

Université de Montréal

**Mesures du périmètre crânien dans les troubles envahissants du développement:
une étude comparative entre adultes**

par

A.K. Danny Nguyen

Département de psychologie

Faculté des arts et des sciences

Mémoire de maîtrise

présenté en vue de l'obtention de la maîtrise en psychologie

sous la direction du Dr. Laurent Mottron, MD, PhD

15 février 2012

A.K. Danny Nguyen, 2012

Université de Montréal

Faculté (nom de la faculté) des arts et sciences

Ce mémoire intitulé :

**Mesures du périmètre crânien dans les troubles envahissants du
développement: une étude comparative entre adultes**

présenté par :

A.K. Danny Nguyen.

a été évalué(e) par un jury composé des personnes suivantes :

Président-rapporteur

Miriam Beauchamp

Directeur de recherche

Laurent Motttron

Co-directeur (s'il y a lieu)

Membre du jury

Jacques Michaud

Examineur externe

TABLE DES MATIÈRES

Résumé.....	5
Abstract (en anglais seulement).....	6
Position du problème.....	7
Description des échelles de référence existantes.....	9
Mise au point des variables liées à la mesure du périmètre crânien.....	9
Âge.....	10
Ethnicité.....	11
Taille.....	11
Objectifs de l'étude.....	12
Méthodologie.....	12
Participants.....	12
Matériel.....	14
Procédure.....	14
Analyse statistique.....	16
Résultats.....	18
Échantillon de référence et corrélations (Étape 1).....	18
Choix du modèle (Étape 2).....	19
Analyses statistiques des groupes de comparaison (Étapes 3 et 4).....	20
Analyse des différences entre groupes (Étape 5).....	21
Analyse de la force du modèle choisi (Étape 6).....	21
Discussion.....	22
Tableaux.....	27
Tableau 1: Données des sujets du groupe de référence.....	27

Tableau 2: Corrélations Pearson entre variables dans le groupe de référence.....	28
Tableau 3: Rangs centiles et valeurs attendues de périmètre crânien.....	29
Tableau 4: Données des sujets des groupes de comparaison.....	32
Figures.....	33
Figure 1: Proportion des sujets autistes selon leur périmètre crânien en fonction de la hauteur et du poids.....	33
Figure 2: Proportion des sujets neurotypiques de comparaison selon leur périmètre crânien en fonction de la hauteur et du poids.....	33
Annexe 1: Procédure pour la mesure du périmètre crânien.....	34
Annexe 2: Procédure pour obtenir la mesure antéropostérieure crânienne.....	35
Annexe 3: Procédure pour obtenir la mesure crânienne transverse.....	36
Annexe 4: Fiche des données du participant.....	37
Références.....	38

Mesures du périmètre crânien dans les troubles envahissants du développement: une étude comparative

Résumé:

Un nombre significatif d'enfants autistes ont une macrocéphalie. Malgré plusieurs études du périmètre crânien en autisme, peu d'études ont été faites sur des adultes. Aussi, les références actuelles en périmètre crânien (PC) adulte datent d'environ 20 ans. Les objectifs de cette étude étaient de construire une échelle de référence du PC adulte, et de comparer les taux de macrocéphalie entre un groupe d'adultes autistes et un groupe d'adultes neurotypiques. Dans cette étude, 221 sujets masculins adultes étaient recrutés de différents milieux afin de déterminer le meilleur modèle prédictif du PC et de construire l'échelle de référence. La hauteur et le poids étaient mesurés pour chaque participant afin de déterminer leur influence sur les dimensions crâniennes. Pour la partie comparative, 30 autistes et 36 sujets neurotypiques, tous adultes, étaient recrutés à partir de la base de données du laboratoire de recherche. Pour l'échelle de référence, les résultats démontraient des corrélations positives entre le PC avec la hauteur et le poids. Après analyse, la corrélation conjointe de la hauteur et du poids sur le PC a été déterminée comme étant le modèle qui offre les résultats les plus significatifs dans la prédiction du PC. Pour la partie comparative, les taux de macrocéphalie atteignaient 10,00% chez les autistes contre 2,56% chez les neurotypiques selon la formule de régression linéaire obtenue du modèle. Cependant le test d'exactitude de Fisher n'a révélé aucune différence significative entre les 2 groupes. Mes résultats suggèrent qu'il est nécessaire de considérer la hauteur et le poids en construisant une référence du PC et que, même en utilisant la nouvelle référence, les taux de macrocéphalie demeurent plus élevés chez les autistes adultes que chez les adultes neurotypiques en dépit de l'absence de différences significatives.

Mots-clés: périmètre crânien; autisme; échelle de référence; macrocéphalie; hauteur; poids.

Abréviations: PC = périmètre crânien, TED = trouble envahissant du développement, TED-NS = trouble envahissant du développement non spécifié, CDC = Centers for Disease Control, NHANES-III = National Health and Nutrition Examination Survey 3^e version, ADI-R = Autism Diagnostic Interview – Revised, ADOS-G = .Autism Diagnostic Observation Schedule – Generic.

Abstract:

A significant proportion of autistic children have macrocephaly. Despite numerous head circumference studies in autism, few studies in adults exist. Also, current adult head circumference (HC) references are around 20 years old. The purposes of this study were to construct an adult head measurement reference chart, and to compare macrocephaly rates between a group of autistic adults and a group of typically developing adults. In this study, 221 male adults were recruited from various settings in order to determine the best predictive model for HC and to construct the reference chart. Height and weight were measured for each participant in order to evaluate their influence on head dimensions. For the comparison part, 30 autistic and 36 typically developing adult subjects were recruited from within the research lab's database. For the reference chart, results showed positive correlations between HC, and both height and weight. After analysis, the combined influence of both height and weight on HC size has was determined to be the model showing most significant results in predicting HC. For the comparison part, macrocephaly rates reached 10.00% in the autistic group against 2.56% in the control group according to the linear regression formula obtained from the model. However, the Fisher's exact test revealed no significant difference in macrocephaly rates between both groups. My results suggest the necessity of considering both height and weight when constructing a head circumference reference chart and that, even using a new reference, macrocephaly rates remain higher than normal in autistic adults although not significantly different enough from the typically developing adults.

Key words: head circumference; autism; reference chart; macrocephaly; height; weight.

Abbreviation: HC = head circumference, TED = PDD = pervasive developmental disorder, TED-NS = PDD-NOS = pervasive developmental disorder not otherwise specified, CDC = Centers for Disease Control, NHANES-III = National Health and Nutrition Examination Survey 3rd version, ADI-R = Autism Diagnostic Interview – Revised, ADOS-G = .Autism Diagnostic Observation Schedule – Generic.

Position du problème

L'autisme est un trouble envahissant du développement défini par des déficits des interactions sociales, de la communication et un répertoire restreint d'intérêts et d'activités, incluant les comportements répétitifs ¹. Les caractéristiques comportementales des autistes semblent distribuées continûment, c'est-à-dire qu'il existe un continuum de sévérité entre les individus les plus et les moins sévèrement atteints. Puisque les comportements atypiques des autistes sont spécifiquement caractérisables, on s'attend à trouver des corrélations avec des caractéristiques anatomiques (qu'elles soient visibles ou non) pour chaque phénotype comportemental. Afin de trouver des corrélations entre l'anatomie du cerveau et les phénotypes comportementaux de l'autisme, plusieurs études ont visé différentes structures cérébrales chez les autistes. Parmi les études les plus répliquées, les chercheurs ont trouvé chez plusieurs cohortes d'enfants autistes que ces derniers avaient de plus gros cerveaux et de plus hauts taux de macrocéphalie (périmètre crânien plus grand que la normale) en moyenne que leurs équivalents neurotypiques ²⁻¹⁴. Les taux de macrocéphalie chez les sujets autistes pouvaient atteindre entre 12% ou 37% ²⁻¹⁴. Pour les besoins de l'étude, la macrocéphalie a été considérée comme étant un périmètre crânien égal ou supérieur au 97^e rang centile selon les mêmes conventions qui s'appliquent autant dans la référence de périmètre crânien construite que dans les références telles que l'échelle de Bushby (1992) ¹⁵. Selon Courchesne (2001) ¹⁶, les cerveaux d'enfants autistes sont nés plus petits à la naissance avant de traverser une période de surcroissance suivi d'une période de croissance très lente. Courchesne et collègues (2003) ¹⁷ ont ajouté que la phase de surcroissance cérébrale excessive et soudaine se produit entre les âges de 1-2 mois et de 6-14 mois. Après ajustement des

variables de hauteur, de poids et d'âge à l'aide d'une analyse de covariance, Fukumoto et collègues (2010) ont confirmé que cette surcroissance se produit entre 6 mois et 9 mois¹⁸. Un plus grand périmètre crânien (en comparaison à la hauteur) est associé avec des scores plus élevés (donc, plus sévères) de l'algorithme social du test ADI-R et à un retard du début de langage chez les autistes¹⁹.

Miles et collègues (2000) ont poussé plus loin en affirmant que la macrocéphalie est un attribut génétique fondamental à l'autisme, ce qui veut dire que la macrocéphalie pourrait être un marqueur phénotypique de l'autisme¹⁰. Cependant, Rommelse et collègues (2010) ont affirmé que les patrons anormaux de croissance (spécialement de la hauteur et du PC selon la hauteur) n'étaient pas spécifiques aux TED, mais plutôt une partie des désordres psychiatriques en général²⁰. Les conclusions de Rommelse venaient de leurs observations sur des enfants ayant un TED ou une autre condition psychiatrique entre leur naissance et l'âge de 19 mois. Ces enfants étaient généralement nés plus petits avant de subir une surcroissance de hauteur pendant que le poids et le PC ne suivaient pas le même parcours de croissance alors qu'ils finissaient par avoir des têtes plus petites que la norme. Barnard-Brak et collègues (2011) ont poussé plus loin avec une étude longitudinale impliquant près de 9000 enfants sur 3 ans tout en respectant les pourcentages ethniques de la population américaine et en recrutant ces enfants à travers le pays à partir d'une base de données nationales. Ils ont affirmé que le périmètre crânien des enfants autistes et celui des non-autistes ne différait pas assez significativement l'un de l'autre aux âges de 9, 24 et 36 mois selon l'échelle de croissance de l'OMS²¹. Barnard-Brak a critiqué surtout l'utilisation d'échantillons homogènes et basés en clinique (à un seul endroit) dans les études passées qui traitent du périmètre crânien en

autisme ²¹. En dépit d'avoir des résultats qui divergeaient des autres études, Rommelse affirmait que les anomalies de croissance pourraient servir à créer des sous-groupes plus homogènes de patients afin de faciliter la détection des gènes chez les désordres psychiatriques ²⁰. De plus, Barnard-Brak a suggéré que la présence de macrocéphalie devait être encore considérée dans le diagnostic d'un TED sans que l'absence de macrocéphalie ne devienne l'évidence pour exclure un diagnostic de TED ²¹. Par conséquent, nous devons considérer les variables de hauteur et de poids en tout cas avant de comparer le PC entre les autistes et les non-autistes.

Description des échelles de référence existantes

Parmi les échelles offrant une référence du développement du périmètre crânien, on a retenu quelques études qui comportent un suivi de développement du périmètre crânien. En mesurant la croissance systématiquement sur une base longitudinale entre la naissance et l'âge adulte chez un échantillon de 212 enfants, Karlberg et collègues (1976) ²² ont construit une solide échelle nationale suédoise de croissance de la hauteur, du poids, du périmètre crânien et d'autres données capables d'être utilisées à déceler les anomalies de croissance. Cependant, l'étude de Karlberg a arrêté la prise de mesures à 18 ans alors que la croissance n'était pas entièrement terminée pour le sujet adulte. Du côté des États-Unis, Roche et ses collègues (1987) ont mesuré le périmètre crânien de 888 enfants américains caucasiens âgés de 0 à 18 ans en une seule étude sur une base longitudinale. Cependant comme pour l'étude de Karlberg, cette étude ne prenait pas en considération les mesures crâniennes après l'âge de 18 ans et l'absence d'enfants non-

caucasiens de l'étude empêchait cette échelle de s'appliquer à la réalité hétérogène de la population américaine ²³. Rollins et collègues (2010) ²⁴ ont récemment proposé une nouvelle référence préliminaire qui combine les forces des échelles de référence PC aux Etats-Unis (comme celle du CDC et le NHANES-III) en utilisant des analyses statistiques pour prédire la croissance du PC entre la naissance et l'âge de 21 ans. Cependant, cette échelle ne se basait que sur l'âge de l'individu sans tenir compte d'autres variables. En Grande-Bretagne, Bushby (1992) a conçu un graphique illustrant la relation entre le périmètre crânien et la hauteur de l'individu avec les rangs centiles obtenu sur un échantillon de 354 sujets ¹⁵. Malgré le fait que cette échelle a été la seule qui indiquait en détail le lien entre la hauteur du sujet adulte et le périmètre crânien, l'échelle a été créée depuis 20 ans et une telle étude à grande échelle auprès de sujets adultes n'a jamais été reproduite pour mettre à jour les données du PC adulte en lien avec une autre variable. Ainsi, les échelles de référence utilisées dans les études de périmètre crânien étaient soit anciennes ou présentaient des failles méthodologiques concernant l'échantillon recruté ¹⁵,

22, 25, 26

Mise au point sur les variables liées à la mesure du PC

Age. La grande majorité des études impliquaient des enfants âgés de moins de 6 ans, et très peu d'études concernaient les adolescents et les adultes. Cependant, Aylward (2002) a avancé que le périmètre crânien est généralement plus grand que la normale chez les autistes de tous âges même si leur volume cérébral semble normal. Aylward a affirmé en plus que le volume cérébral diminue légèrement chez les adultes et

adolescents autistes alors qu'il s'attendait à voir une augmentation du volume cérébral chez les sujets neurotypiques du même âge ²⁷. Cela donnait l'impression que le cerveau autiste revient vers des dimensions normales à l'âge adulte. Lainhart et collègues (1997) avaient 31 sujets âgés de 16 ans et plus, dont 6 (19,4%) qui étaient macrocéphaliques ⁶. Bushby (1992) indiquait dans sa recherche des rangs centiles du PC adulte qu'il est important de considérer que le périmètre crânien grandit un peu après 18 ans chez les garçons en raison du fait que la croissance n'est pas encore terminée à 18 ans ¹⁵.

Ethnicité. Roche et collègues (1987) ont expliqué leur décision d'inclure seulement les sujets caucasiens parce que des études passées indiquaient des différences marquées du PC entre groupes ethniques. Nellhaus (1968) a toutefois indiqué qu'il n'y avait aucune différence de périmètre crânien entre les races, les nations et positions géographiques après contrôle de l'âge et du sexe de l'individu ²⁵. Kelly et collègues (1997) ²⁸ ont démontré que la génétique ethnique ne jouait aucun rôle dans les différences de hauteur entre des enfants britanniques caucasiens et des enfants britanniques aux origines pakistanaises lorsqu'on compare sur l'échelle de référence UK90 (Freeman et collègues, 1995) ²⁹.

Hauteur. Bushby a démontré qu'il existait une corrélation directe entre la hauteur atteinte du sujet et son périmètre crânien ²⁵. Par conséquent, une échelle locale de périmètre crânien a été construite en tenant compte de différentes variables dont la hauteur. En ce qui concerne les données de hauteur du participant, on se demandait si on pouvait utiliser une échelle de référence existante pour contrôler les données extrêmes. Même si elle n'était pas bâtie à 100% pour une population canadienne, l'échelle NCHS³⁰

pour la hauteur adulte a été choisie pour nous donner une indication approximative sur où se situait l'individu selon les normes.

Objectifs de l'étude

Nous devons considérer les variables de hauteur et de poids en tout cas avant de comparer le PC entre les autistes et les non-autistes. Les objectifs principaux de l'étude étaient donc de A) de développer des échelles de référence de périmètre crânien chez les adultes en considérant diverses variables, et B) de comparer les taux de macrocéphalie entre les adultes autistes et les adultes neurotypiques en utilisant ces échelles¹. Pour les besoins de comparaison avec les sujets autistes majoritairement masculins, les comparaisons étaient effectuées entre sujets masculins adultes seulement. Cette recherche avait pour principal intérêt d'établir le lien entre la recherche et le travail clinique par la création d'échelles auxquelles les cliniciens pourraient se fier pour prendre le périmètre crânien comme indicateur potentiel de syndromes associés tels l'autisme. Notre hypothèse était que les autistes ont, même à l'âge adulte, un périmètre crânien en moyenne plus grand que les individus non-autistes même en les comparant à la nouvelle référence qui corrigeait les variables telles que la hauteur et/ou le poids des participants.

Méthodologie

Participants: L'étude était entièrement basée à Montréal. Afin de bâtir des échelles de référence en périmètre crânien en fonction de la hauteur et du poids, 280

sujets adultes masculins ont été recrutés parmi les membres du personnel de l'hôpital, des employés de l'usine Johnson & Johnson de Montréal, des étudiants de l'Université de Montréal et des membres du centre Y.M.C.A. Centre-Ville de Montréal. Le participant était informé que leur participation est anonyme et que leurs données (âge, périmètre crânien, mesures crâniennes sagittale et transverse, hauteur, poids) ne servaient seulement qu'à construire les échelles de référence avec leur accord. En recrutant au hasard les participants parmi divers groupes sociaux (étudiants, ouvriers, employés de bureau, etc.), on a construit un échantillon de sujets adultes masculins ordinaires représentatif de la population pour construire l'échelle de référence dans l'étude de comparaison. Le recrutement à chaque endroit différent s'était fait sur quelques jours alors que le chercheur sollicitait les sujets à partir d'annonces affichées dans les différents lieux. Les critères d'exclusion des sujets étaient les suivants: histoire de troubles neurologiques personnels, troubles psychiatriques, troubles d'apprentissage, de troubles de l'humeur, d'anxiété pour soi ou chez sa famille immédiate (père, mère, fratrie, enfants), ou d'autisme.

Pour la partie comparative des conditions, un total officiel entre 70 et 80 sujets était prévu à l'étude. Les 35-40 participants du groupe expérimental ont été diagnostiqués d'autisme primaire par un clinicien à l'aide d'échelles standardisées (ADOS-G, ADI-R), lesquelles aboutissent un diagnostic conforme au DSM-IV-TR. Un groupe contrôle de 35-40 participants à développement typique a été construit à des fins de comparaisons. Pour les besoins de l'étude, tous les sujets seront choisis en restreignant l'étendue d'âge et le QI (entre 75 et 135) en fonction des scores sur le test des Matrices progressives de Raven. Les sujets du groupe neurotypique de comparaison étaient complètement

indépendants du groupe de référence. Plusieurs sujets des 2 groupes comparés avaient déjà des données complètes accessibles sur leurs dimensions crâniennes, leur hauteur et leur poids suite à leur participation passée à des études avec ÉEG pour la clinique du sommeil. Pour les participants dont les données n'étaient pas complètes, ils ont été recrutés et mesurés lors de leur visite à l'hôpital dans le cadre d'autres tests. Pour cette étude, on a restreint l'âge de nos participants à entre 18 à 40 ans et dont le QI global se situait entre 75 et 135. Pour le sexe des individus, il était convenu qu'on recrutait seulement des participants mâles devant la difficulté à créer des échantillons féminins suffisamment représentatifs pour les besoins de l'étude. Selon nos critères de sélection choisis pour respecter l'homogénéité du groupe expérimental, les sujets ayant un diagnostic de syndrome d'Asperger ou de TED-NS, qui ont eu des anomalies neurologiques ou anatomiques évidentes n'étaient pas retenus dans l'étude afin de minimiser l'intrusion de variables parasites.

Matériel: Pour obtenir les mesures du périmètre crânien, les mesures étaient obtenues en mesurant directement le périmètre crânien avec du ruban flexible à mesurer pouvant s'enrouler autour de la tête. L'utilisation d'une balance digitale a permis d'obtenir les données sur le poids des participants. Un stadiomètre nous a permis d'obtenir la hauteur des individus.

Procédure: Pour obtenir les nouvelles données chez tous les participants de l'étude de comparaison, l'expérimentateur(trice) prenait les 3 mesures crâniennes (dont le périmètre crânien), de la hauteur et du poids du participant à l'occasion de sa venue au laboratoire pour effectuer principalement d'autres tâches qui n'avaient aucun lien à cette

recherche. En ce qui concernait les sujets masculins adultes requis uniquement qu'à l'établissement de l'échelle de référence, les participants membres du personnel, les étudiants de l'université, les employés de Johnson & Johnson et les membres du YMCA étaient informés sur place de l'étude et n'avaient pas à remplir un formulaire de consentement comme tenu qu'aucun nom n'était rattaché aux données en aucun moment. Toutefois, les participants du groupe de référence devaient tous passer un mini-questionnaire pré-test afin de respecter les critères de participation des sujets; 59 sujets sur les 280 avaient dû être exclus de l'étude pour ne pas avoir respecté certains critères sur l'historique personnel ou familial de troubles psychiatriques, de troubles de l'humeur, d'autisme, etc. Par conséquent, un groupe de 221 sujets neurotypiques était retenu pour être assujetti aux analyses statistiques et pour construire la référence. Les données étaient prises de la même façon telle que mentionnée précédemment et le tout était fait en moins de 5 minutes par participant dans un local aménagé dans le lieu ciblé.

Pour mesurer le périmètre crânien au maximum, la procédure consistait à mesurer le tour de la tête avec le ruban en passant par l'os de l'arcade sourcilière (ou la partie la plus protubérante à la hauteur des sourcils ou du front) et sur la protubérance occipitale externe situé à l'arrière du crâne (Nellhaus, 1968)²⁵. Ce faisant, l'expérimentateur (trice) devait s'assurer que le ruban passe au-dessus des oreilles afin d'obtenir une mesure valide. En ce qui concernait les 2 autres dimensions crâniennes, on obtenait la mesure crânienne antéropostérieure sagittale entre le nasion et la protubérance occipitale externe en passant le ruban à mesurer entre les 2 points et en passant par le haut de la tête. La 3^e dimension crânienne était la mesure transverse obtenue en mesurant la distance entre les 2 lignes médianes de l'oreille (le creux situé entre le tragus et la racine de l'hélix des

oreilles) en passant le ruban sur le plus haut sommet sur la tête. Avec les 3 mesures crâniennes, on a été en mesure d'obtenir la mesure du volume de la boîte crânienne ou simplement regarder chaque mesure crânienne en tant que variable dépendante séparée, ce qui nous permettait de vérifier l'hypothèse de départ. Cependant, le périmètre crânien demeurait une variable dépendante importante à l'étude.

Les données antérieures de l'individu sur les résultats des tests de QI, étaient obtenues en vérifiant dans la base de données du laboratoire après consentement du participant de l'étude de comparaison. Pour faciliter l'étude, les restrictions dans le choix des participants constituant l'échantillon étaient instaurées pour éviter le besoin de faire un appariement individuel entre chaque sujet expérimental et des sujets des groupes de contrôle, ce qui aurait été très difficile en nombre de traitements statistiques nécessaires. Après la compilation des mesures, un traitement statistique des données a été effectué pour déterminer la direction des données ainsi que de leur validité.

Analyse statistique

Dans cette étude, le travail d'analyse statistique a été fait en 6 étapes. Étape 1: À partir des données du groupe-référence de sujets à développement typique, on a fait un modèle de régression linéaire avec le logiciel d'analyse SPSS pour prédire le périmètre crânien à partir d'une variable donnée après avoir déterminé les corrélations les plus fortes entre variables. Aussi, on a pu vérifier les effets d'interaction combinée entre 2 variables sur la taille du périmètre crânien avant de choisir un modèle final. Étape 2: Avec les résultats de l'étape 1, on a choisi notre modèle et calculé les résidus (la différence entre une donnée obtenue et une donnée attendue selon la formule de

régression) du périmètre crânien pour chaque participant en implantant la formule de régression linéaire avec le logiciel SPSS. Étape 3: À partir de l'échantillon de 40 sujets neurotypiques de comparaison, nous tentions de déterminer si le QI global a une influence sur le périmètre crânien en effectuant une corrélation entre les 2 variables dans le groupe neurotypique. Étape 4: Après le calcul des résidus à l'étape 2, on a pu les diviser par l'erreur standard obtenue par la régression linéaire afin d'obtenir les scores z qui indiquent à chaque participant où se situait la mesure de leur périmètre crânien vis-à-vis ce qui était attendu selon le modèle. Les sujets ayant une macrocéphalie absolue avaient un périmètre crânien dont le score Z atteignait 1,88 ou plus (97^e rang centile et plus). Étape 5: En observant le nombre de sujets macrocéphaliques dans les 2 groupes de comparaison, un test d'exactitude de Fisher a été fait pour déterminer si la différence des taux de macrocéphalie entre les 2 petits groupes était significative. Aussi, un test non-paramétrique Mann-Whitney a été fait pour tester les différences entre les 2 groupes de comparaison en ce qui touche le périmètre crânien. Étape 6: Avec l'aide de l'analyse par la courbe ROC sur l'ensemble des sujets de l'étude, on a évalué le modèle pour savoir dans quelle mesure le périmètre crânien nous permettait de distinguer les autistes des sujets neurotypiques après avoir contrôlé les facteurs potentiellement confondants tels les dimensions crâniennes sagittale et transverse, l'âge et l'index de masse corporelle. Les facteurs confondants étaient contrôlés par le fait que nous utilisons des résidus dans l'analyse ROC. Au bout de ces analyses statistiques, il était possible d'évaluer la validité de l'hypothèse ainsi que l'influence des variables ciblées sur le périmètre crânien.

Résultats

Échantillon de référence et corrélations (Étape 1)

Les 221 sujets neurotypiques retenus avaient des données moyennes de 174,48 cm de hauteur, 78,52 kg de poids, 56,69 cm de périmètre crânien, 34,28 cm de mesure crânienne sagittale et 35,31 cm de mesure crânienne transverse (**Tableau 1**). L'analyse statistique des corrélations de variables dans le groupe de sujets neurotypiques qui servait à construire la référence a rapporté que le coefficient de corrélation entre le poids et le périmètre crânien (coefficient de corrélation Pearson à 0,39; $p < 0,001$) était presque identique à celui de la relation entre la hauteur et le périmètre crânien (coefficient de corrélation Pearson à 0,38; $p < 0,001$) (**Tableau 2**). Par conséquent avec 2 coefficients de corrélation modérés mais significatifs, il fallait considérer sérieusement la hauteur et le poids comme des variables indépendantes de premier plan. Après analyse avec l'aide du logiciel SPSS, les courbes de croissance du périmètre crânien obtenues donnaient les formules de calcul du périmètre suivantes selon les variables ayant les coefficients de corrélation les plus élevés avec le PC:

$$\text{Périmètre crânien} = 0,055 * \text{poids} + 52,347$$

$$\text{Périmètre crânien} = 0,092 * \text{hauteur} + 40,654$$

$$\text{Périmètre crânien} = 0,063 * \text{hauteur} + 0,040 * \text{poids} + 42,618$$

Ces formules se voulaient être nos modèles de prédiction du périmètre crânien chez les sujets masculins adultes. Dans le modèle Poids vs. Périmètre crânien, il y avait une corrélation significative ($F = 39,60$; $dl = 1, 219$; $p < 0,001$) et on avait un coefficient de

détermination (R²) de 0,153, ce qui voulait dire que 15,3% de la variation du périmètre crânien était explicable par le poids. On retrouvait aussi une corrélation significative entre la hauteur et le périmètre crânien ($F = 36,70$; $df = 1, 219$; $p < 0,001$) et le coefficient R² était à 0,144 (14,4% de la variation du périmètre crânien expliqué par la hauteur). Même si on combinait l'influence de la hauteur et du poids sur le périmètre crânien, la corrélation avec le PC était encore significative ($F = 17,72$; $df = 1, 218$; $p < 0,001$) et le coefficient R² était à 0,208 (20,8% de la variation était expliquée par la combinaison des 2 variables).

Choix du modèle (Étape 2)

Avec des chiffres plus importants (coefficients de corrélation et de détermination) pour l'interaction entre le poids et la hauteur, il était convenu que le modèle choisi de régression linéaire tenait compte des 2 variables et que les analyses subséquentes étaient effectuées à partir de ce modèle. À partir de la formule obtenue précédemment pour le modèle, nous avons obtenu les valeurs attendues du périmètre crânien prévu pour chaque participant selon sa hauteur et son poids. Un tableau détaillé des valeurs attendues du périmètre crânien en fonction de la hauteur et du poids de l'individu peut être vu au **tableau 3**. Les 3^e, 10^e, 90^e et 97^e rangs centiles étaient obtenus en multipliant le score Z correspondant (-1,88, -1,28, 1,28 et 1,88 respectivement) par l'erreur standard des résidus (1,536) avant d'ajouter le résultat à la valeur attendue du périmètre crânien au 50^e rang centile.

Analyses statistiques des groupes de comparaison (Étapes 3 et 4)

Le groupe neurotypique de comparaison était constitué de 36 sujets dont on a obtenu des données crâniennes et corporelles complètes (**Tableau 4**). En étudiant l'influence du QI global sur le périmètre crânien de ces sujets neurotypiques, le périmètre crânien ne différait pas selon le QI de l'individu ($p = 0,812$). Aussi, 30 sujets autistes adultes participaient à l'étude. L'âge moyen des groupes étaient respectivement de 23,10 ans (autistes; écart-type = 4,48) et 22,24 ans (neurotypiques; écart-type = 2,80), donc assez appariés au niveau de l'âge. Pour le QI, les 2 groupes n'étaient pas significativement différents: $99,57 \pm 14,99$ (autistes) contre $111,00 \pm 11,81$ (neurotypiques). En termes de hauteur, les 2 groupes étaient assez semblables (autistes : $174,05 \pm 7,76$ cm; neurotypiques : $176,17 \pm 5,66$ cm). Pour le poids, il était difficile d'apparier individuellement et les données illustraient une grande variabilité, mais les moyennes de poids des groupes se rejoignaient vers des valeurs relativement semblables (autistes : $85,80 \pm 22,68$ kg; neurotypiques : $82,86 \pm 17,79$ kg). Les autistes avaient un périmètre crânien moyen de 57,31 cm (écart-type = 2,21 cm) alors que les sujets neurotypiques avaient 57,09 cm (écart-type = 1,68 cm), donc les données étaient aussi similaires. Lorsqu'on a effectué les tests-t à échantillons indépendants pour comparer les moyennes des variables, les valeurs p obtenues étaient de 0,10 pour le QI global, 0,45 pour le poids, 0,09 pour la hauteur et 0,12 en termes de PC. Ces données n'indiquaient pas de différence significative pour chacune des 4 variables entre les 2 groupes.

En utilisant la formule de régression périmètre crânien = $0,063 * \text{hauteur} + 0,040 * \text{poids} + 42,618$, on a obtenu les résidus de périmètre crânien pour chaque individu dans

les 3 groupes (référence, autiste, neurotypique de comparaison) avec l'analyse par SPSS. À partir de là, on a divisé le résidu par l'erreur standard des résidus obtenue dans la régression linéaire (1,536) pour obtenir les scores Z. Dans le groupe autiste, 3 des 30 des sujets (10,00%) avaient un périmètre crânien dont le score Z dépassait 1,88 (le 97^e rang centile), donc une macrocéphalie absolue selon la nouvelle référence (**Figure 1**). En même temps, un seul participant parmi les 39 sujets neurotypiques (2,56%) du groupe de comparaison avait une macrocéphalie absolue (**Tableau 5, Figure 2**) et 8 des 221 sujets du groupe de référence (3,62%, donc près des normes) avaient une macrocéphalie absolue (**Tableau 1**).

Analyse des différences entre groupes (Étape 5)

Un test d'exactitude de Fisher pour les échantillons de petite taille a été fait en se basant sur les données de macrocéphalie des 2 groupes de comparaison. La valeur p unilatérale obtenue était de 0,215, ce qui signifiait que la différence des taux de macrocéphalie entre les autistes et les sujets neurotypiques n'était pas assez significative selon la nouvelle référence. Cependant, ce résultat s'expliquait par le manque de puissance statistique indiquée par des groupes trop restreints. Lorsqu'on effectuait le test non-paramétrique Mann-Whitney en évaluant le périmètre crânien seul, aucune différence significative n'existait entre les 2 groupes ($p = 0,846$, bilatéral) tel qu'expliqué déjà par les valeurs moyennes du périmètre crânien pour les 2 groupes.

Analyse de la force du modèle choisi (Étape 6)

Avec l'aide de l'analyse ROC et des résidus obtenus par la formule de régression linéaire ($0,063 * \text{hauteur} + 0,040 * \text{poids} + 42,618$) chez tous les sujets ($n = 287$), on a trouvé que l'aire sous la courbe de ce modèle est de 0,561. Ce dernier résultat indiquait que la probabilité, que le sujet autiste présentait un résidu plus élevé que celui d'un sujet neurotypique, n'était pas significativement élevée selon ce modèle si on appariait les 2 sujets au hasard après contrôle des autres variables.

Discussion

Cette étude a permis la construction d'une échelle de référence locale du périmètre crânien pour des adultes masculins tout en considérant différentes variables, et la comparaison des taux de macrocéphalie entre un groupe d'adultes autistes et un groupe d'adultes neurotypiques en utilisant la nouvelle référence. En recrutant les sujets dans divers environnements, on assurait de pouvoir de couvrir différents groupes socioéconomiques et groupes ethniques qui constituaient un échantillon de convenance représentatif de la diversité d'une population urbaine nord-américaine. L'hétérogénéité du groupe nous permettait de mieux cerner le développement du périmètre crânien final chez les sujets adultes n'ayant pas d'historique personnel ou familial de désordres psychiatriques ou développementaux. Comme il a été mentionné dans l'introduction, la croissance chez les sujets non-caucasiens était comparable à celle des sujets caucasiens et il n'était donc pas nécessaire de séparer les sujets par groupes ethniques.

En faisant une analyse croisée des corrélations inter-variables dans le groupe-référence de 221 sujets, on a trouvé que la hauteur et le poids avaient tous deux des coefficients individuels de corrélation modérés et assez similaires vis-à-vis le périmètre crânien. Ces résultats confirmaient ainsi les résultats de l'étude de Geraedts (2011) où il faisait mention que le périmètre crânien était corrélé avec le poids en même temps qu'avec la hauteur ³¹. Le coefficient modéré de corrélation entre le PC et le poids peut s'expliquer par l'hypothèse que la masse osseuse pourrait indiquer le développement du périmètre crânien d'un individu tout en étant aussi fortement liée avec la hauteur. Cela signifiait que si la masse osseuse de l'individu était plus élevée, son périmètre crânien était aussi plus élevée et traduisait aussi un développement osseux plus marqué touchant la hauteur. Une autre explication proposée affirmait que le cube du poids cérébral est proportionnel au périmètre crânien, même à l'âge adulte ³². Avec l'aide d'un logiciel d'analyse statistique, on a pu obtenir des formules mathématiques de courbes de régression linéaire qui permettaient de calculer les valeurs attendues de périmètre crânien selon le poids et/ou la hauteur. L'analyse nous a aussi permis de trouver l'erreur standard de la régression de chaque modèle en faisant la racine carrée de la moyenne du carré des résidus dans la régression, une valeur dont son produit avec des scores *Z* nous permettait d'évaluer la présence ou l'absence de macrocéphalie chez chaque individu selon des valeurs attendues.

En raison des coefficients modérés et similaires de corrélation du poids et de la hauteur sur le périmètre crânien chez les 221 sujets de référence, le modèle choisi était celui impliquant l'influence combinée de la hauteur et du poids. Néanmoins selon le modèle choisi de régression linéaire, on n'a pas obtenu de différences assez significatives

entre les autistes et les sujets neurotypiques du groupe de contrôle sur la proportion de sujets macrocéphaliques. Aussi, le test d'exactitude de Fisher et le test de Mann-Whitney n'ont pas montré de différences significatives entre les 2 groupes comparés (autistes et neurotypiques de comparaison) en termes de taux de macrocéphalie et de périmètre crânien moyen respectivement. De plus, l'analyse ROC n'a donné qu'un chiffre modeste d'aire sous la courbe (0,561), ce qui signifiait qu'une différenciation relevait d'une décision aléatoire si on compare entre un sujet neurotypique et un sujet autiste (dont on s'attendait à ce que le résidu soit le plus élevé des 2). Cependant, les chiffres non-significatifs étaient attendus puisque seulement 30 sujets autistes ont participé à l'étude, la variabilité est grande au niveau du périmètre crânien chez les autistes et on s'attendait généralement à moins de 20% d'autistes présentant une macrocéphalie. Malgré des chiffres modestes, ils étaient néanmoins prometteurs avec 10,00% d'autistes contre seulement 2,56% de sujets neurotypiques du groupe de comparaison à avoir une macrocéphalie. Cette dernière donnée correspondait à ce que nous retrouvions dans la plupart des populations à développement typique. Le recrutement d'autres sujets autistes peut ajouter plus de puissance statistique, mais nos résultats suivaient la tendance qui affirmait que la proportion de sujets autistes adultes macrocéphaliques demeure plus élevée que dans la population neurotypique ²⁰.

Cependant, il y avait des limites dans l'étude comme le nombre de sujets autistes adultes (30) qui n'était pas suffisant pour avoir assez de puissance statistique. Une autre limite de cette étude était due au fait que les sujets autistes étaient tous de haut niveau avec un QI situé dans les normes (75 ou plus) et que le groupe neurotypique de comparaison était apparié en conséquence. Gillberg et De Souza (2002) affirmaient

pourtant que le taux de macrocéphalie chez des personnes ayant un syndrome d'Asperger ou qui sont autistes de haut niveau seraient significativement plus élevés que chez les personnes autistes de plus bas niveau ⁸, ce qui n'était visiblement pas le cas ici. Si nous avions recruté des sujets avec des QI de moins de 75, on aurait peut-être eu une meilleure idée générale de l'influence (ou l'absence d'influence) du QI sur le périmètre crânien. Puisque nous ne prenions pas les mesures chez les membres de la famille de chaque participant, nous ne pouvions pas exclure la possibilité que le périmètre crânien parental soit aussi un élément important pour prédire le périmètre crânien des individus autistes ¹⁹.

En suivant les instructions sur ce nouvel outil, les cliniciens devraient pouvoir identifier les sujets ayant une macrocéphalie, assurer un suivi afin de déterminer s'ils sont atteints d'autisme ou d'une autre condition particulière, et leur offrir les interventions dont ils auraient éventuellement besoin. Aussi, cette échelle cherchait à être la première du genre au Canada pour amener ensuite la création d'une échelle de croissance plus complète et plus représentative de la population canadienne. Une telle échelle se doit d'être mise à jour sur une base périodique de quelques années sachant que les dimensions corporelles humaines changent au cours des générations ²⁶. La recherche future doit aussi s'étendre sur les sujets féminins, étudier les taux de microcéphalie (périmètre crânien anormalement petit) et sur la dérégulation de croissance chez les sujets autistes. Cette dernière partie a été indiquée par Dissanayake et collègues (2006) lorsque leurs résultats montraient une dérégulation de croissance chez les autistes de haut niveau en hauteur en plus du cerveau lors des 3 premières années de vie ³³. Nous espérons que la prise systématique de mesures chez les sujets de tous âges (y compris l'âge adulte) sur une base régulière permette des suivis et de trouver des personnes ayant des conditions

psychiatriques ou psychologiques afin d'étudier l'étiologie sous-jacente, identifier des phénotypes et offrir les interventions appropriées à ceux qui en ont besoin. Toutefois, si la présence de macrocéphalie peut être un indicateur d'une autre condition psychologique, l'absence de macrocéphalie ne doit jamais amener l'exclusion d'un diagnostic possible d'une telle condition.

Tableaux:

	Sujets référence
N	221
Âge (ET)	34,72 (\pm 13,35)
Étendue d'âge	18 – 71
Hauteur moyenne	174,49 cm (\pm 7,08 cm)
Poids moyen	78,52 kg (\pm 12,16 kg)
Périmètre crânien	56,69 cm (\pm 1,72 cm)
Sagittal	34,28 cm (\pm 2,18 cm)
Transverse	35,31 cm (\pm 1,63 cm)
Nombre de cas de macrocéphalie	8 (3,62%)

Tableau 1 : données des sujets du groupe de référence (N = 221).

Corrélations

		weight	height	BMI	head circumference
weight	Corrélation de Pearson	1	,427**	,861**	,391**
	Sig. (bilatérale)		,000	,000	,000
	N	221	221	221	221
height	Corrélation de Pearson	,427**	1	-,085	,379**
	Sig. (bilatérale)	,000		,209	,000
	N	221	221	221	221
BMI	Corrélation de Pearson	,861**	-,085	1	,213**
	Sig. (bilatérale)	,000	,209		,001
	N	221	221	221	221
head circumference	Corrélation de Pearson	,391**	,379**	,213**	1
	Sig. (bilatérale)	,000	,000	,001	
	N	221	221	221	221

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

Corrélations

		weight	height	head circumference
weight	Corrélation de Pearson	1	,427**	,391**
	Sig. (bilatérale)		,000	,000
	N	221	221	221
height	Corrélation de Pearson	,427**	1	,379**
	Sig. (bilatérale)	,000		,000
	N	221	221	221
head circumference	Corrélation de Pearson	,391**	,379**	1
	Sig. (bilatérale)	,000	,000	
	N	221	221	221

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

Tableau 2 : corrélations Pearson entre variables dans le groupe de référence.

Hauteur (cm)	Poids (kg)	PC attendu 3e	PC attendu 10e	PC attendu 50e	PC attendu 90e	PC attendu 97e
155	40	51,09	52,02	53,98	55,95	56,87
155	50	51,49	52,42	54,38	56,35	57,27
155	60	51,89	52,82	54,78	56,75	57,67
155	70	52,29	53,22	55,18	57,15	58,07
155	80	52,69	53,62	55,58	57,55	58,47
155	90	53,09	54,02	55,98	57,95	58,87
155	100	53,49	54,42	56,38	58,35	59,27
155	110	53,89	54,82	56,78	58,75	59,67
155	120	54,29	55,22	57,18	59,15	60,07
160	40	51,41	52,33	54,30	56,27	57,19
160	50	51,81	52,73	54,70	56,67	57,59
160	60	52,21	53,13	55,10	57,07	57,99
160	70	52,61	53,53	55,50	57,47	58,39
160	80	53,01	53,93	55,90	57,87	58,79
160	90	53,41	54,33	56,30	58,27	59,19
160	100	53,81	54,73	56,70	58,67	59,59
160	110	54,21	55,13	57,10	59,07	59,99
160	120	54,61	55,53	57,50	59,47	60,39
165	40	51,72	52,65	54,61	56,58	57,50
165	50	52,12	53,05	55,01	56,98	57,90
165	60	52,52	53,45	55,41	57,38	58,30
165	70	52,92	53,85	55,81	57,78	58,70
165	80	53,32	54,25	56,21	58,18	59,10
165	90	53,72	54,65	56,61	58,58	59,50
165	100	54,12	55,05	57,01	58,98	59,90
165	110	54,52	55,45	57,41	59,38	60,30
165	120	54,92	55,85	57,81	59,78	60,70
170	50	52,44	53,36	55,33	57,30	58,22
170	60	52,84	53,76	55,73	57,70	58,62
170	70	53,24	54,16	56,13	58,10	59,02
170	80	53,64	54,56	56,53	58,50	59,42
170	90	54,04	54,96	56,93	58,90	59,82
170	100	54,44	55,36	57,33	59,30	60,22
170	110	54,84	55,76	57,73	59,70	60,62
170	120	55,24	56,16	58,13	60,10	61,02
175	50	52,75	53,68	55,64	57,61	58,53

175	60	53,15	54,08	56,04	58,01	58,93
175	70	53,55	54,48	56,44	58,41	59,33
175	80	53,95	54,88	56,84	58,81	59,73
175	90	54,35	55,28	57,24	59,21	60,13
175	100	54,75	55,68	57,64	59,61	60,53
175	110	55,15	56,08	58,04	60,01	60,93
175	120	55,55	56,48	58,44	60,41	61,33
180	60	53,47	54,39	56,36	58,33	59,25
180	70	53,87	54,79	56,76	58,73	59,65
180	80	54,27	55,19	57,16	59,13	60,05
180	90	54,67	55,59	57,56	59,53	60,45
180	100	55,07	55,99	57,96	59,93	60,85
180	110	55,47	56,39	58,36	60,33	61,25
180	120	55,87	56,79	58,76	60,73	61,65
185	60	53,78	54,71	56,67	58,64	59,56
185	70	54,18	55,11	57,07	59,04	59,96
185	80	54,58	55,51	57,47	59,44	60,36
185	90	54,98	55,91	57,87	59,84	60,76
185	100	55,38	56,31	58,27	60,24	61,16
185	110	55,78	56,71	58,67	60,64	61,56
185	120	56,18	57,11	59,07	61,04	61,96
185	130	56,58	57,51	59,47	61,44	62,36
190	70	54,50	55,42	57,39	59,36	60,28
190	80	54,90	55,82	57,79	59,76	60,68
190	90	55,30	56,22	58,19	60,16	61,08
190	100	55,70	56,62	58,59	60,56	61,48
190	110	56,10	57,02	58,99	60,96	61,88
190	120	56,50	57,42	59,39	61,36	62,28
190	130	56,90	57,82	59,79	61,76	62,68
195	70	54,81	55,74	57,70	59,67	60,59
195	80	55,21	56,14	58,10	60,07	60,99
195	90	55,61	56,54	58,50	60,47	61,39
195	100	56,01	56,94	58,90	60,87	61,79
195	110	56,41	57,34	59,30	61,27	62,19
195	120	56,81	57,74	59,70	61,67	62,59
195	130	57,21	58,14	60,10	62,07	62,99
200	70	55,13	56,05	58,02	59,99	60,91
200	80	55,53	56,45	58,42	60,39	61,31
200	90	55,93	56,85	58,82	60,79	61,71
200	100	56,33	57,25	59,22	61,19	62,11

200	110	56,73	57,65	59,62	61,59	62,51
200	120	57,13	58,05	60,02	61,99	62,91
200	130	57,53	58,45	60,42	62,39	63,31

Tableau 3 : Rangs centiles et valeurs attendues de périmètre crânien selon la formule $0,063 * \text{hauteur} + 0,040 * \text{poids} + 42,618$, obtenue chez les sujets de référence.

	Autistes	Neurotypiques
N	30	39
Age (ÉT)	23,10 ($\pm 4,48$)	22,24 ($\pm 2,80$)
QIG (ÉT)	99,57 ($\pm 14,99$)	111,00 ($\pm 11,81$)
#Cas macrocéphalie (selon hauteur+poids)	3	1
% macrocéphalie (selon la hauteur+poids)	10,00	2,56
Hauteur moyenne	174,05 cm ($\pm 7,76$ cm)	176,17 cm ($\pm 5,66$ cm)
Poids moyen	85,80 kg ($\pm 22,68$ kg)	82,86 kg ($\pm 17,79$ kg)
Périmètre crânien	57,31 cm ($\pm 2,21$ cm)	57,09 cm ($\pm 1,68$ cm)
Sagittal	35,41 cm ($\pm 2,07$ cm)	35,37 cm ($\pm 1,71$ cm)
Transverse	36,09 cm ($\pm 1,67$ cm)	35,60 cm ($\pm 1,54$ cm)

Tableau 4 : données des sujets des groupes de comparaison.

Figures:

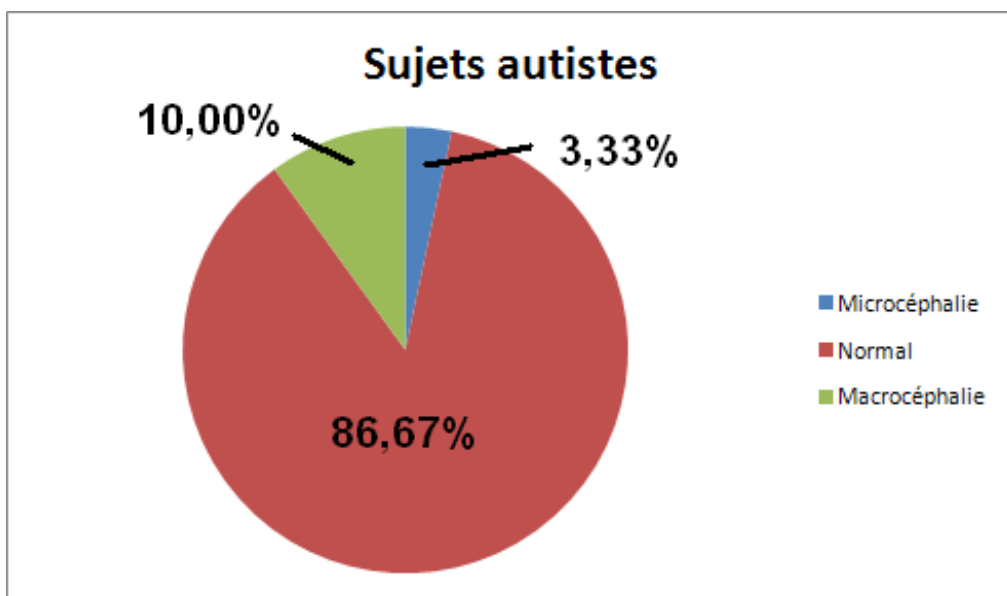


Figure 1 : Proportion des sujets autistes selon leur périmètre crânien en fonction de la hauteur et du poids.

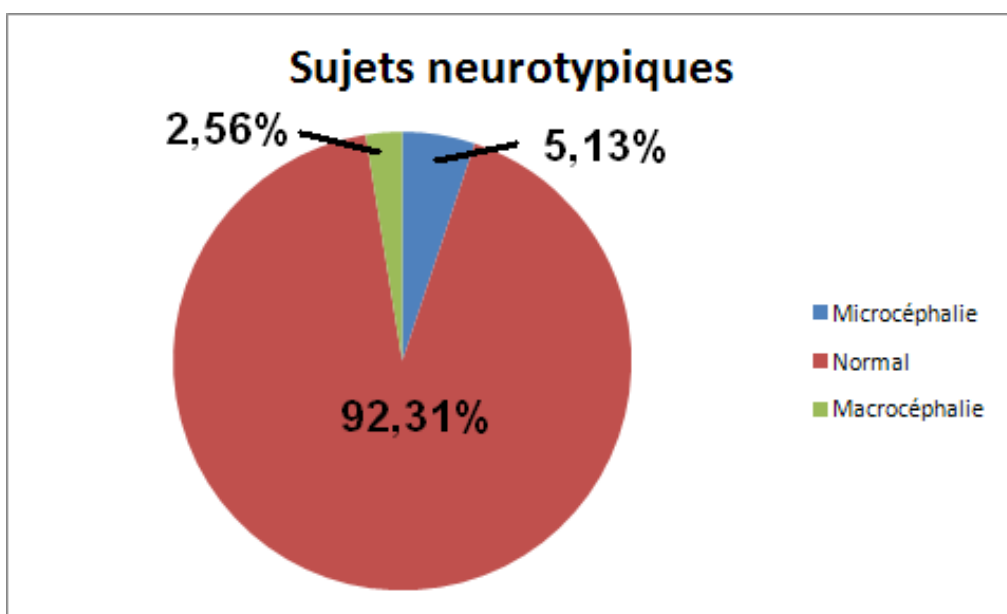
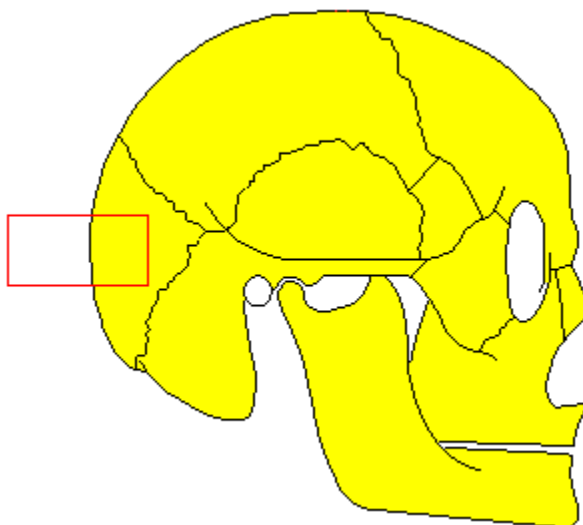


Figure 2 : Proportion des sujets neurotypiques de comparaison selon leur périmètre crânien en fonction de la hauteur et du poids.

Annexe 1 – Procédure pour la mesure du périmètre crânien

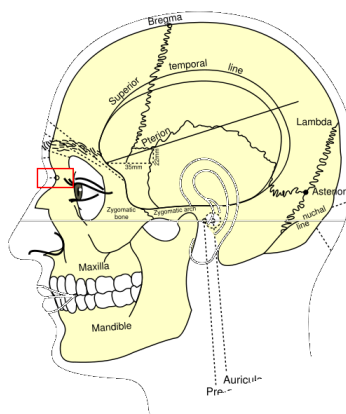
- 1) Prenez le ruban flexible à mesurer
- 2) Trouvez la protubérance occipitale (la bosse située à l'arrière du crâne) ou la partie crânienne arrière située juste avant que ça descende.



- 3) Marquez au besoin à la craie rouge la position de cette protubérance comme premier point de repère.
- 4) Trouvez la protubérance la plus avancée du visage au-dessus des yeux (l'os de l'arcade sourcilière, la position entre les 2 yeux à la hauteur des sourcils) qui fournira le second point de repère.
- 5) Enroulez le ruban autour de la tête du participant, sur le côté, en passant par les 2 points de repère indiqués précédemment et en s'assurant que le ruban soit situé au-dessus des oreilles pour obtenir la mesure du périmètre crânien.
- 6) Finalement, veuillez prendre la mesure indiquée par le ruban.

Annexe 2 – Procédure pour obtenir la mesure antéropostérieure crânienne

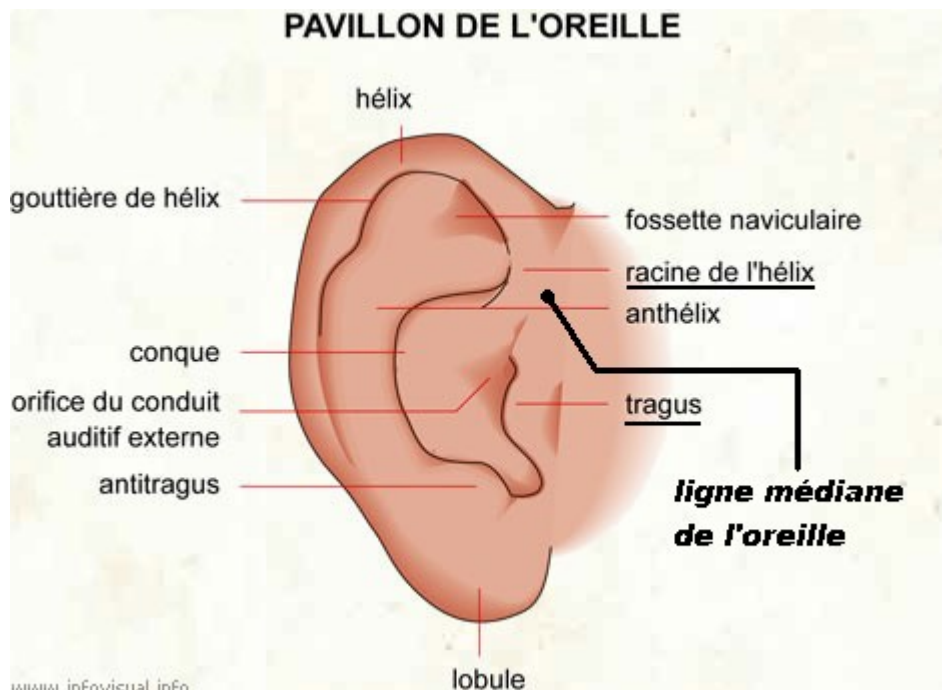
- 1) Prenez le ruban flexible à mesurer
- 2) Trouvez la protubérance occipitale externe (la bosse située à l'arrière du crâne)
- 3) Marquez au besoin à la craie rouge la position de la protubérance occipitale externe comme premier point de repère.
- 4) Trouvez le nasion (l'intersection entre l'os frontal et les os nasaux) qui fournira le second point de repère.



- 5) En utilisant les 2 points de repère indiqués précédemment comme départ et arrivée, mesurez la distance entre les 2 points en s'assurant que le ruban passe sur le haut de la tête.
- 6) Finalement, veuillez prendre la mesure indiquée par le ruban.

Annexe 3 – Procédure pour obtenir la mesure crânienne transverse

- 1) Prenez le ruban flexible à mesurer
- 2) Trouvez la fosse située entre le tragus et la racine de l'hélix de l'oreille droite
(ligne médiane de l'oreille)



- 3) Trouvez la même fosse du côté de l'oreille gauche.
- 4) En utilisant les 2 points de repère indiqués précédemment comme départ et arrivée, mesurez la distance entre les 2 points en s'assurant que le ruban passe sur le point le plus élevé au haut de la tête.
- 5) Finalement, veuillez prendre la mesure indiquée par le ruban.

Annexe 4 – Fiche des données du participant (à remplir par l'expérimentateur)

Numéro d'identification: _____

Date de l'évaluation: _____

Âge: _____

Sexe: M _____ F _____

Périmètre crânien: _____ cm

Mesure crânienne sagittale: _____ cm

Mesure crânienne transverse: _____ cm

Hauteur: _____ cm

Poids: _____ lbs

_____ kg (1 lb = 0,45359237 kg)

Références

- 1) American Psychiatric Association. 1994. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition (DSM-IV)*. Washington, DC: American Psychiatric Association.
- 2) Davidovitch M, Patterson B, Gartside P. 1996. *Head Circumference Measurements in Children with Autism*. Journal of Child Neurology 11: 389-393.
- 3) Fombonne E, Rogé B, Claverie J, Courty S, Fremolle J. 1999. *Microcephaly and Macrocephaly in Autism*. Journal of Autism and Developmental Disorders 29: 113-119.
- 4) Bolton P, Macdonald H, Pickles A, Rios P, Goode S, Crowson M, Bailey A, Rutter M. 1994. *A Case-Control Family History Study of Autism*. Journal of Child Psychology and Psychiatry 35: 877-900.
- 5) Woodhouse W, Bailey A, Rutter M, Bolton P, Baird G, Le Couteur A. 1996. *Head Circumference in Autism and Other Pervasive Developmental Disorders*. Journal of Child Psychology and Psychiatry 37: 665-671.
- 6) Lainhart JE, Piven J, Wzorek M, Landa R, Santangelo SL, Coon H, Folstein SE. 1997. *Macrocephaly in Children and Adults in Autism*. Journal of American Academy of Child and Adolescent Psychiatry 36: 282-290.
- 7) Stevenson RE, Schroer RJ, Skinner C, Fender D, Simensen RJ. 1997. *Autism and Macrocephaly*. Lancet. 349: 1744-1745.
- 8) Gillberg C, De Souza L. 2002. *Head Circumference in Autism, Asperger Syndrome, and ADHD: A Comparative Study*. Developmental Medicine & Child Neurology 44: 296-300.
- 9) Fidler DJ, Bailey JN, Smalley SL. 2000. *Macrocephaly in Autism and Other Pervasive Developmental Disorders*. Developmental Medicine & Child Neurology 42: 737-740.
- 10) Miles JH, Hadden LL, Takahashi TN, Hillman RE. 2000. *Head Circumference is an Independent clinical Finding Associated with Autism*. American Journal of Medical Genetics 95: 339-350.
- 11) Deutsch CK, Joseph RM. 2003. *Brief Report: Cognitive Correlates of Enlarged Head Circumference in Children with Autism*. Journal of Autism and Developmental Disorders 33: 209-215.
- 12) Dementieva YA, Vance DD, Donnelly SL, Elston LA, Wolpert CM, Raven SA, DeLong GR, Abramson RK, Wright HH, Cuccaro ML. 2005. *Accelerated Head Growth in Early Development of Individuals with Autism*. Pediatric Neurology 32: 102-108.
- 13) Sacco R, Militerni R, Frolli A, Bravaccio C, Gritti A, Elia M, Curatolo P, Manzi B, Trillo S, Lenti C, Saccani M, Schneider C, Melmed R, Reichelt KL, Pascucci T, Puglisi-Allegra S, Persico AM. 2007. *Clinical, Morphological, and Biochemical Correlates of Head Circumference in Autism*. Biological Psychiatry 62: 1038-1047.

- 14) Webb SJ, Nalty T, Munson J, Brock C, Abbott R, Dawson G. 2007. *Rate of Head Circumference Growth as a Function of Autism Diagnosis and History of Autistic Regression*. Journal of Child Neurology 22: 1182-1190.
- 15) Bushby KMD, Cole T, Matthews JNS, Goodship JA. 1992. *Centiles for Adult Head Circumference*. Archives of Disease in Childhood 67: 1286-1287.
- 16) Courchesne E, Karns CM, Davis HR, Ziccardi R, Carper RA, Tigue ZD, and others. 2001. *Unusual Brain Growth Patterns in Early Life in Patients with Autistic Disorder: An MRI Study*. Neurology 57: 245-254.
- 17) Courchesne E, Carper R, Akshoomoff N. 2003. *Evidence of Brain Overgrowth in the First Year of Life in Autism*. Journal of the American Medical Association 290: 337-44.
- 18) Fukumoto A, Hashimoto T, Mori K, Tsuda Y, Arisawa K, Kagami S. 2010. *Head Circumference and Body Growth in Autism Spectrum Disorders*. Brain & Development (article in press).
- 19) Lainhart JE, Bigler ED, Bocian M, Coon H, Dinh E, Dawson, Deutsch CK, Dunn M, Estes, Tager-Flusberg H, Folstein S, Hepburn S, Hyman S, McMahon W, Minshew N, Munson J, Osann K, Ozonoff S, Rodier P, Rogers S, Sigman M, Spence MA, Stodgell CJ, Volkmar F. 2006. *Head Circumference and Height in Autism: A Study by the Collaborative Program of Excellence in Autism*. American Journal of Medical genetics Part A 140A: 2257-2274.
- 20) Rommelse NNJ, Peters CTR, Oosterling IJ, Visser JC, Bons D, Van Steijn DJ, Draaisma J, Van der Gaag RJ, Buitelaar. 2010. *A Pilot Study of Abnormal Growth in Autism Spectrum Disorders and Other Childhood Psychiatric Disorders*. Journal of Autism and Developmental Disorders 41: 44-54.
- 21) Barnard-Brak L, Sulak T, Ivey Hatz JK. 2011. *Macrocephaly in Children with Autism Spectrum Disorders*. Pediatric Neurology 44: 97-100.
- 22) Karlberg P, Taranger J, Engström I, Karlberg J, Landström T, Lichtenstein H, Lindström B, Svennberg-Redegren I. 1976. *Physical Growth from Birth to 16 years and Longitudinal Outcome of the Study During the Same Age Period*. Acta Paediatr Scand Suppl 258: 7-76.
- 23) Roche AF, Mukherjee D, Guo S, Moore WM. 1987. *Head Circumference Data: Birth to 18 Years*. Pediatrics 79: 706-712.
- 24) Rollins JD, Collins JS, Holden KR. 2010. *United States Head Circumference Growth Reference Charts: Birth to 21 Years*. Journal of Pediatrics 156: 907-913.
- 25) Nellhaus G. 1968. *Head Circumference from Birth to Eighteen Years: Practical Composite International and Interracial Graphs*. Pediatrics 41: 106-114.
- 26) Albertsson Wikland K, Luo ZC, Niklasson A, Karlberg J. 2002. *Swedish Population-Based Longitudinal Reference Values from Birth to 18 Years of Age for Height, Weight and Head Circumference*. Acta Paediatr 91: 739-754.

- 27) Aylward EH, Minshew NJ, Field K, Sparks BF, Singh N. 2002. *Effects of Age on Brain Volume and Head Circumference in Autism*. *Neurology* 59: 175–83.
- 28) Kelly AM, Shaw NJ, Thomas AMC, Pynsent PB, Baker DJ. 1997. *Growth of Pakistani Children in Relation to the 1990 Growth Standards*. *Archives of Disease in Childhood* 77: 401-405.
- 29) Freeman J V, Cole TJ, Chinn S, Jones PRM, White EM, Preece MA. 1995. Cross-sectional stature and weight reference curves for the UK, 1990. *Archives of Disease in Childhood*, 73, 17-24.
- 30) Ogden CL, Kuczmarski RJ, Flegal KM, Mei Z, Guo S, Wei R, Grummer-Strawn LM, Curtin LR, Roche AF, Johnson CL. 2002. *Centers for Disease Control and Prevention 2000 growth charts for the United States: Improvements to the 1977 National Center for health Statistics version*. Atlanta, Georgia, USA: Centers for Disease Control and Prevention.
- 31) Geraedts EJ, van Dommelen P, Caliebe J, Visser R, Ranke MB, van Buuren S, Wit JM, Oosrdijk W. 2011. *Association between head Circumference and Body Size*. *Hormone Research in Pediatrics* 75: 213-219.
- 32) Epstein HT, Epstein EB. 1978. *The Relationship between Brain Weight and Head Circumference from Birth to Age 18 Years*. *American Journal of Physical Anthropology* 48: 471-474.
- 33) Dissanayake C, Bui QM, Huggins R, Loesch DZ. 2006. *Growth in Stature and Head Circumference in High-Functioning Autism and Asperger Disorder during the First 3 Years of Life*. *Development and Psychopathology* 18: 381-393.

ⁱ Pour les besoins de l'étude, le mot «échelle» sera utilisé puisqu'on ne peut guère parler de normes qui touchent plusieurs populations et qui demeurent stables sur de nombreuses années