émotionnels et comportementaux : <i>Strengths and Difficulties Questionnaire</i> (SDQ), parent	Symptômes dépressifs : OR brut = 2,4 [1,6-3,6] OR ajusté = 1,3 [0,8-2,1] SDQ : OR brut = 4,7 [3,5-6,3] OR ajusté = 2,8 [1,9-4,1]
Piek et coll., 2008	TDC (< 15 ^e perc., <i>McCarron Assessment of Neuromuscular Development</i>) : 4,3 ans, n = 40	Troubles émotionnels : <i>Emotion Recognition Scales</i> (ERS) <i>Child Behaviour Check List</i> (CBCL)	Scores anxiété/dépression plus élevés chez enfants à risque de TDC comparativement aux enfants non à risque Corrélation avec le score moteur : 0,402 ; $p < 0,05$
Iversen et coll., 2006	Troubles émotionnels et comportementaux sévères (<i>Teacher's report Form</i> , TRF) : 6,4 ans, n = 29 Témoins appariés sur le sexe : 6,2 ans, n = 29	TDC (MABC)	Score total : moyenne \pm ET 14,2 \pm 9,4 vs 5,3 \pm 4,2 ; $p < 0,001$ % score \leq 5 ^e perc. 55,2 % vs 10,3 %

DT : enfant à développement typique ; ET : écart-type ; OR : odds ratio ; TDC : trouble développemental de la coordination.

Troubles anxieux

Les relations entre TDC et anxiété sont décrites depuis plusieurs décennies avec des résultats concordants (tableau 3.III) : les enfants porteurs d'un TDC présentent significativement plus souvent des troubles anxieux que la population sans TDC (Schoemaker et Kalverboer, 1994 ; Piek et coll., 2008 ; Pratt et Hill, 2011 ; Missiuna et coll., 2014 ; voir aussi Piek et Rigoli, 2015 pour une revue). Quelques articles montrent également que des troubles moteurs sont plus fréquemment retrouvés dans les populations avec troubles anxieux.

Skinner et Piek (2001) retrouvent ainsi une estime de soi plus faible et plus d'anxiété (état et trait) associées à un niveau de support social perçu plus faible chez des enfants (n = 58) présentant un TDC ou un TDC probable comparativement à des sujets à développement typique. Selon les résultats de l'enquête par questionnaires et entretiens dirigés réalisée par Stephenson et Chesson (2008), les mères d'enfants présentant un TDC rapportent des difficultés émotionnelles, de l'anxiété et des symptômes dépressifs, associés à la persistance des difficultés motrices. Un tel état de fait génère aussi un niveau de souffrance élevé pour l'ensemble de la famille.

Plus les symptômes de difficultés motrices sont précoces et stables et plus les symptômes dépressifs sont importants. Piek et coll. (2010) montrent que la présence de troubles moteurs attestée à 11 reprises entre 4 mois et 4 ans, avec un outil de dépistage portant sur la communication, les habiletés motrices fines et globales, la socialisation et la résolution de problèmes (*Ages and Stages Questionnaires*), est prédictive des scores aux échelles d'anxiété et dépression de la *Child Behavior Checklist* (CBCL) obtenus entre 6 et 12 ans.

Les données fournies par un suivi longitudinal de cohorte, réalisé en Angleterre sur 6 850 sujets, montrent également que les garçons présentant cinq signes d'habiletés motrices faibles (retard d'apparition de la marche, décrit comme « maladroit » à 7 ans, motricité manuelle faible à 7 et 11 ans, et problème de coordination à 11 ans) sont trois fois plus souvent considérés comme anxieux par leur mère que les sujets contrôles, et ce de façon récurrente à 11 ans et 16 ans (Sigurdsson et coll., 2002). Il n'est toutefois pas exclu que des troubles associés de type TDA/H et troubles des apprentissages aient pu jouer un rôle dans ces résultats (Missiuna, 2003).

De manière intéressante, l'association d'une symptomatologie anxieuse ou dépressive au trouble de la coordination motrice a été étudiée chez des couples de jumeaux monozygotes discordants pour le diagnostic de TDC (Piek et coll., 2007 ; Pearsall-Jones et coll., 2011). Dans les deux études,

on note une fréquence significativement augmentée de troubles anxieux ou dépressifs chez le jumeau présentant un TDC comparativement au co-jumeau sans TDC. Dans l'étude de Pearsall-Jones et coll. (2011), les auteurs arrivent à plusieurs conclusions : 1) les symptômes d'anxiété et de dépression sont plus importants au sein des paires dont l'un au moins des jumeaux a un trouble moteur ; 2) ils sont plus fréquents chez le jumeau présentant des troubles moteurs que chez le jumeau indemne dans les paires discordantes pour les troubles moteurs ; 3) le niveau d'anxiété est plus élevé dans les paires discordantes que dans les paires concordantes. Ces différents éléments suggèrent l'influence de facteurs environnementaux et vont dans le sens d'étiologies différentes entre les troubles moteurs et les troubles anxieux et dépressifs.

À l'inverse, en comparant des enfants avec troubles anxieux sans autre psychopathologie (n = 27) et un groupe d'enfants sans troubles anxieux, Ekornås et coll. (2010) trouvent que 44,4 % des premiers ont un score à la MABC inférieur au 5^e percentile, suggérant la présence d'un TDC, le pourcentage étant plus élevé chez les garçons que chez les filles. Ces résultats sont concordants avec ceux de l'étude de Skirbekk et coll. (2012) réalisée auprès d'enfants avec troubles anxieux (n = 41, 7-13 ans) et dont 46 % présentent un score à la MABC inférieur au 5^e percentile.

Skinner et Piek (2001) retrouvent aussi une estime de soi plus faible et plus d'anxiété (état et trait) associées à un niveau de support social perçu plus faible chez des adolescents (n = 51) présentant un TDC ou un TDC probable comparés à des sujets à développement typique. L'intensité des difficultés est plus élevée chez les adolescents présentant un TDC par rapport aux enfants porteurs d'un TDC (n = 58), ce qui indique que les conséquences psychosociales du TDC s'aggravent avec l'avancée en âge. De même, le niveau de support social perçu est relié au niveau de capacités motrices chez les adolescents alors qu'il ne l'est pas chez les plus jeunes. Ces différents éléments soulignent l'impact négatif du TDC sur les relations sociales et les aspects émotionnels.

Enfin, Hill et Brown (2013) ont montré que les adultes porteurs d'un TDC (36 adultes évalués à 29,3 ans en moyenne) présentaient significativement plus souvent que les adultes témoins des états et des traits d'anxiété ainsi que des symptômes dépressifs.

Tableau 3.III : Association de troubles anxieux avec des troubles de la coordination motrice

Référence	Définition groupe à l'étude : âge moyen, effectif	Symptomatologie explorée, outil, répondant	Résultats
Missiuna et coll., 2014	TDC (< 15 ^e perc. MABC) : 11,6 ans, n = 68 DT : 11,9 ans, n = 91	Anxiété : <i>Childhood Anxiety and Related Emotional Disorders</i> (SCARED), enfant + parent	SCARED Prévalence (%) Répond. enfant : 33,8 % vs 23,1 % ; S Répond. parent : 16,7 % vs 1,1 % ; S
Piek et coll., 2008	TDC (< 15 ^e perc., <i>McCarron Assessment of Neuromuscular Development</i>) : 4,3 ans, n = 40	Troubles émotionnels : <i>Emotion Recognition Scales</i> (ERS) <i>Child Behaviour Check List</i> (CBCL)	Scores anxiété/dépression plus élevés chez enfants à risque de TDC comparativement aux enfants non à risque Corrélation avec le score moteur : -0,402 ; p < 0,05
Pratt et Hill, 2011	TDC (< 5 ^e perc. MABC) : 10,1 ans, n = 27 DT : 9,4 ans, n = 35	Anxiété : <i>Spence Children's Anxiety Scale</i> , parent	Score total : moyenne ± ET 23,0 ± 19,8 vs 11,7 ± 6,5 ; p < 0,005
Ekornås et coll., 2010	Troubles anxieux isolés (<i>Kiddie-SADS P/L</i>) : 8-11 ans, n = 27 Témoins appariés sur âge, sexe, QI : n = 27	TDC (MABC)	Score total : moyenne ± ET 13,4 ± 8,9 vs 7,7 ± 4,6, p < 0,005 % score ≤ 5 ^e perc. 44,4 % vs 11,1 % ; p < 0,01
Fuhrmann et coll., 2014	Symptômes dépressifs (<i>Preschool Feelings Checklist</i>) : 6,2 ans, n = 37 Témoins : 6,2 ans, n = 616	Problèmes du développement moteur	67,6 % vs 43 % ; OR = 2,8 [1,4-5,6]
Skirbekk et coll., 2012	Troubles anxieux (<i>Kiddie-SADS P/L</i>) : 10,9 ans, n = 41 Témoins : 10,7 ans, n = 36	TDC (MABC)	Score total : moyenne 11,4 vs 6,5 ; p = 0,004 % score ≤ 5 ^e perc. 46,3 % vs 5,6 % ; p < 0,001

DT : enfant à développement typique ; ET : écart type ; OR : *odds ratio* ; S : significatif ; TDC : trouble développemental de la coordination.

Troubles dépressifs

Les associations sont moins claires avec la symptomatologie dépressive (tableau 3.IV). Ainsi, Campbell et coll. (2012) retrouvent des scores de dépression significativement plus élevés que dans le groupe de comparaison. D'après ces auteurs, les enfants présentant un TDC probable semblent être plus souvent la cible de remarques désagréables ou de mises à l'écart que leurs pairs avec pour conséquence un risque aggravé de troubles dépressifs. Cependant, le degré de victimisation pourrait dépendre du niveau de difficultés et ne concerner que certains des enfants présentant un TDC. Les résultats sont discordants dans l'étude conduite par Missiuna et coll. (2014), avec une fréquence d'enfants avec troubles dépressifs significativement plus

élevée dans le groupe TDC que dans le groupe témoin lorsque les réponses des enfants ont été examinées, alors que cette association n'est pas significative pour ce qui concerne les réponses des parents. L'association est également non significative après ajustement dans l'étude conduite par Lingam et coll. (2012). Enfin, Piek et coll. (2005) ne retrouvent pas de différences significatives sur ce point auprès de 43 enfants, âgés de 7 à 11 ans, présentant un TDC probable comparés à un groupe apparié de sujets typiques. On peut donc supposer que ces troubles pourraient être en partie médiés par d'autres facteurs comme un QI verbal bas, une estime de soi dégradée, ou le fait que ces enfants soient victimes de harcèlement (Lingam et coll., 2012). Cependant, la plupart des auteurs ne prennent pas en compte l'ensemble des facteurs confondants, et se contentent uniquement du sexe et du quotient intellectuel. Rappelons les études de Pearsall-Jones et coll. (2011) et de Piek et coll. (2007) conduites sur des couples de jumeaux monozygotes discordants pour le diagnostic de TDC et qui notent une fréquence significativement augmentée de troubles anxieux ou dépressifs chez le jumeau présentant un TDC comparativement au co-jumeau sans TDC.

Par exemple, parmi les facteurs qui rendraient compte de l'association entre TDC et dépression, l'isolement social secondaire aux limitations en matière d'activité physique est avancé (Bouffard et coll., 1996 ; Campbell et coll., 2012). Cette hypothèse rejoint celle de la pression environnementale (*Environmental Stress Hypothesis*) développée par Cairney et coll. (2010), qui proposent que le TDC soit lié à des troubles internalisés (symptômes dépressifs et anxiété) par le fait que le TDC impacte et limite les activités sociales, notamment physiques et sportives. La présence d'un TDC occasionne des échecs répétés dans un ensemble de tâches motrices qui débouchent sur une perception négative de ses propres capacités par le sujet, affaiblissent l'estime de soi et provoquent un sentiment de dévalorisation lorsque le sujet se compare à ses pairs. La perception négative s'appuie sur la présence réelle de difficultés, mais aussi sur les réactions de l'entourage. La tendance à l'isolement en est alors une conséquence directe. Des sentiments d'échec, d'humiliation et d'embarras ainsi que la question de l'évitement sont d'ailleurs rapportés par les adultes questionnés par Fitzpatrick et Watkinson (2003) et qui présentaient une maladresse physique dans leur enfance. Rappelons également l'étude de Hill et Brown (2013) qui montre que les adultes porteurs d'un TDC présentent significativement plus souvent que les adultes témoins des états et des traits d'anxiété ainsi que des symptômes dépressifs.

Rigoli et coll. (2012) proposent et testent, sur un groupe de 93 adolescents âgés de 12 à 16 ans, un modèle explicatif indirect des liens entre habiletés motrices et troubles internalisés (symptômes dépressifs et anxiété) qui

renforce l'hypothèse de Cairney et coll. (2010). Les auto-perceptions négatives mesurées par le *Self-Description Questionnaire-II* sont au centre de ce modèle et constitueraient en effet un intermédiaire entre les habiletés motrices mesurées par la MABC-2 (principalement équilibre ainsi que viser et attraper) et le fonctionnement émotionnel mesuré par l'échelle d'anxiété de l'enfant de Spence et le *Mood and Feelings Questionnaire* pour la symptomatologie dépressive. Un tel modèle rend compte de 45,14 % de la variance du fonctionnement émotionnel.

Tableau 3.IV : Association symptomatologie dépressive et troubles de la coordination motrice

Référence	Définition groupe à l'étude : âge moyen, effectif	Symptomatologie explorée, outil, répondant	Résultats
Campbell et coll., 2012	TDC (probable TDC, DCDQ'07) : 10,9 ans, n = 159 Témoins appariés sur âge et sexe, n = 159	Dépression : <i>Behaviour Assessment System for Children</i> (BASC-2), enfant	Score total : moyenne ± ET 8,5 ± 7,9 vs 5,2 ± 5,9 ; p < 0,001
Lingam et coll., 2012	TDC (probable TDC, < 15 ^e perc. ; 3 sous-tests dérivés de la MABC) : 9-10 ans, n = 346 DT : n = 5 254	Symptômes dépressifs : <i>Short Mood and Feelings Questionnaire</i> (SMFQ), enfant <i>Strengths and Difficulties Questionnaire</i> (SDQ), parent	Symptômes dépressifs : OR brut = 2,4 [1,6-3,6] OR ajusté = 1,3 [0,8-2,1] SDQ : OR brut = 4,7 [3,5-6,3] OR ajusté = 2,8 [1,9-4,1]
Missiuna et coll., 2014	TDC (< 15 ^e perc. MABC) : 11,6 ans, n = 68 DT : 11,9 ans, n = 91	Dépression : <i>Children's Depression Inventory</i> (CDI), enfant + parent	CDI Prévalence (CDI > 65, %) Répond. enfant : 11,8 % vs 2,2 % ; S Répond. parent : 9,1 % vs 2,2 % ; NS
Piek et coll., 2008	TDC (< 15 ^e perc., <i>McCarron Assessment of Neuromuscular Development</i>) : 4,3 ans, n = 40	Troubles émotionnels : <i>Emotion Recognition Scales</i> (ERS) <i>Child Behaviour Check List</i> (CBCL)	Scores anxiété/dépression plus élevés chez enfants à risque de TDC comparativement aux enfants non à risque Corrélation avec le score moteur : -0,402 ; p < 0,05
Fuhrmann et coll., 2014	Symptômes dépressifs (<i>Preschool Feelings Checklist</i>) : 6,2 ans, n = 37 Témoins : 6,2 ans, n = 616	Problèmes de développement moteur	67,6 % vs 43 % ; OR = 2,8 [1,4-5,6]

DT : enfant à développement typique ; ET : écart type ; NS : non significatif ; OR : odds ratio ; S : significatif ; TDC : trouble développemental de la coordination.

Pathologies médicales

Obésité, troubles cardio-vasculaires et trouble métabolique

Les liens entre TDC d'une part et obésité et surpoids, d'autre part, sont fréquemment retrouvés dans la littérature (Cairney et coll., 2005, 2010a et 2011a ; Wagner et coll., 2011 ; Zhu et coll., 2011 et 2014 ; Hendrix et coll., 2014). La revue systématique de Hendrix et coll. (2014) synthétise les résultats issus de 10 cohortes d'enfants ou d'adolescents âgés de 4 à 14 ans. Les troubles développementaux de la coordination sont un facteur de risque de surpoids ou d'obésité plus marqué chez les garçons⁴² (Cairney et coll., 2005 ; Wagner et coll., 2011 ; Zhu et coll., 2011 et 2014), persistant voire s'accroissant avec l'avance en âge (Cairney et coll., 2010a ; Li et coll., 2011), et augmentant avec la sévérité des troubles (Wagner et coll., 2011 ; Zhu et coll., 2011 et 2014). Il semble exister une association plus prononcée en présence de troubles de l'équilibre. Ainsi Zhu et coll. (2014) ont montré que, chez des enfants âgés de 9-10 ans, ceux présentant un TDC et des troubles de l'équilibre sont deux fois plus souvent obèses que leurs pairs à développement typique (OR = 2,3 ; IC 95 % [1,4-3,7]), mais également plus souvent obèses que les enfants présentant un TDC sans problème d'équilibre (OR = 1,8 ; IC 95 % [1,0-3,2]). Concernant la composition corporelle, des résultats comparables ont été retrouvés dans les deux séries canadiennes : les enfants présentant un TDC ont une masse grasse significativement augmentée en comparaison à leurs pairs, et qui tend à s'accroître avec la sévérité des troubles de la coordination motrice (Faught et coll., 2005 ; Cairney et coll., 2011a). Dans une version ultérieure de l'hypothèse du stress environnemental (*Elaborated Environmental Stress Hypothesis*), Cairney et coll. (2013) et Mancini et coll. (2016) insistent sur le lien entre TDC et inactivité physique avec une participation plus faible dans les activités sportives et ludiques. Le TDC est considéré comme une source de stress dans les multiples activités de la vie quotidienne d'un enfant qui accumule ainsi les expériences négatives. Se sentant souvent peu compétents quant à leurs aptitudes physiques, les enfants présentant un TDC semblent moins enclins à pratiquer une activité physique ou sportive que leurs pairs⁴³, ce qui les met dans une situation de plus grande vulnérabilité quant à un poids excessif.

La littérature atteste également de liens entre le TDC et les conséquences notamment cardiorespiratoires que les conditions de surpoids et d'obésité

42. Une étude rapporte un résultat discordant sur l'effet du sexe (Lifshitz et coll., 2014), mais les effectifs sont beaucoup trop faibles pour considérer ce résultat.

43. Pour plus de précisions, voir les chapitres « Impacts sur les activités quotidiennes, la participation et la qualité de vie » et « Les liens entre TDC et activités physiques ».

peuvent entraîner (Faught et coll., 2005 ; Cairney et coll., 2007, 2011b ; Chirico et coll., 2011, 2012). Les performances cardio-respiratoires et l'endurance semblent diminuées comparativement à leurs pairs (Cairney et coll., 2007 ; Wu et coll., 2010 et 2011) et l'écart observé semble persister sur un suivi de 2 ans (Cairney et coll., 2015). Il convient de souligner que ces derniers résultats, provenant d'une seule équipe sur un nombre limité d'enfants, sont à interpréter avec prudence.

Le pourcentage plus élevé d'obésité dans le TDC s'accompagne également d'un risque accru de développer un syndrome métabolique⁴⁴. L'étude de Wahi et coll. (2011) retrouve un syndrome métabolique chez 8 des 63 enfants présentant un TDC probable et chez 3 des 63 sujets contrôles avec un pourcentage 3 fois plus élevé d'obésité abdominale chez les sujets porteurs d'un TDC probable, ainsi qu'un taux de triglycérides et une tension artérielle supérieurs.

Les répercussions sont donc visibles sur deux plans : psychosocial avec la tendance à l'isolement et l'apparition de troubles internalisés ; physique avec les risques liés à la sédentarité comme l'obésité et les troubles cardio-vasculaires (Rivilis et coll., 2011 ; Hendrix et coll., 2014). La présence de ressources psychosociales et d'un support social de qualité pourrait dans ce modèle jouer un rôle de modérateur.

L'absence d'études sur des populations françaises rend toutefois difficile la généralisation de ces travaux réalisés pour l'essentiel en Amérique du Nord, en Australie et à Taiwan. En effet, le rapport au sport et à l'activité sportive n'est pas forcément le même dans les différents contextes et les conséquences en termes de surpoids et obésité peuvent ainsi varier.

Syndrome d'hypermobilité articulaire bénigne

Ce syndrome, appelé aussi syndrome d'Ehlers-Danlos, est une maladie rare avec anomalie du tissu conjonctif qui se caractérise par une hyperlaxité de différentes articulations. Kirby et coll. (2005) ont montré que les sujets avec syndrome d'hypermobilité articulaire bénigne (SHAB) et les sujets présentant un TDC partagent un certain nombre de difficultés dans différents domaines : motricité (vélo, ballon, ciseaux, habillage), apprentissages scolaires, relations sociales.

44. Le syndrome métabolique regroupe un ensemble de signes physiologiques qui accroissent le risque de survenue d'un diabète de type 2, de maladies cardiaques et d'AVC. Les signes sont une obésité abdominale accompagnée de deux critères parmi les suivants : hyperglycémie, taux élevé de triglycérides, faible taux de cholestérol HDL, et hypertension artérielle (Zimmet et coll., 2007).

La question de l'association entre ces troubles a été posée à plusieurs reprises, mais la qualité des études laisse parfois à désirer comme le montre la revue de Clark et Khattab (2012). Une étude réalisée par Adib et coll. (2005) sur une population de 125 patients avec un SHAB retrouve une association fréquente avec différents troubles moteurs : 48 % d'entre eux sont considérés comme maladroits par les parents, 36 % comme ayant des difficultés de coordination et 7 % ont un diagnostic de TDC. En sens inverse, Kirby et Davies (2007) recherchent les signes du SHAB sur une population de 27 enfants présentant un TDC comparés à 27 sujets à développement typique. Les résultats indiquent que 37 % des enfants porteurs d'un TDC présentent des symptômes du SHAB associés à des douleurs articulaires, contre seulement 7,4 % chez les sujets ordinaires. Ces résultats sont confirmés par Jelsma et coll. (2013) à l'aide du score d'hypermobilité de Beighton sur une population de 36 enfants présentant un TDC âgés de 7 à 10 ans comparés à 352 enfants ordinaires âgés de 3 à 16 ans : score de 5 sur 9 et 64 % d'hypermobilité chez les sujets présentant un TDC, contre 2,9 et 33 % pour le groupe contrôle. Les auteurs montrent de plus une corrélation négative entre le score de Beighton, notamment l'hyperextension des genoux, et le score total de dégradation à la MABC chez les sujets présentant un TDC. Ces éléments pourraient rendre compte des difficultés rencontrées dans le contrôle postural.

L'association TDC et SHAB comparée à un TDC isolé s'accompagne d'un ensemble de difficultés additionnelles : chutes plus fréquentes accompagnées de contusions, difficulté à maintenir une posture ou une position, douleurs au cours de l'écriture et articulaires, TDA/H plus fréquent, troubles de la déglutition, difficultés à produire un discours narratif, ainsi que de la constipation (Celletti et coll., 2015).

Autres troubles associés

Comme nous l'avons vu précédemment, les enfants présentant un TDC sont plus nombreux que leurs pairs à présenter une symptomatologie anxieuse. Or, celle-ci pourrait être associée à des troubles du sommeil. Barnett et Wiggs (2012) ont documenté l'existence et la nature des troubles du sommeil en comparant les données issues d'un questionnaire (*Children's Sleep Habits Questionnaire*) rempli par les parents de 16 garçons de 8-12 ans présentant un TDC et 16 témoins de même âge. Les résultats montrent que la quantité de sommeil est similaire dans les deux groupes. En revanche, la qualité du sommeil semble plus souvent altérée dans le groupe présentant un TDC avec significativement plus de résistance au moment du coucher, plus de parasomnies (agitation durant le sommeil notamment) et de somnolence diurne.

Les auteurs signalent les interactions possibles des troubles du sommeil avec le TDC et la nécessité de les prendre en compte sans toutefois proposer d'explication particulière. Ces résultats méritent d'être confirmés par d'autres études.

De façon plus anecdotique, le nombre de sujets porteurs d'un TDC ou TDC probable est plus élevé chez des enfants avec migraine sans aura que chez des sujets à développement typique (Esposito et coll., 2012).

S'agissant de l'épilepsie, il est difficile de parler de trouble associé au TDC dans la mesure où cette condition neurologique aux multiples étiologies entre dans les critères d'exclusion du DSM-5. L'étude de Reilly et coll. (2015) recherche cependant, à l'aide du *Developmental Coordination Disorder Questionnaire*, les symptômes de TDC au sein d'une population de 69 enfants avec épilepsie âgés de 5 ans 1 mois à 15 ans 9 mois. Pour le sous-groupe avec paralysie cérébrale, la presque totalité des enfants obtient des scores qui rentrent dans la catégorie à risque de TDC. Pour le sous-groupe sans paralysie cérébrale, 61 % des enfants rentrent dans la catégorie à risque. Il existe donc des troubles de la coordination secondaire chez les sujets présentant une épilepsie sans que l'on puisse pour autant parler de TDC.

Modèles de l'association des troubles

Déficit en attention, contrôle moteur et perception (DAMP)

Après avoir remis en cause l'individualisation du TDA/H au sein de ce que l'on appelait dysfonctionnement cérébral *a minima* (DCM) et dans l'optique de faire évoluer un concept abondamment critiqué, Gillberg et Rasmussen ont proposé dès le début des années 1980 l'appellation de déficit en attention, contrôle moteur et perception (DAMP) (Gillberg et coll., 1982 ; Gillberg et Rasmussen, 1982 ; Rasmussen et Gillberg, 2000 ; Gillberg, 2003 ; Gillberg et Kadesjö, 2009). Ces auteurs considèrent en effet que l'on minimise l'association fréquente du TDA/H et des troubles de la coordination. Ils cherchent alors à mettre au point des outils de dépistage dans le cadre d'une coopération entre neuropédiatres et psychiatres de l'enfant. Le diagnostic de DAMP est fait sur la présence concomitante d'un « dysfonctionnement perceptivo-moteur » ou d'un TDC et d'un trouble déficitaire de l'attention, sans que l'ensemble de la symptomatologie du TDA/H soit nécessairement présente. Landgren et coll. (2000) distinguent plusieurs degrés de sévérité dans le DAMP :

- sévère avec une atteinte des cinq domaines suivants, à savoir attention, motricité fine, motricité globale, perception et parole/langage ;
- modéré avec un trouble de l'attention accompagné d'une atteinte dans un à trois des autres domaines.

Le suivi de la cohorte initiale (Gillberg et coll., 1982) sur une durée de 15 ans montre que les sujets avec DAMP présentent, à l'âge de 22 ans, un risque plus élevé de personnalité antisociale, d'alcoolisme, d'infractions criminelles, de dyslexie et un plus faible niveau d'instruction que le groupe contrôle (Rasmussen et Gillberg, 2000).

Toutefois l'appellation reste limitée à quelques pays scandinaves, Danemark et Suède principalement, et fait l'objet de différentes critiques (Rydelius, 2000). Ainsi Sonuga-Barke (2003), tout en reconnaissant l'intérêt d'avoir mis l'accent sur l'association des troubles de la coordination et du TDA/H, estime que les conditions ne sont pas réunies pour adopter une nouvelle entité nosographique. Il faudrait en effet montrer, d'une part, que les troubles de la coordination retrouvés dans le TDA/H ont des caractéristiques singulières (spécificité) et, d'autre part, que l'association des deux troubles n'est pas une simple juxtaposition de leurs symptomatologies respectives mais qu'une aggravation nette est présente (caractère multiplicatif).

Développement cérébral atypique

Kaplan et coll. (1998) et Gilger et Kaplan (2001) font appel à la notion de développement cérébral atypique *Atypical Brain Development* pour rendre compte de ces phénomènes d'associations. Le caractère atypique repose sur les variations dans le développement du cerveau et des capacités qui en dépendent. Ces variations structurelles et fonctionnelles ne se limitent pas au seul dysfonctionnement mais seraient explicatives des modalités de fonctionnement inhabituelles. Un tel modèle s'appuie sur la constatation que, dans un trouble donné, les dysfonctionnements cérébraux ne sont pas localisés dans une seule région et que les informations fournies par les techniques d'imagerie cérébrale ne permettent pas de mettre en avant une zone plutôt qu'une autre, comme l'aire temporo-pariétale gauche dans la dyslexie ou le cortex préfrontal dans le TDA/H, puisque des anomalies sont également notées dans d'autres aires corticales et sous-corticales (Kaplan et coll., 1998). Le caractère statique d'un mauvais fonctionnement cérébral, comme dans la notion de dysfonctionnement cérébral *a minima*, est ainsi remplacé par un point de vue plus « dynamique » prenant en compte l'aspect développemental

et éventuellement transitoire de certaines manifestations. Un tel cadre général permettrait d'englober autant les forces que les faiblesses manifestées par l'individu dans différents domaines.

L'hypothèse du développement cérébral atypique peut être confortée par des auteurs comme Pettersson et coll. (2013), qui postulent l'existence d'un possible facteur génétique commun responsable des phénomènes de comorbidité ou de covariation. Ce facteur génétique commun influencerait le développement cérébral à divers moments clés et affecterait les processus normaux de croissance dans différentes régions responsables des apprentissages, des interactions sociales ou encore du contrôle comportemental.

Les hypothèses qui portent plus spécifiquement sur l'association entre troubles de la motricité et langage sont développées dans le chapitre suivant.

RÉFÉRENCES

- Adib N, Davies K, Grahame R, *et al.* Joint hypermobility syndrome in childhood. A not so benign multisystem disorder? *Rheumatology (Oxford)* 2005 ; 44 : 744-50.
- Anderson JC, Williams S, McGee R, *et al.* DSM-III disorders in preadolescent children: prevalence in a large sample from the general population. *Arch Gen Psychiatry* 1987 ; 44 : 69-76.
- Angold A, Costello EJ, Erkanli A. Comorbidity. *J Child Psychol Psychiatry* 1999 ; 40 : 57-87.
- Barnett AL, Wiggs L. Sleep behaviour in children with developmental coordination disorder. *Child Care Health Dev* 2012 ; 38 : 403-11.
- Biotteau M, Albaret JM, Lelong S, *et al.* Neuropsychological status of French children with developmental dyslexia and/or developmental coordination disorder: are both necessarily worse than one? *Child Neuropsychol* 2017 ; 23 : 422-41.
- Biotteau M, Chaix Y, Albaret JM. Procedural learning and automatization process in children with developmental coordination disorder and/or developmental dyslexia. *Hum Mov Sci* 2015 ; 43 : 78-89.
- Bouffard M, Watkinson EJ, Thompson LP, *et al.* A test of the activity deficit hypothesis with children with movement difficulties. *APAQ* 1996 ; 13 : 61-73.
- Cairney J, Hay J, Veldhuizen S, *et al.* Assessment of body composition using whole body air-displacement plethysmography in children with and without developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 830-5.
- Cairney J, Hay J, Faight B, *et al.* Developmental coordination disorder and overweight and obesity in children aged 9-14 y. *Int J Obesity (Lond)* 2005 ; 29 : 369-72.

Cairney J, Hay J, Veldhuizen S, *et al.* Trajectories of cardiorespiratory fitness in children with and without developmental coordination disorder: a longitudinal analysis. *Br J Sports Med* 2011 ; 45 : 1196-201.

Cairney J, Hay JA, Faught BE, *et al.* Developmental coordination disorder and cardiorespiratory fitness in children. *Pediatr Exerc Sci* 2007 ; 19 : 20-8.

Cairney J, Hay J, Veldhuizen S, *et al.* Trajectories of relative weight and waist circumference among children with and without developmental coordination disorder. *CMAJ* 2010 ; 182 : 1167-72.

Cairney J, Missiuna C, Timmons BW, *et al.* The coordination and activity tracking in children (CATCH) study: rationale and design. *BMC Public Health* 2015 ; 15 : 1266.

Cairney J, Rigoli D, Piek J. Developmental coordination disorder and internalizing problems in children: the environmental stress hypothesis elaborated. *Dev Rev* 2013 ; 33 : 224-38.

Cairney J, Veldhuizen S, Szatmari P. Motor coordination and emotional-behavioral problems in children. *Curr Op Psychiatry* 2010 ; 23 : 324-9.

Campbell WN, Missiuna C, Vaillancourt T. Peer victimization and depression in children with and without motor coordination difficulties. *Psychology in the Schools* 2012 ; 49 : 328-41.

Celletti C, Mari G, Ghibellini G, *et al.* Phenotypic variability in developmental coordination disorder: clustering of generalized joint hypermobility with attention deficit/hyperactivity disorder, atypical swallowing and narrative difficulties. *Am J Med Genet C Semin Med Genet* 2015 ; 169 : 117-22.

Chaix Y, Albaret JM, Brassard C, *et al.* Motor impairment in dyslexia: the influence of attention disorders. *Eur J Paediatr Neurol* 2007 ; 11 : 368-74.

Chirico D, O'Leary D, Cairney J, *et al.* Left ventricular structure and function in children with and without developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 115-23.

Chirico D, O'Leary D, Cairney J, *et al.* Longitudinal assessment of left ventricular structure and function in adolescents with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2012 ; 33 : 717-25.

Clark CJ, Khattab AD. Association between joint hypermobility syndrome and developmental coordination disorder? A review. *J Sports Med Doping Studies* 2012 ; S4 : 1-6.

Clements SD. *Minimal brain dysfunction in children*. Washington, DC : US Department of Health, Education and Welfare, 1966.

Cornoldi C, Mammarella IC, Fine JG. *Nonverbal learning disabilities*. New York : Guilford Press, 2016.

Crichtley M. *La dyslexie vraie*. Toulouse : Privat, 1974.

Cruddace SA, Riddell PM. Attention processes in children with movement difficulties, reading difficulties or both. *J Abnorm Child Psychol* 2006 ; 34 : 675-83.

De Castelnau P, Albaret JM, Chaix Y, *et al.* Developmental coordination disorder pertains to a deficit in perceptuo-motor synchronization independent of attentional capacities. *Hum Mov Sci* 2007 ; 26 : 477-90.

Dewey D, Cantell M, Crawford SG. Motor and gestural performance in children with autism spectrum disorders, developmental coordination disorder, and/or attention deficit hyperactivity disorder. *J Int Neuropsychol Soc* 2007 ; 13 : 246-56.

Dewey D, Kaplan BJ, Crawford SG, *et al.* Developmental coordination disorder: associated problems in attention, learning, and psychosocial adjustment. *Hum Mov Sci* 2002, 21 : 905-18.

Dowell LR, Mahone EM, Mostofsky SH. Associations of postural knowledge and basic motor skill with dyspraxia in autism: implication for abnormalities in distributed connectivity and motor learning. *Neuropsychology* 2009 ; 23 : 563-70.

Dyck MJ, Piek JP, Patrick J. The validity of psychiatric diagnoses: the case of specific developmental disorders. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 2704-13.

Ekorås B, Lundervold AJ, Tjus T, *et al.* Anxiety disorders in 8–11-year-old children: motor skill performance and self-perception of competence. *Scand J Psychol* 2010 ; 51 : 271-7.

Eposito M, Verrotti A, Gimigliano F, *et al.* Motor coordination impairment and migraine in children: a new comorbidity? *Eur J Pediatr* 2012 ; 171 : 1599-604.

Faught BE, Hay JA, Cairney J, *et al.* Increased risk for coronary vascular disease in children with developmental coordination disorder. *J Adolesc Health* 2005 ; 37 : 376-80.

Fawcett AJ, Nicolson RI. Performance of dyslexic children on cerebellar and cognitive tests. *J Mot Behav* 1999 ; 31 : 68-78.

Feinstein AR. The pre-therapeutic classification of co-morbidity in chronic disease. *J Chronic Dis* 1970 ; 23 : 455-68.

Fish B. Infant predictors of the longitudinal course of schizophrenic development. *Schizophr Bull* 1987 ; 13 : 395-409.

Fitzpatrick DA, Watkinson EJ. The lived experience of physical awkwardness: adults' retrospective views. *APAQ* 2003 ; 20 : 279-97.

Flapper BCT, Schoemaker MM. Developmental coordination disorder in children with specific language impairment: co-morbidity and impact on quality of life. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 756-63.

Fliers E, Rommelse N, Vermeulen SH, *et al.* Motor coordination problems in children and adolescents with ADHD rated by parents and teachers: effects of age and gender. *J Neural Transm* 2008 ; 115 : 211–20.

Freitag CM, Kleser C, Schneider M, *et al.* Quantitative assessment of neuromotor function in adolescents with high functioning autism and Asperger syndrome. *J Autism Dev Disord* 2007 ; 37 : 948-59.

Fuhrmann P, Equit M, Schmidt K, *et al.* Prevalence of depressive symptoms and associated developmental disorders in preschool children: a population-based study. *Eur Child Adolesc Psychiatry* 2014 ; 23 : 219-24.

Gagné J, Chevalier N, Boucher JP, *et al.* La motricité globale d'enfants présentant un trouble de l'attention avec hyperactivité. *ANAE* 2008 ; 20 : 81-90.

Gilger JW, Kaplan BJ. Atypical brain development: a conceptual framework for understanding developmental learning disabilities. *Dev Neuropsychol* 2001 ; 20 : 465-81.

Gillberg C. Deficits in attention, motor control, and perception: a brief review. *Arch Dis Child* 2003 ; 88 : 904-10.

Gillberg C, Kadesjö B. ADHD with Developmental coordination disorder. In : Brown TE, ed. *ADHD comorbidities: Handbook for ADHD complications in children and adults*. Arlington, VA : American Psychiatric Publishing, 2009 : 305-14.

Gillberg C, Rasmussen P. Perceptual, motor and attentional deficits in seven-year-old children: background factors. *Dev Med Child Neurol* 1982 ; 24 : 752-70.

Gillberg C, Rasmussen P, Carlström G, *et al.* Perceptual, motor and attentional deficits in six-year-old children, epidemiological aspects. *J Child Psychol Psychiatry* 1982 ; 23 : 131-44.

Gomez A, Piazza M, Jobert A, *et al.* Mathematical difficulties in developmental coordination disorder: symbolic and nonsymbolic number processing. *Res Dev Disabil* 2015 ; 43-44 : 167-78.

Gooch D, Hulme C, Nash HM, *et al.* Comorbidities in preschool children at family risk of dyslexia. *J Child Psychol Psychiatry* 2014 ; 55 : 237-46.

Goulardins JB, Marques JCB, Oliveira JA de. Attention deficit hyperactivity disorder and motor impairment: a critical review. *Percept Mot Skills* 2017 ; 124 : 425-40.

Green D, Baird G, Sugden D. A pilot study of psychopathology in developmental coordination disorder. *Child Care Health Dev* 2006 ; 32 : 741-50.

Green D, Charman T, Pickles A, *et al.* Impairment in movement skills of children with autistic spectrum disorders. *Dev Med Child Neurol* 2009 ; 51 : 311-6.

Gubbay SS, Ellis E, Walton JN, *et al.* Clumsy children: a study of apraxic and agnosic defects in 21 children. *Brain* 1965 ; 88 : 295-312.

Habib M. *La dyslexie à livre ouvert*. Marseille : Résodys, 2003.

Hellinckx T, Roeyers H, Van Waelvelde H. Predictors of handwriting in children with autism spectrum disorder. *Res Autism Spectr Disord* 2013 ; 7 : 176-86.

Hendrix CG, Prins MR, Dekkers H. Developmental coordination disorder and overweight and obesity in children: a systematic review. *Obes Rev* 2014 ; 15 : 408-23.

Hill EL. Non-specific nature of specific language impairment: a review of the literature with regard to concomitant motor impairments. *Int J Lang Commun Disord* 2001 ; 36 : 149-71.

Hill EL, Brown D. Mood impairments in adults previously diagnosed with developmental coordination disorder. *J Ment Health* 2013 ; 22 : 334-40.

Hill LJB, Mushtaq F, O'Neill L, *et al.* The relationship between manual coordination and mental health. *Eur Child Adolesc Psychiatry* 2016 ; 25 : 283-95.

Inserm. *Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie: bilan des données scientifiques*. Collection *Expertise collective*. Paris : Éditions Inserm, 2007.

Iversen S, Berg K, Ellertsen B, *et al.* Motor coordination difficulties in a municipality group and in a clinical sample of poor readers. *Dyslexia* 2005 ; 11 : 217-31.

Iversen S, Knivsberg AM, Ellertsen B, *et al.* Motor coordination difficulties in 5-6-year-old children with severe behavioural and emotional problems. *Emot Behav Difficult* 2006 ; 11 : 169-85.

Jasmin E, Couture M, McKinley P, *et al.* Sensori-motor and daily living skills of preschool children with autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord* 2009 ; 39 : 231-41.

Jelsma LD, Geuze RH, Klerks MH, *et al.* The relationship between joint mobility and motor performance in children with and without the diagnosis of developmental coordination disorder. *BMC Pediatr* 2013 ; 13 : 35.

Jongmans MJ, Smits-Engelsman BCM, Schoemaker MM. Consequences of comorbidity of developmental coordination disorders and learning disabilities for severity and pattern of perceptual-motor dysfunction. *J Learn Disabil* 2003 ; 36 : 528-37.

Jover M, Ducrot S, Huau A, *et al.* Les troubles moteurs chez les enfants dyslexiques : revue de travaux et perspectives. *Enfance* 2013 ; (4) : 323-47.

Kadesjö B, Gillberg C. Attention deficits and clumsiness in Swedish 7-year-old children. *Dev Med Child Neurol* 1998 ; 40 : 796-804.

Kaiser ML, Albaret JM. Troubles moteurs chez les enfants présentant un trouble du déficit de l'attention et/ou hyperactivité (TDA/H). *ANAE* 2016 ; 28 : 79-84.

Kaiser ML, Schoemaker MM, Albaret JM, *et al.* What is the evidence of impaired motor skills and motor control among children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD)? Systematic review of the literature. *Res Dev Disabil* 2015 ; 36C : 338-57.

Kaplan BJ, Crawford SG, Cantell M, *et al.* Comorbidity, co-occurrence, continuum: what's in a name? *Child Care Health Dev* 2006 ; 32 : 723-31.

Kaplan BJ, Crawford SG, Wilson BN, *et al.* Comorbidity of developmental coordination disorder and different types of reading disability. *J Int Neuropsychol Soc* 1997 ; 3 : 54.

Kaplan BJ, Dewey DM, Crawford SG, *et al.* The term comorbidity is of questionable value in reference to developmental disorders: Data and theory. *J Learn Disabil* 2001 ; 34 : 555-65.

Kaplan BJ, Wilson BN, Dewey D, *et al.* DCD may not be a discrete disorder. *Hum Mov Sci* 1998 ; 17 : 471-90.

Kaur M, M. Srinivasan S, N. Bhat A. Comparing motor performance, praxis, coordination, and interpersonal synchrony between children with and without autism spectrum disorder (ASD). *Res Dev Disabil* 2018 ; 72 : 79-95.

Kirby A, Davies R. Developmental coordination disorder and joint hypermobility syndrome – Overlapping disorders? Implications for research and clinical practice. *Child Care Health Dev* 2007 ; 33 : 513-9.

Kirby A, Davies R, Bryant A. Hypermobility syndrome and developmental coordination disorder: similarities and features. *Int J Ther Rehab* 2005 ; 12 : 431-7.

Kopp S, Beckung E, Gillberg C. Developmental coordination disorder and other motor control problems in girls with autism spectrum disorder and/or attention-deficit/hyperactivity disorder. *Res Dev Disabil* 2010 ; 31 : 350–61.

Krueger RF, Markon KE. Reinterpreting comorbidity: a model-based approach to understanding and classifying psychopathology. *Annu Rev Clin Psychol* 2006 ; 2 : 111-33.

Kushki A, Chau T, Anagnostou E. Handwriting difficulties in children with autism spectrum disorders: a scoping review. *J Autism Dev Disord* 2011 ; 41 : 1706-16.

Landgren M, Kjellman B, Gillberg C. Deficits in attention, motor control and perception (DAMP: a simplified school entry examination. *Acta Paediatr* 2000 ; 89 : 302-9.

Langevin LM, MacMaster FP, Crawford S, *et al.* Common white matter microstructure alterations in pediatric motor and attention disorders. *J Pediatr* 2014 ; 164 : 1157-64.

Langevin LM, MacMaster FP, Dewey D. Distinct patterns of cortical thinning in concurrent motor and attention disorders. *Dev Med Child Neurol* 2015 ; 57 : 257-64.

Lee IC, Chen YJ, Tsai CL. Kinematic performance of fine motor control in attention-deficit/hyperactivity disorder: the effects of comorbid developmental coordination disorder and core symptoms. *Pediatr Int* 2013 ; 55 : 24-9.

Li YC, Wu SK, Cairney J, *et al.* Motor coordination and health-related physical fitness of children with developmental coordination disorder: a three-year follow-up study. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 2993-3002.

Lifshitz N, Raz-Silbiger S, Weintraub N, *et al.* Physical fitness and overweight in Israeli children with and without developmental coordination disorder: gender differences. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 2773-80.

Lilienfeld SO, Waldman ID, Israel AC. A critical examination of the use of the term and concept of comorbidity in psychopathology research. *Clin Psychol Sci Pract* 1994 ; 1 : 71-103.

Lingam R, Golding J, Jongmans MJ, *et al.* The association between developmental coordination disorder and other developmental traits. *Pediatrics* 2010 ; 126 : e1109-18.

Lingam R, Jongmans MJ, Ellis M, *et al.* Mental health difficulties in children with developmental coordination disorder. *Pediatrics* 2012 ; 129 : e882-91.

MacNeil LK, Mostofsky SH. Specificity of dyspraxia in children with autism. *Neuropsychology* 2012 ; 26 : 165-71.

- Mæland AF, Søvik N. Children with motor coordination problems and learning disabilities in reading, spelling, writing and arithmetic. *Eur J Spec Needs Educ* 1993 ; 8 : 81-98.
- Mammarella IC, Cornoldi C. An analysis of the criteria used to diagnose children with nonverbal learning disability (NLD). *Child Neuropsychol* 2014 ; 20 : 255-80.
- Mancini VO, Rigoli D, Heritage B, *et al.* The relationship between motor skills, perceived social support, and internalizing problems in a community adolescent sample. *Front Psychol* 2016 ; 7 : 543.
- Margari L, Buttiglione M, Craig F, *et al.* Neuropsychopathological comorbidities in learning disorders. *BMC Neurology* 2013 ; 13 : 198.
- Martin NC, Piek J, Baynam G, *et al.* An examination of the relationship between movement problems and four common developmental disorders. *Hum Mov Sci* 2010 ; 29 : 799-808.
- Martin NC, Piek JP, Hay D. DCD and ADHD: a genetic study of their shared aetiology. *Hum Mov Sci* 2006 ; 25 : 110-24.
- McLeod KR, Langevin LM, Goodyear BG, *et al.* Functional connectivity of neural motor networks is disrupted in children with developmental coordination disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Neuroimage Clinl* 2014 ; 4 : 566-75.
- Miller M, Chukoskie L, Zinni M, *et al.* Dyspraxia, motor function and visual-motor integration in autism. *Behav Brain Res* 2014 ; 269 : 95-102.
- Missiuna C. Childhood motor impairment is associated with male anxiety at 11 and 16 years. *Evid Based Ment Health* 2003 ; 6 : 18.
- Missiuna C, Cairney J, Pollock N, *et al.* Psychological distress in children developmental coordination disorder and attention-deficit hyperactivity disorder. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 1198-207.
- Miyahara M, Tsujii M, Hori M, *et al.* Brief report: motor incoordination in children with Asperger syndrome and learning disabilities. *J Autism Dev Disord* 1997 ; 27 : 595-603.
- Nicolson RI, Fawcett AJ. Procedural learning difficulties: reuniting the developmental disorders? *Trends Neurosci* 2007 ; 30 : 135-41.
- O'Hare A, Khalid S. The association of abnormal cerebellar function in children with developmental coordination disorder and reading difficulties. *Dyslexia* 2002 ; 8 : 234-48.
- Paquet A, Olliac B, Golse B, *et al.* Current knowledge on motor disorders in children with autism spectrum disorder (ASD). *Child Neuropsychol* 2016 ; 22 : 763-94.
- Pearsall-Jones JG, Piek JP, Levy F. Developmental coordination disorder and cerebral palsy: categories or a continuum? *Hum Mov Sci* 2010 ; 29 : 787-98.
- Pearsall-Jones JG, Piek JP, Rigoli D, *et al.* Motor disorder and anxious and depressive symptomatology: a monozygotic co-twin control approach. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1245-52.

- Pettersson E, Anckarsäter H, Gillberg C, *et al.* Different neurodevelopmental symptoms have a common genetic etiology. *J Child Psychol Psychiatry* 2013 ; 54 : 1356-65.
- Piek JP, Barrett NC, Allen LSR, *et al.* The relationship between bullying and self-worth in children with movement coordination problems. *Br J Educ Psychol* 2005 ; 75 : 453-63.
- Piek JP, Barrett NC, Smith LM, *et al.* Do motor skills in infancy and early childhood predict anxious and depressive symptomatology at school age? *Hum Mov Sci* 2010 ; 29 : 777-86.
- Piek JP, Bradbury GS, Elsley SC, *et al.* Motor coordination and social-emotional behavior in preschool-aged children. *Int J Disabil Dev Educ* 2008 ; 55 : 143-51.
- Piek JP, Rigoli D. Psychosocial and behavioural difficulties in children with developmental coordination disorder. In : Cairney J, ed. *Developmental coordination disorder and its consequences*. Toronto : University of Toronto Press, 2015 : 108-37.
- Piek JP, Rigoli D, Pearsall-Jones JG, *et al.* Depressive symptomatology in child and adolescent twins with attention-deficit hyperactivity disorder and/or developmental coordination disorder. *Twin Res Hum Genet* 2007 ; 10 : 587-96.
- Pieters S, De Block K, Scheiris J, *et al.* How common are motor problems in children with a developmental disorder: rule or exception? *Child Care Health Dev* 2012 ; 38 : 139-45.
- Pieters S, Desoete A, Roeyers H, *et al.* Behind mathematical learning disabilities: what about visual perception and motor skills? *Learn Individ Differ* 2012 ; 22 : 498-504.
- Pieters S, Desoete A, Van Waelvelde H, *et al.* Mathematical problems in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2012 ; 33 : 1128-35.
- Pieters S, Roeyers H, Rosseel Y, *et al.* Identifying subtypes among children with developmental coordination disorder and mathematical learning disabilities, using model-based clustering. *J Learn Disabil* 2013 ; 48 : 83-95.
- Pitcher TM, Piek JP, Barrett NC. Timing and force control in boys with attention deficit hyperactivity disorder: subtype differences and the effect of comorbid developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2002 ; 21 : 919-45.
- Pitcher TM, Piek JP, Hay DA. Fine and gross motor ability in males with ADHD. *Dev Med Child Neurol* 2003 ; 45 : 525-35.
- Pratt ML, Hill EL. Anxiety profiles in children with and without developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1253-9.
- Provost B, Heimerl S, Lopez BR. Levels of gross and fine motor development in young children with autism spectrum disorder. *Phys Occup Ther Pediatr* 2007 ; 27 : 21-36.
- Ramus F, Pidgeon E, Frith U. The relationship between motor control and phonology in dyslexic children. *J Child Psychol Psychiatry* 2003 ; 44 : 712-22.
- Rasmussen P, Gillberg C. Natural outcome of ADHD with developmental coordination disorder at age 22 years: a controlled, longitudinal, community-based study. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2000 ; 39 : 1424-31.

Reiersen AM, Constantino JN, Todd RD. Co-occurrence of motor problems and autistic symptoms in attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2008 ; 47 : 662-72.

Reilly C, Atkinson P, Das KB, *et al.* Features of developmental coordination disorder in active childhood epilepsy: a population-based study. *Dev Med Child Neurol* 2015 ; 57 : 829-34.

Rigoli D, Piek JP, Kane R, *et al.* An examination of the relationship between motor coordination and executive functions in adolescents. *Dev Med Child Neurol* 2012 ; 54 : 1025-31.

Rinehart NJ, Tonge BJ, Ianssek R, *et al.* Gait function in newly diagnosed children with autism: cerebellar and basal ganglia related motor disorder. *Dev Med Child Neurol* 2006 ; 48 : 819-24.

Rivlis I, Hay J, Cairney J, *et al.* Physical activity and fitness in children with developmental coordination disorder: a systematic review. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 894-910.

Rosenbloom L. Definition and classification of cerebral palsy. Definition, classification, and the clinician. *Dev Med Child Neurol Suppl* 2007 ; 109 : 43.

Rosso IM, Bearden CE, Hollister JM, *et al.* Childhood neuromotor dysfunction in schizophrenia patients and their unaffected siblings: a prospective cohort study. *Schizophr Bull* 2000 ; 26 : 367-78.

Rourke BP. Syndrome of nonverbal learning disabilities: the final common pathway of white-matter disease/dysfunction? *Clin Neuropsychol* 1987 ; 1 : 209-34.

Rourke BP, ed. *Syndrome of nonverbal learning disabilities: neurodevelopmental manifestations*. New York : Guilford Press, 1995.

Rydellius PA. DAMP and MBD versus AD/HD and hyperkinetic disorders. *Acta Paediatr* 2000 ; 89 : 266-8.

Schiffman J, Mittal V, Kline E, *et al.* Childhood dyspraxia predicts adult-onset nonaffective – psychosis-spectrum disorder. *Dev Psychopathol* 2015 ; 27 : 1323-30.

Schoemaker MM, Kalverboer AF. Social and affective problems of children who are clumsy: how early do they begin? *APAQ* 1994 ; 11 : 130-40.

Schoemaker MM, Lingam R, Jongmans MJ, *et al.* Is severity of motor coordination difficulties related to co-morbidity in children at risk for developmental coordination disorders. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 3084-91.

Sigurdsson E. Are impaired childhood motor skills a risk factor for adolescent anxiety? Results from the 1958 UK birth cohort and the National child development study. *Am J Psychiatry* 2002 ; 159 : 1044–6.

Skinner RA, Piek JP. Psychosocial implications of poor motor coordination in children and adolescents. *Hum Mov Sci* 2001 ; 20 : 73-94.

Skirbekk B, Hansen BH, Oerbeck B, *et al.* Motor impairment in children with anxiety disorders. *Psychiatry Res* 2012 ; 198 : 135-9.

Smits-Engelsman BCM, Wilson PH, Westenberg Y, *et al.* Fine motor deficiencies in children with developmental coordination disorder and learning disabilities: an underlying open-loop control deficit. *Hum Mov Sci* 2003 ; 22 : 495-513.

Sonuga-Barke EJS. On the intersection between AD/HD and DCD: the DAMP hypothesis. *Child Adolesc Mental Health* 2003 ; 8 : 114-6.

Stephenson EA, Chesson RA. Always the guiding hand: parents' accounts of the long-term implications of developmental coordination disorder for their children and families. *Child Care Health Dev* 2008 ; 34 : 335-43.

Stich HL, Kramer A, Mikolajczyk RT. Clustering of developmental delays in Bavarian preschool children: a repeated cross-sectional survey over a period of 12 years. *BMC Pediatr* 2014 ; 14 : 18.

Stoodley CJ, Stein JF. A processing speed deficit in dyslexic adults? Evidence from a peg-moving task. *Neurosci Lett* 2006 ; 399 : 264-7.

Subramanian K, Brandenburg C, Orsati F, *et al.* Basal ganglia and autism. A translational perspective. *Autism Res* 2017 ; 10 : 1751-75.

Tervo RC, Azuma S, Fogas B, *et al.* Children with ADHD and motor dysfunction compared with children with ADHD only. *Dev Med Child Neurol* 2002 ; 44 : 383-90.

Tseng MH, Howe TH, Chuang IC, *et al.* Cooccurrence of problems in activity level, attention, psychosocial adjustment, reading and writing in children with developmental coordination disorder. *Int J Rehabil Res* 2007 ; 30 : 327-32.

Valderas JM, Starfield B, Sibbald B, *et al.* Defining comorbidity: Implications for understanding health and health services. *Ann Fam Med* 2009 ; 7 : 357-63.

Valtonen R, Ahonen T, Lyytinen P, *et al.* Co-occurrence of developmental delays in a screening study of 4-year-old Finnish children. *Dev Med Child Neurol* 2004 ; 46 : 436-43.

Vuijk PJ, Hartman E, Mombarg R, *et al.* Associations between academic and motor performance in a heterogeneous sample of children with learning disabilities. *J Learn Disabil* 2011 ; 44 : 276-82.

Wagner MO, Kastner J, Petermann F, *et al.* The impact of obesity on developmental coordination disorder in adolescence. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1970-6.

Wahi G, LeBlanc PJ, Hay JA, *et al.* Metabolic syndrome in children with and without developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 2785-9.

Waszczuk MA, Leonard HC, Hill EL, *et al.* Coordination difficulty and internalizing symptoms in adults: a twin/sibling study. *Psychiatry Res* 2016 ; 239 : 1-8.

Waternberg N, Waiserberg N, Zuk L, *et al.* Developmental coordination disorder in children with attention-deficit-hyperactivity disorder and physical therapy intervention. *Dev Med Child Neurol* 2007 ; 49 : 920-5.

Webster RI, Erdos C, Evans K, *et al.* The clinical spectrum of developmental language impairment in school-aged children: language, cognitive, and motor findings. *Pediatrics* 2006 ; 118 : e1541-9.

Weiner H. Dynamics of the organism: implications of recent biological thought for psychosomatic theory and research. *Psychosom Med* 1989 ; 51 : 608-35.

Westendorp M, Hartman E, Houwen S, *et al.* The relationship between gross motor skills and academic achievement in children with learning disabilities. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 2773-9.

Williams J, Omizzolo C, Galea MP, *et al.* Motor imagery skills of children with attention deficit hyperactivity disorder and developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2013 ; 32 : 121-35.

Wu SK, Cairney J, Lin HH, *et al.* Pulmonary function in children with development coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1232-9.

Wu SK, Lin HH, Li YC, *et al.* Cardiopulmonary fitness and endurance in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2010 ; 31 : 345-9.

Zhu YC, Cairney J, Li YC, *et al.* High risk for obesity in children with a subtype of developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 1727-33.

Zhu YC, Wu SK, Cairney J. Obesity and motor coordination ability in Taiwanese children with and without developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 801-7.

Zimmet P, Alberti KGMM, Kaufman F, *et al.* The metabolic syndrome in children and adolescents. An IDF consensus report. *Pediatr Diabetes* 2007 ; 8 : 299-306.