



HAL
open science

Motricité chez l'enfant atteint d'un trouble du spectre autistique : revue de la littérature et étude qualitative des soins en psychomotricité des enfants issus de familles migrantes

Marwan Jaoua

► To cite this version:

Marwan Jaoua. Motricité chez l'enfant atteint d'un trouble du spectre autistique : revue de la littérature et étude qualitative des soins en psychomotricité des enfants issus de familles migrantes. Médecine humaine et pathologie. 2019. dumas-03352689

HAL Id: dumas-03352689

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03352689>

Submitted on 23 Sep 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

AVERTISSEMENT

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'Etat de docteur en médecine. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt toute poursuite pénale.

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 122.4

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 335.2-L 335.10

UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES
Faculté de Médecine PARIS DESCARTES

Année 2019

N° 128

THÈSE
POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE
DOCTEUR EN MÉDECINE

Motricité chez l'enfant atteint d'un trouble du spectre autistique :
revue de la littérature et étude qualitative des soins en
psychomotricité des enfants issus de familles migrantes

Présentée et soutenue publiquement
le 23 septembre 2019

Par

Marwan JAOUA

Né le 25 octobre 1989 à Paris (75)

Dirigée par Mme Le Docteur Laelia Benoit, CCA

Jury :

Mme Le Professeur Marie Rose Moro, PU-PH Président

M. Le Professeur Bernard Golse, PU-PH

M. Le Professeur Thierry Baubet, PU-PH

A ma petite sœur, à mon petit frère.

A mes parents.

*« Trésor, comptons :
la folie qui se souvient
la folie qui hurle
la folie qui voit
la folie qui se déchaîne*

Et vous savez le reste »

Aimé Césaire, Cahier d'un retour au pays natal

Remerciements

Aux membres de ma famille : Maya Jaoua, Yacine Jaoua, Anne Laurier, Mehdi Jaoua, Josèphe Laurier, Geneviève, Jacques Laurier, Corinne, papy Roger, papy Mohammed, mamie Marie-Louise, mamie Majida, Hichem Dhouib, Zayneb Dhouib, Yasmine Dhouib, Amaël Laurier, Elise Laurier, Myriam Laurier.

Aux copains : Emile Farès, Pierre Guyot, Charles Lambrechts, Thomas Derey, Romain Smiljkovsky, Cécile Leroy, Anne-Sophie Chaulet, Pauline Arias, Isabelle Mariana Gimenez, Manon Lefèvre, Margaux Laroche, Maria Kfoury, Marion Tatin, Edouard Januel. Aux petits Solal, Misha et Léo.

A Astrid Grussenmeyer et Ashley Paquetet.

A Marie Noëlle Cox et Véronique Abadie, aux amis de la résidence Daviel : Marine, Marion, Virginie, François-Xavier, Merika et tous les autres. J'espère que vous vous portez bien. Aux colocs : Delphine Giney, Alban Gosselin, Sophie Blandin, Theo Drouadène, Joseph Zafœ, Armand Leclerq, Leïla Beauvais.

A Roland Havas, Edit Mac Clay, Erik Porge, Emmanuel Weiss, Claude Broclain, Sophie Guichenu, Patricia.

Aux professionnels qui m'ont inspiré : André Visinoni, Isabelle Devouge, Philippe Lascar, Lalou Ailam, Sarah Breton, Laelia Benoit, Marie-Rose Moro, Bernard Golse, Thierry Baubet, Clémentine Rappaport, Marie-Josée Durieux, Fleur Breil, Gabriel da Silva, Leslie Legland, Laura Dupré, Karine, Marie Villette, Maude Ludot, Fabrice Rivollier, Alexandre Escout, Antoine Dereux, Caroline Dejean, Xavier Giraut, Myriam Fregonese, Vincent Ame, l'équipe de la Grange Batelière, Stéphane Mouchabac.

Aux compagnons internes : Ariel Frajerman, Christelle Khairallah, Mélisande Sansen, Clara Gaubert, Guillaume Delval, Liz Bard de Siqueira, Martin Bouthier, Mathilde Martinot, Maëva Musso, Mathilde Lambert, Anne-Laure Garnier, Morgan Juppín, Marie-Emilie, Claire Deschamps, Coralie Menessier, Manon Lebozec, Amandine Verkinder, Anne Descusse, Solène Frileux, Wayne Guillaume.

Aux équipes soignantes des secteurs 92G13, 75G28, 75G14, de l'UPA, l'UTAF-UTEPP, la maison des adolescents à Cochin et tout particulièrement aux filles de La Pomme.

Titre de la thèse en français

Motricité chez l'enfant atteint d'un trouble du spectre autistique : revue de la littérature et étude qualitative des soins en psychomotricité des enfants issus de familles migrantes.

Titre de la thèse en anglais

Motor skills in children with autism spectrum disorders: literature review and qualitative study of psychomotor care for children from migrant families.

Résumé en français

Nous présentons dans ce travail les dernières avancées sur la motricité des enfants atteints de troubles du spectre autistique dont l'intérêt va grandissant. Dans une première partie nous proposons une revue de la littérature sur les cinq dernières années des différentes expérimentations visant à mieux caractériser la motricité des enfants atteints d'un TSA. Dans une seconde partie nous proposons une étude qualitative des soins en psychomotricité des enfants migrants. Cette approche permet de caractériser le développement sensori-moteur de cette population encore insuffisamment décrite et offre de nouvelles pistes cliniques pour leur prise en charge et leur accompagnement thérapeutique.

Résumé en anglais

In this work, we present the latest advances in motor skills for children with autism spectrum disorders, a subject of growing interest. In the first part we propose a review of the literature on the last five years of the various experiments aimed at better characterizing the motor skills of children with ASD. In the second part we propose a qualitative study of the psychomotor care of migrant children. This approach makes it possible to characterize the sensory-motor development of this population, which is still insufficiently described, and offers new clinical approaches for their care and therapeutic support.

Mots clés en français

Trouble du spectre autistique, développement sensori-moteur, familles migrantes, psychomotricité, étude qualitative

Mots clés en anglais

Autism Spectrum Disorder, Neurodevelopmental Disorders, Motor Skills Disorders, Psychomotor Disorders, sensorimotor development, migration, migrant families, psychomotor therapy, occupational therapy, physical therapy, qualitative study

Table des matières

REMERCIEMENTS	1
TABLE DES ILLUSTRATIONS	4
INTRODUCTION	5
PREMIERE PARTIE : REVUE DE LA LITTERATURE	8
CHAPITRE 1 : METHODE EMPLOYEE POUR LA REVUE	8
CHAPITRE 2 : RESULTATS	10
CHAPITRE 3 : DISCUSSION	20
PARTIE 2 : ETUDE QUALITATIVE SUR LA PSYCHOMOTRICITE DES ENFANTS ATTEINTS DE TSA ISSUS DE FAMILLES MIGRANTES	23
CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE	23
CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE	26
CHAPITRE 3 : RESULTATS	28
CHAPITRE 4 : DISCUSSION	34
CONCLUSION.....	37
BIBLIOGRAPHIE	38
ANNEXES.....	47

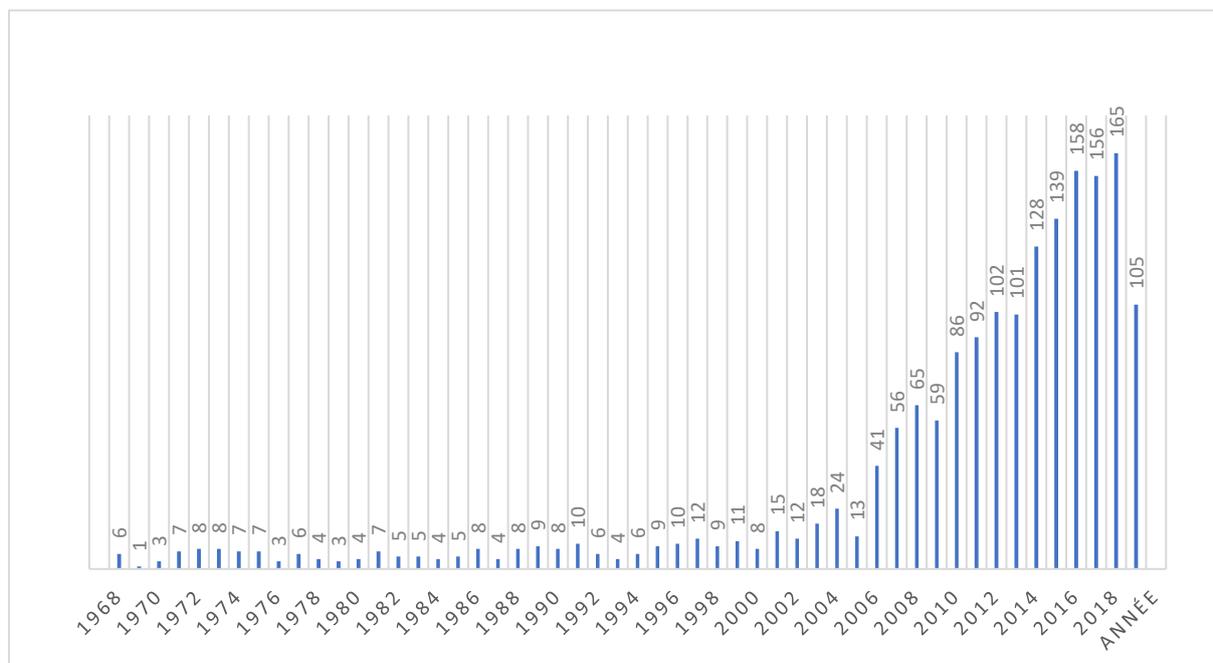
Table des illustrations

« Figure 1 : Evolution des résultats Pubmed « autism »+ « motor behavior »»	5
« Figure 2 : Flow-chart »	9
« Tableau 1 : Caractéristiques de la population étudiée »	27
« Figure 3 : Résultats »	33

Introduction

En 1943 Léo Kanner décrit le syndrome autistique chez l'enfant^{1,2} et note déjà leurs déficits moteurs : il décrit des réflexes mous, une démarche maladroite et l'absence dès le plus jeune âge de mouvements anticipatoires lorsqu'ils sont portés. Le DSM V³ propose pour établir le diagnostic de ce qui est désormais appelé trouble du spectre autistique (TSA) deux catégories de symptômes : (A) les déficits persistants dans la communication et les interactions sociales (auparavant dans deux catégories différentes dans le DSM IV-TR⁴) et (B) des modes restreints, répétitifs de comportement, d'intérêts ou d'activité. Cette évolution des catégories répond à l'évolution des recherches dans le domaine : les domaines moteurs et sensoriels désormais cités dans la deuxième catégorie mobilisent de plus en plus les chercheurs comme en témoigne l'évolution croissante des publications (figure 1).

Figure 1 : évolution des résultats pour une recherche Pubmed : « autism » + « motor behavior »



La discussion autour des déficits moteurs a été relancée par un article controversé de Leary et Hill⁵ : les symptômes décrits comme sociaux (gestes inappropriés, impossibilité de faire un câlin) pourraient être attribués plutôt à des symptômes moteurs neurologiques (dyskinésie, posture et tonus anormaux)⁶. Dans le même temps d'autres auteurs⁷ proposent d'analyser les troubles moteurs chez le nourrisson pour établir le diagnostic le plus précocement possible. L'intérêt pour la motricité des enfants atteints de TSA prend une importance encore plus grande quelques années plus tard avec des travaux présentant des altérations des modèles internes d'action¹ chez les enfants présentant un TSA^{8,9} qui sont attribués à une altération de la connectivité cérébrale¹⁰.

La symptomatologie motrice des enfants atteints de TSA tient une place importante en pratique clinique. Les praticiens décrivent dans les présentations franches des patients atteints de TSA une réciprocité altérée, un contact oculaire de mauvaise qualité, une prosodie atypique, des altérations motrices, une posture et une démarche atypiques observables dans les dix premières minutes d'interaction et d'observation clinique¹¹. Le M-CHAT utilisé dans le dépistage précoce à partir de 18 mois¹² contient des items moteurs, de même que l'ADI et l'ADOS utilisés dans la caractérisation et le diagnostic du trouble.

Les altérations motrices du TSA sont à interpréter dans une perspective neurodéveloppementale et apparaissent corrélées aux déficits sociaux qui pourraient en partie en découler¹³⁻¹⁶. L'étude fine de ces perturbations apporte de nouvelles perspectives sur le développement des enfants. Ainsi les enfants TSA, contrairement aux enfants au développement typique, présenteraient des mouvements des membres supérieurs maladroits qui se caractériseraient par une cinématique présentant un à-coup (*jerk*) plus important¹⁷ : en d'autres termes l'accélération et le freinage du mouvement lors du balancement du bras seraient plus importants. Nous rapprochons ce résultat

¹ Haswell et al.⁸ définissent les modèles internes d'action comme des modèles de généralisation des mouvements lorsque les enfants apprennent à se servir d'un nouvel objet.

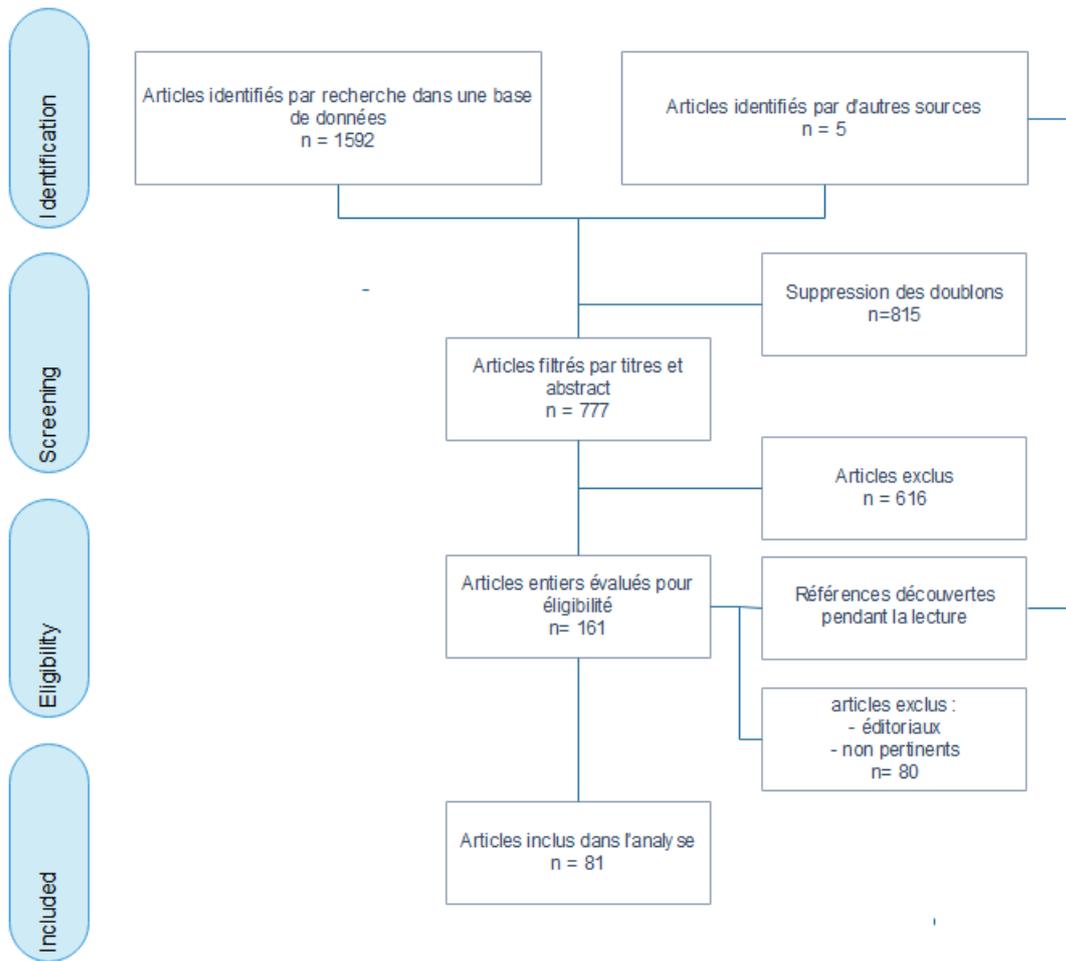
des observations cliniques d'un freinage plus important observé dans la motricité des enfants présentant un TSA^{18,19}. De nouvelles perspectives s'ouvrent alors si l'on prend en compte l'aspect de réciprocité des mouvements chez les sujets atteints de TSA. Si les expériences portant sur l'activation des neurones miroirs montrent des atypicités^{20,21}, elles restent cependant difficiles à interpréter si l'on considère qu'il y a un lien entre l'action et son observation ou non⁶. Une équipe a aussi démontré l'impossibilité pour les enfants atteints de TSA d'expérimenter dans leur corps le mouvement des autres²². En effet, lorsqu'ils observent un mouvement des extrémités supérieures chez l'autre, les sujets au développement typique envoient une information nerveuse perceptible en électromyographie sans qu'un mouvement ait lieu mais ce phénomène n'est pas observé chez les sujets atteints d'un TSA. A travers la compréhension neurodéveloppementale du trouble nous découvrons une perspective interactionniste²³ : les particularités motrices des enfants avec TSA pourraient influencer sur leurs interactions sociales, en diminuant la qualité de leur communication. Cette perspective est désormais renseignée par l'étude des nourrissons de parents présentant des signes autistiques subcliniques : leurs enfants présenteraient un développement moteur précoce altéré caractérisé par une persistance plus importante des réflexes archaïques²⁴.

Ce résultat ouvre la question autour de la symptomatologie motrice précoce²⁵ : les signes moteurs précoces seraient-ils les témoins d'une vulnérabilité à un développement atypique ou les premiers symptômes du trouble ? Les signes moteurs dans les troubles autistiques, considérés désormais comme un phénotype intermédiaire du trouble^{15,16} sont de plus en plus étudiés^{26,27} et ont fait l'objet de travaux de revue^{19,28,29} que nous voudrions compléter des résultats plus récents dans le premier chapitre de ce travail.

Chapitre 1 : Méthode employée pour la revue de la littérature

Nous avons recherché des articles sur les bases de données Pubmed/Medline et PsychInfo sans restriction géographique les termes suivants : « autism », « motor behavior », « early development », « handedness », « tone », « sensorimotor », « gait », « posture », « gross motor skills », « fine motor skills », « praxis », « laterality », « toddler » sur une période de cinq ans (2014 à 2019). Cette méthodologie s'inspire du travail de Paquet et al.¹⁹, nous renvoyons à cet article pour l'identification des articles antérieurs à cette période ainsi qu'à la méta-analyse de Fournier et al.²⁸. Des travaux plus récents^{6,26,27} reprennent de manière extensive mais non exhaustive les travaux plus récents. Les articles ont été sélectionnés dans un premier temps d'après leur titre et l'abstract puis après lecture des articles sélectionnés nous avons exclu les revues non spécifiques à un domaine et les éditoriaux ne comprenant pas d'expérimentation. Les résultats sont présentés selon le thème général des observations (Motricité globale, habiletés motrices discrètes, habiletés motrices liées à la sociabilité, autres). Pour plus de détails, voir les tableaux présentés en annexe.

Figure 2 : Flow chart



Chapitre 2 : Résultats

1 Motricité Globale

1.1 Démarche

La démarche des enfants atteints de TSA est altérée³⁰ : le moment de flexion de cheville réduit, la flexion de hanche est plus importante au contact initial et l'antéversion pelvienne est plus importante. Ils présentent une plus grande raideur avant le pré balancement, et par conséquent, semblent produire des forces propulsives inefficaces pendant la marche³¹. La mobilité articulaire est plus grande³² et ils marcheraient en moyenne 1,6 mois plus tard que les enfants au développement typique³². Les asymétries des articulations observées seraient propres à chaque sujet³³. Les enfants atteints de TSA ont tendance à augmenter leur stabilité à la marche en réduisant la longueur des foulées, en augmentant la largeur des pas, en élargissant la base de soutien et en augmentant la durée de la phase d'appui³⁴. Les enfants atteints de TSA montrent une force de freinage maximale plus élevée, un temps relatif plus court jusqu'à la force de freinage maximum et un temps relatif plus court à zéro force pendant la position intermédiaire³⁵. Le deuxième pic des forces de réaction au sol verticales en position terminale est réduit. Les auteurs rapportant ce résultat suggèrent que les enfants atteints de TSA éprouvent d'importantes difficultés à supporter leur poids corporel et à supporter l'instabilité de la démarche pendant la phase d'appui³⁵. Après perturbation discrète de la démarche, le pic d'extension du genou présente une différence significative et corrélée à la sévérité des symptômes autistiques. Soixante pour cent des paramètres moteurs chez les enfants TSA montrent une adaptation correcte après perturbation par une poussée légère en comparaison aux enfants au développement typique³⁶. La variabilité de la marche chez les patients atteints d'autisme est associée aux habiletés motrices³⁷. Les jalons moteurs avant la marche ne semblent pas être associés au développement ultérieur de la marche³⁷. La diminution de la variabilité de la marche

semble dépendre de l'âge : il y a une augmentation de la régularité de la démarche vers l'adolescence³⁷. Le fait de marcher en portant des objets lourds peut réduire le nombre de choix possibles de modèles moteurs et diminue la variabilité globale des modèles de mouvement des membres inférieurs³⁶. Cependant avec un sac à dos à 15 % de la masse corporelle la symétrie de la démarche chez les enfants atteints de TSA n'est pas affectée³³. La torsion tibiale externe est la manifestation orthopédique la plus fréquente et persistante chez les patients atteints de TSA et présente une faible corrélation avec le score de gravité du trouble.³⁸ La marche sur les orteils est la deuxième manifestation la plus fréquente et constitue une caractéristique orthopédique indépendante chez ces patients, non corrélée à la gravité de la maladie³⁸. Bien que des scores de QI plus faibles aient été associés à des taux accrus de marche tardive dans les groupes atteints et non atteints de TSA, les enfants à faible QI étaient plus susceptibles de présenter un retard de marche en l'absence de TSA³⁹.

1.2 Posture

Les enfants atteints de TSA montrent un contrôle moins complexe de la posture (variabilité du centre de pression plus importante), sur plusieurs échelles de temps, en position tranquille⁴⁰. Ils font plus appel au rétrocontrôle par la vision que les enfants au développement typique pour ajuster leur posture⁴¹. En conditions expérimentales une légère pression du bout du doigt semble être un moyen utile pour améliorer leur stabilité posturale⁴². La posture est susceptible d'être améliorée par un entraînement basé sur l'équilibre (biofeedback) surtout chez ceux qui ont des comportements répétitifs moins graves et un meilleur équilibre initial⁴³.

1.3 Tonus

Une vaste étude (n=2905) longitudinale a montré une association possible entre l'hypotonie du nourrisson et les traits autistiques chez l'enfant⁴⁴. Cette association reste modeste. Il n'y a pas d'association avec l'hypertonie⁴⁴.

1.4 Comportements répétitifs (*repetitive or restricted behaviors*)

Les filles présentent moins de comportements répétitifs que les garçons, les auteurs corrélaient cela avec des observations morphométriques des différences de matière grise dans les cortex moteur, prémoteur, cérébelleux, le gyrus fusiforme et l'amygdale. Les différences observées entre les sexes chez les sujets neurotypiques (putamen droit) sont corrélées aux comportements répétitifs observés chez les sujets TSA garçon présentant des mouvements répétitifs⁴⁵. Les comportements répétitifs entre un et deux ans ne prédisent pas le fonctionnement cognitif et les habiletés adaptatives ultérieures⁴⁶. Cependant de trois à cinq ans, des préoccupations pour les parties des objets, les intérêts sensoriels et les mouvements stéréotypés prédisent un développement cognitif et adaptatif moindre et une symptomatologie TSA plus sévère à 8 ou 10 ans⁴⁶. L'occurrence des comportements répétitifs est corrélée à des jalons développementaux : la marche sur les orteils est un prédicteur indépendant des mouvements répétitifs⁴⁷. L'âge lors de la première station debout et la marche sur les orteils prédisent un score d'intérêt restreint (*insistence on sameness*) plus important⁴⁷. La marche sur les orteils et l'âge de la pose assise prédisent la sévérité des comportements répétitifs côtés sur ADOS⁴⁷.

1.5 Extrémités supérieures

Nous rappelons le résultat déjà présenté en introduction par Cook et al. en 2013 chez les adultes : les personnes atteintes d'un TSA ont produit des mouvements sinusoïdaux horizontaux des bras qui étaient plus saccadés que ceux des participants témoins, et qui se sont accélérés plus rapidement. L'ampleur de ces atypies est significativement corrélée à la gravité de l'autisme (ADOS) et à la perception biaisée du mouvement biologique¹⁷. Chez les enfants atteints de TSA l'apprentissage est intact, mais retardé, et les schémas de regards-mains sont plus variables (*gazehand patterns*) lorsqu'ils doivent attraper une balle qui leur est lancée. Dans les essais de prise, les mouvements sont moins efficaces, mais ils montrent une capacité intacte d'exploiter le plan a-priori disponible⁴⁸.

1.6 Motricité grossière (*gross motor skills*)

Les enfants atteints de TSA peuvent présenter des capacités motrices grossières plus faibles que les enfants au développement typique (mesure sur échelle Vineland-II chez 18 enfants atteints comparés à typiques sur des âges allant de 18 mois à 6 ans). Dans cette étude 20% des enfants atteints de TSA présentent une atteinte de la motricité grossière prononcée et des scores de sociabilisation atteints⁴⁹. Une autre étude explique que le QI influe sur la motricité grossière, et la motricité fine mais pas la sévérité de l'autisme. Les habiletés pratiques sont corrélées à la sévérité de l'autisme mais pas au QI²⁷. Une étude sur des enfants ayant passé le M-CHAT montre des différences entre les garçons faux-négatifs et vrais-négatifs au niveau de la motricité globale ainsi qu'entre les filles faux-négatifs et vrais-négatifs. L'ampleur de l'effet était plus grande chez les filles. Les filles du groupe des faux négatifs avaient des scores inférieurs à ceux des garçons du groupe des faux négatifs et les filles vraiment négatives avaient des scores inférieurs à ceux des garçons vraiment négatifs⁵⁰.

1.7 Motricité fine (*fine motor skills*)

La motricité fine permettrait pour certains auteurs de prédire l'apparition du langage⁵¹. Chez les enfants atteints de TSA elle est corrélée à l'exploration de l'objet, à l'exploration sociale et liée aux capacités langagières réceptives et expressives⁵¹. Il existe cependant des résultats contradictoires, pour d'autres auteurs la motricité fine ne prédirait pas les résultats langagiers expressifs (observés sur échelle Vineland-II)⁵². Pour des enfants ayant passé un M-CHAT les faux-négatifs présentaient en général des habiletés motrices fines moins développées que les enfants du groupe vrai-négatif⁵⁰. Les filles étaient généralement moins avancées en motricité fine que les garçons peu importe le diagnostic⁵⁰. Pour les pinces pouces index observées chez les plus grands : le contrôle moteur et la rétroaction sont compromis lorsqu'il s'agit de moduler la force de la prise en réponse à une augmentation progressive de la résistance proposée⁵³. L'adaptation est aberrante lorsqu'elle est mesurée sur un temps de l'ordre de la milliseconde⁵⁴. Les explorations fonctionnelles montrent une activité corticale frontale mesurée en EEG plus

importante chez les sujets atteints de TSA lorsqu'ils réalisent une tâche de pince en réponse à un stimuli auditif, corrélée à la sévérité de la maladie mais pas à la performance de la tâche. Les auteurs concluent que les enfants TSA utilisent plus leur cognition pour s'adapter et se fatiguent⁵⁵.

2 Habiletés motrices

2.1. Exploration d'objet

Le suivi longitudinal de nourrissons à risque montre qu'à 6 mois, les nourrissons à risque présentent moins de prise sur une balle rigide, moins de mastication et regardent plus le hochet que les nourrissons au développement typique. À 9 et 12 mois, les nourrissons à risque ont démontré des niveaux inférieurs de largage intentionnel de tous les objets et un regard plus attentif sur le hochet. Enfin, à 15 mois, les nourrissons à risque présentaient une plus grande appétence orale pour la balle rigide et le hochet comparativement aux nourrissons typiques. Dans cette étude 10 nourrissons à risque sur 16 ont présenté divers retards moteurs, sociaux et langagiers ou un diagnostic de TSA lors du suivi⁵⁶. Dans un environnement de jeu social, que les auteurs distinguent d'un environnement centré sur le comportement moteur, les enfants atteints de TSA ont un rendement plus semblable en terme d'exploration à leurs pairs au développement typique⁵⁷. Ce résultat est reproduit par une autre équipe⁵⁸ qui propose de rendre l'environnement des enfants atteints de TSA plus intéressant plutôt que de réduire les comportements répétitifs.

2.2. Préhension (*reach to grasp*)

Les enfants à risque (un enfant de la fratrie déjà diagnostiqué) diagnostiqués plus tard avec un TSA présentent une diminution de la performance motrice précoce et particulièrement sur les mouvements de préhension (orientation, levé de bras, pronation)⁵⁹. Ces mouvements sont ensuite en partie corrigés avec l'âge. Lorsqu'ils grandissent la fluidité et le rétrocontrôle visuel s'améliorent mais l'enchaînement de plusieurs actes moteurs reste difficile⁶⁰.

Les nourrissons à risque sont moins susceptibles que ceux à bas risque de présenter une réaction motrice appropriée à l'approche d'une balle⁶¹. Les enfants atteints de TSA tentent de s'ajuster pour préparer les actions ultérieures mais de façon variable d'un individu à l'autre⁶².

Les nourrissons à risque élevé présentaient une manipulation d'objet moins mature dans un contexte très structuré (MSEL) et une activité de préhension réduite dans un contexte non structuré (jeu libre) comparativement aux nourrissons sans antécédents familiaux de TSA⁶³. Les évaluations longitudinales suggèrent qu'entre six et dix mois, l'activité de préhension augmente chez les nourrissons à risque élevé⁶³.

2.3 Habiletés orales

Il n'y a pas de différences significatives observées entre les enfants typiques présentant des troubles de l'oralité et les enfants avec un diagnostic de TSA présentant un trouble de l'oralité⁶⁴. Ils présentent les mêmes difficultés alimentaires : une hypersensibilité orale entraîne une moindre consommation de fruits et légumes et des comportements pendant les repas plus difficiles, ceux avec des difficultés du développement moteur oral consomment plus d'énergie (sous forme de lait, formules et nourritures transformées). Le stress parental est cependant plus important pour les enfants TSA lors des temps de repas. Pour le brossage des dents, globalement les enfants atteints de TSA fonctionnent à la moitié du niveau des enfants normalement développés à leur âge chronologique, mais aucune corrélation avec la santé dentaire n'a pu être établie. Dans cette étude les enfants atteints de TSA avaient moins de caries que le groupe témoin⁶⁵ malgré un moindre brossage.

La motricité orale des enfants présentant un TSA est corrélée à leur attention conjointe. Les enfants atteints de TSA, d'âge préscolaire et verbaux ont des difficultés à imiter avec la bouche et à percevoir les indices verbaux sur les lèvres des adultes contrairement à leurs pairs au développement typique⁶⁶.

2.4 Mouvements de la tête

La dynamique du mouvement de la tête (déplacement et vitesse) est plus grande chez les enfants atteints de TSA que chez les enfants non atteints de TSA⁶⁷. Les différences de mouvement de la tête étaient évidentes dans les mouvements latéraux (lacet et roulis) mais non dans les mouvements verticaux (tangage) et étaient spécifiques à une condition sociale plutôt que non sociale. Dans cette même étude lorsqu'on présente des stimuli sociaux, les enfants atteints de TSA présentaient des niveaux plus élevés de mouvements de la tête et bougeaient leur tête plus rapidement que les enfants sans TSA. Pour ces auteurs, les enfants atteints de TSA peuvent utiliser le mouvement de la tête pour moduler leur perception des scènes sociales. L'étude des micromouvements lors des examens d'imagerie montre un excès de bruit : cela signifierait pour les auteurs une rétroaction motrice incertaine⁶⁸. Le bruit est exacerbé par la présence de diagnostics neuropsychiatriques secondaires (comorbides), une intelligence verbale et de performance inférieure et la gravité de l'autisme. Il est important de noter que de tels schémas de mouvements chez les sujets TSA sont présents, que le participant prenne ou non des médicaments psychotropes.

L'étude des mouvements de tête dans une dyade mère avec son enfant atteint de TSA apporte de nouveaux éléments : une étude a étudié la corrélation croisée entre l'amplitude du mouvement de la tête de la mère et de l'enfant et les signaux électrophysiologiques corticaux lors d'enregistrements MEG (EEG fonctionnelle). Chez les mères dont les mouvements de la tête avaient tendance à suivre le mouvement de la tête de leur enfant, l'ampleur de la suppression des ondes mu (indice IMS) dans la région précentrale de la mère était importante. Les résultats ont démontré des corrélations significatives entre l'indice de suppression mu (IMS) dans la région précentrale droite et les caractéristiques (ou la gravité) des TSA : plus la suppression mu était élevée moindres étaient les traits autistiques observés (AQ chez la mère, ADOS chez l'enfant). De plus, des valeurs IMS plus élevées chez les mères étaient associées à des valeurs IMS plus élevées chez leurs enfants⁶⁹.

2.5 Coordination motrice

Les problèmes de coordination motrice rencontrés par les enfants atteints de TSA, en particulier ceux liés à la dextérité manuelle sont corrélés à leur performances dans les tâches quotidiennes⁷⁰. Les déficits praxiques sont corrélés à des altérations électrophysiologiques : les sujets typiques présentent une baisse de la connectivité fonctionnelle observée en EEG quand les sujets TSA⁷¹ présentent une activation lorsqu'ils effectuent des tâches de coordination motrice. Enfin des schémas anormaux d'apprentissage moteur sont observés chez les enfants atteints de troubles du spectre autistique, ils montrent une sensibilité accrue à l'erreur proprioceptive et une sensibilité réduite à l'erreur visuelle, et pourraient être associés à des anomalies dans le cervelet⁷².

3. Habiletés motrices sociales

3.1 Gestes liés à la communication

A partir de l'acquisition de la marche les nourrissons à risque avaient des taux plus faibles de dons et d'approches envers les soignants que les nourrissons typiques⁷³. Les nourrissons à risque avaient également des taux plus faibles de pas vers des cibles appropriées à la tâche (les soignants et les objets), comparativement aux nourrissons typiques. Dans cette étude il n'a pas été observé de différence dans le partage d'objets entre les groupes à l'âge de ramper. Les adultes utilisent plus de gestes dans les conversations duelles et ces gestes sont plus souvent unilatéraux⁷⁴ lorsqu'ils sont observés en conversation par rapport à des individus sans trouble.

3.2 Imitation et synchronie

La synchronisation interpersonnelle, la coordination motrice et le contrôle moteur sont plus altérés chez les enfants atteints de TSA que chez les enfants non atteints^{75,76}. Cependant, dans les tâches d'imitation demandant une adaptation motrice faible les enfants avec TSA se montrent aussi performants que leurs pairs, alors que lorsqu'on leur demande une plus grande adaptabilité ils ont plus de difficultés. Le rendement imitatif pour ces auteurs n'est pas lié à la

réciprocité sociale et les auteurs suggèrent que les difficultés d'imitation sont le résultat de difficultés d'exécution motrice et non pas de motivation sociale⁷⁷. En IRM fonctionnelle les enfants atteints de TSA montrent une plus grande activation que les sujets au développement typique de zones impliquées dans le traitement moteur et la reconnaissance motrice (régions temporales gauche, droite et centrale, pariétale -pré-motrice- droite) lors de l'exécution de tâches intransitives⁷⁸. Ces arguments sont repris pour montrer une atteinte de la connectivité dans l'*action imitation network* (AIN) observées lors de tâches d'imitation⁷⁹. Les adolescents atteints de TSA font preuve de moins de synchronisation dans la coordination interpersonnelle, tant spontanée qu'intentionnelle. Ils présenteraient une sensibilité plus faible et une attention moindre aux mouvements de l'autre personne, mais ne démontrent aucune preuve d'un retard dans la transmission des informations⁸⁰. La différence sexuelle joue aussi un rôle : lorsqu'on étudie la synchronie lors de la marche les femmes se synchronisent mieux que les hommes, et des traits autistiques élevés entravent la synchronisation motrice interpersonnelle⁸¹. Pour Fitzpatrick et al.⁸² la synchronisation motrice sociale spontanée est associée à la réponse à l'attention conjointe, à la coopération et à la théorie de l'esprit, tandis que la synchronisation motrice sociale intentionnelle est associée à l'initiation de l'attention conjointe et à la théorie de l'esprit. De plus la synchronisation motrice sociale est associée à la gravité des TSA mais pas entièrement expliquée par des problèmes moteurs. Enfin certains auteurs insistent sur le maintien d'une distinction soi-autre alors que des déficiences s'observent dans la préparation motrice des tâches d'imitation⁸³.

4. Autres

4.1 Habiletés précoces

Les résultats sont assez variables. Certains auteurs n'observent pas sur un suivi longitudinal d'interactions sociales atypiques chez les enfants qui ont plus tard présenté un diagnostic TSA. Sur ce suivi les enfants qui présentaient une aversion pour le regard et un nystagmus a un

moment de leur développement ont même montré un meilleur développement à distance⁸⁴. D'autres auteurs qui analysent des films familiaux trouvent la motricité globale (*general movements*) altérée chez les enfants qui ont ensuite été diagnostiqués. Tous les nourrissons qui ont présenté des comportements autistiques transitoires sauf un avaient des mouvements globaux normaux⁸⁵.

Les enfants TSA sans retard de la parole présentent une moins bonne coordination bimanuelle que ceux qui présentaient un retard de la parole⁸⁶.

4.2 Latéralité

Lorsqu'ils doivent juger de la latéralité d'une image de main avec leur main croisée ou non sur le torse (sans contact visuel possible) les enfants atteints de TSA font plus d'erreurs que les enfants au développement typique (qui en font tout de même)⁸⁷. Les mères présentant des scores importants sur l'Autism Spectrum Quotient (AQ) ont un biais de portage à gauche plus faible que les sujets aux scores normaux⁸⁸.

4.3 *Machine learning*

Quelques d'études reprennent les données de Goodwin et al⁸⁹. : ils ont enregistré les mouvements de 6 enfants atteints de TSA pendant 3 ans à l'aide de 3 capteurs de mouvements sur le corps entier. Cette équipe argue de la nécessité de développer des algorithmes personnalisés permettant de détecter les mouvements répétitifs (*repetitive or restricted behaviors*) en temps réel. C'est ce que proposent avec ces données deux équipes⁹⁰⁻⁹², l'une d'elles proposant de n'utiliser qu'un seul capteur⁹². A l'aide de ces données des chercheurs proposent un algorithme qui permet de qualifier et détecter les mouvements stéréotypés chez des sujets ou ils sont difficiles à objectiver⁹³. Des résultats présentés plus tôt ont été découverts grâce à des techniques de machine learning⁶² : les données recueillies mettent en lumière les idiosyncrasies de la motricité des enfants atteints de TSA étudiés. Ils seraient différents, mais chacun à leur manière.

Chapitre 3 : Discussion

Ces résultats tentent d'étayer la piste du développement moteur que propose l'argumentaire de la HAS : la motricité des enfants TSA serait une potentielle cible clinique permettant d'adopter une vision développementale du trouble⁹⁴. Cependant l'interprétation de ces résultats est difficile du fait du nombre souvent restreint de participants aux échantillons (à de très notables exceptions près) et des nombreuses procédures expérimentales proposées. Ainsi, pour ne reprendre que les études sur le développement précoce, les auteurs cités utilisent pas moins de quatre échelles avec des items différents : l'échelle de développement de Peabody *second edition* (PDMS-2), l'échelle de Vineland-II, l'échelle d'Alberta et la *NICU network neurobehavioral scale* (NNS). De nombreux auteurs insistent sur la difficulté à systématiser ces résultats du fait de la grande variabilité des méthodes employées et l'emploi d'échelles développementales insuffisamment adaptées à la description de la motricité^{19,95}. Pourtant les altérations motrices semblent couramment observées au point que leur usage est envisagé pour le dépistage dans les pays en voie de développement⁹⁶. Certains auteurs proposent une approche quantitative de ce problème : les données recueillies chez des enfants systématisées par des algorithmes de *machine learning* pourraient permettre d'identifier les items pertinents pour le diagnostic précoce⁹⁷. Enfin, malgré leur présence importante dans certaines cohortes étudiées⁹⁸, nous n'avons pas trouvé de résultats s'intéressant aux enfants atteints de TSA issus de familles migrantes.

L'intérêt pour la motricité chez l'enfant atteint de TSA vient répondre à de nouveaux résultats embryologiques et anatomiques. En effet, on observe entre 27 semaines de développement et 3 mois après la naissance l'apparition d'une sous-couche lors de la migration corticale des neurones. Dans cette sous-couche se développent des inter-neurones qui viennent aider à la migration des futurs neurones et qui disparaissent ensuite progressivement. Pour l'équipe qui

rapporte ces découvertes, la disparition de ces interneurones commence à trois mois après la naissance dans les cortex primaires sensoriels et moteurs et cela coïncide avec la disparition des mouvements généraux, l'apparition de mouvements orientés vers un but et la capacité de l'enfant à maintenir sa posture⁹⁹. D'autres auteurs attribuent un rôle inhibiteur aux ganglions de la base qui vont moduler l'excitation des connexions entre les structures corticales et sous corticales¹⁰⁰. La connectivité ensuite observée chez les enfants^{101,102} et chez les adultes¹⁰³⁻¹⁰⁵ atteints de TSA en faveur d'une hypo connectivité avec les cortex sensoriels et moteur et d'une hyperconnectivité vers les cortex préfrontaux et pariétaux pourraient s'inscrire dans la continuité des observations embryologiques comme des conséquences d'une adaptation aberrante à une situation développementale ou la connectivité n'a pu se développer à temps. Les résultats d'imagerie sont par ailleurs corrélés à des altérations motrices¹⁰⁶ et de la latéralité¹⁰⁷ et permettraient de prédire l'évolution vers le diagnostic des situations à risque dès 6 mois¹⁰⁸. Enfin des auteurs mettent en lien l'apparition de mutations de novo et les altérations motrices des enfants et adultes atteints de TSA^{109,110}.

Les altérations motrices fournissent donc un phénotype intermédiaire qui permet de relier ces résultats avec leurs conséquences sur les situations interpersonnelles. Les retards moteurs observés chez les nourrissons TSA sont corrélés à un retard de la communication¹³ et d'acquisition de compétences sociales¹⁴. Chez les plus grands les atteintes motrices pourraient expliquer les difficultés en cognition sociale réciproque⁶, dans l'engagement affectif¹¹¹, la perception sociale, le développement cognitif¹¹² et la perception de la vitalité des mouvements biologiques¹¹³. De plus l'empathie est, pour certains auteurs, corrélée à la capacité des enfants à imiter leurs pairs¹¹⁴ et fait donc appel à des capacités motrices. Des liens entre les altérations motrices et le développement du langage seraient aussi observées dans les fratries des sujets atteints, considérés à risque^{115,116}.

Dans l'approche diagnostique, certains auteurs proposent de scanner les marqueurs comportementaux en population générale¹¹⁷ quand d'autres offrent de nouvelles pistes de dépistage dans les consultations pédiatriques¹¹⁸. De manière générale ces recherches tendent à se rapprocher des observations cliniques en pratique courante et rejoignent l'intérêt croissant des cliniciens pour le travail moteur auprès des enfants atteints de TSA. Certains⁵¹ citent même Hanne De Jaegher qui tente de synthétiser les précédents résultats autour de la sensorialité et la motricité avec paradigme de *l'embodiment*¹¹⁹. Ce concept tente de rendre compte de la faculté de l'enfant à créer des processus cognitifs issus de son expérience motrice : il tente de créer du sens à travers ses expérimentations interactives avec son environnement immédiat. L'*enactive approach* qui découle de l'utilisation de ce concept apparaît alors comme une approche susceptible de réunir les dernières discussions psychopathologiques¹²⁰ avec les plus récents résultats développementaux, embryologiques, anatomiques, génétiques, électrophysiologiques et en imagerie fonctionnelle.

Partie 2 : Etude qualitative

Chapitre 1 : Problématique de recherche

Le dépistage précoce des troubles du spectre autistique (TSA) doit démarrer dès 18 mois¹²¹ mais les premiers signes comportementaux peuvent apparaître bien plus tôt^{50,122,123}. En pratique il existe une grande variabilité dans la présentation initiale du trouble et nous connaissons peu l'impact des caractéristiques ethniques, socio-économiques et culturelles sur la maladie¹²⁴. Il n'y a pas pour l'instant d'argument pour un dépistage systématique précoce sans demande des parents ou d'un professionnel¹²⁵⁻¹²⁷. Cependant, l'étude de la persistance des réflexes archaïques chez les enfants avec des parents présentant des signes autistiques sub-cliniques²⁴ interroge sur le développement moteur précoce des enfants atteints de TSA : les perturbations motrices seraient des symptômes précoces appartenant aux individus atteints de TSA ou les premiers signes précoces d'une vulnérabilité à un développement atypique²⁵.

Chez l'enfant TSA les modèles internes d'action sont altérés⁸⁻¹⁰ et l'analyse des comportements moteurs pourrait constituer un élément pour le diagnostic et le traitement précoces^{7,97}. Cela motive les explorations cliniques des aspects développementaux moteur précoces du TSA^{19,26-28}. Citons les troubles des signes comportementaux (regards, sourires, vocalisations)¹²⁸, les retards posturaux¹²⁹ et l'asymétrie des postures¹³⁰, un *head-lag*¹³¹, des anomalies des mouvements spontanés^{132,133} et une exploration motrice difficile⁵⁶. Les retards moteurs observés chez les nourrissons TSA sont corrélés à un retard de la communication¹³ et d'acquisition de compétences sociales¹⁴. Chez les enfants TSA les tâches motrices sont modulées par les sensations différemment des enfants au développement typique⁷² : le

rétrocontrôle par les perceptions proprioceptives est plus important (quoiqu'épuisant⁵⁵ et discuté⁵⁴) quand le rétrocontrôle visuel l'est moins^{72,134}. Les perceptions des enfants atteints de TSA présentent des particularités : ils portent leur attention préférentiellement sur des synchronies audio-visuelles que sur les indices moteurs des adultes¹³⁵. Sur le terrain les psychomotriciens travaillent les dimensions motrices et sensorielles^{136,137} parfois combinées^{119,138} et regrettent de ne pouvoir échanger leurs observations avec les spécialistes de l'éducation, les médecins et les chercheurs¹³⁹.

Les disparités du développement moteur et de la sociabilité en fonction du pays de naissance sont observées depuis les années 60¹⁴⁰⁻¹⁴³. Nous savons que les enfants atteints de TSA et issus de parents migrants, parfois très représentés dans les cohortes étudiées (jusqu'à 50% dans une cohorte étudiée par Nygren et al.⁹⁸), présentent un risque de déclarer le trouble plus important¹⁴⁴. L'ethnicité peut influencer sur la gravité du diagnostic des enfants atteints de TSA^{144,145} : une explication avancée serait la consanguinité au sein d'une population. Les facteurs environnementaux (notamment *in utero*¹⁴⁶) associés à la migration pourraient contribuer au développement de l'autisme et sa gravité : les enfants de parents migrants ont plus de risque de présenter un TSA à bas niveau de fonctionnement mais ils présentent un risque moindre de présenter un TSA à haut niveau de fonctionnement^{146,147}. Le développement psychomoteur pourrait aussi être altéré par les conditions socio-économiques des parents, lorsqu'ils sont issus de populations exclues et pauvres sans qu'une association franche soit retrouvée¹⁴⁸. Enfin, la prise en charge des enfants TSA peut être rendue difficile par les déplacements de leurs parents¹⁴⁹. Les enfants nigériens¹⁵⁰ montrent des scores moteurs et sociaux plus élevés chez les tout petits à 8,16 et 32 semaines, rattrapés ensuite par les petits européens. En revanche, on ne retrouve pas d'avance développementale chez les enfants brésiliens¹⁵¹. Cependant, des différences discrètes persistent chez les enfants maliens¹⁵² : une

avance en motricité globale, en acquisition du langage (notamment se tourne vers la voix) et un retard dans la motricité fine expliquées par des pratiques de puéricultures différentes¹⁵³.

Cette étude qualitative se propose d'interroger l'expertise sur le terrain de professionnels du développement psychomoteur d'enfants TSA issus de parents migrants afin d'apporter un éclairage sur cette situation clinique fréquente mais peu décrite.

Chapitre 2 : Méthodologie de la recherche

Cette étude a été réalisée conformément aux directives COREQ selon un échantillonnage théorique et en boule de neige (*purposive sampling*¹⁵⁴). En France, les bilans psychomoteurs et les soins corporels des enfants présentant des troubles neurodéveloppementaux sont dévolus aux psychomotriciens, une profession spécialisée créée par une kinésithérapeute (G. Soubiran) en 1967¹⁵⁵. Nous avons inclus des psychomotriciens travaillant avec des enfants atteints de TSA issus de familles migrantes. La taille de l'échantillon n'était pas fixée d'avance (*theoretical sufficiency*¹⁵⁶), le recrutement s'est poursuivi jusqu'à saturation des données. Les participants ont été contactés par e-mail sur des listes professionnelles. 15 sujets ont participé, d'âge variant de 25 à 60 ans (12 femmes et 3 hommes, tableau 1). Ils ont participé à des entretiens semi-structurés qui ont duré de 35 à 90 minutes de novembre 2018 à mai 2019 et ont eu lieu au lieu de travail (10), au téléphone (4) ou à domicile (1). Après avoir informé de son parcours l'examineur procédait à l'entretien à l'aide d'un guide qui explorait le travail sensori-moteur avec les enfants TSA issus de parents migrants, leurs liens avec les parents et l'institution. Les propos des sujets interrogés sont enregistrés avec leur consentement puis transcrits mot à mot de manière à inclure les nuances d'expression des participants (signes non verbaux, hésitations). Les transcriptions ont été anonymisées. Nous avons employé la théorie ancrée¹⁵⁷, inspirée des travaux de Glaser et Strauss qui permet de relier les structures sociales établies aux processus individuels en mettant en exergue les phénomènes sociaux et interactions sous-jacentes ainsi que leurs conséquences. Cette méthode est abductive¹⁵⁸ : les données recueillies sont codées et regroupées en catégories qui sont ensuite validées par comparaison constante et continue avec les autres entretiens et le questionnaire. L'analyse a été contrôlée plusieurs fois par des chercheurs extérieurs lors du processus de triangulation. Dans la théorie ancrée, le chercheur est considéré comme partie intégrante de la théorie qui va émerger : ses représentations doivent

être incluses dans l'analyse. L'intérêt pour le sujet de l'étude est né chez l'expérimentateur au cours d'une pratique conjointe. Les professionnels interrogés ne sont pas les mêmes que ceux avec lesquels il a travaillé.

Tableau 1 : caractéristiques de la population étudiée

Sujet	Âge	Sexe	Mode d'exercice	Formation transculturelle
1	37 ans	F	psychiatrie communautaire	Non
2	36 ans	F	psychiatrie universitaire	Oui
3	29 ans	F	psychiatrie communautaire	Non
4	31 ans	M	psychiatrie communautaire	Non
5	29 ans	F	psychiatrie communautaire/libéral	Non
6	57 ans	F	cabinet libéral	Non
7	30 ans	F	psychiatrie universitaire/centre expert	Oui
8	46 ans	M	psychiatrie communautaire/libéral	Non
9	60 ans	F	psychiatrie communautaire/libéral	Non
10	25 ans	F	secteur médico-social	Non
11	23 ans	F	secteur médico-social	Non
12	43 ans	F	secteur médico-social	Non
13	35 ans	M	psychiatrie communautaire	Non
14	36 ans	F	Pédiatrie hospitalière	Non
15	25 ans	F	secteur médico-social	Non

Chapitre 3 : Résultats

1. Penser le corps de l'autre avant le travail

1.1. Un accueil idéal malgré l'anticipation d'un travail difficile

Les psychomotriciens utilisent des euphémismes, de la retenue et des termes positifs pour évoquer les parents migrants et leur arrivée dans l'institution. Cette bienveillance impose cependant une distance avec ces représentants d'une altérité culturelle. Ils délèguent à l'institution la tâche d'accueillir, d'étayer et de mettre en place les soins (le soin psychique, du corps, la rééducation orthophonique). Cet accueil idéal contraste avec l'anticipation du travail à venir qui va les confronter au corps de l'enfant et à ses comportements problématiques (violence, comportements répétés stériles, etc.) : « *le corps il est là pour nous, voilà pour nous dire tiens, voilà, c'est réel.* » (sujet 8).

1.2. Approcher les parents avec prudence

La distance avec la famille est gérée par l'institution qui propose des pratiques visant à rencontrer les parents : usage de traducteurs (rarement disponibles), fêtes de parents et fratrie et lieux de rencontre informelles. Le lien est entretenu par le médecin qui va étayer la famille et échanger avec l'équipe : il va par exemple soutenir l'initiative familiale d'un voyage au pays de la famille avec l'enfant ou seront proposés des soins traditionnels. Les précautions verbales des professionnels viennent contraster avec la fréquence (quotidienne pour la plupart) avec laquelle ils rencontrent des enfants issus de familles migrantes « *je pense qu'on a une obligation de, d'extrême respect par rapport au, à, aux origines euh, aux origines culturelles des personnes. Et je pense que c'est très difficile à mettre en œuvre. Sur le papier, je veux dire, [...]* » (sujet 2). Les observations personnelles de chacun dans la vie courante ou de

collègues issus de la migration sont utilisées pour nourrir les représentations qui permettent d'appréhender l'altérité culturelle.

1.3. Etablir le contact avec le monde sensori-moteur de l'enfant

Alors que la demande des parents est de faciliter la scolarité et l'acquisition de la langue du pays d'accueil les psychomotriciens vont recentrer leur discours sur le corps de l'enfant. S'il existe un temps d'anamnèse qui explore la composition familiale, l'histoire de la migration est déléguée au médecin pour privilégier « *l'empathie corporelle* ». Le psychomotricien porte son attention et celle des parents sur l'environnement perceptif et la motricité de l'enfant : « *C'est cette question du côté de l'enfant, qu'est-ce que ça fait que d'être dans des bains sensoriels et perceptifs euh, qui vont être, qui sont très différents. Parce que quand on change de pays on change de cette, de ces univers-là* » (sujet 6). Pour expliquer leur travail aux parents et à leurs collègues ils privilégient l'exemple et accompagnent l'expérience d'un engagement corporel s'il a lieu.

2. Rencontrer l'altérité psychique et culturelle à travers les sensations corporelles et la motricité

2.1. Créer des modes de communication originaux

Le psychomotricien crée sur mesure des modes de communication faisant appel à la motricité des parents, par exemple en se saluant avec les coudes avec un père qui refuse de tendre la main à une femme. Cette expérimentation par le corps s'oppose aux pratiques parentales souvent appauvries en début de prise en charge (l'enfant n'est pas mis au sol pour jouer, il passe trop de temps dans la poussette). Ils mettent en jeu leur corps et découvrent la possibilité d'une communication non verbale avec les adultes d'une autre culture et leur enfant. Cela permet de s'adapter à la culture d'origine des parents et à leurs particularités de communication.

2.2. Créer un lien de confiance

Les lieux de rencontre sont des occasions d'observation du maternage (en salle d'attente par exemple). Après avoir engagé le travail avec l'aîné atteint d'un TSA, les parents font suffisamment confiance à l'équipe pour les accueillir chez eux et offrir une occasion d'observer le risque chez les nouveau-nés. L'exploration des aspects sensoriels et moteurs surprend les parents, les intéresse et les fait participer à la prise en charge : ils arrivent alors à se représenter les expériences sensorimotrices de leur enfant.

2.3. Questionner les souvenirs culturels à travers la sensorialité et la motricité

L'originalité des questions posées par les psychomotriciens (par exemple la sensation des cheveux que l'on caresse pour l'enfant : « *ce petit garçon il avait besoin d'être vraiment en contact avec sa maman d'une certaine manière, de lui toucher les cheveux, justement, soit d'avoir un contact tactile?* » sujet 7) ravive les souvenirs du pays des parents, leur folklore, leur habitus : « *donc j'avais demandé aux parents de me donner des comptines russes, donc j'utilisai des chansons russes qu'ils connaissaient* » (sujet 6). Les parents s'approprient les remarques sur la motricité de l'enfant et font l'expérience d'une rencontre corporelle avec l'enfant qui peut être réparatrice : « *on a pu, on a pu, un peu, se, en travaillant sur, en contenant W., elle m'a fait confiance, on a réussi quelque chose de plus enveloppant ou elle a pu s'accorder à lui et lui s'accorder à elle et il y a eu quelque chose de possible* » (sujet 3). Un groupe formé par le *primary caregiver*², l'enfant et le psychomotricien émerge où les échanges sensorimoteurs sont favorisés et s'épanouissent. Ce groupe s'élargit ensuite : il inclut l'autre parent, parfois les grands parents et on peut envisager des lieux de socialisation pour l'enfant comme l'école.

2.4. L'enfant apporte ses trouvailles culturelles en séance

Les références culturelles qu'amène en séance l'enfant permettent également d'établir le contact. Celles-ci concernent le pays d'origine ou les pays traversés. Ainsi de cette enfant qu'on

² Figure d'attachement principale

ne peut « saisir » qu'avec les mots de l'Espagne qu'elle a traversée étant petite : « *la langue qui parfois la saisissait, quand moi je pouvais retrouver deux trois mots d'espagnol* », « *qu'elle se sentait comprise en tous cas dans certaines choses.* » (sujet 3). Ou de ce garçon qui partage les chansons de dessins-animés du Brésil d'où sont originaires ses parents. Parfois le lien s'établit avec des sensations corporelles profondes qui viennent rappeler la migration (la sensation d'être porté en marchant) : « *On s'est déplacé pendant vingt minutes lui sur mon dos et voilà moi je marchais, alors certes je tournais en rond, mais dans l'imaginaire que je mettais dans la séance y'avait pas cette boucle, c'était vraiment un chemin qui allait d'un endroit à un autre* » (sujet 4).

3. Qu'a-t-on appris de la rencontre ?

3.1. Repenser l'institution et les pratiques

Après la rencontre a lieu un temps de retour sur expérience qui est l'occasion de s'interroger sur les échecs et les réussites de la prise en charge. Lorsque les parents n'amènent pas leur enfant en thérapie les psychomotriciens évoquent spontanément leurs représentations du mode de vie et de la culture de ces familles migrantes : la précarité, l'impossibilité de se représenter le trouble, le diagnostic et la prise en charge. Parce qu'ils viennent d'horizons où le soin des enfants n'existe pas forcément, la guidance infantile paraît impossible à envisager : « *tu me parles de guidance mais parfois ils en sont pas là !* » (sujet 8). L'institution peut aussi empêcher les enfants de faire des expériences motrices, c'est le cas du jeu avec la nourriture qui est empêché lorsque les temps de repas prescrivent aux enfants de manger avec des couverts alors qu'à la maison on utilise les mains.

3.2. Penser le diagnostic avec la culture

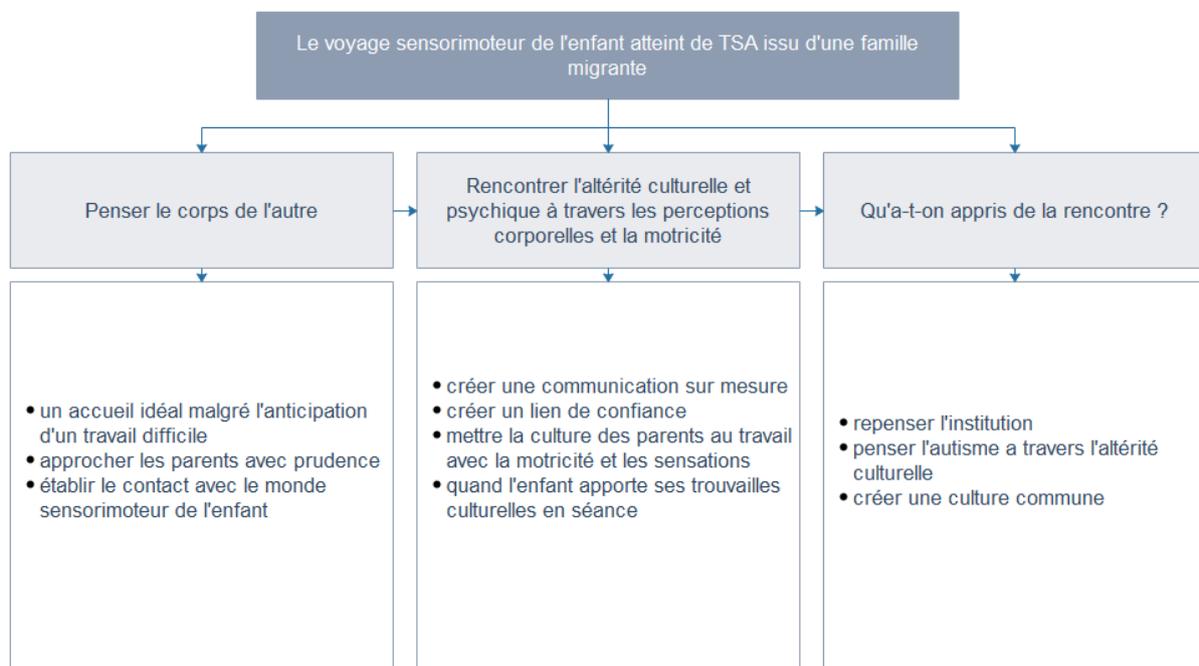
Déléguer l'annonce du mot autisme au médecin permet aux psychomotriciens d'éviter le registre verbal et de se concentrer sur le corps en omettant un terme potentiellement incompréhensible ou douloureux pour les parents. Cependant la pratique du bilan psychomoteur confronte le psychomotricien à ce qui est compris du diagnostic : « *il faut aussi faire avec la temporalité des parents, quoi, dans l'annonce diagnostique, que c'est des enfants – des parents – qui sont pas toujours prêts à entendre, à faire le deuil de ce que l'enfant ne pourra jamais faire, même si on ne sait pas vraiment l'évolution de l'enfant* » (sujet 3). Lorsque le diagnostic est compris les participants constatent un effet maturatif sur les parents, variable en fonction de leur origine et de leurs capacités de compréhension. Parfois il est incompris et les professionnels confrontés aux parents s'interrogent sur leurs capacités de compréhension verbale. Quelques participants décrivent leur capacité à distinguer les symptômes produits par le conflit culturel des symptômes autistiques. Ils font parfois spontanément appel au corpus transculturel pour évoquer le diagnostic aux parents en des termes plus aisément compréhensibles (« *le diagnostic de tête serrée, en tamoul [...] cet aspect [autistique]chez cet enfant, vient résonner avec ces mots-là* » sujet 7).

3.3. Créer une culture commune

La transmission d'une émotion à travers la musicalité d'une langue étrangère est évoquée comme possibilité. Le dialogue tonico-émotionnel peut être compris de manière différente selon l'origine des parents mais il est difficile d'attribuer une explication à des gestes sans essentialiser leur culture : « *la manière dont on touche, dont on rentre en communication corporelle est très différente en fonction des cultures. Même entre la France, l'Italie, l'Espagne, des cultures, des pays qui sont très proches* » (sujet 6). La pratique quotidienne, lorsqu'elle rencontre des éléments culturels inconnus (ex : drapeaux, plats) permet de se faire expliquer leur signification par les familles, les enfants ou les collègues étrangers : « *On essaie de pas être complètement largué quand on parle de chakchouka, voilà quoi* » (sujet 8). Il se crée une

nouvelle manière d’être ensemble qui permet de réfléchir les prises en charge à venir, d’apprendre de ses échecs pour tenter d’appréhender les différences des futures familles accueillies.

Figure 3 : Résultats de l’étude



Chapitre 4 : Discussion

Lors de la rencontre corporelle avec les parents et les enfants les psychomotriciens font l'expérience de l'altérité culturelle à travers les gestes et les sensations amenées par l'enfant et sa famille en séance ou dans les lieux interstitiels. On décrit une séquence type :

- Les parents s'intéressent à la prise en charge de par le questionnement original portant sur la sensorialité et la motricité de leur enfant qui vient interroger les gestes et les sensations du pays, qui met au travail leur culture et permet un engagement plus facile dans les soins.
- Un cercle interactif vertueux se met en place entre le *primary caregiver*, le psychomotricien et l'enfant à l'aide du travail commun en début de prise en charge. Ce travail se poursuit jusqu'au temps de séparation lorsque le *primary caregiver* arrive à laisser son enfant seul pour ses séances.
- L'enfant nourrit les séances de ses expériences, parfois de trouvailles empruntées aux cultures parentales.
- Le groupe s'élargit en nombre de *caregivers*, l'enfant a plus d'interactions avec la famille élargie et les membres de l'institution. Ces interactions florissantes offrent à l'enfant de nouvelles occasions de faire des découvertes et de se socialiser.
- Durant ce processus le praticien acquiert des connaissances sur la culture et des capacités transculturelles qu'il pourra réutiliser.

Il est plus facile de décrire ce processus pour les praticiens âgés ou formés aux pratiques transculturelles, cependant tous les psychomotriciens interrogés s'inscrivent dans un processus similaire. Dans certains cas les familles ne s'inscrivent pas dans les soins. Les psychomotriciens s'expliquent ces échecs par des représentations en lien avec le conflit culturel : telle culture n'a pas accès aux soins psychomoteurs sur place, une autre culture ne peut se représenter les soins

de l'enfant, etc. En cas d'échec la culture des arrivants est essentialisée et mise en avant comme cause de l'échec, alors que, par exemple, la souffrance parentale liée à la sensorialité altérée de l'enfant pourrait l'expliquer¹⁵⁹. Les échecs sont parfois expliqués par l'impossibilité d'accéder à la rencontre corporelle par nos participants.

Nous pensons que la centration sur le corps et ses expériences motrices et sensorielles durant le travail permet d'accompagner un patient TSA et sa famille dans la découverte de gestes et de sensations qui permettent de vivre ensemble, de se réparer et de se sociabiliser. Le corps a joué un rôle relieur¹⁶⁰ et est venu inscrire l'individu dans un groupe.

L'association entre le lieu de naissance et le développement de l'enfant reste controversée. Par exemple le développement de l'attribution de croyance (théorie de l'esprit) est observée de manière similaire mais avec des variations culturelles chez les enfants européens, chinois, japonais et camerounais¹⁶¹. D'autres expérimentations plus récentes et plus conséquentes évaluent la performance à l'attribution de croyance chez les enfants nord-américains (Canada et Etats-Unis) et chinois (Hong-Kong et continentaux) : on retrouve des trajectoires de développement parallèles mais à des temporalités qui peuvent varier de parfois deux ans ou plus¹⁶². De plus des différences fines dans les acquisitions cognitives, persistantes à la maturité, sont découvertes¹⁶³ : les enfants américains percevaient les relations entre les objets différemment de leurs cousins japonais. Ainsi, ils privilégieraient les comparaisons centrées sur l'objet là où les enfants japonais favorisent les comparaisons centrées sur les relations des objets entre eux : ces résultats persistent à l'âge adulte et pourraient expliquer les différences en cognition sociale (reconnaissance faciale décontextualisée ou non) et en performances cognitives³. Enfin on observe des processus cognitifs isolés à certains groupes ethniques

³ Dans leur article Kuwabara et Smith¹⁶³ font passer 3 expériences à des enfants américains et japonais de 4 ans. La première consiste en une tâche d'appariement : les enfants américains avaient beaucoup plus de mal à appairer les objets richement détaillés par rapport aux petits japonais. Dans la seconde expérience (tâche de recherche) les enfants américains avaient plus de facilités à trouver un objet spécifique dans une scène encombrée et organisée. Dans la dernière expérience il n'y a pas de différence car les objets étaient placés aux hasard (et non dans une scène organisée) ce qui éliminait la capacité de reconnaissance relationnelle.

(cognition spatiale géocentrique observée chez les enfants indiens et népalais mais pas chez les enfants occidentaux)¹⁶⁴. Ces résultats pourraient proposer une psychologie du développement s'intéressant à des séquences de développement, domaine par domaine¹⁶⁵ qui pourrait être comparée au développement pathologique des enfants TSA. Nous n'avons pas encore connaissance d'études portant sur le développement sensori-moteur après la migration des parents. Il reste encore beaucoup de travail pour relier ces observations aux données transculturelles et aux neurosciences¹⁶⁶ alors qu'émergent des résultats anatomiques en faveur d'une atteinte des fonctions sensorielles et motrices chez les sujets atteints de TSA^{71,99,101-105,167}.

Le concept d'*embodiment*¹¹⁹, postule la capacité intentionnelle¹²⁰ du corps à faire sens et créer des processus cognitifs¹¹⁹ à travers l'expérience sensori-motrice du monde qui l'entoure (*enactive approach*). Cette approche nous semble voisine des concepts d'*enculturation*¹⁶⁸ chez Margaret Mead et d'*instrumentation*¹⁶⁹ chez André Bullinger : ce qui réunit ces trois concepts serait la capacité des adultes à intégrer au groupe l'enfant à l'aide de ses capacités propres et de leur mise en relation avec l'environnement. L'exemple peut être le plus illustratif de ce travail est à trouver chez ce clinicien qui vit des instants d'échange en marchant avec un enfant autiste et aveugle sur le dos en pensant l'histoire de sa migration. Il s'agit pour nous du plus bel exemple d'accueil où la migration vient trouver une explication sensorielle et motrice (la sensation vestibulaire lorsqu'on est porté) qui assure à l'enfant une place, portant la trace historique de la migration de ses parents, au sein d'une communauté d'accueil.

Conclusion

Nous avons présenté dans ce travail les dernières recherches portant sur la motricité des enfants atteints de TSA. L'intérêt croissant pour cet aspect du trouble est lié à son utilité dans les différents domaines de recherche autour du TSA : la motricité sert de phénotype intermédiaire qui permet de lier les hypothèses neurodéveloppementales et psychopathologiques aux derniers résultats embryologiques, anatomiques, génétiques, électrophysiologiques et en imagerie fonctionnelle. Cependant, les soins apportés aux enfants issus de la migration restent peu étudiés. Nous voulions ajouter aux résultats actuels une étude des soins centrés sur la motricité des enfants issus de familles migrantes en interrogeant les professionnels spécialisés. Nous avons découvert que le travail centré sur la motricité permet d'approcher ce public particulier en pensant l'altérité par le corps. L'altérité psychique de la maladie et l'altérité culturelle sont abordables à travers les expériences sensorielles et motrices du corps et cela permet la création d'une culture commune, métissée, visant l'accueil de ce public. Si la culture sert parfois d'explication aux échecs de prise en charge, elle est néanmoins un ressort thérapeutique à mobiliser auprès des enfants atteints de TSA : ensemble, parents, enfants malades et professionnels parviennent à créer une réponse commune aux questions que posent les manifestations motrices de l'enfant malade. Nous décrivons la création d'une structure sociale qui permet l'épanouissement sensoriel et moteur de l'enfant, sa sociabilisation et son intégration, d'abord au sein d'un collectif restreint qui petit à petit s'élargit jusqu'à imaginer la possibilité d'intégrer à la culture d'accueil l'enfant malade.

Bibliographie

1. Kanner L. Autistic disturbances of affective contact. *Nerv Child*. 1943;2:217-250.
2. Kanner L. Autistic disturbances of affective contact. *Acta Paedopsychiatr*. 1968;35(4):100-136.
3. American Psychiatric Association, 2013. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (5th Ed.)*. Washington, DC
4. American psychiatric association. *DSM-IV-TR: manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux*. Issy-les-Moulineaux, France: Masson; 2004.
5. Leary MR, Hill DA. Moving on: autism and movement disturbance. *Ment Retard*. 1996;34(1):39-53.
6. Cook J. From movement kinematics to social cognition: the case of autism. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2016;371(1693). doi:10.1098/rstb.2015.0372
7. Teitelbaum P, Teitelbaum O, Nye J, Fryman J, Maurer RG. Movement analysis in infancy may be useful for early diagnosis of autism. *Proc Natl Acad Sci*. 1998;95(23):13982-13987. doi:10.1073/pnas.95.23.13982
8. Haswell CC, Izawa J, Dowell LR, Mostofsky SH, Shadmehr R. Representation of internal models of action in the autistic brain. *Nat Neurosci*. 2009;12(8):970-972. doi:10.1038/nn.2356
9. Fabbri-Destro M, Cattaneo L, Boria S, Rizzolatti G. Planning actions in autism. *Exp Brain Res*. 2009;192(3):521-525. doi:10.1007/s00221-008-1578-3
10. Mostofsky SH, Ewen JB. Altered Connectivity and Action Model Formation in Autism Is Autism. *Neurosci Rev J Bringing Neurobiol Neurol Psychiatry*. 2011;17(4):437-448. doi:10.1177/1073858410392381
11. de Marchena A, Miller J. “Frank” presentations as a novel research construct and element of diagnostic decision-making in autism spectrum disorder. *Autism Res Off J Int Soc Autism Res*. 2017;10(4):653-662. doi:10.1002/aur.1706
12. Kleinman JM, Robins DL, Ventola PE, et al. The Modified Checklist for Autism in Toddlers: A Follow-up Study Investigating the Early Detection of Autism Spectrum Disorders. *J Autism Dev Disord*. 2008;38(5):827-839. doi:10.1007/s10803-007-0450-9
13. Bhat AN, Galloway JC, Landa RJ. Relation between early motor delay and later communication delay in infants at risk for autism. *Infant Behav Dev*. 2012;35(4):838-846. doi:10.1016/j.infbeh.2012.07.019
14. Al Sagheer T, Haida O, Balbous A, et al. Motor Impairments Correlate with Social Deficits and Restricted Neuronal Loss in an Environmental Model of Autism. *Int J Neuropsychopharmacol*. 2018;21(9):871-882. doi:10.1093/ijnp/pyy043
15. Casartelli L, Chiamulera C. The motor way: Clinical implications of understanding and shaping actions with the motor system in autism and drug addiction. *Cogn Affect Behav Neurosci*. 2016;16(2):191-206. doi:10.3758/s13415-015-0399-7
16. Casartelli L, Molteni M, Ronconi L. So close yet so far: Motor anomalies impacting on social functioning in autism spectrum disorder. *Neurosci Biobehav Rev*. 2016;63:98-105. doi:10.1016/j.neubiorev.2016.02.001
17. Cook JL, Blakemore S-J, Press C. Atypical basic movement kinematics in autism spectrum conditions. *Brain J Neurol*. 2013;136(Pt 9):2816-2824. doi:10.1093/brain/awt208
18. Paquet A, Olliac B, Bouvard M-P, Golse B, Vaivre-Douret L. The Semiology of Motor Disorders in Autism Spectrum Disorders as Highlighted from a Standardized Neuro-Psychomotor Assessment. *Front Psychol*. 2016;7. doi:10.3389/fpsyg.2016.01292
19. Paquet A, Olliac B, Golse B, Vaivre-Douret L. Current knowledge on motor disorders in children with autism spectrum disorder (ASD). *Child Neuropsychol*. 2016;22(7):763-794. doi:10.1080/09297049.2015.1085501

20. Leighton J, Bird G, Charman T, Heyes C. Weak imitative performance is not due to a functional “mirroring” deficit in adults with Autism Spectrum Disorders. *Neuropsychologia*. 2008;46(4):1041-1049. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2007.11.013
21. Ramachandran VS, Oberman LM. Broken mirrors: a theory of autism. *Sci Am*. 2006;295(5):62-69. doi:10.1038/scientificamerican1106-62
22. Cattaneo L, Fabbri-Destro M, Boria S, et al. Impairment of actions chains in autism and its possible role in intention understanding. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2007;104(45):17825-17830. doi:10.1073/pnas.0706273104
23. Schilbach L. Towards a second-person neuropsychiatry. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2016;371(1686):20150081. doi:10.1098/rstb.2015.0081
24. Chinello A, Di Gangi V, Valenza E. Persistent primary reflexes affect motor acts: Potential implications for autism spectrum disorder. *Res Dev Disabil*. 2018;83:287-295. doi:10.1016/j.ridd.2016.07.010
25. Setoh P, Marschik PB, Einspieler C, Esposito G. Autism spectrum disorder and early motor abnormalities: Connected or coincidental companions? *Res Dev Disabil*. 2017;60:13-15. doi:10.1016/j.ridd.2016.11.001
26. Bo J, Lee C-M, Colbert A, Shen B. Do children with autism spectrum disorders have motor learning difficulties? *Res Autism Spectr Disord*. 2016;23:50-62. doi:10.1016/j.rasd.2015.12.001
27. 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. doi:10.1016/j.ridd.2017.10.025
28. Fournier KA, Hass CJ, Naik SK, Lodha N, Cauraugh JH. Motor Coordination in Autism Spectrum Disorders: A Synthesis and Meta-Analysis. *J Autism Dev Disord*. 2010;40(10):1227-1240. doi:10.1007/s10803-010-0981-3
29. Downey R, Rapport MJ. Motor Activity in Children With Autism: A Review of Current Literature. *Pediatr Phys Ther*. 2012;24(1):2-20. doi:10.1097/PEP.0b013e31823db95f
30. Biffi E, Costantini C, Ceccarelli SB, et al. Gait Pattern and Motor Performance During Discrete Gait Perturbation in Children With Autism Spectrum Disorders. *Front Psychol*. 2018;9:2530. doi:10.3389/fpsyg.2018.02530
31. Eggleston JD, Harry JR, Dufek JS. Lower extremity joint stiffness during walking distinguishes children with and without autism. *Hum Mov Sci*. 2018;62:25-33. doi:10.1016/j.humov.2018.09.003
32. Shetreat-Klein M, Shinnar S, Rapin I. Abnormalities of joint mobility and gait in children with autism spectrum disorders. *Brain Dev*. 2014;36(2):91-96. doi:10.1016/j.braindev.2012.02.005
33. Eggleston JD, Harry JR, Hickman RA, Dufek JS. Analysis of gait symmetry during over-ground walking in children with autism spectrum disorder. *Gait Posture*. 2017;55:162-166. doi:10.1016/j.gaitpost.2017.04.026
34. Kindregan D, Gallagher L, Gormley J. Gait Deviations in Children with Autism Spectrum Disorders: A Review. *Autism Research and Treatment*. doi:10.1155/2015/741480
35. Hasan CZC, Jailani R, Md Tahir N, Ilias S. The analysis of three-dimensional ground reaction forces during gait in children with autism spectrum disorders. *Res Dev Disabil*. 2017;66:55-63. doi:10.1016/j.ridd.2017.02.015
36. Eggleston JD, Landers MR, Bates BT, Nagelhout E, Dufek JS. Weighted Walking Influences Lower Extremity Coordination in Children on the Autism Spectrum. *Percept Mot Skills*. 2018;125(6):1103-1122. doi:10.1177/0031512518803178
37. Manicolo O, Brotzmann M, Hagmann-von Arx P, Grob A, Weber P. Gait in children with infantile/atypical autism: Age-dependent decrease in gait variability and associations with motor skills. *Eur J Paediatr Neurol EJPJN Off J Eur Paediatr Neurol Soc*. 2019;23(1):117-125. doi:10.1016/j.ejpn.2018.09.011
38. Arik A, Aksoy C, Aysev A, Akçakin M. Lower-extremity rotational profile and toe-walking in preschool children with autism spectrum disorder. *J Pediatr Orthop Part B*. 2018;27(6):530-534. doi:10.1097/BPB.0000000000000519
39. Bishop SL, Thurm A, Farmer C, Lord C. Autism Spectrum Disorder, Intellectual Disability, and Delayed Walking. *Pediatrics*. 2016;137(3):e20152959. doi:10.1542/peds.2015-2959

40. Fournier KA, Amano S, Radonovich KJ, Bleser TM, Hass CJ. Decreased dynamical complexity during quiet stance in children with autism spectrum disorders. *Gait Posture*. 2014;39(1):420-423. doi:10.1016/j.gaitpost.2013.08.016
41. Stins JF, Emck C, de Vries EM, Doop S, Beek PJ. Attentional and sensory contributions to postural sway in children with autism spectrum disorder. *Gait Posture*. 2015;42(2):199-203. doi:10.1016/j.gaitpost.2015.05.010
42. Chen F-C, Tsai C-L. A light fingertip touch reduces postural sway in children with autism spectrum disorders. *Gait Posture*. 2016;43:137-140. doi:10.1016/j.gaitpost.2015.09.012
43. Travers BG, Mason AH, Mrotek LA, et al. Biofeedback-Based, Videogame Balance Training in Autism. *J Autism Dev Disord*. 2018;48(1):163-175. doi:10.1007/s10803-017-3310-2
44. Serdarevic F, Ghassabian A, van Batenburg-Eddes T, et al. Infant muscle tone and childhood autistic traits: A longitudinal study in the general population. *Autism Res Off J Int Soc Autism Res*. 2017;10(5):757-768. doi:10.1002/aur.1739
45. Supekar K, Menon V. Sex differences in structural organization of motor systems and their dissociable links with repetitive/restricted behaviors in children with autism. *Mol Autism*. 2015;6:50. doi:10.1186/s13229-015-0042-z
46. Troyb E, Knoch K, Herlihy L, et al. Restricted and Repetitive Behaviors as Predictors of Outcome in Autism Spectrum Disorders. *J Autism Dev Disord*. 2016;46(4):1282-1296. doi:10.1007/s10803-015-2668-2
47. Uljarević M, Hedley D, Alvares GA, Varcin KJ, Whitehouse AJO. Relationship between early motor milestones and severity of restricted and repetitive behaviors in children and adolescents with autism spectrum disorder. *Autism Res*. 2017;10(6):1163-1168. doi:10.1002/aur.1763
48. Casellato C, Gandolla M, Crippa A, Pedrocchi A. Robotic set-up to quantify hand-eye behavior in motor execution and learning of children with autism spectrum disorder. *IEEE Int Conf Rehabil Robot Proc*. 2017;2017:953-958. doi:10.1109/ICORR.2017.8009372
49. Pusponogoro HD, Efar P, Soedjatmiko, et al. Gross Motor Profile and Its Association with Socialization Skills in Children with Autism Spectrum Disorders. *Pediatr Neonatol*. 2016;57(6):501-507. doi:10.1016/j.pedneo.2016.02.004
50. Øien RA, Schjølberg S, Volkmar FR, et al. Clinical Features of Children With Autism Who Passed 18-Month Screening. *Pediatrics*. 2018;141(6). doi:10.1542/peds.2017-3596
51. Hellendoorn A, Wijnroks L, van Daalen E, Dietz C, Buitelaar JK, Leseman P. Motor functioning, exploration, visuospatial cognition and language development in preschool children with autism. *Res Dev Disabil*. 2015;39:32-42. doi:10.1016/j.ridd.2014.12.033
52. Manwaring SS, Mead DL, Swineford L, Thurm A. Modelling gesture use and early language development in autism spectrum disorder. *Int J Lang Commun Disord*. 2017;52(5):637-651. doi:10.1111/1460-6984.12308
53. Wang Z, Magnon GC, White SP, Greene RK, Vaillancourt DE, Mosconi MW. Individuals with autism spectrum disorder show abnormalities during initial and subsequent phases of precision gripping. *J Neurophysiol*. 2015;113(7):1989-2001. doi:10.1152/jn.00661.2014
54. Morimoto C, Hida E, Shima K, Okamura H. Temporal Processing Instability with Millisecond Accuracy is a Cardinal Feature of Sensorimotor Impairments in Autism Spectrum Disorder: Analysis Using the Synchronized Finger-Tapping Task. *J Autism Dev Disord*. 2018;48(2):351-360. doi:10.1007/s10803-017-3334-7
55. Kawasaki M, Kitajo K, Fukao K, Murai T, Yamaguchi Y, Funabiki Y. Frontal theta activation during motor synchronization in autism. *Sci Rep*. 2017;7(1). doi:10.1038/s41598-017-14508-4
56. Kaur M, Srinivasan SM, Bhat AN. Atypical object exploration in infants at-risk for autism during the first year of life. *Front Psychol*. 2015;6. doi:10.3389/fpsyg.2015.00798
57. MacDonald M, Hatfield B, Twardzik E. Child Behaviors of Young Children With Autism Spectrum Disorder Across Play Settings. *Adapt Phys Act Q APAQ*. 2017;34(1):19-32. doi:10.1123/APAQ.2016-0028
58. Jacques C, Courchesne V, Meilleur A-AS, et al. What interests young autistic children? An exploratory study of object exploration and repetitive behavior. *PLoS One*. 2018;13(12):e0209251. doi:10.1371/journal.pone.0209251

59. Sacrey L-AR, Zwaigenbaum L, Bryson S, Brian J, Smith IM. The reach-to-grasp movement in infants later diagnosed with autism spectrum disorder: a high-risk sibling cohort study. *J Neurodev Disord.* 2018;10(1):41. doi:10.1186/s11689-018-9259-4
60. Fukui T, Sano M, Tanaka A, et al. Older Adolescents and Young Adults With Autism Spectrum Disorder Have Difficulty Chaining Motor Acts When Performing Prehension Movements Compared to Typically Developing Peers. *Front Hum Neurosci.* 2018;12:430. doi:10.3389/fnhum.2018.00430
61. Landa RJ, Haworth JL, Nebel MB. Ready, Set, Go! Low Anticipatory Response during a Dyadic Task in Infants at High Familial Risk for Autism. *Front Psychol.* 2016;7:721. doi:10.3389/fpsyg.2016.00721
62. Cavallo A, Romeo L, Ansuini C, et al. Prospective motor control obeys to idiosyncratic strategies in autism. *Sci Rep.* 2018;8(1):1-9. doi:10.1038/s41598-018-31479-2
63. Libertus K, Sheperd KA, Ross SW, Landa RJ. Limited fine motor and grasping skills in 6-month-old infants at high risk for autism. *Child Dev.* 2014;85(6):2218-2231. doi:10.1111/cdev.12262
64. Marshall J, Hill RJ, Ware RS, Ziviani J, Dodrill P. Clinical Characteristics of 2 Groups of Children With Feeding Difficulties. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2016;62(1):161-168. doi:10.1097/MPG.0000000000000914
65. Sarnat H, Samuel E, Ashkenazi-Alfasi N, Peretz B. Oral Health Characteristics of Preschool Children with Autistic Syndrome Disorder. *J Clin Pediatr Dent.* 2016;40(1):21-25. doi:10.17796/1053-4628-40.1.21
66. Dalton JC, Crais ER, Velleman SL. Joint attention and oromotor abilities in young children with and without autism spectrum disorder. *J Commun Disord.* 2017;69:27-43. doi:10.1016/j.jcomdis.2017.06.002
67. Martin KB, Hammal Z, Ren G, et al. Objective measurement of head movement differences in children with and without autism spectrum disorder. *Mol Autism.* 2018;9:14. doi:10.1186/s13229-018-0198-4
68. Torres EB, Denisova K. Motor noise is rich signal in autism research and pharmacological treatments. *Sci Rep.* 2016;6:37422. doi:10.1038/srep37422
69. Hasegawa C, Ikeda T, Yoshimura Y, et al. Mu rhythm suppression reflects mother-child face-to-face interactions: a pilot study with simultaneous MEG recording. *Sci Rep.* 2016;6:34977. doi:10.1038/srep34977
70. Bremer E, Cairney J. The Interrelationship Between Motor Coordination and Adaptive Behavior in Children With Autism Spectrum Disorder. *Front Psychol.* 2018;9:2350. doi:10.3389/fpsyg.2018.02350
71. Pillai AS, McAuliffe D, Lakshmanan BM, Mostofsky SH, Crone NE, Ewen JB. Altered task-related modulation of long-range connectivity in children with autism. *Autism Res Off J Int Soc Autism Res.* 2018;11(2):245-257. doi:10.1002/aur.1858
72. Marko MK, Crocetti D, Hulst T, Donchin O, Shadmehr R, Mostofsky SH. Behavioural and neural basis of anomalous motor learning in children with autism. *Brain.* 2015;138(3):784-797. doi:10.1093/brain/awu394
73. Srinivasan SM, Bhat AN. Differences in object sharing between infants at risk for autism and typically developing infants from 9 to 15 months of age. *Infant Behav Dev.* 2016;42:128-141. doi:10.1016/j.infbeh.2015.12.003
74. de Marchena A, Kim ES, Bagdasarov A, et al. Atypicalities of Gesture Form and Function in Autistic Adults. *J Autism Dev Disord.* 2019;49(4):1438-1454. doi:10.1007/s10803-018-3829-x
75. Xavier J, Guedjou H, Anzalone SM, et al. Toward a motor signature in autism: Studies from human-machine interaction. *L'Encephale.* 2019;45(2):182-187. doi:10.1016/j.encep.2018.08.002
76. Curioni A, Minio-Paluello I, Sacheli LM, Candidi M, Aglioti SM. Autistic traits affect interpersonal motor coordination by modulating strategic use of role-based behavior. *Mol Autism.* 2017;8(1). doi:10.1186/s13229-017-0141-0
77. Chetcuti L, Hudry K, Grant M, Vivanti G. Object-directed imitation in autism spectrum disorder is differentially influenced by motoric task complexity, but not social contextual cues. *Autism Int J Res Pract.* November 2017:1362361317734063. doi:10.1177/1362361317734063
78. Wadsworth HM, Maximo JO, Donnelly RJ, Kana RK. Action simulation and mirroring in children with autism spectrum disorders. *Behav Brain Res.* 2018;341:1-8. doi:10.1016/j.bbr.2017.12.012

79. Wadsworth HM, Maximo JO, Lemelman AR, et al. The Action Imitation network and motor imitation in children and adolescents with autism. *Neuroscience*. 2017;343:147-156. doi:10.1016/j.neuroscience.2016.12.001
80. Fitzpatrick P, Frazier JA, Cochran DM, Mitchell T, Coleman C, Schmidt RC. Impairments of Social Motor Synchrony Evident in Autism Spectrum Disorder. *Front Psychol*. 2016;7:1323. doi:10.3389/fpsyg.2016.01323
81. Cheng M, Kato M, Tseng C-H. Gender and autistic traits modulate implicit motor synchrony. *PLoS One*. 2017;12(9):e0184083. doi:10.1371/journal.pone.0184083
82. Fitzpatrick P, Romero V, Amaral JL, et al. Social Motor Synchronization: Insights for Understanding Social Behavior in Autism. *J Autism Dev Disord*. 2017;47(7):2092-2107. doi:10.1007/s10803-017-3124-2
83. Deschrijver E, Wiersma JR, Brass M. Disentangling Neural Sources of the Motor Interference Effect in High Functioning Autism: An EEG-Study. *J Autism Dev Disord*. 2017;47(3):690-700. doi:10.1007/s10803-016-2991-2
84. Pineda R, Melchior K, Oberle S, Inder T, Rogers C. Assessment of Autism Symptoms During the Neonatal Period: Is There Early Evidence of Autism Risk? *Am J Occup Ther Off Publ Am Occup Ther Assoc*. 2015;69(4):6904220010p1-11. doi:10.5014/ajot.2015.015925
85. Zappella M, Einspieler C, Bartl-Pokorny KD, et al. What do home videos tell us about early motor and socio-communicative behaviours in children with autistic features during the second year of life--An exploratory study. *Early Hum Dev*. 2015;91(10):569-575. doi:10.1016/j.earlhumdev.2015.07.006
86. Barbeau EB, Meilleur A-AS, Zeffiro TA, Mottron L. Comparing Motor Skills in Autism Spectrum Individuals With and Without Speech Delay. *Autism Res Off J Int Soc Autism Res*. 2015;8(6):682-693. doi:10.1002/aur.1483
87. Conson M, Hamilton A, De Bellis F, et al. Body Constraints on Motor Simulation in Autism Spectrum Disorders. *J Autism Dev Disord*. 2016;46(3):1051-1060. doi:10.1007/s10803-015-2652-x
88. Fleva E, Khan A. An examination of the leftward cradling bias among typically developing adults high on autistic traits. *Laterality*. 2015;20(6):711-722. doi:10.1080/1357650X.2015.1046881
89. Goodwin MS, Haghghi M, Tang Q, Akcakaya M, Erdogmus D, Intille S. Moving Towards a Real-time System for Automatically Recognizing Stereotypical Motor Movements in Individuals on the Autism Spectrum Using Wireless Accelerometry. In: *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*. UbiComp '14. New York, NY, USA: ACM; 2014:861-872. doi:10.1145/2632048.2632096
90. Mohammadian Rad N, van Laarhoven T, Furlanello C, Marchiori E. Novelty Detection using Deep Normative Modeling for IMU-Based Abnormal Movement Monitoring in Parkinson's Disease and Autism Spectrum Disorders. *Sensors*. 2018;18(10). doi:10.3390/s18103533
91. Mohammadian Rad N, Kia SM, Zarbo C, et al. Deep learning for automatic stereotypical motor movement detection using wearable sensors in autism spectrum disorders. *Signal Process*. 2018;144:180-191. doi:10.1016/j.sigpro.2017.10.011
92. Großkathöfer U, Manyakov NV, Mihajlović V, et al. Automated Detection of Stereotypical Motor Movements in Autism Spectrum Disorder Using Recurrence Quantification Analysis. *Front Neuroinformatics*. 2017;11. doi:10.3389/fninf.2017.00009
93. Sadouk L, Gadi T, Essoufi EH. A Novel Deep Learning Approach for Recognizing Stereotypical Motor Movements within and across Subjects on the Autism Spectrum Disorder. *Comput Intell Neurosci*. 2018;2018:7186762. doi:10.1155/2018/7186762
94. Gourbail L. Haute Autorité de santé - Prise en charge des troubles du spectre autistique, argumentaire. 2018:257.
95. Wilson RB, McCracken JT, Rinehart NJ, Jeste SS. What's missing in autism spectrum disorder motor assessments? *J Neurodev Disord*. 2018;10(1):33. doi:10.1186/s11689-018-9257-6
96. Arabameri E, Sotoodeh MS. Early developmental delay in children with autism: A study from a developing country. *Infant Behav Dev*. 2015;39:118-123. doi:10.1016/j.infbeh.2015.02.017
97. Crippa A, Salvatore C, Perego P, et al. Use of Machine Learning to Identify Children with Autism and Their Motor Abnormalities. *J Autism Dev Disord*. 2015;45(7):2146-2156. doi:10.1007/s10803-015-2379-8

98. Nygren G, Sandberg E, Gillstedt F, Ekeröth G, Arvidsson T, Gillberg C. A new screening programme for autism in a general population of Swedish toddlers. *Res Dev Disabil.* 2012;33(4):1200-1210. doi:10.1016/j.ridd.2012.02.018
99. Hadders-Algra M. Early human brain development: Starring the subplate. *Neurosci Biobehav Rev.* 2018;92:276-290. doi:10.1016/j.neubiorev.2018.06.017
100. Subramanian K, Brandenburg C, Orsati F, Soghomonian J-J, Hussman JP, Blatt GJ. Basal ganglia and autism - a translational perspective. *Autism Res Off J Int Soc Autism Res.* 2017;10(11):1751-1775. doi:10.1002/aur.1837
101. Marrus N, Eggebrecht AT, Todorov A, et al. Walking, Gross Motor Development, and Brain Functional Connectivity in Infants and Toddlers. *Cereb Cortex N Y N 1991.* 2018;28(2):750-763. doi:10.1093/cercor/bhx313
102. Holiga Š, Hipp JF, Chatham CH, et al. Patients with autism spectrum disorders display reproducible functional connectivity alterations. *Sci Transl Med.* 2019;11(481). doi:10.1126/scitranslmed.aat9223
103. Weston CSE. Four Social Brain Regions, Their Dysfunctions, and Sequelae, Extensively Explain Autism Spectrum Disorder Symptomatology. *Brain Sci.* 2019;9(6):130. doi:10.3390/brainsci9060130
104. Oldehinkel M, Mennes M, Marquand A, et al. Altered Connectivity Between Cerebellum, Visual, and Sensory-Motor Networks in Autism Spectrum Disorder: Results from the EU-AIMS Longitudinal European Autism Project. *Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging.* 2019;4(3):260-270. doi:10.1016/j.bpsc.2018.11.010
105. Maximo JO, Kana RK. Aberrant “deep connectivity” in autism: A cortico-subcortical functional connectivity magnetic resonance imaging study. *Autism Res Off J Int Soc Autism Res.* 2019;12(3):384-400. doi:10.1002/aur.2058
106. Floris DL, Howells H. Atypical structural and functional motor networks in autism. *Prog Brain Res.* 2018;238:207-248. doi:10.1016/bs.pbr.2018.06.010
107. Floris DL, Barber AD, Nebel MB, et al. Atypical lateralization of motor circuit functional connectivity in children with autism is associated with motor deficits. *Mol Autism.* 2016;7:35. doi:10.1186/s13229-016-0096-6
108. Emerson RW, Adams C, Nishino T, et al. Functional neuroimaging of high-risk 6-month-old infants predicts a diagnosis of autism at 24 months of age. *Sci Transl Med.* 2017;9(393). doi:10.1126/scitranslmed.aag2882
109. Buja A, Volfovsky N, Krieger AM, et al. Damaging de novo mutations diminish motor skills in children on the autism spectrum. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2018;115(8):E1859-E1866. doi:10.1073/pnas.1715427115
110. Bishop SL, Farmer C, Bal V, et al. Identification of Developmental and Behavioral Markers Associated With Genetic Abnormalities in Autism Spectrum Disorder. *Am J Psychiatry.* 2017;174(6):576-585. doi:10.1176/appi.ajp.2017.16101115
111. Trevarthen C, Delafield-Butt JT. Autism as a developmental disorder in intentional movement and affective engagement. *Front Integr Neurosci.* 2013;7:49. doi:10.3389/fnint.2013.00049
112. Libertus K, Hauf P. Editorial: Motor Skills and Their Foundational Role for Perceptual, Social, and Cognitive Development. *Front Psychol.* 2017;8. doi:10.3389/fpsyg.2017.00301
113. Di Cesare G, Sparaci L, Pelosi A, et al. Differences in Action Style Recognition in Children with Autism Spectrum Disorders. *Front Psychol.* 2017;8. doi:10.3389/fpsyg.2017.01456
114. de Guzman M, Bird G, Banissy MJ, Catmur C. Self-other control processes in social cognition: from imitation to empathy. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2016;371(1686):20150079. doi:10.1098/rstb.2015.0079
115. Garrido D, Petrova D, Watson LR, Garcia-Retamero R, Carballo G. Language and motor skills in siblings of children with autism spectrum disorder: A meta-analytic review: Language and motor skills in high risk siblings. *Autism Res.* 2017;10(11):1737-1750. doi:10.1002/aur.1829
116. Leonard HC, Bedford R, Pickles A, Hill EL. Predicting the rate of language development from early motor skills in at-risk infants who develop autism spectrum disorder. *Res Autism Spectr Disord.* 2015;13-14:15-24. doi:10.1016/j.rasd.2014.12.012
117. Samad MD, Diawara N, Bobzien JL, Harrington JW, Witherow MA, Iftekharuddin KM. A Feasibility Study of Autism Behavioral Markers in Spontaneous Facial, Visual, and Hand Movement Response Data. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng Publ IEEE Eng Med Biol Soc.* 2018;26(2):353-361. doi:10.1109/TNSRE.2017.2768482

118. Harris SR. Early motor delays as diagnostic clues in autism spectrum disorder. *Eur J Pediatr.* 2017;176(9):1259-1262. doi:10.1007/s00431-017-2951-7
119. De Jaegher H. Embodiment and sense-making in autism. *Front Integr Neurosci.* 2013;7. doi:10.3389/fnint.2013.00015
120. Grohmann TDA. A Phenomenological Account of Sensorimotor Difficulties in Autism: Intentionality, Movement, and Proprioception. *Psychopathology.* 2017;50(6):408-415. doi:10.1159/000481949
121. Zwaigenbaum L, Bauman ML, Fein D, et al. Early Screening of Autism Spectrum Disorder: Recommendations for Practice and Research. *PEDIATRICS.* 2015;136(Supplement):S41-S59. doi:10.1542/peds.2014-3667D
122. Zwaigenbaum L, Bryson S, Garon N. Early identification of autism spectrum disorders. *Behav Brain Res.* 2013;251:133-146. doi:10.1016/j.bbr.2013.04.004
123. Yirmiya N, Charman T. The prodrome of autism: early behavioral and biological signs, regression, peri- and post-natal development and genetics: Autism prodrome. *J Child Psychol Psychiatry.* 2010;51(4):432-458. doi:10.1111/j.1469-7610.2010.02214.x
124. Magán-Maganto M, Bejarano-Martín Á, Fernández-Alvarez C, et al. Early Detection and Intervention of ASD: A European Overview. *Brain Sci.* 2017;7(12):159. doi:10.3390/brainsci7120159
125. Dietz C, Swinkels SHN, van Daalen E, van Engeland H, Buitelaar JK. Parental compliance after screening social development in toddlers. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2007;161(4):363-368. doi:10.1001/archpedi.161.4.363
126. Guevara JP, Gerdes M, Localio R, et al. Effectiveness of developmental screening in an urban setting. *Pediatrics.* 2013;131(1):30-37. doi:10.1542/peds.2012-0765
127. Siu AL, and the US Preventive Services Task Force (USPSTF), Bibbins-Domingo K, et al. Screening for Autism Spectrum Disorder in Young Children: US Preventive Services Task Force Recommendation Statement. *JAMA.* 2016;315(7):691. doi:10.1001/jama.2016.0018
128. Ozonoff DS. A Prospective Study of the Emergence of Early Behavioral Signs of Autism. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2010 March 49(3) 256-66e1-2 NI. 2010:18.
129. Nickel LR, Thatcher AR, Keller F, Wozniak RH, Iverson JM. Posture Development in Infants at Heightened versus Low Risk for Autism Spectrum Disorders. *Infancy.* 2013;18(5):639-661. doi:10.1111/infa.12025
130. Esposito G, Venuti P, Apicella F, Muratori F. Analysis of unsupported gait in toddlers with autism. *Brain Dev.* 2011;33(5):367-373. doi:10.1016/j.braindev.2010.07.006
131. Flanagan JE, Landa R, Bhat A, Bauman M. Head Lag in Infants at Risk for Autism: A Preliminary Study. *Am J Occup Ther.* 2012;66(5):577-585. doi:10.5014/ajot.2012.004192
132. Einspieler C, Prechtel HFR. Prechtel's assessment of general movements: A diagnostic tool for the functional assessment of the young nervous system. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev.* 2005;11(1):61-67. doi:10.1002/mrdd.20051
133. Einspieler C, Sigafoos J, Bartl-Pokorny KD, Landa R, Marschik PB, Bölte S. Highlighting the first 5 months of life: General movements in infants later diagnosed with autism spectrum disorder or Rett syndrome. *Res Autism Spectr Disord.* 2014;8(3):286-291. doi:10.1016/j.rasd.2013.12.013
134. Hayes SJ, Andrew M, Foster NC, Elliott D, Gowen E, Bennett SJ. Sensorimotor learning and associated visual perception are intact but unrelated in autism spectrum disorder: Sensorimotor Learning in Autism. *Autism Res.* 2018;11(2):296-304. doi:10.1002/aur.1882
135. Klin A, Lin DJ, Gorrindo P, Ramsay G, Jones W. Two-year-olds with autism orient to non-social contingencies rather than biological motion. *Nature.* 2009;459(7244):257-261. doi:10.1038/nature07868
136. Case-Smith J, Weaver LL, Fristad MA. A systematic review of sensory processing interventions for children with autism spectrum disorders. *Autism.* 2015;19(2):133-148. doi:10.1177/1362361313517762
137. Schaaf RC, Dumont RL, Arbesman M, May-Benson TA. Efficacy of Occupational Therapy Using Ayres Sensory Integration[®]: A Systematic Review. *Am J Occup Ther.* 2017;72(1):7201190010p1. doi:10.5014/ajot.2018.028431

138. Baranek GT. Efficacy of sensory and motor interventions for children with autism. *J Autism Dev Disord.* 2002;32(5):397-422.
139. Berger KA. Praxis and autism: the psychomotor regulation sensory processing dimension—a report from the field. *Front Integr Neurosci.* 2013;6. doi:10.3389/fnint.2012.00129
140. Geber M. Problèmes posés par le développement du jeune enfant africain en fonction de son milieu social. *Trav Hum.* 1960;23(1/2):97-111.
141. Geber M, Dean RF. Gesell tests on African children. *Pediatrics.* 1957;20(6):1055-1065.
142. Geber M, Dean RF. The state of development of newborn African children. *Lancet Lond Engl.* 1957;272(6981):1216-1219. doi:10.1016/s0140-6736(57)91789-0
143. Geber M, Dean RFA. Psychomotor development in African children: the effects of social class and the need for improved tests. *Bull World Health Organ.* 1958;18(3):471-476.
144. Crafa D, Warfa N. Maternal migration and autism risk: systematic analysis. *Int Rev Psychiatry Abingdon Engl.* 2015;27(1):64-71. doi:10.3109/09540261.2014.995601
145. Mahajnah M, Sharkia R, Shalabe H, Terkel-Dawer R, Akawi A, Zelnik N. Clinical Characteristics of Autism Spectrum Disorder in Israel: Impact of Ethnic and Social Diversities. *BioMed Res Int.* 2015;2015:1-7. doi:10.1155/2015/962093
146. Magnusson C, Rai D, Goodman A, et al. Migration and autism spectrum disorder: population-based study. *Br J Psychiatry J Ment Sci.* 2012;201:109-115. doi:10.1192/bjp.bp.111.095125
147. Murray MJ. Children of migrant parents may be at greater risk of low-functioning autism spectrum disorder, but lower risk of high-functioning autism spectrum disorder. *Evid Based Ment Health.* 2013;16(1):24. doi:10.1136/eb-2012-101025
148. Jelsma J, Ferguson G. Motor development in children living within resource poor areas of the Western Cape. *South Afr J Physiother.* 2007;63(2):35-40.
149. Davis JM, Finke EH. The Experience of Military Families with Children with Autism Spectrum Disorders During Relocation and Separation. *J Autism Dev Disord.* 2015;45(7):2019-2034. doi:10.1007/s10803-015-2364-2
150. Aina OF, Morakinyo O. Normative data on mental and motor development in Nigerian children. *West Afr J Med.* 2005;24(2):151-156.
151. Paine PA, Pasquali L. Is Motor Development Really More Advanced in Third World Infants? *Percept Mot Skills.* 1983;57(3):729-730. doi:10.2466/pms.1983.57.3.729
152. Sylla M, Sidibé T, Traoré B, Traoré I, Dicko-Traoré F, Keita M-M. Développement psychomoteur des nourrissons de 0 à 12 mois dans le district de Bamako. *J Pédiatrie Puériculture.* 2007;20(6):233-237. doi:10.1016/j.jpp.2007.08.005
153. Leiderman PH, Babu B, Kagia J, Kraemer HC, Leiderman GF. African Infant Precocity and Some Social Influences during the First Year. *Nature.* 1973;242(5395):247-249. doi:10.1038/242247a0
154. Palinkas LA, Horwitz SM, Green CA, Wisdom JP, Duan N, Hoagwood K. Purposeful sampling for qualitative data collection and analysis in mixed method implementation research. *Adm Policy Ment Health.* 2015;42(5):533-544. doi:10.1007/s10488-013-0528-y
155. Hermant G. La psychomotricité dans le monde. Origines, évolutions, actualités et perspectives. *Contraste.* 2008;N° 28-29(1):27-40.
156. Dey I. *Grounding Grounded Theory: Guidelines for Qualitative Inquiry.* Emerald Group Publishing Limited; 1999.
157. Charmaz K. *Constructing Grounded Theory: A Practical Guide Through Qualitative Analysis.* Pine Forge Press; 2006.
158. Clarke AE, Friese C, Washburn R. *Situational Analysis in Practice: Mapping Research with Grounded Theory.* Routledge; 2016.

159. Suzuki K, Takagai S, Tsujii M, Ito H, Nishimura T, Tsuchiya KJ. Sensory processing in children with autism spectrum disorder and the mental health of primary caregivers. *Brain Dev.* 2019;41(4):341-351. doi:10.1016/j.braindev.2018.11.005
160. Breton DL. *Anthropologie du corps et de la modernité*. Presses Universitaires de France; 2013. doi:10.3917/puf.lebre.2011.01
161. Avis J, L. Harris P. Belief-Desire Reasoning among Baka Children: Evidence for a Universal Conception of Mind. *Child Dev.* 2008;62:460-467. doi:10.1111/j.1467-8624.1991.tb01544.x
162. Liu D, Wellman HM, Tardif T, Sabbagh MA. Theory of mind development in Chinese children: A meta-analysis of false-belief understanding across cultures and languages. *Dev Psychol.* 2008;44(2):523-531. doi:10.1037/0012-1649.44.2.523
163. Kuwabara M, Smith LB. Cross-cultural differences in cognitive development: attention to relations and objects. *J Exp Child Psychol.* 2012;113(1):20-35. doi:10.1016/j.jecp.2012.04.009
164. Dasen P, Mishra R, Niraula S, Wassmann J. Développement du langage et de la cognition spatiale géocentrique. *Enfance.* 2006;Vol. 58(2):146-158.
165. Sabatier C. Contribution de la psychologie culturelle à la modélisation du développement. *Enfance.* 2014;2014(03):237-261. doi:10.4074/S0013754514003048
166. Miller JG, Kinsbourne M. Culture and Neuroscience in Developmental Psychology: Contributions and Challenges: Culture and Neuroscience in Developmental Psychology. *Child Dev Perspect.* 2012;6(1):35-41. doi:10.1111/j.1750-8606.2011.00188.x
167. Chen H, Wang J, Uddin LQ, et al. Aberrant functional connectivity of neural circuits associated with social and sensorimotor deficits in young children with autism spectrum disorder. *Autism Res Off J Int Soc Autism Res.* 2018;11(12):1643-1652. doi:10.1002/aur.2029
168. Mead M. The evocation of psychologically relevant responses in ethnological fieldwork. *Mak Psychol Anthropol.* 1978.
169. Bullinger A. *Le développement sensori-moteur de l'enfant et ses avatars*. ERES; 2007. doi:10.3917/eres.bulli.2007.01

Annexe 1

démarche

auteur	type d'étude	sujet/méthode	population	âge	résultats principaux
Biffi, Front. Psychol. 2018	prospective comparative	démarche observation	16 TD 15 ASD	moy 10 ans ASD 9,81 TD 10,01	Démarche enfants TSA : moment de flexion de cheville réduit, flexion hanche plus importante au contact initial et anterversion pelvienne plus importante. Après perturbation discrète démarche pic d'extension du genou présente différence significative et corrélée à sévérité des symptômes autistiques. 60% des paramètres montrent adaptation correcte après perturbation entre les deux groupes.
Manicolo, Eur J Paediatr Neurol 2019	étude de cohorte	démarche observation	ASD 32 controls 36	9,2 (3,8) 9,0 (3,8)	La variabilité de la marche chez les patients atteints d'autisme infantile/atypique est associée aux habiletés motrices. Les jalons moteurs avant la marche ne semblent pas être associés au développement ultérieur de la marche. La diminution de la variabilité de la marche semble dépendre de l'âge. Il y a une augmentation de la régularité de la démarche vers l'adolescence.
Eggleston, Percept motor skills 2018	prospective comparative	démarche observation	10 ASD	8-17 ans	le fait de marcher en portant ou en portant des objets lourds peut réduire le nombre de choix possibles de modèles moteurs et, par conséquent, diminuer la variabilité globale des modèles de mouvement des membres inférieurs.
Arik, J Pediatr Orthop B 2018	prospective	démarche observation	79 ASD	41 entre 2 et 6 ans 38 entre 7 et 16 ans 66 garçons, 13 filles	La torsion tibiale externe est la manifestation orthopédique cardinale et persistante chez les patients atteints de TSA. Faible corrélation avec score de gravité autisme. La marche sur les orteils est la deuxième manifestation la plus fréquente et constitue une caractéristique orthopédique indépendante chez ces patients.
Eggleston, Res Dev Disabil 2018	prospective	démarche (avec sac à dos)	8 ASD	11.6 ± 4.5 yrs old, 1.45 ± 0.25m, 55.3 ± 26.2 kg)	15 % de la masse corporelle du sac à dos n'affecte pas la symétrie de la démarche chez les enfants atteints de TSA.
Eggleston, Gait posture 2017	prospective	démarche (articulations)	10 ASD	5 à 12 ans 6m4f	Les enfants autistes présentent des asymétries uniques des articulations des membres inférieurs, asymétries qui sont également propres à chaque sujet.
Dufek, Med sci 2017	prospective comparative	démarche (vidéo, comparaison par paires)	10 ASD 10 TD	5 à 12 ans 14 m 6 f	les enfants atteints de TSA présentaient un grand nombre de différences significatives (p < 0,05) tout au long du cycle de la marche dans les positions de la hanche, du genou et de la cheville ainsi que dans les forces de réaction au sol verticales et antéro-postérieures. Les enfants atteints de TSA ont présenté des différences uniques tout au long du cycle de marche, ce qui corrobore la documentation actuelle sur l'hétérogénéité de la maladie.
Kindregan autism research and treatment 2015	revue	démarche observation	11 études		Les enfants atteints de TSA ont tendance à augmenter leur stabilité à la marche en réduisant la longueur des foulées, en augmentant la distance des pas, en élargissant la base du soutien et en augmentant la durée de la phase d'appui. Les enfants atteints de TSA ont une amplitude de mouvement réduite à la cheville et au genou pendant la marche, avec une flexion accrue de la hanche. Une diminution des moments de flexion maximale de la hanche et des moments de flexion plantaire de la cheville chez les enfants atteints de TSA peut impliquer une faiblesse autour de ces articulations, ce qui se traduit également par une réduction des forces de réaction au sol au niveau des orteils chez les enfants autistes. Les enfants atteints de TSA ont modifié leurs habitudes de marche par rapport aux sujets contrôlés : ils ont une base de soutien élargie et une amplitude de mouvement réduite.
Hasan, Res Dev disabil 2017	prospective	vidéo : démarche analyse 3D dimensional ground reaction forces	15 ASD vs. 25 TD	9.67 ± 2.06 9.50 ± 2.04	Les enfants atteints de TSA ont démontré une force de freinage maximale plus élevée, un temps relatif plus court jusqu'à la force de freinage maximum et un temps relatif plus court à zéro force pendant la position intermédiaire. Les enfants atteints de TSA avaient réduit le deuxième pic des forces de réaction au sol verticales en position terminale. Ces principaux résultats suggèrent que les enfants atteints de TSA éprouvent d'importantes difficultés à supporter leur poids corporel et à supporter l'instabilité de la démarche pendant la phase d'appui.
Shetreat-Klein, Brain Dev 2014	prospective comparative	démarche observation	38 ASD 38 TD	22 mois - 10 ans (moy 4 mois et 6 mois pour ASD et 4 ans et 8 mois pour TD)	Les enfants atteints de TSA présentaient une mobilité articulaire significativement plus grande (p<.002), plus d'anomalies de la démarche (p<.0001) et marchaient en moyenne 1,6 mois plus tard que leurs pairs non autistes.
Valagussa, Aut Res 2018	review	marche sur les orteils	10 articles		hétérogénéité des données qualitatives et des méthodes utilisées pour évaluer la marche sur les orteils chez les sujets atteints de TSA. Il n'existe pas non plus de test quantitatif structuré permettant d'évaluer la CFT pendant les tâches statiques (debout) et dynamiques (marche, course).
Eggleston, Hum Mov Sci 2018	prosp comparative	marche	9 ASD 9 TD	5-12 ans	Les résultats indiquent que les enfants atteints de TSA peuvent présenter une plus grande raideur avant le prébalancement, et par conséquent, produire des forces propulsives inefficaces pendant la marche. différences au dysfonctionnement du traitement sensoriel précédemment observé chez les enfants atteints de TSA.
Bishop, Pediatrics 2016	retrospective	marche	903 ASD 282 ASD		Bien que des scores de QI plus faibles aient été associés à des taux accrus de marche tardive dans les groupes atteints et non atteints de TSA, les enfants à faible QI étaient plus susceptibles de présenter un retard de marche en l'absence de TSA. Cela soulève la possibilité de voies étiologiques distinctes pour l'identification chez les enfants avec et sans TSA.

posture

Travers, J autism dev disord 2018	interventionnelle longitudinale	biofeedback balance	29 ASD	7-17 ans	Ces résultats suggèrent que l'entraînement de l'équilibre basé sur la rétroaction biologique est associé à une amélioration de l'équilibre chez les jeunes atteints de TSA, surtout chez ceux qui ont des comportements répétitifs moins graves et un meilleur équilibre initial. La formation a été perçue comme motivante, ce qui suggère son efficacité et sa probabilité d'utilisation.
Chen, Gait Posture 2016	prospective comparative	posture	16 ASD 16 TDC	11.041±1.275 10.966±1.166 years).	Les effets d'une légère pression du bout du doigt sur la réduction du balancement postural semblent plus efficaces chez les enfants atteints de TSA que chez ceux atteints de TDC. Ces résultats suggèrent qu'un léger toucher du bout du doigt peut être d'une importance clinique et pratique et constitue un moyen utile d'améliorer la stabilité posturale des enfants atteints de TSA.
Stins, Gait posture 2015	prospective comparative	posture	9 ASD 9 TD	10.8+1,2 10.8+1,2	Les effets posturaux reflètent un couplage plus étroit entre les ajustements de la vision et de la motricité chez les TSA que chez les témoins, ce qui est conforme aux récentes suggestions d'une plus grande confiance en la vision chez ce groupe.
Fournier, gait posture 2014	prospective comparative	posture	16 ASD 17 TD	5,5+1,1 6,2+1,2	contrôle moins complexe de la posture, sur plusieurs échelles de temps, en position tranquille. Ces résultats suggèrent un contrôle plus régulier ou restreint de la posture et peuvent constituer une première étape pour établir un lien entre l'instabilité posturale, les comportements stéréotypés et la neurobiologie des TSA.

tonus

Serdarevic, Autism Rs. 2017	étude longitudinale en population générale	tonus	2905 enfants	examen neurodev a 2 et 5 mois puis évaluation à 6 ans	Cette vaste étude a montré une association possible entre le tonus musculaire (hypotonie) du nourrisson et des traits autistiques chez l'enfant. Association modeste, pas d'association avec hypertonie.
-----------------------------	--	-------	--------------	---	--

motricité fine

Kawasaki, Sci Rep 2017	prospective	tapping task	TD(24)vs. ASD(24)	adultes	mesure EEG pendant cooperative tapping task (taper sur une touche en même temps qu'un programme pc constant, variable ou humain. ASD plus grande difficulté à synchroniser tapping que les autres et montrent activité plus importante -onde theta-6hz- en cortex frontal pendant la tâche, encore plus quand le comportement est irrégulier l'augmentation du signal est corrélée à la sévérité ASD pas performance à la tâche ccl : ASD usent plus de cognition pour s'adapter et se fatiguent, explique trouble adaptation et comportements répétés
Øien pediatrics 2018	prospective caractéristiques sociales et motrices des enfants qui ont passé MCHAT	social/communication motor skills	TN 67969 (m34502f33467) FN 228 (192m36f)	réévaluation jusqu'à 9 ans	Domaine de la motricité fine Les analyses ont révélé des effets significatifs du diagnostic (P < 0,001) et du sexe (P = 0,017), mais aucune interaction entre les facteurs (P = 0,152). Les enfants du groupe faussement négatif avaient, en général, des habiletés motrices fines moins développées que les enfants du groupe vraiment négatif (P < 0,001 ; d = 0,399[S]). Les filles étaient généralement moins avancées en motricité fine que les garçons (P < 0,001 ; d = 0,088[T]) peu importe le diagnostic. Domaine de la motricité globale Les analyses ont révélé des effets significatifs du diagnostic (P < 0,001) et du sexe (P < 0,001) et une interaction diagnostic-sexe (P < 0,001). Il y avait des différences entre les garçons faux-négatifs et vrais-négatifs au niveau de la motricité globale (P < 0,001 ; d = 0,267[S]) ainsi qu'entre les filles faux-négatifs et vrais-négatifs (P < .001 ; d = 1,06[L]). L'ampleur de l'effet était plus grande chez les filles. Les filles du groupe des faux négatifs avaient des scores inférieurs à ceux des garçons du groupe des faux négatifs (P = 0,001 ; d = 0,779[M]) et les filles vraiment négatives avaient des scores inférieurs à ceux des garçons vraiment négatifs (P = 0,005 ; d = 0,022[T]) ;
Manwaring, Int J Lang Commun Disord 2017	prosp	relationships between gesture, fine motor and language	110 ASD 87 (DD et TD)	12 à 48 mois	les gestes posés au moment 1 prédisaient des résultats langagiers réceptifs (mais non expressifs) ultérieurs sur le VABS-II, après avoir contrôlé la cognition non verbale, la gravité des TSA, l'âge et le langage au moment 1.
Wang, J neurophysiol 2015	prospective comparative	precision gripping	34 ASD 25 CT	8,77(2,64) 8,76(3,11)	Les mécanismes de contrôle moteur et de rétroaction sont compromis dans les prises précises chez les sujets TSA et ces déficits peuvent contribuer à la dyspraxie et aux anomalies sensorimotrices souvent observées dans ce trouble.
Morimoto, J Autism Dev Disord 2018	prospective comparative	synchronized finger tapping task	51 ASD 58 TD	10 à 19 ans	l'instabilité du traitement temporel avec une précision de l'ordre de la milliseconde est une
Hellendoorn, Res Dev Disabil 2015	prospective comparative	fine motor associé langage	63 ASD T1 46 ASD T2 269 Ddelay T1 121 DD TE	27 mois (SD 8,71) 45,85 mois (sd 7,16) 17,99 mois (sd 5,59) 43,51 mois (sd 3,81)	la motricité fine prédit le langage dans les deux groupes. Le fonctionnement de la motricité fine est lié à la cognition visuospatiale dans les deux groupes et lié à l'exploration de l'objet, à l'exploration spatiale et à l'orientation sociale pendant l'exploration uniquement dans le groupe TSA. La cognition visuospatiale et toutes les mesures d'exploration étaient liées au langage réceptif et expressif dans les deux groupes. Les résultats sont conformes à la théorie de la cognition incarnée, qui suggère que la cognition émerge des interactions corporelles d'un agent avec l'environnement et qu'elle est enracinée dans ces interactions.

gross motor skills

Pusponegoro, Pediatr Neonatol 2016	prospective comparative	gross motor skills (Vineland-II) socializations skills	40 ASD 40 TD	18 mois à 6 ans	Les enfants atteints de TSA présentaient des habiletés motrices globales inférieures à celles des enfants au développement normal. Des déficiences de la motricité globale ont été constatées chez 20 % des enfants atteints de TSA, et ces enfants avaient également des habiletés de socialisation plus faibles que ceux qui n'avaient pas de déficience de la motricité globale.
Kaur, 2018, Res.Dev.Disability			TD (12)vs.HASD(12) vs.LASD(12)	5 à 12 ans	fine et gross motor skills impacté par QI mais pas sévérité autisme praxis corrélé à sévérité autisme mais pas QI

extremités supérieures

Casellato, IEEE Int Conf Rehabil Robot 2017	proposition de pro	coordination motrice et eye movement	16 TD 1 ASD	8 à 10 ans	Chez enfants TSA apprentissage intact, mais retardé, et des schémas de regards-mains plus variables dans la séquence du champ de force. Dans les essais de prise, mouvements moins efficaces, mais une capacité intacte d'exploiter le plan a-priori disponible.
Cook, Brain 2013	prosp comparative	kinematics arm mouvement	14 ASD 15 TD	adultes	Les personnes atteintes d'autisme ont produit des mouvements sinusoidaux horizontaux des bras qui étaient plus saccadés que ceux des participants témoins, et qui se sont accélérés et accélérés plus rapidement. L'amplitude de ces atypies était significativement corrélée à la gravité de l'autisme, mesurée par l'ADOS, et à la perception biaisée du mouvement biologique.

mouvements répétitifs

Uljarevic, Aut Res 2017	retrospective	early motor milestones et comportements répétitifs	147 ASD	Age = 8.09 years, SD = 4.28, range, 2.08-17.8; 119 males	Un questionnaire sur les premières étapes du développement et l'échelle de réceptivité sociale comme mesure de l'insistance sur l'uniformité (SI) et les maniérismes répétitifs (MR). Deux analyses de régression hiérarchique ont été effectuées pour vérifier si les comportements de la RM et de la SI étaient prédits par des jalons moteurs précoces ou par la marche actuelle des ortheils. Le modèle final de prédiction de la RM représentait 15 % de la variance (F = 3,02, p = 0,009), la marche sur l'orteil étant un prédicteur unique et indépendant des scores RM (t = 3,568, p = 0,001). Le modèle final de prédiction du SI représentait 19,1 % de la variance des scores du SI (F = 4,045, p = 0,001), l'âge chronologique (AC) (t = 2,92, p = 0,004), l'âge au premier rang (t = 2,09, p = 0,038) et la marche au pied (t = 2,53, p = 0,013) étant des variables indépendantes uniques. La marche sur les ortheils (t = 2,4, p = 0,018) et l'âge à la première séance (t = 2,08, p = 0,04) permettaient de prévoir la gravité des comportements répétitifs dans le calendrier d'observation diagnostique de l'autisme (F = 2,334, p = 0,036).
Troyb, J autism dev disorder 2016	prospective	RRB predictifs d'outcome	40 ASD	1 à 10 ans	Cette étude a examiné l'effet des comportements répétitifs à l'âge de 1 à 2 ans et de 3 à 5 ans sur le fonctionnement cognitif, les capacités d'adaptation et la symptomatologie des TSA à l'âge de 8 à 10 ans chez 40 enfants autistes. Après un à deux ans, les ORR n'ont pas prédit un fonctionnement ultérieur. Cependant, à l'âge de 3 à 5 ans, des préoccupations plus importantes concernant des parties d'objets, des intérêts sensoriels et des mouvements moteurs stéréotypés prédisaient des habiletés cognitives et adaptatives moins développées et une gravité accrue des symptômes des TSA à 8-10 ans.
Supekar, mol autism 2015	prospective comparative	RRB sexe	25 ASD f 25 ASD m 19 TD f 19 TD m	7 à 13 ans	RÉSULTATS : Dans les ensembles de données NDAR et ABIDE, les filles, comparativement aux garçons, présentant des TSA, ont montré des comportements répétitifs/limités (RRB) moins graves et des déficits comparables dans les domaines social et des communications. Dans l'ensemble de données d'imagerie ABIDE, les modèles de matière grise (GM) dans le cortex moteur, la zone motrice supplémentaire (SMA), le cervelet, le gyrus fusiforme et l'amygdale discriminent précisément les filles et les garçons atteints de TSA. Ce modèle de différence entre les sexes était propre aux TSA puisque le GM dans ces régions du cerveau ne faisait pas de discrimination entre les filles et les garçons de la TD. De plus, la GM dans le cortex moteur, la SMA et la subdivision cruse 1 du cervelet était corrélée avec les mouvements répétitifs chez les filles alors que la GM dans le putamen droit - la région qui discriminait les filles et les garçons de la TD - était corrélée avec les mouvements répétitifs chez les garçons. CONCLUSIONS : preuves solides d'une réduction des taux de mouvements répétitifs chez les filles, comparativement aux garçons, atteints de TSA, ce qui fournit les preuves les plus solides à ce jour des différences entre les sexes dans une caractéristique phénotypique de base des TSA chez les enfants. Les différences de morphométrie cérébrale selon le sexe sont importantes dans le système moteur et dans les domaines qui composent le "cerveau social". Notamment, la gravité des mouvements répétitifs est associée aux différences de morphométrie des OGM selon le sexe dans des régions motrices distinctes.

exploration objet

MacDonald, Adapt phys activ Q 2017	prospective	salient behavior (exploration)	9 ASD 9 TD	62,1 mois(SD 16,8) (44-91) 51,9 mois(SD18,9) (30-94)	Les enfants atteints de TSA ont eu un rendement plus semblable à celui de leurs pairs non atteints de TSA dans un environnement de jeu social et moins semblable à celui de leurs pairs dans un environnement de jeu axé sur le comportement moteur.
Kaur, 2015, front.psychol	suivi longitudinal	tâche d'exploration objet	6-15 mois	16 HR 16 TD	Nos résultats ont montré des différences dans les schémas d'exploration basés sur l'objet qui s'étendaient à l'ensemble des deux groupes. Nous avons également remarqué des différences de groupes en fonction du contexte pour divers comportements exploratoires selon les objets et les âges. à 6 mois, les nourrissons à risque présentaient moins de prise sur la balle rigide, moins de mastication et un meilleur regard sur le hochet que les nourrissons TD. À 9 et 12 mois, les nourrissons à risque ont démontré des niveaux inférieurs de langage intentionnel de tous les objets et un regard plus attentif sur le hochet. Enfin, à 15 mois, les nourrissons à risque présentaient une enflure persistante de la balle rigide et du hochet comparativement aux nourrissons TD. De plus, 10 nourrissons à risque sur 16 ont présenté divers retards moteurs, sociaux et langagiers ou un diagnostic de TSA lors du suivi.

reach to grasp

auteur	type d'étude	sujet/méthode	population	âge	résultats principaux
Sacrey, J. Neurodev. Disord 2018	prospective comparative sur fratrie ASD	préhension	HR ASD 10 HR N 10 LR 10	inclusion 6 à 12 mois score 6,9,12,15,15,24,3 6 mois	les enfants à haut risque diagnostiqués plus tard TSA montrent une diminution de la performance motrice précoce.
Fukui, Front Hum Neurosci 2018	longitudinale comparative	préhension	ASD 12 TD 12	18.3 ± 2.1 19.1 ± 2.2 ado/jeune adulte	(1) les déficits de fluidité des mouvements et l'utilisation de la vision pour le contrôle moteur sont corrigés au moment où les personnes atteintes de TSA atteignent la fin de l'adolescence et (2) les adolescents plus âgés et les adultes atteints de TSA ont encore de la difficulté à enchaîner les actes moteurs.
Cavallo, Sci Rep 2018	prosp comparative	prospective motor control machine learning grasping	20 ASD 20 TD id. IQ	ASD 9,8+1,5 TD 9,5+1,5	Les résultats indiquent que les enfants autistes ont ajusté leur comportement pour tenir compte des actions ultérieures. Toutefois, la façon dont ils l'ont fait varie d'un individu à l'autre, ce qui donne à penser que les caractérisations antérieures de l'absence générale de stratégies de contrôle prospectives sont peut-être trop simplistes. Ces résultats établissent un lien entre les anomalies du contrôle anticipatif et une variabilité accrue et donnent un aperçu des difficultés que les personnes atteintes de TSA peuvent éprouver dans leurs interactions sociales.
Casellato, IEEE Int Conf Rehabil Robot 2017	proposition de pro	coordination motrice et eye movement	16 TD 1 ASD		les enfants atteints de TSA montre un apprentissage intact, mais retardé, et des schémas de regard-main plus variables. Dans les essais de prise, ils montrent des mouvements moins efficaces, mais une capacité intacte d'exploiter le plan a-priori disponible. Le protocole proposé représente un outil puissant, facilement adaptable, pour l'évaluation quantitative (longitudinale) et pour la formation sur mesure en matière de TSA.
Landa, Front psychol 2016	prospective	reach to grasp visual motor coupling : mouvement anticipatoire de l'arrivée de la balle	6 mois : 43LRvs66HR 14 mois : 33LRvs53HR		Les résultats ont montré que les nourrissons bas risque et les nourrissons haut risque avaient un comportement d'apparence approprié au contexte, avant et pendant la trajectoire de la balle vers eux. Cependant, les nourrissons HR étaient moins susceptibles que les nourrissons LR de présenter une réaction motrice anticipée appropriée au contexte à l'approche du ballon (bouger leur bras ou leur main pour intercepter le ballon). Cette constatation ne semble pas être motivée par des différences dans les habiletés motrices entre les groupes à risque à l'âge de 6 mois et a été étendue pour montrer une relation prédictive atypique entre le comportement anticipatif à 6 mois et la préférence pour l'observation du visage comparativement aux objets à 14 mois dans le groupe HR.
Libertus, child dev 2014					Dans les deux expériences, les nourrissons à risque élevé présentaient une manipulation d'objet moins mature dans un contexte très structuré (MSEL) et une activité de préhension réduite dans un contexte non structuré (jeu libre) que les nourrissons sans antécédents familiaux de TSA. Les évaluations longitudinales suggèrent qu'entre six et dix mois, l'activité de préhension augmente chez les nourrissons à risque élevé.

coordination motrice

Bremer, Front Psychol 2018	étude longitudinale MABC 2 VABS 2	coordination motrice	26 ASD	9,9 ans	problèmes de coordination motrice que connaissent les enfants atteints de TSA, en particulier ceux liés à la dextérité manuelle, sont liés au comportement quotidien des enfants autistes.
Pillai, Autism Res 2018	prosp comparative	praxis (étude anatomique, connectivité avec EEG)	25 ASD 33 TD	8-13 ans	le groupe TD a montré une diminution de la connectivité liée aux tâches. Les changements de connectivité fonctionnelle au cours de la pratique étaient dans la direction opposée dans le groupe des TSA. Ces résultats suggèrent un déficit fondamental de la modulation de la connectivité fonctionnelle liée aux tâches dans les TSA.
Marko, Brain 2015	prospective comparative	feedback sensoriel	20 ASD 20 TD	8-12 ans	Les schémas anormaux d'apprentissage moteur chez les enfants atteints de troubles du spectre autistique, montrant une sensibilité accrue à l'erreur proprioceptive et une sensibilité réduite à l'erreur visuelle, peuvent être associés à des anomalies dans le cervelet.

oralité

Dalton, J Commun Disord 2017		relation entre joint attention ability et oromotor imitation skill	10 ASD 6 TD 6 CAS(childhood apraxia of speech)	âges moyens 57 mois 45 mois 59 mois	Les enfants atteints de TSA verbaux dans cette étude avaient des difficultés avec les exigences sociales et cognitives de l'imitation oromotrice dans un environnement naturel qui exigeait un traitement intermodal des stimuli entrants dans une interaction interpersonnelle. De plus, l'attention conjointe et la pratique orale peuvent servir de composantes d'un important mécanisme de couplage dans le développement de la communication orale et, plus tard, dans le développement des habiletés socio-cognitives.
Sarnat, J clin pediatri dent 2016	prosp comparative	brushing teeth	47 ASD 44 TD	3,5 à 8 ans ASD 5,53(SD1,06) TD 5,63(sd0,43)	fonctionnent à la moitié du niveau des enfants normalement développés à leur âge chronologique, qu'ils ont plus de problèmes d'alimentation et des habitudes buccodentaires plus persistantes, mais aucune corrélation avec la santé dentaire n'a pu être établie. La carie chez les enfants autistes était moins fréquente que dans le groupe témoin, le maintien d'une bonne hygiène buccale est difficile pour les enfants autistes, mais leur santé gingivale s'est avérée bonne.
Marshall, J Pediatr Gastroenterol Nutr 2016	prosp comparative	oralité (alimentation)	33 ASD 35 CT	2 à 6 ans	Les caractéristiques des difficultés d'alimentation ont la même présentation dans les groupes TSA et contrôle

mouvements de la tête

Martin, mol autism 2018	prosp comparative	head movement vidéo, stimuli sociaux et non sociaux	21 ASD 21 TD	2,5-6,5 ans moy 4,71 SD 1,14 range 4,25	La dynamique du mouvement de la tête (déplacement et vitesse) était plus grande chez les enfants atteints de TSA que chez les enfants non atteints de TSA, ce qui a fourni une base quantitative aux rapports cliniques précédents. Les différences de mouvement de la tête étaient évidentes dans les mouvements latéraux (lacet et roulis) mais non dans les mouvements verticaux (tangage) et étaient spécifiques à une condition sociale plutôt que non sociale. Lorsqu'on leur a présenté des stimuli sociaux, les enfants atteints de TSA présentaient des niveaux plus élevés de mouvements de la tête et bougeaient leur tête plus rapidement que les enfants sans TSA. Les enfants atteints de TSA peuvent utiliser le mouvement de la tête pour moduler leur perception des scènes sociales.
Torres, Sci Rep 2016	retrospective	micro-mouvements analyse sur mouvements de tête lors d'IRM !	1048 au total: ASDvs CT plusieurs expériences		Nous trouvons un excès de bruit et un caractère aléatoire dans les cas de TSA, ce qui suggère un signal de moto-réaction incertain. Une loi de puissance décrivant une relation ordonnée entre la dispersion et la forme des fonctions de distribution de probabilités décrivant le mieux les propriétés stochastiques à l'étude par rapport au quotient intellectuel (scores de QI) est apparue. Dans le cas des TSA, les modèles délétères de bruit sont constamment exacerbés par la présence de diagnostics neuropsychiatriques secondaires (comorbidités), une intelligence verbale et de performance inférieure et la gravité de l'autisme. Il est important de noter que de tels schémas de TSA sont présents, que le participant prenne ou non des médicaments psychotropes.

gestes liés à la communication

auteur	type d'étude	sujet/méthode	population	âge	résultats principaux
Iverson, J. Speech Lang Hear Res 2018	2 études longitudinales	développement moteur et communication chez fratrie			Les progrès dans le développement de la communication et du langage sont soutenus par les progrès dans les habiletés motrices. Lorsque ces progrès sont ralentis et/ou que de nouvelles compétences ne sont pas consolidées et demeurent difficiles pour le nourrisson, le potentiel accru d'exploration offert par les nouvelles capacités et l'augmentation concomitante des possibilités d'apprentissage sont réduits.
Di Cesare, front psychol, 2017	prosp comparative	reconnaissance vitalité du mouvement par enfants autistes "rude""so so""gentle"	15 ASD 17 TD	8-12 ans	Bien qu'une expression subtile de vitalité puisse être facilement lisible pour un enfant au développement typique, ce n'est pas forcément le cas pour un enfant atteint de TSA.
Srinivasan, Infant Behav Dev 2016	prosp comparative	object sharing	16 HR 16 TD	9-15 mois	Le taux de partage d'objets avec les soignants est moins élevé chez les nourrissons à risque (marchant) en que chez les nourrissons typiques qui marchent. Plus précisément, les nourrissons à risque avaient des taux plus faibles de dons et d'approches envers les soignants que les nourrissons typiques. Les nourrissons à risque avaient également des taux plus faibles de pas vers des cibles appropriées à la tâche, c.-à-d. les soignants et les objets, comparativement aux nourrissons typiques. On n'a observé aucune différence dans le partage d'objets entre les groupes à l'âge de ramper.
de Marchena, J. Neurodev Disord 2019	prosp. Comp	signes non verbaux lors d'une conversation	21 ASD verbaux 21 TD	adultes	Les adultes autistes priorisent différentes fonctions des gestes de co-paroles. Plus précisément, ils ont davantage utilisé le geste que les contrôles pour faciliter la prise de virage conversationnelle, démontrant une nouvelle stratégie non verbale pour réguler la dynamique conversationnelle. Les adultes autistes étaient plus susceptibles de faire des gestes unilatéraux que bilatéraux, une caractéristique motrice du geste qui était individuellement associée aux symptômes de l'autisme.

imitation/synchronie

auteur	type d'étude	sujet/méthode	population	âge	résultats principaux
Xavier, Encéphale 2019	interventionnelle longitudinale	imitation (robot) synchronisation interpersonnelle coordination motrice contrôle moteur	29 ASD 39 TD 17 DCD		la signature motrice au niveau des groupes et des individus a eu une influence clé sur l'apprentissage de l'imitation, la reconnaissance de la posture et la reconnaissance de l'identité. À partir du paradigme de l'imitation motrice plus dynamique avec un avatar TW, nous avons constaté que la synchronisation interpersonnelle, la coordination motrice et le contrôle moteur étaient plus altérés chez les enfants atteints de TSA que chez les enfants TD et les enfants atteints de DDC. L'ensemble de ces résultats confirme que les particularités motrices des enfants atteints de TSA, malgré les tâches d'imitation, ont été adéquatement exécutées.
Wadsworth, Behav Brain res 2018	prosp comparative	imitation (IRMF)	15 ASD 15 TD	12 ans (moy) 9 à 15 8 à 17	1) les deux groupes ont eu un rendement égal pendant le traitement des actions transitives et intransitives ; 2) les deux tâches ont produit une activation dans le gyrus frontal inférieur bilatéral (IFG) et le lobe pariétal inférieur (IPL) dans les groupes TSA et TD ; 3) une activation accrue a été observée chez les enfants TSA, comparativement au TD, dans le gyrus prémoteur ventral gauche et temporel moyen droit pendant les actions intransitives et 4) la gravité des symptômes autistiques est en corrélation positive avec une activation dans les régions temporale gauche, centrale droite et pariétales, pariétales et prémotrices droite, pour tous les sujets. Dans l'ensemble, nos constatations donnent à penser que les régions qui font de la médiation en miroir recrutent peut-être plus de ressources cérébrales en TSA et peuvent avoir des répercussions sur la compréhension du mouvement social par la modélisation.
Chetcuti, Autism 2017	prosp comparative	imitation centrée sur l'objet	35 ASD 20 TD	24 à 71 mois	Les enfants atteints de troubles du spectre autistique imitaient moins bien la tâche à forte demande motrice que la tâche à faible demande motrice, tandis que la performance d'imitation chez les enfants au développement typique était équivalente dans les conditions de demande motrice faible et élevée. De plus, le rendement imitatif dans le groupe des troubles du spectre autistique n'était pas lié à la réciprocité sociale, quoique positivement associé à la coordination motrice fine. Ces résultats suggèrent que les difficultés d'imitation dirigée par l'objet dans le trouble du spectre autistique sont le résultat de difficultés d'exécution motrice et non d'une réduction de la motivation sociale.
Fitzpatrick, front psychol, 2016	prosp comparative	interpersonal motor synchrony	9 ASD 9 TD	moy 13 ans moy 14 ans	les adolescents atteints de TSA font preuve de moins de synchronisation dans la coordination interpersonnelle, tant spontanée qu'intentionnelle. La modélisation d'oscillateurs couplés suggère que les participants aux TSA ont assemblé une dynamique de synchronisation avec une force de couplage plus faible, ce qui correspond à une sensibilité plus faible et à une attention moindre aux mouvements de l'autre personne, mais ne démontrent aucune preuve d'un retard dans la transmission des informations. L'implication de ces résultats dans l'isolement d'un déficit de synchronisation sociale propre aux TSA qui pourrait servir de marqueur bio-comportemental objectif est discutée.
Cheng, PLoS One 2017	prosp comparative	interpersonal motor synchrony walking	31f 27m		Des traits permanents prédisposent les individus à une synchronie corporelle implicite. Plus précisément, les femmes se synchronisaient mieux que les hommes, et des traits autistiques élevés entravaient la synchronisation motrice interpersonnelle. De plus, nous avons démontré que la synchronisation implicite de la marche était positivement associée à l'affection dans un environnement simulant une rencontre quotidienne.
Li, PLoS One 2017	retrospective	imitation (machine learning)	16 ASD 14 TD		faisabilité d'appliquer des méthodes d'apprentissage machine pour analyser des données de grande dimension et suggère le potentiel de l'apprentissage machine pour identifier des biomarqueurs cinématiques qui pourraient contribuer à la classification diagnostique de l'autisme.
Curioni, mol autism 2017	prospective	synchronisation sur tâche reach to grasp	16 paires (1 ASD+1TD)	âge moyen ASD 26,1 ans NT 29,6 ans	RÉSULTATS : Dans la tâche interactive sociale, un degré plus élevé de traits autistiques prédisait une moindre capacité à moduler l'action conjointe en fonction de son rôle interactif. Dans la tâche non sociale, les traits autistiques ne permettaient pas de prédire les différences dans la préparation et la planification des mouvements, excluant ainsi la possibilité que les résultats des tâches sociales interactives soient dus à des difficultés motrices ou exécutives de base. De plus, lorsque les participants jouaient au jeu non social, plus leurs traits autistiques étaient élevés, plus ils étaient gênés par le stimulus non biologique. CONCLUSIONS : Notre étude montre pour la première fois que des traits autistiques élevés prédisent un style d'interaction stéréotypé lorsque les individus doivent moduler leurs mouvements afin de se coordonner avec leur partenaire en fonction de leur rôle dans une action conjointe. Plus précisément, l'émergence peu fréquente de la modulation du comportement moteur basée sur les rôles au cours de la coopération motrice en ligne chez les participants ayant des traits autistiques élevés met en lumière les nombreuses difficultés que l'ASC rencontre dans les interactions sociales non verbales.
Fitzpatrick, J Autism Dev Disord 2017	prosp comparative	social motor synchronization	50 ASD vs 53 controls	6 à 10 ans	1. la synchronisation motrice sociale spontanée était associée à la réponse à l'attention conjointe, à la coopération et à la théorie de l'esprit, tandis que la synchronisation motrice sociale intentionnelle était associée à l'initiation de l'attention conjointe et à la théorie de l'esprit 2. la synchronisation motrice sociale était associée à la gravité des TSA mais pas entièrement expliquée par des problèmes moteurs.
Wadsworth, Neuroscience 2017	prospective comparative	imitation motrice et action imitation network (à noter pince pouce index-motricité fine)	15 ASD vs. 15 TD	12 (sd 2,94 8-17) 12 (1,63 9-15)	La performance intacte sur l'imitation (imitation précise des gestes de la main à l'extérieur du scanner) dans les groupes TSA et TD s'est accompagnée d'une activité significativement plus faible chez les participants aux TSA, par rapport au TD, dans le gyrus angulaire droit, le gyrus précentral et le cingulate central gauche. De plus, on a constaté une corrélation significative entre les traits de l'autisme et l'activation dans le gyrus angulaire droit. Dans l'ensemble, les résultats de cette étude appuient le rôle de l'AIN dans l'imitation et une différence potentielle dans le recrutement de ce réseau chez les enfants atteints de TSA. A noter cette partie de la discussion : nous n'avons pas trouvé de différences de groupe dans l'imitation motrice mais tâches simples.
Deschrijver, J Autism Dev Disord 2017	prosp	imitation EEG	23 High functioning ASD	adultes	une distinction soi-mêmes de haut niveau centrée sur les actions motrices peut être préservée dans les TSA, tandis que les déficiences s'observent pendant la préparation motrice.
Hasegawa Sci Rep 2016		interaction face to face avec mère	15 dyades		Les résultats ont démontré des corrélations significatives entre l'indice de suppression mu (IMS) dans la région pré-centrale droite et les caractéristiques (ou la gravité) des TSA. De plus, des valeurs IMS plus élevées chez les mères étaient associées à des valeurs IMS plus élevées chez leurs enfants. Pour évaluer la contingence comportementale entre les mères et leurs enfants, nous avons calculé des corrélations croisées entre l'amplitude du mouvement de la tête de la mère et de l'enfant lors des enregistrements MEG. Par conséquent, chez les mères dont les mouvements de la tête avaient tendance à suivre le mouvement de la tête de leur enfant, l'ampleur de la suppression des ondes mu dans la région pré-centrale de la mère était importante.

early motor skills

Harris, Eur J Ped 2017	review	early motor delays diagnostic clues			propose 6 points pour dépistage en consultation pédiatrique (table 1)
Zapella, Early human dev 2015	retrospective home video analysis	general movements (infants)	18 ASD 18 TD	vidéos de la naissance à 6 mois ensuite suivi à 3 ans	Anomalies des gross movements observées plus fréquemment chez les nourrissons chez qui un TSA a été diagnostiqué par la suite, alors que tous les nourrissons ayant des comportements autistiques transitoires sauf un avaient des GM normaux (p<0,05). Le contact visuel et le sourire sensible étaient discrets pour tous les individus. Le roucoulement n'était pas observable chez six nourrissons dans les deux groupes.
Pineda, Am J Occup Ther 2015	prospective	early motor social development (NNNS)	62 infants		On n'a pas observé d'interactions sociales atypiques chez les nourrissons dépistés autistes par la suite. Au lieu de cela, la présence de l'aversion pour le regard et du nystagmus du point final était liée à de meilleurs résultats sur le plan du développement.
Barbeau, Autism Res 2015	prospective comparative	motor skills avec et sans retard de langage	30 TD 21 AS speech delay 18 AS without speech delay	20,3(4,6)14-30 22,8(6,2)15-34 20,7(4,9)14-35	Les enfants TSA sans retard de la parole présentaient une moins bonne coordination bimanuelle que ceux qui présentaient un retard de la parole. La vitesse de traitement visuel était légèrement plus rapide dans les deux groupes AS que dans le groupe type. Dans l'ensemble, ces résultats suggèrent que les individus TSA avec et sans retard de la parole diffèrent dans leur comportement guidé visuellement et déclenché visuellement et montrent que les habiletés langagières précoces sont associées à un mouvement plus lent dans les tâches motrices simples et complexes.
Accardo, J child Neuro 2015	prospective	toe walking	61 ASD	37 mois	Il n'y avait pas d'association entre la présence de la marche sur les orteils et les symptômes sensoriels (P = .5298) ou l'âge du langage (P = .6142), mais il y avait une association entre la marche sur les orteils et la présence de composantes du réflexe labyrinthique tonique (P = .04222).

latéralité

Conson, J Autism Dev Disord, 2016	prospective comparative	latéralité	18 ASD 18 TD	moy 14,6(sd4,2;10-20ans) moy 14,8(sd3,5;10-20)	Les participants au développement typique et les participants atteints de TSA ont évalué la latéralité des images de la main tout en gardant un bras fléchi sur la poitrine ou en tenant les deux bras tendus. Les deux groupes ont été en mesure de simuler mentalement des actions, mais cette capacité était limitée par la posture corporelle, davantage chez les adolescents atteints de TSA que chez les adolescents atteints de TED. Le fort impact de l'information corporelle réelle sur la simulation motrice implique que les habiletés de simulation ne sont pas pleinement efficaces chez les personnes atteintes de TSA.
Flewa, Laterality 2015	prospective	portage par adultes avec scores AQ	71 h 76 f	adultes	biais de portage à gauche diminué chez individu avec score haut Autism Quotient et faible aux tests Reading the Mind in the Eyes et Empathy Quotient

machine learning

Mohammadian Sensors 2018	retrosp	mesure inertie avec appareil portatif mouvements stéréotypés	6 ASD		mouvements stéréotypés : balancement des mains et du corps modélisation des mouvements humains quotidiens normaux en utilisant des détecteurs portatifs.
Mohammadian Signal processing 2018	retrosp	mesure inertie avec appareil portatif mouvements stéréotypés	6 ASD		idem pour ASD seulement
Grossekathöfer, Front Neuroinform 2017	retrosp	analyse SMM recurrence quantification analysis (machine learning)	6 ASD (cohorte Goodwin 2014)		9 % d'augmentation moyenne de la précision + un seul capteur de torse peut détecter automatiquement plusieurs types de SMM dans les TSA, et que notre approche permet de reconnaître les SMM avec une grande précision chez les individus
Goodwin, UbiComp 2014	prosp	mesure inertie avec appareil portatif mouvements stéréotypés	6 ASD (données de base)		Sur la base de nos résultats, nous concluons que des algorithmes adaptatifs en temps réel, personne-dépendant, sont nécessaires. afin de mesurer avec précision et uniformité la SMM automatiquement chez les personnes atteintes d'autisme au fil du temps dans des situations réelles.
Cavallo, Sci Rep 2018	prosp comparative	prospective motor control machine learning grasping	20 ASD 20 TD id. IQ	ASD 9,8+-1,5 TD 9,5+-1,5	Les résultats indiquent que les enfants autistes ont ajusté leur comportement pour tenir compte des actions ultérieures. Toutefois, la façon dont ils l'ont fait varie d'un individu à l'autre, ce qui donne à penser que les caractérisations antérieures de l'absence générale de stratégies de contrôle prospectives sont peut-être trop simplistes. Ces résultats établissent un lien entre les anomalies du contrôle anticipatif et une variabilité accrue et donnent un aperçu des difficultés que les personnes atteintes de TSA peuvent éprouver dans leurs interactions sociales.
Sadouk, Comput Intell Neurosci 2018	retrosp	détection stéréotypies	6 ASD (Goodwin)		technique permettant de (i) s'adapter aux comportements stéréotypés de tout nouveau sujet atypique ne nécessitant que peu de SMM étiquetés et (ii) résoudre le problème médical de l'absence de SMM étiquetés pour chaque sujet (détecter SMM)

autres

Ewen, Front Hum Neurosci 2016	prospective comparative	praxis taks : pantomime d'usage d'outil et enregistrement EEG	25 HFA ASD 33 CT	10.7 ± 1.4 years 10.52 ± 1.3 years	La modulation de l'activité bêta centrale est associée, entre autres, à l'imagerie motrice, qui peut être nécessaire pour l'imitation. L'imitation déficiente a été associée aux principales caractéristiques des TSA.
Tripi, J. Clin Med 2018	prosp	minor neurological dysfunction (MND) examen clinique neuro	32 ASD 32 TD	8ans11mois(SD 3,2) 9ans (SD 3,1)	Les enfants atteints de TSA présentaient un large éventail d'incapacités de manipulation fine, de déficits sensoriels et de dyskinésie choréiforme. Nous avons également constaté un excès de mouvements et d'anomalies dans la coordination et l'équilibre.
Wilson, J. Neurodev Disord	review des tests standardisés pour la motricité				