

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCE DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

PAR
MARIE-CLAUDE LEHOUX

QUANTIFICATION DE L'ÉVOLUTION DE L'ATTITUDE POSTURALE
DE 3 À 83 ANS

janvier 2007

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ.....	iii
ABSTRACT.....	v
REMERCIEMENTS.....	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES FIGURES.....	ix
CHAPITRES	
I. INTRODUCTION.....	1
Problématique.....	8
Hypothèse.....	8
II. MÉTHODOLOGIE.....	10
Sujets.....	10
Mesures.....	11
Procédure pour l'analyse posturale.....	12
Procédures pour l'analyse statistique.....	14
Analyse statistique.....	14
III. RÉSULTATS.....	15
IV. DISCUSSION.....	50
Enfants.....	50
Le bassin dans le plan sagittal.....	50
Le bassin dans le plan transverse.....	58

Le thorax dans le plan sagittal.....	58
Cyphose vs lordose.....	63
Le thorax dans le plan frontal et transverse.....	65
La tête dans le plan sagittal.....	68
La tête dans le plan frontal et transverse.....	69
Adulte.....	72
Le bassin dans le plan sagittal.....	72
Le bassin dans le plan frontal.....	75
Le thorax dans le plan sagittal.....	76
Cyphose vs lordose.....	79
Le thorax dans le plan frontal et transverse.....	82
La tête dans le plan sagittal.....	84
La tête dans le plan frontal et transverse.....	86
V. CONCLUSION.....	88
RÉFÉRENCES.....	89
ANNEXES	
A. Déviations posturales non significatives.....	94

RÉSUMÉ

La posture change significativement à travers les différents groupes d'âge. Toutefois, très peu de données quantitatives sont disponibles pour documenter ce sujet.

L'objectif de ce travail a été de documenter la posture de l'enfant et de l'adulte. À partir d'une banque de données posturales (Posture Print™) de 4464 sujets provenant surtout du Canada et des États-Unis; 488 enfants âgés entre 3 et 18 ans et 3976 adultes âgés entre 19 ans et 93 ans, nous avons analysé les changements posturaux survenant au niveau du bassin, du tronc et de la tête dans les trois plan de mouvement anatomiques (frontal, sagittal et transverse).

D'après nos observations, chez l'enfant, on a observé que la lordose lombaire générale augmente jusqu'à l'âge de 10 ans et que par la suite, elle diminue. Chez l'adulte, la lordose lombaire générale diminue significativement en fonction de l'âge. Aussi, nous avons observé que la cyphose thoracique augmente significativement en fonction de l'âge chez les enfants comme chez les adultes. Finalement, la tête des enfants et des adultes se projette significativement vers l'avant en fonction de l'âge. Parallèlement, nous avons observé que la lordose lombaire influence la cyphose thoracique qui influence la position de la tête. Dans le plan frontal, nous avons observé chez l'enfant que la rotation du bassin, du thorax et

de la tête, selon l'axe des Y, diminue significativement en fonction de l'âge. Chez les adultes, nous avons principalement observé que la rotation du bassin, du thorax et de la tête, selon l'axe des Z augmente significativement en fonction de l'âge.

La posture se construit pendant notre vie à travers les habitudes de vie que nous adoptons et d'après la physiologie du corps humain. Chez les enfants comme chez les adultes, les changements posturaux au niveau du bassin, du tronc et de la tête selon les trois axes de mouvement, sont nombreux. Nous avons toutefois observé que ces changements ne sont pas les mêmes entre les deux groupes d'âge. D'autres études sont nécessaires pour savoir si l'activité physique peut prévenir l'évolution de certaine anomalie posturale.

ABSTRACT

Human posture change significantly among different age groups. However, few quantitative results are available to describe this subject.

The purpose of this study was to quantify the human posture of children and adults. With a postural quantity data entry (Posture Print™); 4464 subjects from Canada and United States: 488 children between 3 and 18 years old and 3976 adults between 19 and 93 years old, we have observed postural changes occurring at the pelvis, the trunk and the head through three dimensional anatomical plans (X, Y and Z).

With three different associations that describe the lordosis, we found that children tend to have an increasing lordosis until 10 years old and then it decreases. Adults tend to have a lordosis that decreases significantly with age. With two associations that describe the kyphosis, we found that it tends to increase significantly with age in children as well as adults. Finally, children and adults' heads tend to move forward significantly with age. We also found that lordosis influences the kyphosis that, in turn, influences the head position. The Y axis motion shows that children have a rotational malalignment at the pelvis, the trunk and the head that tends to decrease significantly with age. With adults, we found that the Z axis motion shows a rotational malalignment at the pelvis, the trunk and the head that tends to increase significantly with age.

Through life, our posture is dictated by human physiology and influenced by our different life habits. Children and adults have many postural changes in the three dimensional anatomical plans, at the pelvis, the trunk and the head. However, we found that these changes are not the same between the two groups. Further studies are needed to know if we can influence the postural evolution with physical activity.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été possible grâce à la collaboration de plusieurs personnes qui ont su m'apporter un soutien efficace tout au long de cette élaboration.

Je voudrais avant tout remercier largement mon directeur de maîtrise, Dr. Martin C Normand, qui a su me transmettre sa passion par ses explications. Sa patience et son débordement d'énergie m'ont permis de terminer cette recherche.

Je voudrais également remercier Dr. Martin Descarreaux du département de Chiropractique pour son aide et sa disponibilité ainsi que Monsieur Pierre Black pour ses explications au laboratoire de biomécanique.

LISTE DES TABLEAUX

Tableaux	page
1. Caractéristiques des sujets selon les tranches d'âges.....	10
2. Exemple typique de données posturales obtenues par le système pour un seul sujet.....	11
3. Nombre de sujets par groupes d'âge selon les tranches scolaires.....	15

LISTE DES FIGURES

Figures	page
1. Emplacements anatomiques des marqueurs Posture Print™.....	12
2. Exemple : Tableau décrivant les déviations posturales d'un sujet...	13
3. Résultats moyens des déviations du bassin en rotation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des X chez les enfants.....	17
4. Résultats moyens des déviations du bassin en rotation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des Y chez les enfants.....	18
5. Résultats moyens des déviations du bassin en rotation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des Z chez les adultes.....	19
6. Résultats moyens des déviations du bassin en translation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des Z chez les enfants.....	20
7. Résultats moyens des déviations du bassin en translation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des Z chez les adultes.....	21
8. Résultats moyens des déviations du thorax en rotation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des X (pieds) chez les enfants.....	22
9. Résultats moyens des déviations du thorax en rotation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des X (pieds) chez les adultes.....	23
10. Résultats moyens des déviations du thorax en rotation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des Y (pieds) chez les enfants.....	24
11. Résultats moyens des déviations du thorax en rotation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des Y (pieds) chez les adultes.....	25
12. Résultats moyens des déviations du thorax en rotation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des Z (pieds) chez les adultes.....	26
13. Résultats moyens des déviations du thorax en translation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des X (bassin) chez les enfants.....	27
14. Résultats moyens des déviations du thorax en translation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des X (bassin) chez les adultes.....	28

15. Résultats moyens des déviations du thorax en translation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des Z (pieds) chez les enfants.....	29
16. Résultats moyens des déviations du thorax en translation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des Z (pieds) chez les adultes.....	30
17. Résultats moyens des déviations de la tête en rotation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des X (pieds) chez les enfants.....	31
18. Résultats moyens des déviations de la tête en rotation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des X (pieds) chez les enfants.....	32
19. Résultats moyens des déviations de la tête en rotation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des Y (thorax) chez les enfants.....	33
20. Résultats moyens des déviations de la tête en rotation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des Y (thorax) chez les adultes.....	34
21. Résultats moyens des déviations de la tête en translation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des X (pieds) chez les enfants.....	35
22. Résultats moyens des déviations de la tête en translation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des X (pieds) chez les adultes.....	36
23. Résultats moyens des déviations de la tête en translation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des Z (pieds) chez les enfants.....	37
24. Résultats moyens des déviations de la tête en translation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des Z (pieds) chez les adultes.....	38
25. Résultats moyens des déviations de la tête en rotation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des Z (thorax) chez les enfants.....	39
26. Résultats moyens des déviations de la tête en rotation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des Z (thorax) chez les adultes.....	40
27. Corrélation entre le poids et la rotation du bassin selon l'axe des X chez les enfants.....	41
28. Corrélation entre la translation du bassin selon l'axe des Z et la translation de la tête selon l'axe des Z chez les enfants.....	42

29. Corrélation entre la translation du bassin selon l'axe des Z et la translation du thorax selon l'axe des Z chez les enfants.....	43
30. Corrélation entre la translation du thorax selon l'axe des Z et la translation de la tête selon l'axe des Z chez les enfants.....	44
31. Corrélation entre la rotation du bassin selon l'axe des Y et la rotation du thorax selon l'axe des Y chez les enfants.....	45
32. Corrélation entre la rotation du thorax selon l'axe des Y et la rotation de la tête.....	46
33. Corrélation entre la translation du bassin selon l'axe des Z et la translation du thorax selon l'axe des Z chez les adultes.....	47
34. Corrélation entre la translation du thorax selon l'axe des Z et la translation de la tête selon l'axe des Z chez les adultes.....	48
35. Corrélation entre la rotation du bassin selon l'axe des Y et la rotation de la tête selon l'axe des Y chez les adultes.....	49
36. Associations qui définissent la lordose lombaire.....	51
37. Associations qui définissent la cyphose thoracique.....	59
38. Tête de l'enfant dans le plan frontal.....	71
39. Tête de l'adulte dans le plan frontal.....	87

CHAPITRE I

Introduction

Depuis plusieurs années, les recherches multidisciplinaire sur la posture ont capté l'attention de nombreux chercheurs ayant l'aspiration de comprendre et de faciliter le développement d'une bonne posture chez l'être humain et de réduire les troubles pouvant s'y rattacher. En effet, nous retrouvons dans la littérature plusieurs statistiques nous démontrant l'étendue des asymétries posturales à travers les différentes populations. Par exemple, une étude provenant de la France, dénote que 46,9% des enfants ont une asymétrie au niveau du tronc (cyphose, lordose ou scoliose) (Troussier et Phelip, 1999). Aussi, une autre étude rendue par Nissen, Heliovaara, Seitsamo, Kononen, Humerinta et Poussa (2001) affirme que seulement 30% des adultes sont observés symétriques.

En lien étroit avec ces observations, nous constatons que les maux de dos sont un problème croissant de notre population. En effet, l'Institut de la Statistique du Québec (1998) témoigne, par une étude menée sur la prévalence des problèmes de santé au Québec, de l'étendu du problème de maux de dos et de la colonne, à travers les différentes tranches d'âge. Nous remarquons, en effet, que la prévalence de ce problème, auprès de la population totale, était de 7,7% en 1987 et de 10,2% en 1997. Ainsi, l'ampleur de ces chiffres nous démontrent le besoin impératif de développer des moyens afin d'amoindrir cette crise.

En premier lieu, que peut-on définir comme étant une bonne posture? Une étude conduite par Cil, Yazici, Uzumcugil, Kandemir, Alanay, Alanay, Acaroglu, Surat (2004), témoigne que : « Une colonne vertébrale alignée physiologiquement est une caractéristique essentielle à l'apparence et à la fonction du corps humain » (p.96). Plus précisément, dans l'ouvrage de Peterson, Kendall et Geise (2001), la définissent comme étant : « ...une posture nécessitant le moins d'efforts et de contraintes possible favorisant une efficacité corporelle maximale » (p.71). Le livre de A. Shuway-Cook et M. H. Woollacott (2001) abonde dans le même sens en certifiant que : « L'alignement idéal maintient le corps en équilibre avec le moins de dépense énergétique possible » (p.168). Le livre de Peterson et al. (2001) ajoute que : « Dans la posture de référence, la colonne vertébrale présente des courbures antéro-postérieures normales et le squelette des membres inférieurs est aligné de façon idéale pour la mise en charge » (p.71). La posture de référence typique pour l'adulte permet d'aligner un fil de plomb dans le plan sagittal avec les repères anatomiques suivants : « légèrement en arrière du sommet de la suture fronto-pariétale, en regard du conduit auditif externe, à l'aplomb de l'apophyse odontoïde de l'axis, à l'aplomb des corps vertébraux lombaires, à l'aplomb du promontoire du sacrum, légèrement en arrière du centre de la hanche, légèrement en avant de l'axe transversal du genou et à l'aplomb de l'articulation calcanéo-cuboïdienne. De dos, cette ligne de référence passe par un point milieu entre les talons et se prolonge entre les deux membres inférieurs et divise le bassin, le rachis, et le crâne en deux moitiés symétriques» (Peterson et al.2001, p.72). Par conséquent tout défaut

d'alignement entraîne une tension anormale et une contrainte sur le squelette, les articulations, les ligaments et les muscles (Marieb, 1992).

Partant de ce principe, plusieurs recherches affirment que le corps qui se maintient en dehors de son alignement pour une longue période de temps, fait interagir des muscles, qui, au repos, sont raccourcis ou étirés. Parallèlement, nos tâches quotidiennes influencent sur notre musculature. Le muscle qui est toujours utilisé s'adapte à sa tâche, se raccourcit et place le muscle opposé dans une situation d'étirement chronique. On peut observer ce phénomène chez les gens qui travaillent souvent à l'ordinateur. En effet, le petit pectoral, est en constante position de raccourcissement contre les rhomboïdes, qui sont en perpétuel étirement. Ce déséquilibre musculaire entraîne une posture caractérisée par une antériorité des épaules. Lorsque cette situation se prolonge, elle peut provoquer une surcharge du muscle et ainsi engendrer une détérioration posturale (Peterson et al., 2001). En effet, il a été démontré par l'article de Jundi, Amado, Aparecida, Junichiro et Caielli (2004) : « qu'une bonne posture est l'état d'équilibre qui existe entre les muscles et le squelette, ce qui, protège les structures du corps contre les blessures et les déformités indépendantes de l'attitude (debout, couché, plié) dans lequel ces structures travaillent ou se reposent » (p.9). En résumé, nous pouvons certifier que l'équilibre musculaire est un facteur majeur dans le contrôle de la posture.

D'où nous proviennent ces débalancements? De nos jours, la spécialisation de plusieurs tâches ainsi que notre milieu physique, imposent différentes contraintes posturales. Conséquemment, de nombreuses recherches ont étudié les agents de stress qui pourraient agir sur le développement de notre posture. Dans leur ouvrage, Troussier et Phelip (1999) conçoivent que : « L'environnement, les rythmes, l'éducation contribuent à modeler la posture. Le jeune scolaire ne peut avoir la même posture que l'enfant qui est libre de courir parmi les champs et les bois » (p.230). Par exemple, la spécialisation pour une discipline sportive peut briser l'alignement postural. De fait, plusieurs recherches ont tenté d'expliquer les enjeux de la gymnastique sportive sur la colonne vertébrale, les muscles et les ligaments. L'étude de Wojtys, Ashton-Miller , Huston , Moga (2000) soutient que la gymnastique pratiquée excessivement amène plusieurs problèmes au niveau de l'alignement postural. Plusieurs attestent même que c'est l'un des sports les plus violents sur le développement postural. En effet, dans son livre, Fu (1994) démontre que le principal mécanisme du problème de dos chez les adolescents provient d'une croissance rapide où les os grandissent plus rapidement que les muscles, ce qui, prédispose à l'inflexibilité et altère le mouvement au niveau des disques vertébrales. De plus, étant donné que la flexibilité est une caractéristique majeure des gymnastes, l'athlète tente toujours d'acquérir une amplitude de mouvement de plus en plus grande, ce qui prédispose aux blessures. Aussi, cet auteur affirme que les problèmes de dos dans cette discipline sont souvent associés à un déclin de la flexibilité. Outre la spécialisation sportive qui façonne la posture, dans leur livre, Troussier et al. (1999) attestent que : « La durée de station assise, la charge de travail, le stress qui

l'accompagne, les exigences éducatives familiales et scolaires vont donc donner leur marque à cette personnalité posturale, beaucoup plus que la forme du mobilier scolaire... » (p.231). En fait, ils expliquent que : « toute immobilisation (station assise prolongée) entraîne une déficience proprioceptive par hyposollicitation des structures neurologiques informatives» (p.230). Cela modifie donc la régulation posturale.

Intéressamment, une recherche réalisée par Cardon, De Clercq, De Bourdeaudhuij, Breithecker (2003) a étudié les habitudes assises d'une école élémentaire traditionnelle versus une école en mouvement, ceci, relié aux problèmes de dos que les enfants développaient. De façon générale, les élèves de l'école en mouvement ont montré une rotation du tronc et de la tête moins prononcée que les élèves de l'école traditionnelle. Toutefois, la prévalence des maux de dos ou de cou ne diffère pas entre les deux écoles.

De plus, une récente étude de Normand, Descarreaux, Lehoux, Dugas, Lafond et Kuwaoka (2005), réalisée auprès de 1081 enfants âgés de 4 à 12 ans, démontre qu'à l'âge de 7 ans (entrée scolaire) il y a des changements significatifs qui s'observent au niveau des paramètres posturaux. En effet, il y a une translation significative de la tête et des épaules vers l'avant ainsi qu'une diminution de l'angle du bassin. Globalement, les chercheurs ont recensé la plupart des agents environnementaux qui pourraient jouer un rôle sur l'évolution posturale de l'enfant jusqu'à l'âge adulte, dans le but de comprendre leur impact réel. Somme toute, nous pouvons en conclure que les forces mécaniques imposées sur un rachis en croissance sont abondantes et diverses.

Comme mentionné précédemment, lors de la croissance, pendant la période de jeune adolescence, la posture change significativement. En effet, les résultats d'une étude publiée par Widhe (2001) ont démontré que la configuration sagittale du rachis lombaire évoluait remarquablement entre l'âge de 6 ans et 16 ans. De façon générale, il démontre que la cyphose thoracique et la lordose lombaire progressent d'environ 6° chacune. De plus, il affirme que 90% des enfants évalués voient leur mobilité rachidienne réduite en vieillissant. Ce qui, d'après l'ouvrage de Twomey, Lance T, et Taylor (2000) est inévitable. Aussi, les écrits montrent clairement que l'aptitude posturale diminue lorsque l'enfant grandit à cause de l'utilisation qu'il fait de son corps. En effet, les enfants sont moins actifs et plus restreints par les exigences de la société qui les entoure. De manière générale, nous pouvons affirmer que les particularités posturales de chaque individu se construisent au fil des années. Néanmoins, certaines anomalies posturales s'estompent normalement à l'âge adulte. De ce fait, il ne faut pas sauter trop vite aux conclusions lorsqu'un enfant présente des signes de déviation posturale. En effet, certaines déviations sont normales et sans conséquences sévères. Par exemple, il est normal chez les enfants de moins de 7 ans d'avoir un genu valgum et de voir chez les enfants de moins de 10 ans une lordose lombaire exagérée. Aussi, avant l'âge de 12 ans, il est commun de voir un abdomen prépondérant. Finalement, la proéminence des scapulas chez les enfants d'âge scolaire est courante. Néanmoins, avec les années, ces différentes caractéristiques évoluent pour en générale s'estomper. Cependant, si ces particularités se retrouvent à l'extérieur de l'alignement postural idéal définit plus haut, il faut alors réagir afin d'amoindrir ce développement. Ainsi, il est

important de déceler les véritables anomalies et de pouvoir les prévenir afin de minimiser les conséquences sur la croissance des enfants. En effet, une étude menée par Jundi, Amado, Aparecida, Junichiro, Caielli (2004), atteste que : « Le déséquilibre postural peut être physiologique durant une certaine phase du développement musculaire. Toutefois, avec le temps, ce développement peut devenir incorrect et causer une surcharge nuisible au corps» (p.14). En définitive, il devient apparent de suivre l'évolution de la posture chez la population d'âge scolaire puisque de nombreux changements surviennent durant cette phase de vie. Il est tout aussi important de suivre cette évolution à l'âge adulte afin d'observer et de comprendre les différentes transformations qui peuvent survenir à cet autre stade. Y a-t-il une continuité entre les changements survenant chez les enfants et ceux survenant chez l'adulte?

En effet, il est reconnu que le vieillissement affecte notre posture. Les principaux changements survenant avec l'âge incluent la tête avancée, les épaules courbées, une augmentation de la cyphose thoracique, une réduction de la lordose lombaire ainsi que des hanches et des genoux fléchis (Hinman, 2004). Néanmoins, il existe peu de données quantitatives au niveau du bassin, du tronc ou de la tête chez la population vieillissante.

Finalement, si nous voulons être en mesure de suivre l'évolution de la posture, il faut la mesurer. La majorité des informations disponibles dans la littérature s'appuie sur des observations qualitatives. Avec l'avènement des technologies informatiques, nous disposons maintenant d'outils qui nous permettent de quantifier plus précisément la

posture, tel le Posture Print™. Cette nouvelle technologie nous permet de mesurer les déviations dans les plans frontal et sagittal mais également dans le plan transverse, c'est-à-dire les rotations de la tête, du thorax et du bassin ce qui n'a jamais, à notre connaissance, été fait.

Problématique

La littérature laisse voir que la posture change significativement lorsque les enfants entrent à l'école. Chez la population adulte, la littérature montre également qu'il y a d'autres changements posturaux qui surviennent avec le vieillissement. Toutefois très peu de données quantitatives sont disponibles pour documenter ce sujet. L'objectif de ce travail est donc de documenter la posture de l'enfant, de l'adulte et du troisième âge dans les trois plans anatomiques de mouvement.

Hypothèses

À notre avis, nous croyons retrouver des différences significatives au niveau du bassin, du tronc et de la tête, entre les différents groupes d'âge. De façon générale nous croyons que nous allons observer des différences significativement entre les groupes d'âge. Plus précisément, nous croyons observer chez les enfants :

- 1- antériorité et rotation du thorax qui seront significativement plus prononcées chez les personnes du troisième âge ($+T_z^T$; $+R_x^T$);
- 2- antériorité et rotation de la tête qui seront significativement plus prononcées chez les personnes du troisième âge ($+T_z^h$; $-R_y^h$);

- 3- antéversion et rotation du bassin qui seront significativement plus prononcées chez les enfants plus âgés ($+T^p_z$; $-R^p_y$).

CHAPITRE II

Méthodologie

Sujets

Nous avons obtenu une banque de données de posture (Posture Print™) de 4464 sujets âgés entre 3 et 93 ans provenant surtout du Canada et des États-Unis; 488 enfants âgés entre 3 et 18 ans et 3976 adultes âgés entre 19 ans et 93 ans.

Tableau 1

Caractéristiques des sujets selon les tranches d'âge

Tranches d'âge	Poids (kg)	Grandeur (cm)	Tranches d'âge	Poids (kg)	Grandeur (cm)
3-5	63	109,16	19 à 21	67	146,91
6-7	57	60,55	22 à 32	78	162,92
8-9	61	74,86	33 à 41	77	165,10
10-11	66	82,70	42 à 51	77	170,17
12-14	73	119,96	52 à 61	77	170,44
15-17	76	139,52	62 à 64	77	174,63
18	78	164,32	65 à 69	77	174,4
			70 à 74	76	173,47
			75 à 79	76	172,12
			80 et +	74	155,34

Mesures

Analyse posturale : Posture Print™ : Logiciel utilisé pour analyser la posture chez l'être humain. Ce système internet est offert par Biotonix. Donc, à l'aide de marqueurs placés à des endroits spécifiques sur le sujet, le système les repère et calcule les déviations posturales d'après la posture de référence (telle que définie dans l'introduction). Plus précisément, le programme calcule 25 données posturales pour chaque sujet. Ces données comprennent les rotations et les translations selon les trois plans anatomiques de mouvement (X, Y et Z) et cela pour les trois segments (tête, thorax et bassin).

Tableau 2

Exemple de données posturales obtenues par le système, sous forme de tableau,
pour un seul sujet

Bassin – rotation X	Thorax – rotation X (pieds)	Thorax – rotation X (bassin)	Tête - rotation X (pieds)	Tête - rotation X (thorax)	Bassin - rotation Y	Thorax - rotation Y (pieds)
7,54°	4,23°	-3,30°	8,70°	4,46°	4,65°	7,57°
antérieur	antérieur	postérieur	antérieur	antérieur	droite	droite
Tête - rotation Y (thorax)	Bassin - rotation Z	Thorax - rotation Z (pieds)	Thorax - rotation Z (bassin)	Tête - rotation Z (pieds)	Tête - rotation Z (thorax)	Bassin - translation X
-10,08°	1,56°	-1,95°	-3,51°	-0,19°	1,75°	-26,64mm
gauche	droite	gauche	gauche	gauche	droite	gauche
Tête - translation X (pieds)	Tête - translation X (thorax)	Bassin - translation Z	Thorax - translation Z (pieds)	Thorax - translation Z (bassin)	Tête - translation Z (bassin)	Tête - translation Z (thorax)
-16,03 mm	10,17mm	16,99mm	40,29mm	23,29mm	66,43mm	26,26mm
gauche	droite	antérieur	antérieur	antérieur	antérieur	antérieur
Thorax rotation Y (bassin)	Tête - rotation Y (pieds)	Thorax - translation X (pieds)	Thorax - translation X (bassin)			
2,9203°	-2,5104°	-42,09mm	-15,44mm			
droite	gauche	gauche	gauche			

Procédures pour l'analyse posturale

Pour chaque sujet, le poids, la taille, la date de naissance ainsi que le sexe sont enregistrés. Subséquemment, l'évaluateur, prend soin de placer les marqueurs sur le corps (fourchette sternale, épines iliaques antéro-supérieures, épines iliaques postéro-supérieures, T12, T2, pointe des fesses, scapulas inférieurs); si possible sur la peau afin d'éviter les déplacements involontaires des vêtements.

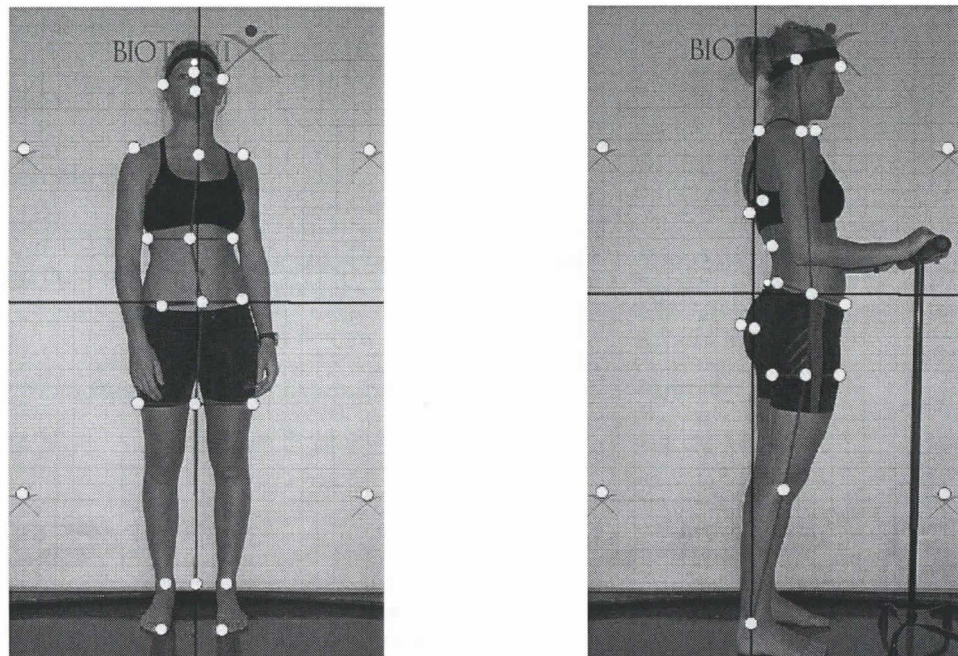


Figure 1 : Emplacements anatomiques des marqueurs Posture Print™

Ensuite, le sujet va se positionner devant la caméra, celle-ci placée auparavant à 11 pieds entre la lentille et le canevas quadrillé. L'évaluateur prend soin d'installer le casque de référence à l'endroit désiré sur la tête du sujet; les marqueurs doivent se situer devant les conduits auditifs. Ensuite, trois photos (vue frontale, sagittale gauche et droite) sont prises. En toute fin, les photos sont analysées par le système Posture Print™. Ce système internet basé sur l'évolution posturale détecte les déviations

posturales et prescrit automatiquement des exercices pour corriger ces déviations. Ce système a fait l'objet de quelques études afin d'en vérifier la validité. Par exemple, une étude menée par Harrison, Janik, Cailliet, Harrison, Normand, Perron et Ferrantelli (2006) atteste que ce système est exact pour l'évaluation posturale de la cage thoracique. Plus précisément, à partir de mannequin et du système Posture Print™, ces chercheurs ont calculé une erreur moyenne de 1.3° pour toutes les rotations et moins de 1.7mm pour toutes les translations.

Exemple :

Vue latérale droite

Région du corps	Rotation selon l'axe des X (flexion - extension)	Translation selon l'axe des Z (avant - arrière)
Tête	15,8° En flexion	4,1 cm En avant
Cage thoracique	5,6° En extension	Normal
Bassin	5,1° En flexion	4,4 cm En avant

Vue frontale

Partie du corps	Rotation - axe des Z (flexion lat. dr. ou ga.)	Rotation - axe des Y (dr. ou ga.)	Translation - axe des X (déplac. lat. dr. ou ga.)
Tête	Normal	Normal	Normal
Cage thoracique	2,9° Gauche	Normal	Normal
Bassin	Normal	Normal	Normal

Figure 2 : Exemple d'un tableau décrivant les déviations posturales d'un sujet

Procédures pour l'analyse statistique

Nous avons reçu un total de 5000 données Posture Print™ placées sous le logiciel Microsoft Office Excel. Pour chaque sujet, un total de 28 données concernant son âge, son poids, sa taille et ces déviations posturales (bassin, thorax et tête). Nous avons préalablement éliminé les sujets ayant des déviations posturales incomplètes ou impossibles. Par la suite, nous avons transposé les données dans un fichier STATISTICA.

Analyse statistique

L'analyse de ces résultats ont été effectués à l'aide de STATISTICA 6,1 (Statsoft Inc.) pour Windows. Pour évaluer l'existence d'une certaine tendance significative dans le développement postural entre les différents groupes d'âges, nous avons utilisé les données sous forme de moyenne. Les données qui se trouvent dans le plan frontal et dans le plan transverse ont été converties en valeurs absolues afin d'éviter que les données ne s'annulent lors du calcul de la moyenne. L'analyse statistique a été fait sur les states d'âge ($A = 17$). Nous avons donc exploité l'analyse « une direction-ANOVA » (âge X variable posturale) pour chacune des 25 variables dépendantes de posture afin d'établir les différentes tendances qui pouvaient en ressortir. Dans le cas où l'analyse ne démontrait pas de tendance linéaire ou quadratique, nous avons réalisé un Test HSD de Tukey. Les résultats étaient définis comme étant significatif à $P < 0,05$. Conjointement, nous avons effectué des tests de corrélation de Pearson's afin d'établir les relations existantes entre les 3 segments analysés (tête, thorax, bassin).

CHAPITRE III

Résultats

Le tableau 1 résume la répartition des différents groupes d'âge effectuée pour cette recherche selon des tranches d'âge. Les tranches sont plus petites en bas âges (moins de 18 ans) et pour les personnes âgées (+ 64 ans) alors qu'elles sont plus étendues pendant la période de l'âge adulte (+21 ans). Il existe donc 16 groupes d'âge différents. De plus, ce tableau présente la quantité de sujets inclut dans chaque groupe. Le huitième groupe, comprenant les 22 à 32 ans, est celui dont il y a un plus grand nombre de sujets (956 sujets). Tandis que le groupe des 80 ans et plus est le groupe le plus sommaire (38 sujets). Il y a un total de 4464 analyses qui ont été réalisées pour cette étude.

Tableau 3

Nombre de sujet par groupes d'âges selon tranches d'âge

Groupes	Tranches d'âge	Nombre de sujets	Groupes	Tranches d'âge	Nombre de sujets
1	3 à 5	57	7b	19 à 21	166
2	6-7	44	8	22 à 32	956
3	8-9	61	9	33 à 41	858
4	10-11	54	10	42 à 51	914
5	12 à 14	117	11	52 à 61	626
6	15 à 17	112	12	62 à 64	131
7a	18	43	13	65 à 69	142
			14	70 à 74	90
			15	75 à 79	55
			16	80 et +	38
					n = 4464 sujet

Les résultats

Les résultats seront ici décrits à l'aide de différents graphiques qui illustrent l'évolution posturale des divers segments. Afin d'imager et de faciliter la compréhension, nous avons joint à chaque graphique une image démontrant le déplacement observé. Dans l'ordre, nous avons décrit chaque graphique en commençant par les déviations au bassin, au tronc et à la tête. Le premier graphique est habituellement les observations faites chez les enfants et par la suite, celles observées chez l'adulte. Toutefois, dans certain cas, il n'y a qu'un graphique, car les données du graphique manquant ne sont pas significatives. Nous avons placé les graphiques non significatifs en annexe.

Rotation du bassin selon l'axe des X

L'amplitude maximale de rotation au bassin selon l'axe des X se retrouve dans le groupe des 8-9 ans avec un angle de 6,0 degrés en flexion. Il y a ensuite une réduction du déplacement jusqu'au groupe des 18 ans, où la déviation atteint son minimum soit, 0,17 degré en flexion. L'analyse de tendance démontre, une diminution linéaire de rotation au bassin selon l'axe des X en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 6,481$, $dl = (8,2034)$, $p < 0,001$).

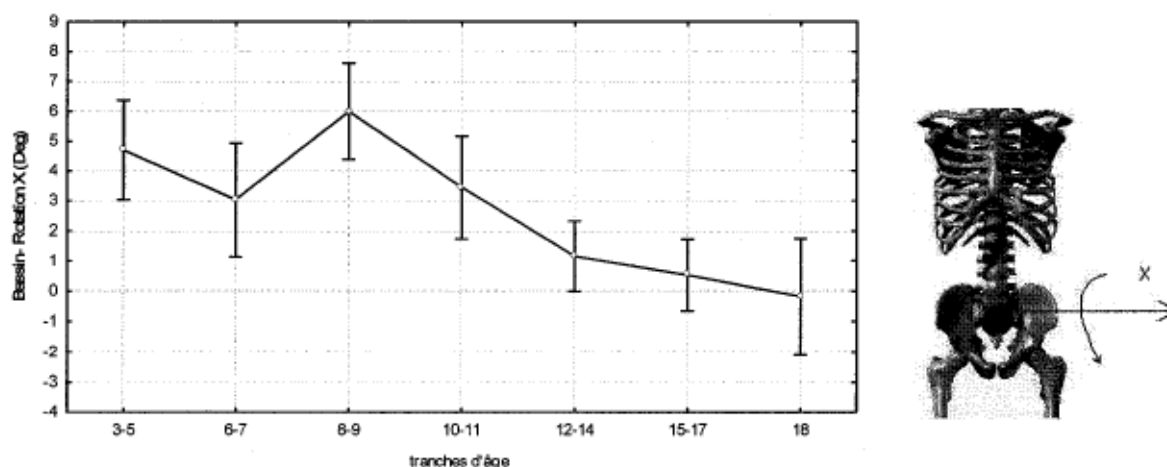


Figure 3. Résultats moyens des déviations du bassin en rotation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des X selon les différents groupes d'âge allant jusqu'à 18 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Rotation du Bassin selon l'axe des Y

L'amplitude maximale de rotation au bassin selon l'axe des Y se retrouve dans le groupe 3 à 5 ans avec un angle de 2,11 degrés. Il y a ensuite une réduction du déplacement jusqu'au groupe des 18 ans, où la déviation atteint son minimum soit; 0,77 degré. L'analyse de tendance démontre, une diminution linéaire de rotation au bassin selon l'axe des Y en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 6,481$, $dl = (2,2477)$, $p = 0,03773$).

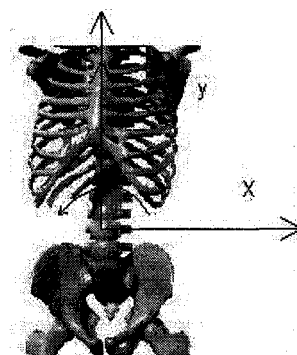
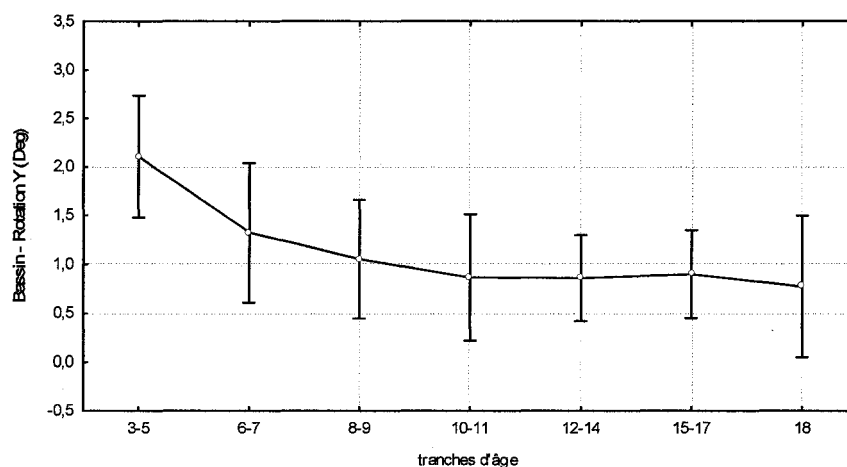


Figure 4. Résultats moyens des déviations du bassin en rotation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des Y selon les différents groupes d'âge allant jusqu'à 18 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Rotation du bassin selon l'axe des Z

L'amplitude minimale de rotation au bassin selon l'axe des Z se retrouve dans le groupe des 22 à 32 ans avec un angle de 1,56 degré. Il y a ensuite une accentuation du déplacement jusqu'au groupe des 80 ans et plus, où la déviation atteint son maximum, 2,33 degrés. L'analyse de tendance démontre, une augmentation linéaire de rotation au bassin selon l'axe des Z en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 9,3966$, $dl = (2,8907)$, $p = 0,00208$).

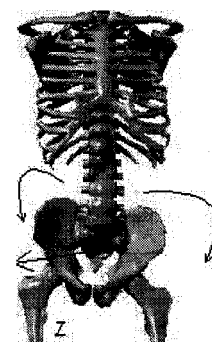
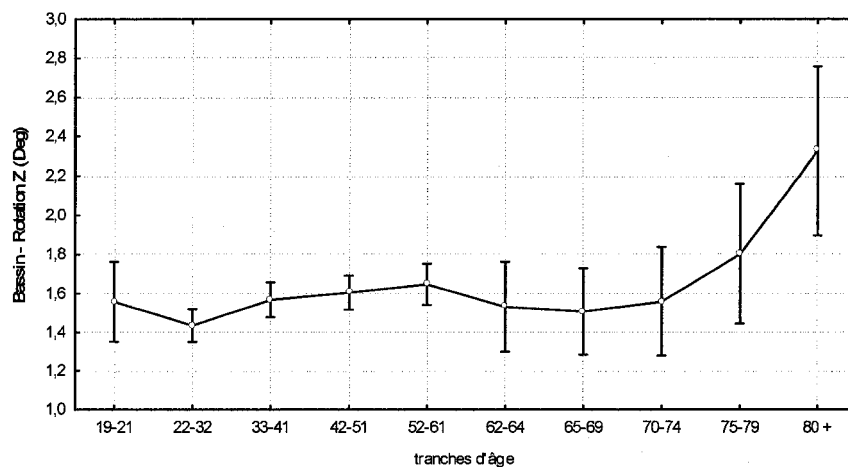


Figure 5. Résultats moyens des déviations du bassin en rotation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des Z selon les différents groupes d'âge allant de 19 ans à 93 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Translation du bassin selon l'axe des Z

L'amplitude minimale de translation au bassin selon l'axe des Z se retrouve dans le groupe des 6-7 ans avec un déplacement de 31,86 millimètres en flexion. Il y a ensuite une accentuation du déplacement jusqu'au groupe des 15-17 ans, où la déviation atteint son maximum, soit 56,18 millimètres en flexion. L'analyse de tendance démontre, une augmentation linéaire de translation au bassin selon l'axe des X en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 6,481$, $dl = (10,963)$, $p < 0,001$).

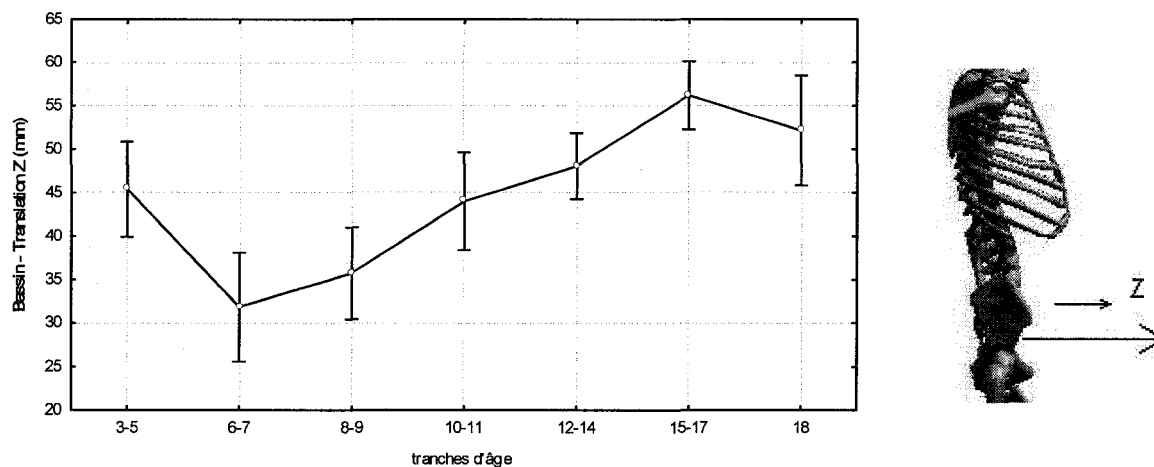


Figure 6. Résultats moyens des déviations du bassin en translation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des Z selon les différents groupes d'âge jusqu'à 18 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Chez les adultes, l'amplitude maximale de translation au bassin selon l'axe des Z se retrouve dans le groupe des 22-32 ans avec un déplacement de 54,18 millimètres en flexion. Il y a ensuite une réduction du déplacement jusqu'au groupe des 80 ans et plus, où la déviation atteint son minimum soit 27,9 millimètres en flexion. L'analyse de tendance démontre, une diminution linéaire de translation au bassin, selon l'axe des Z, en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 9,3966$, $dl = (14,842)$, $p < 0,001$).

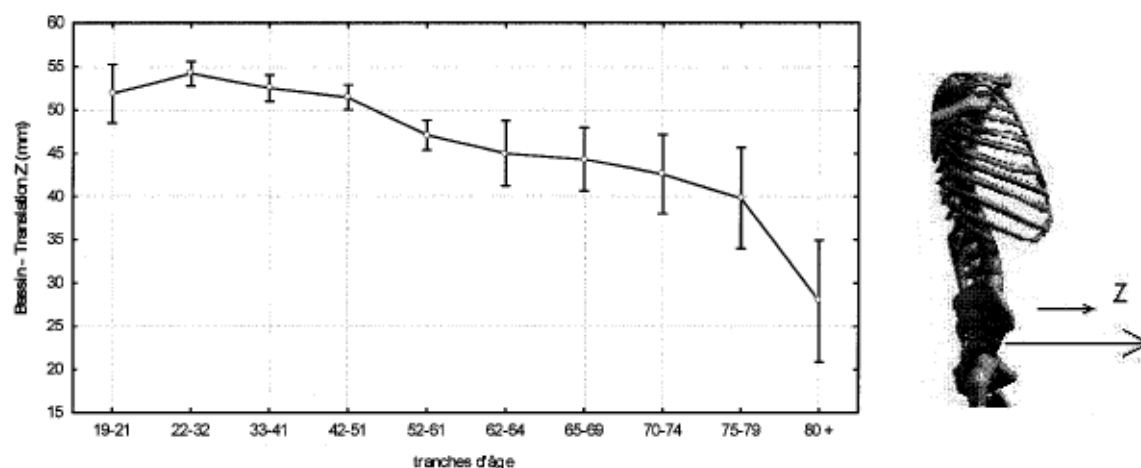


Figure 7. Résultats moyens des déviations du bassin en translation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des Z selon les différents groupes d'âge allant de 19 ans à 93 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Rotation du thorax selon l'axe des X

L'amplitude minimale de rotation au thorax selon l'axe des X se retrouve dans le groupe des 6-7 ans avec un angle de 2,87 degrés en extension. Il y a ensuite une accentuation du déplacement jusqu'au groupe des 18 ans, où la déviation atteint son maximum, 1,39 degré en flexion. L'analyse de tendance démontre, une augmentation linéaire de rotation au thorax selon l'axe des X en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 6,481$, $dl = (7,0034)$, $p < 0,001$).

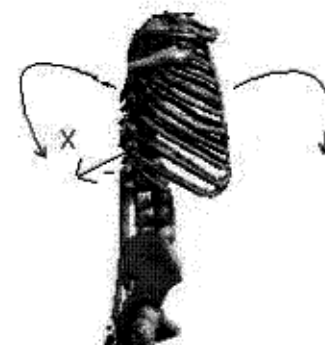
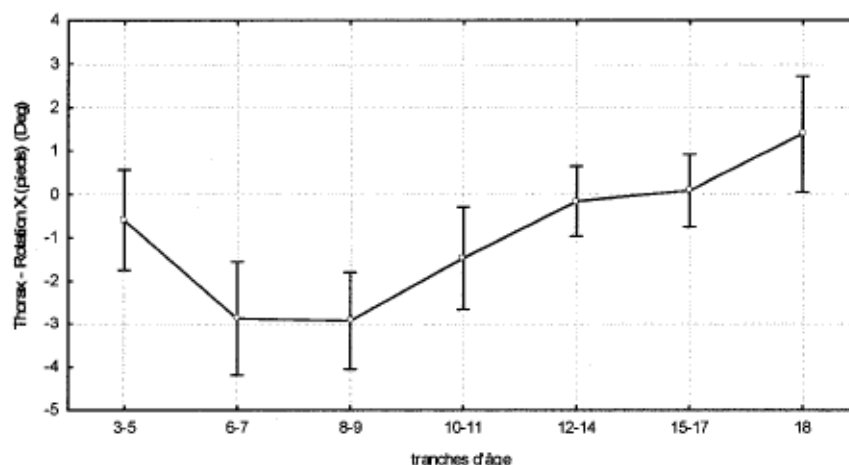


Figure 8. Résultats moyens des déviations du thorax en rotation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des X (pieds) selon les différents groupes d'âge allant jusqu'à 18 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Chez les adultes, l'amplitude minimale de rotation au thorax selon l'axe des X se retrouve dans le groupe des 19 à 21 ans avec un angle de 0,62 degré en flexion. Il y a ensuite une accentuation du déplacement jusqu'au groupe des 80 ans et plus, où la déviation atteint son maximum, 8,10 degrés en flexion. L'analyse de tendance démontre, une augmentation linéaire de rotation au thorax selon l'axe des X en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 9,3966$, $dl = (32,054)$, $p < 0,001$).

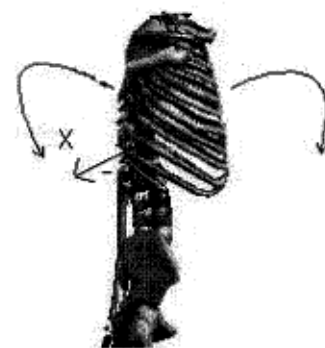
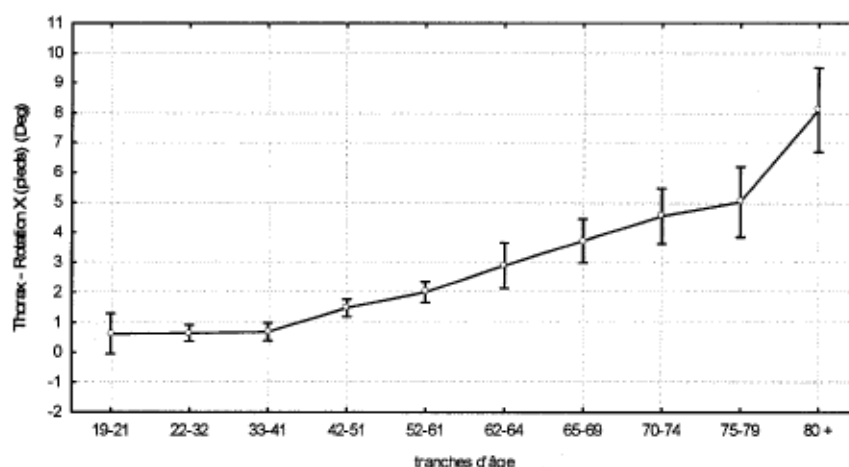


Figure 9. Résultats moyens des déviations du thorax en rotation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des X (pieds) selon les différents groupes d'âge allant de 19 ans à 93 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Rotation du thorax selon l'axe des Y

L'amplitude maximale de rotation au thorax selon l'axe des Y se retrouve dans le groupe des 6-7 ans avec un angle de 2,20 degrés. Il y a ensuite une réduction du déplacement jusqu'au groupe des 18 ans, où la déviation atteint son minimum, 0,38 degré. L'analyse de tendance démontre, une diminution linéaire de rotation au thorax selon l'axe des Y en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 6,481$, $dl = (4,2584)$, $p = 0,00034$).

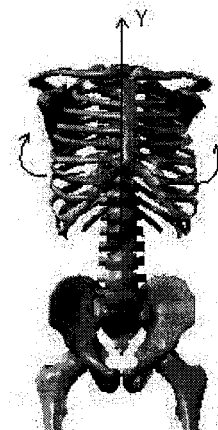
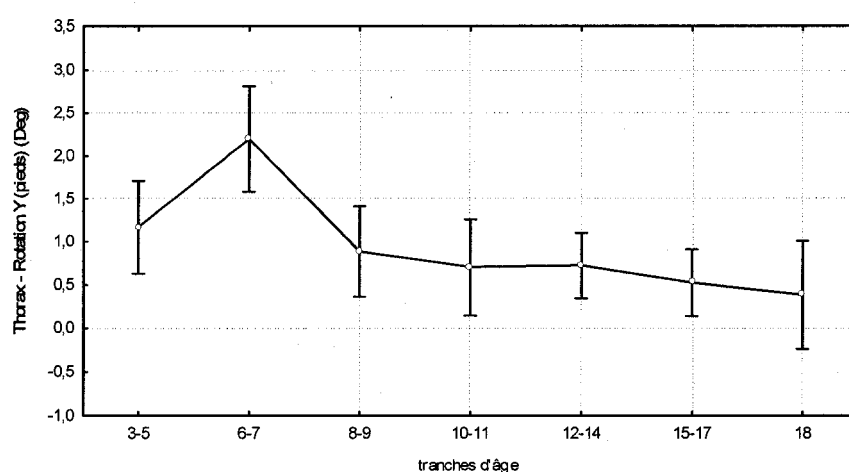


Figure 10. Résultats moyens des déviations du thorax en rotation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des Y (pieds) selon les différents groupes d'âge jusqu'à 18 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Chez les adultes, l'amplitude minimale de rotation au thorax selon l'axe des Y se retrouve dans le groupe des 22 à 32 ans avec un angle de 0,51 degré. Le déplacement maximal enregistré est atteint par le groupe des 75 à 79 ans, soit 1,05 degré. L'analyse de tendance démontre, une augmentation linéaire de rotation au thorax selon l'axe des Y en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 9,3966$, $dl = (3,9177)$, $p < 0,001$).

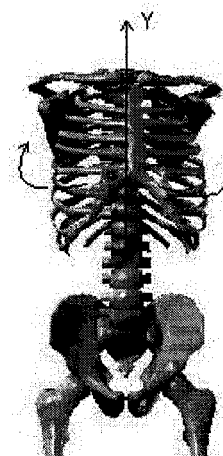
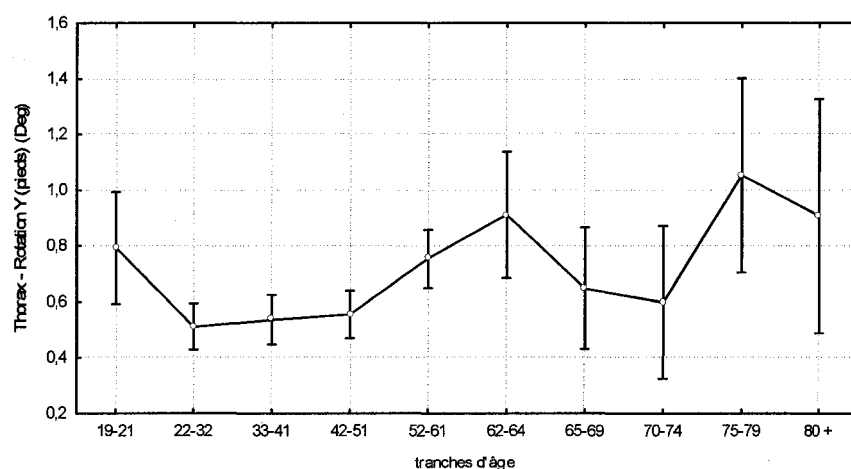


Figure 11. Résultats moyens des déviations du thorax en rotation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des Y(pieds) selon les différents groupes d'âge allant de 19 ans à 93 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Rotation du thorax selon l'axe des Z

L'amplitude minimale de rotation au thorax selon l'axe des Z se retrouve dans le groupe des 19 à 21 ans avec un angle de 1,39 degré. Il y a ensuite une accentuation du déplacement jusqu'au groupe des 80 ans et plus, où la déviation atteint son maximum, 2,66 degrés. L'analyse de tendance démontre, une augmentation linéaire de rotation au thorax selon l'axe des Y en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 9,3966$, $dl = (10,432)$, $p < 0,001$).

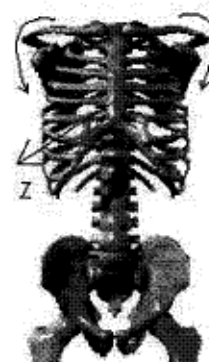
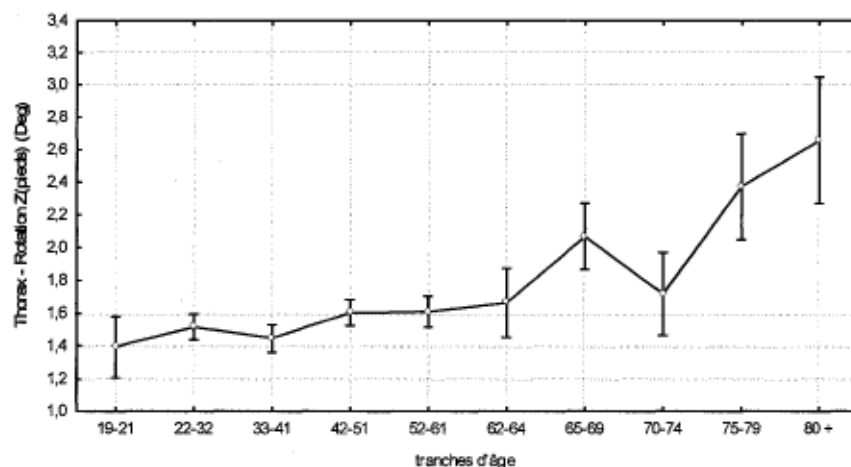


Figure 12. Résultats moyens des déviations du thorax en rotation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des Z (pieds) selon les différents groupes d'âge allant de 19 ans à 93 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Translation du thorax selon l'axe des X

L'amplitude minimale de translation du thorax selon l'axe des X se retrouve dans le groupe des 3 à 5 ans avec un déplacement de 5,67 millimètres. Il y a ensuite une accentuation du déplacement jusqu'au groupe des 18 ans, où la courbe déviation atteint son maximum 8,96 millimètres. L'analyse de tendance démontre, une augmentation linéaire de translation du thorax selon l'axe des X en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 6,481$, $dl = (1,4636)$, $p = 0,18882$).

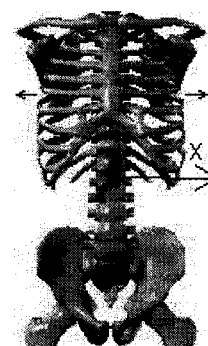
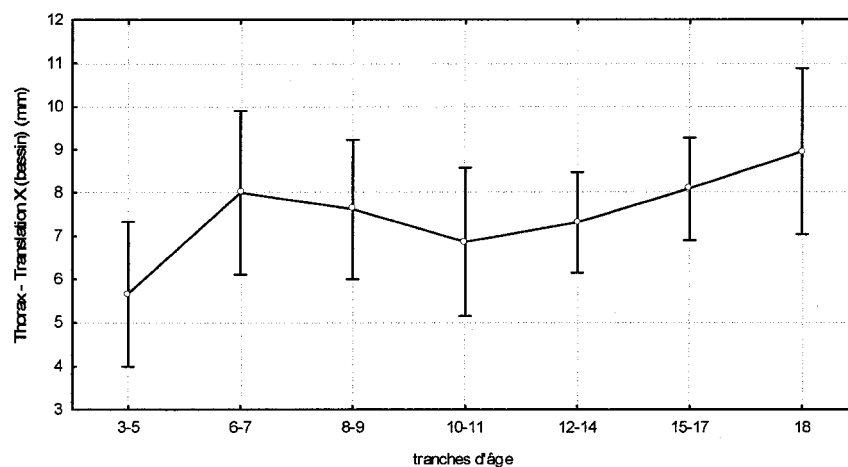


Figure 13. Résultats moyens des déviations du thorax en translation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des X (bassin) selon les différents groupes d'âge jusqu'à 18 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Chez les adultes, l'amplitude minimale de translation du thorax selon l'axe des X se retrouve dans le groupe des 19 à 21 ans avec un déplacement de 5,92 millimètres. Il y a ensuite une accentuation du déplacement jusqu'au groupe des 80 ans et plus, où la déviation atteint son maximum, 11,33 millimètres. L'analyse de tendance démontre, une augmentation linéaire de translation du thorax selon l'axe des X en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 9,3966$, $dl = (6,2052)$, $p < 0,001$).

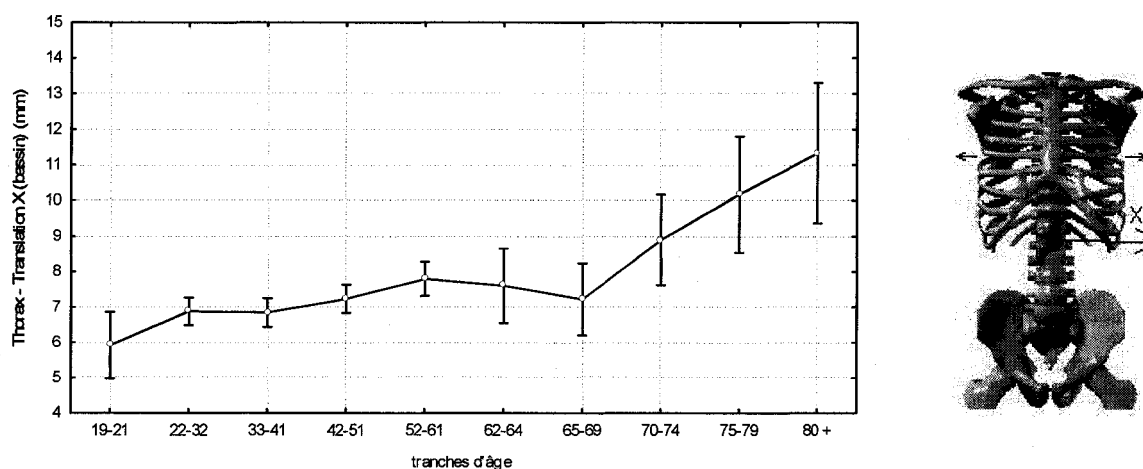


Figure 14. Résultats moyens des déviations du thorax en translation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des X (bassin) selon les différents groupes d'âge allant de 19 ans à 93 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Translation du thorax selon l'axe des Z

L'amplitude minimale de translation du thorax selon l'axe des Z se retrouve dans le groupe des 6-7 ans avec un déplacement de 41,29 millimètres en flexion. Il y a ensuite une accentuation du déplacement jusqu'au groupe des 15 à 17 ans, où la déviation atteint son maximum, soit 55,36 millimètres. L'analyse de tendance démontre, une augmentation linéaire de translation du thorax selon l'axe des Z en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 6,481$, $dl = (2,6581)$, $p = 0,01513$).

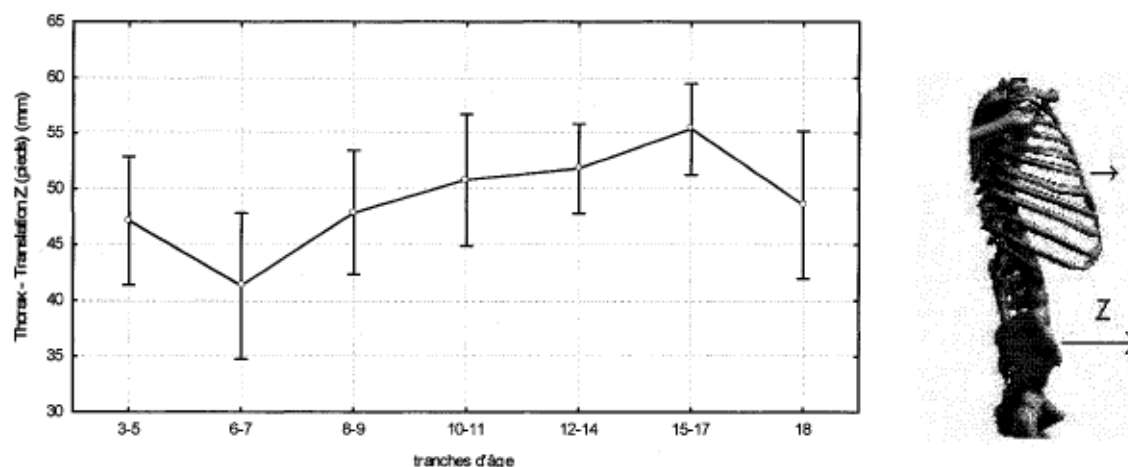


Figure 15. Résultats moyens des déviations du thorax en translation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des Z (pieds) selon les différents groupes d'âge jusqu'à 18 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Chez les adultes, l'amplitude maximale de translation du thorax selon l'axe des Z se retrouve dans le groupe des 19-21 ans avec un déplacement de 50,71 millimètres en flexion. Il y a ensuite une réduction du déplacement jusqu'au groupe des 80 ans et plus, où la déviation atteint son minimum soit 37,63 millimètres. L'analyse de tendance démontre, une réduction linéaire de translation du thorax selon l'axe des Z en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 9,3966$, $dl = (9,1033)$, $p < 0,001$).

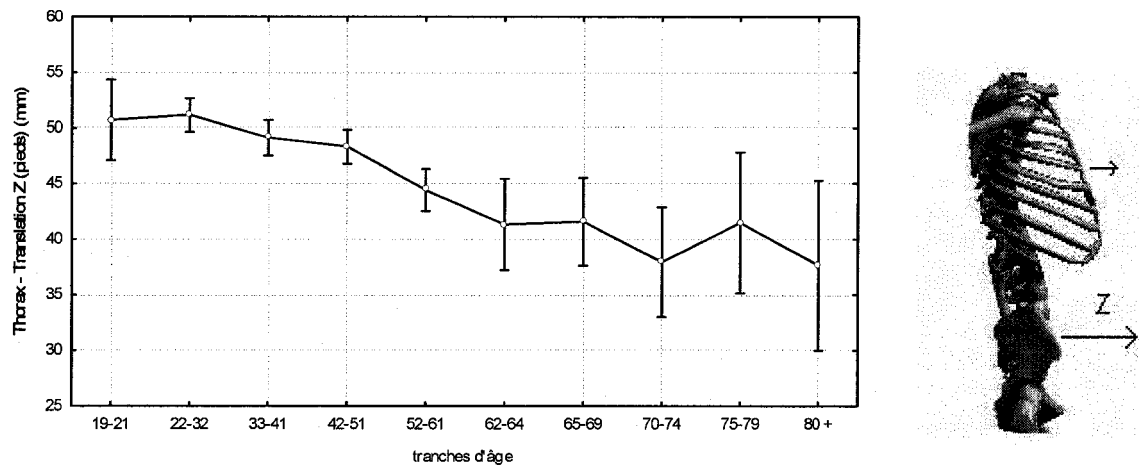


Figure 16. Résultats moyens des déviations du thorax en translation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des Z (pieds) selon les différents groupes d'âge allant de 19 ans à 93 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Rotation de la tête selon l'axe des X

L'amplitude minimale de rotation à la tête selon l'axe des X se retrouve dans le groupe des 3-5 ans avec un angle de 0,79 degré en flexion. Il y a ensuite une accentuation du déplacement jusqu'au groupe des 15-17 ans, où la déviation atteint son maximum, soit 8,61 degrés en flexion. L'analyse de tendance démontre, une augmentation linéaire de la rotation de la tête selon l'axe des X en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 6,481$, $dl = (6,1298)$, $p < 0,001$).

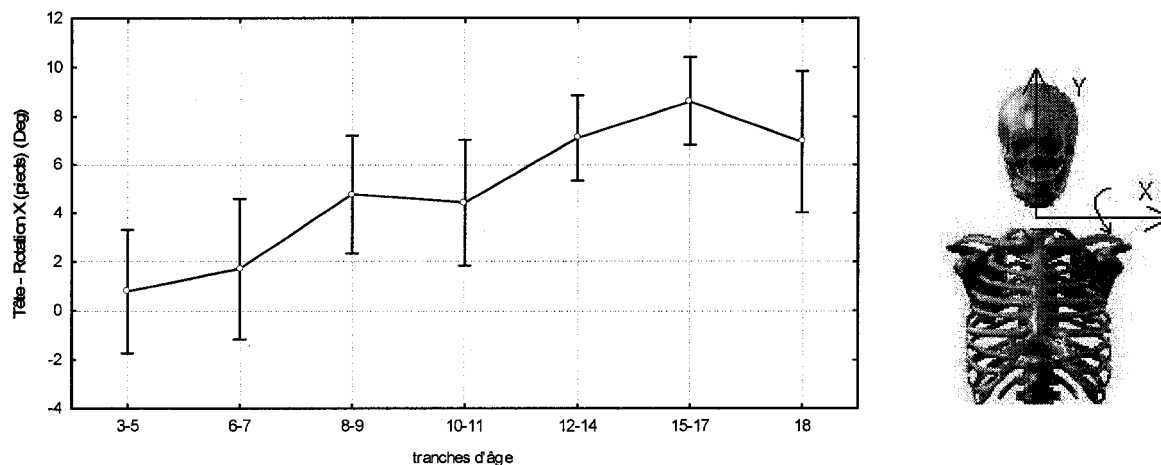


Figure 17. Résultats moyens des déviations de la tête en rotation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des X (pieds) selon les différents groupes d'âge allant jusqu'à 18 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Chez les adultes, l'amplitude maximale de rotation à la tête se retrouve dans le groupe des 75-79 ans avec un angle de 7,09 degrés en flexion. Le déplacement minimal enregistré se situe au groupe des 80 ans et plus, où la déviation atteint 1,68 degré en flexion. L'analyse ANOVA démontre que la rotation de la tête selon l'axe des X en fonction de l'âge est significative. Par contre, la tendance n'est pas significative. Le test de Tukey démontre cependant qu'il existe une différence significative entre le groupe des 22 à 32 ans et des 33 à 41 ans, des 52 à 61 ans et celui des 70 à 74 ans.

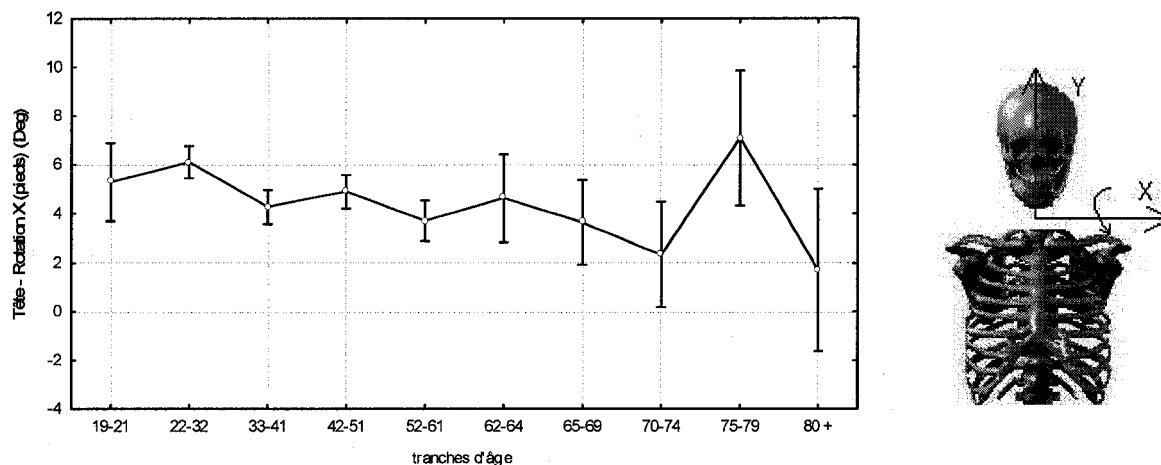


Figure 18. Résultats moyens des déviations de la tête en rotation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des X (pieds) selon les différents groupes d'âge allant de 19 ans à 93 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Rotation de la tête selon l'axe des Y

L'amplitude maximale de rotation à la tête selon l'axe des Y se retrouve dans le groupe des 6-7 ans avec un angle de 4,51 degrés. Il y a ensuite une réduction du déplacement jusqu'au groupe des 18 ans, où la déviation atteint son minimum soit 2,19 degrés. L'analyse de tendance démontre, une réduction linéaire de la rotation de la tête selon l'axe des Y en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 6,481$, $dl = (2,1917)$, $p = 0,04260$).

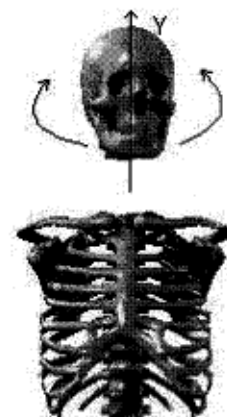
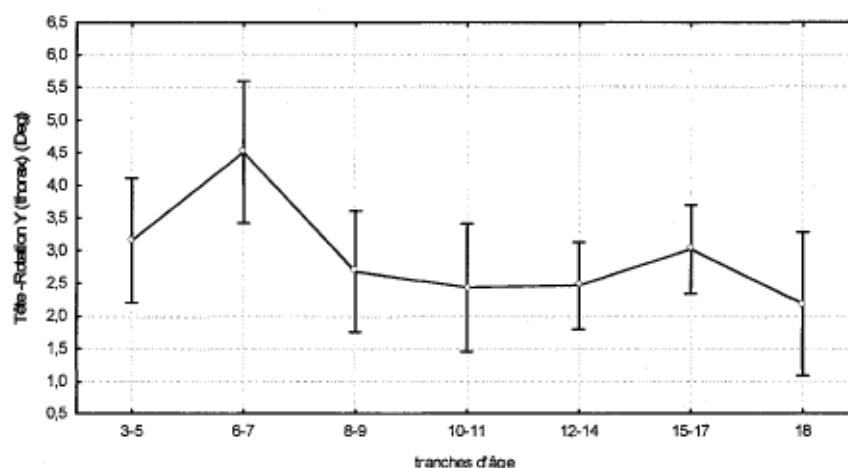


Figure 19. Résultats moyens des déviations de la tête en rotation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des Y (thorax) selon les différents groupes d'âge jusqu'à 18 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Chez les adultes, l'amplitude minimale de rotation selon l'axe des Y se retrouve dans le groupe des 33-41 ans avec un angle de 2,11 degrés. Il y a ensuite une augmentation du déplacement jusqu'au groupe des 80 ans et plus, où la déviation atteint son maximum soit 3,27 degrés. L'analyse de tendance démontre, une augmentation linéaire de la rotation de la tête selon l'axe des Y en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 9,3966$, $dl = (9,9028)$, $p = 0,00200$).

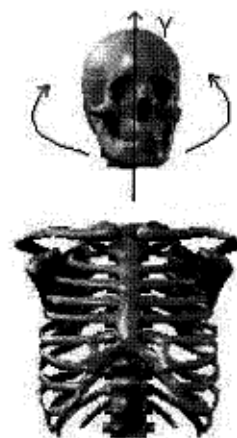
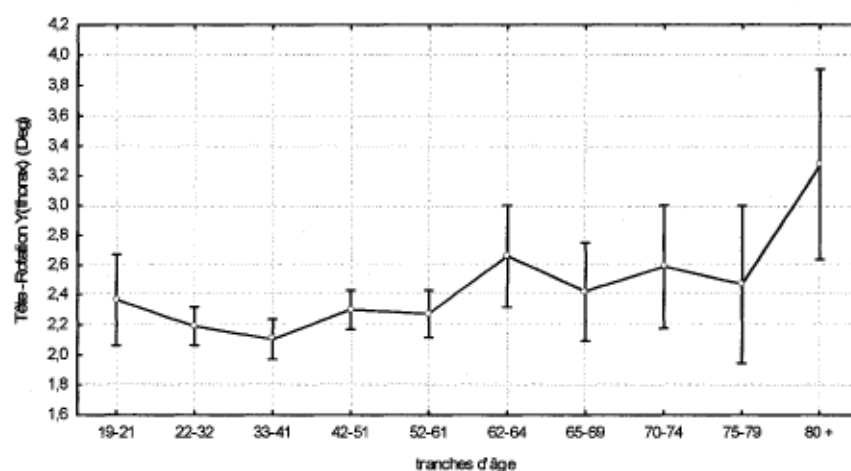


Figure 20. Résultats moyens des déviations de la tête en rotation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des Y (thorax) selon les différents groupes d'âge allant de 19 ans à 93 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Translation de la tête selon l'axe des X

L'amplitude minimale de translation à la tête selon l'axe des X se retrouve dans le groupe des 3-5 ans avec un déplacement de 4,51 millimètres. Il y a ensuite une augmentation du déplacement jusqu'au groupe des 10-11 ans, où la déviation atteint son maximum soit, 6,60 millimètres. L'analyse de tendance démontre, une augmentation linéaire de la translation de la tête selon l'axe des X en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t=6,481$, $dl = (2,1181)$, $p = 0,04992$).

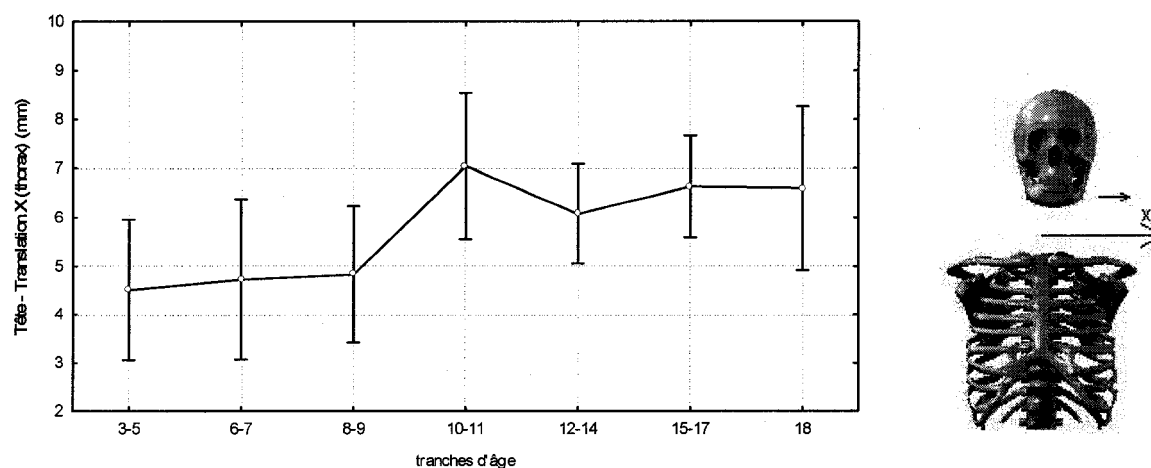


Figure 21. Résultats moyens des déviations de la tête en translation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des X (thorax) selon les différents groupes d'âge jusqu'à 18 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Chez les adultes, l'amplitude minimale de translation à la tête selon l'axe des X se retrouve dans le groupe des 52 à 61 ans avec un déplacement de 6,26 millimètres. Il y a ensuite une augmentation du déplacement jusqu'au groupe des 70 à 74 ans, où la déviation atteint son maximum soit, 8,81 millimètres. L'analyse de tendance démontre, une augmentation linéaire de la translation de la tête selon l'axe des X en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t=9,3966$, $dl = (2,0115)$, $p = 0,03428$).

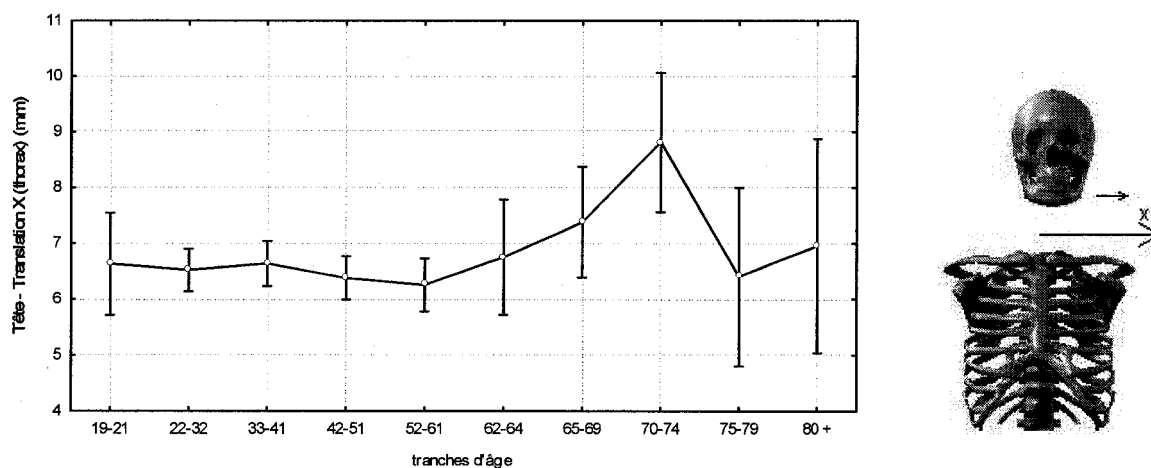


Figure 22. Résultats moyens des déviations de la tête en translation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des X (thorax) selon les différents groupes d'âge allant de 19 ans à 93 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Translation de la tête selon l'axe des Z

L'amplitude minimale de translation à la tête selon l'axe des Z se retrouve dans le groupe des 6-7 ans avec un déplacement de 44,39 millimètres en flexion. Il y a ensuite une augmentation du déplacement jusqu'au groupe des 15 à 17 ans, où la déviation atteint son maximum soit 81,63 millimètres en flexion. L'analyse de tendance démontre, une augmentation linéaire de la translation de la tête selon l'axe des Z en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t=6,481$, $dl = (19,199)$, $p < 0,001$).

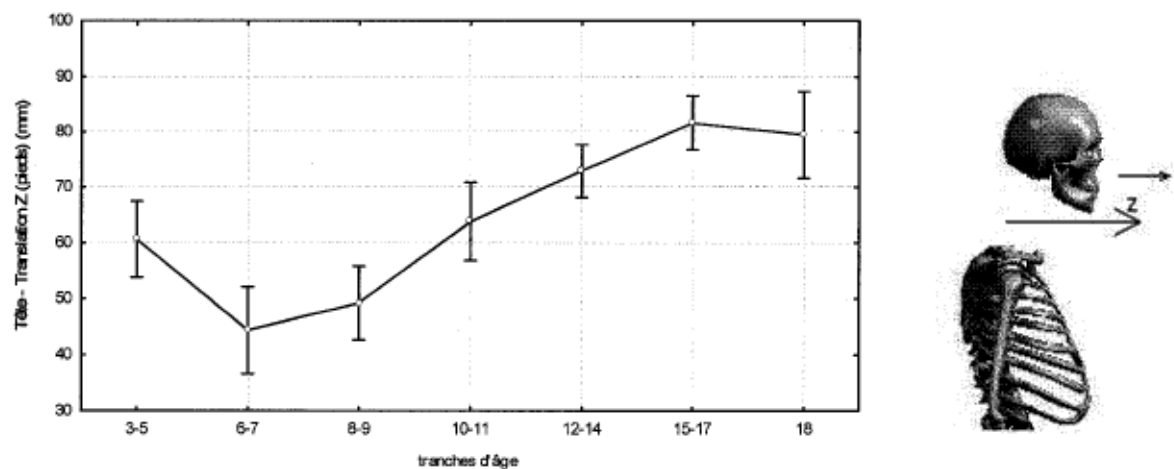


Figure 23. Résultats moyens des déviations de la tête en translation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des Z (pieds) selon les différents groupes d'âge jusqu'à 18 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Chez les adultes, l'amplitude minimale de translation à la tête selon l'axe des Z se retrouve dans le groupe des 62 à 64 ans avec un déplacement de 65,27 millimètres en flexion. Il y a ensuite une augmentation du déplacement jusqu'au groupe des 80 ans et plus, où la déviation atteint son maximum soit, 95,90 millimètres en flexion. L'analyse de tendance démontre, une augmentation linéaire de la translation de la tête selon l'axe des Z en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 9,3966$, $df = (8,9095)$, $p < 0,001$).

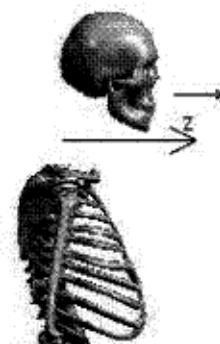
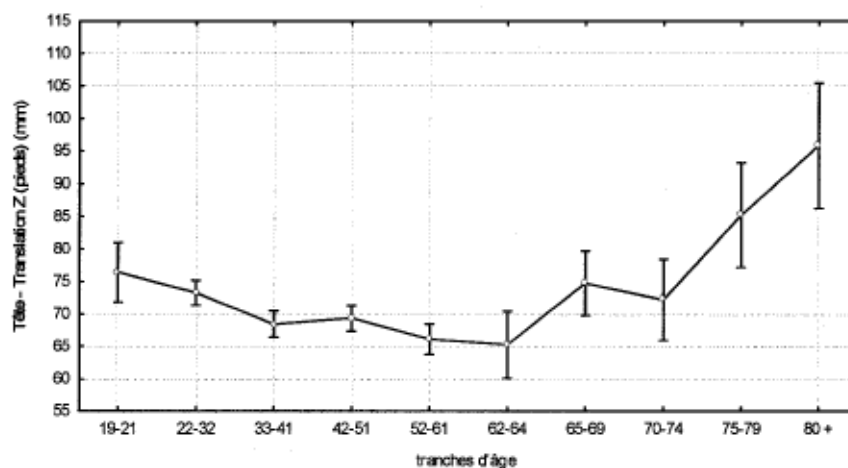


Figure 24. Résultats moyens des déviations de la tête en translation (postérieure vs antérieure) par rapport à l'axe des Z (pieds) selon les différents groupes d'âge allant de 19 ans à 93 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Rotation de la tête selon l'axe des Z

L'amplitude minimale de rotation à la tête selon l'axe des Z se retrouve dans le groupe des 3 à 5 ans avec un angle de 1,99 degrés. La déviation maximale est atteinte au groupe des 10-11 ans, soit 3,15 degrés. L'analyse de tendance démontre, une augmentation quadratique de la rotation de la tête selon l'axe des Z en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 6,481$, $dl = (2,1624)$, $p = 0,045$).

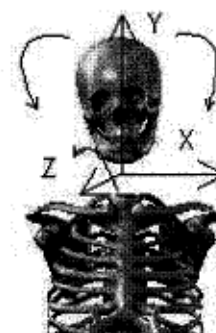
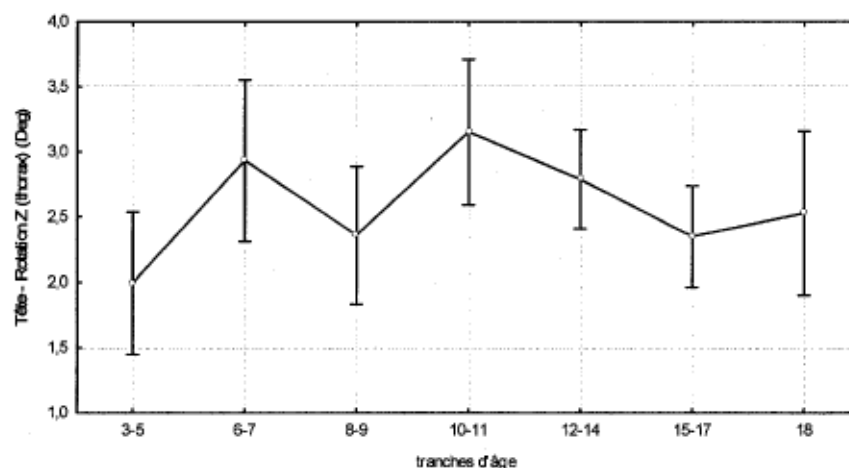


Figure 25. Résultats moyens des déviations de la tête en rotation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des Z (thorax) selon les différents groupes d'âge allant jusqu'à 18 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Chez les adultes, l'amplitude minimale de rotation à la tête selon l'axe des Z se retrouve dans le groupe des 33 à 41 ans avec un angle de 2,03 degrés. Il y a ensuite une augmentation du déplacement jusqu'au groupe des 80 ans et plus, où la déviation atteint son maximum soit, 3,15 degrés. L'analyse de tendance démontre, une augmentation linéaire de la rotation de la tête selon l'axe des Z en fonction de l'âge. Cette tendance est statistiquement significative ($t = 9,3966$, $dl = (7,3659)$, $p < 0,001$).

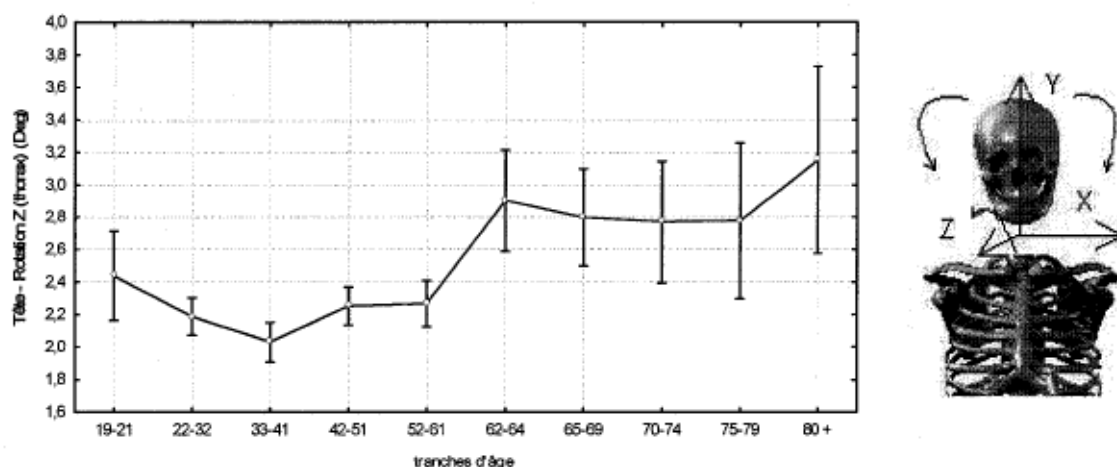


Figure 26. Résultats moyens des déviations de la tête en rotation (gauche vs droite) par rapport à l'axe des Z (thorax) selon les différents groupes d'âge allant de 19 ans à 93 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Les corrélations

Les différentes corrélations qui nous intéressent seront décrites à l'aide de graphique démontrant la relation entre deux variables. Comme pour les résultats, nous avons joint les images des déviations évaluées. La première corrélation est la relation entre le poids des enfants et la rotation du bassin selon l'axe des X. Par la suite, nous avons évalué la relation, selon l'axe des Z, entre la tête, le bassin et le tronc chez les enfants. Dans le plan frontal, chez l'enfant, nous avons décrit la relation existant entre ces trois segments. Finalement, chez l'adulte, nous avons évalué les corrélations existantes entre les trois segments selon l'axe des Z. Aussi, dans le plan frontal, nous avons évalué la relation entre le thorax et la tête chez l'adulte.

Corrélation entre le poids et la rotation du bassin selon l'axe des X chez les enfants

Il y a une relation significative de $-0,18$ entre le poids de la personne en livre et la rotation du bassin selon l'axe des X chez les sujets de 18 ans et moins.

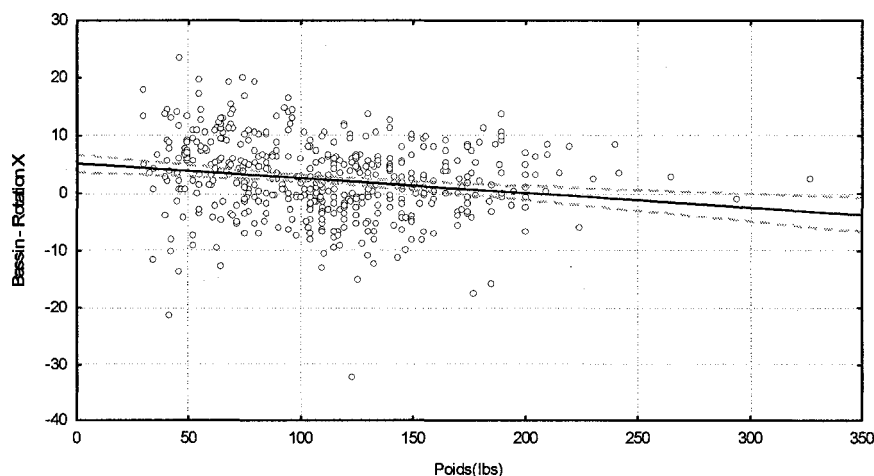


Figure 27. Corrélation significative entre le poids et la rotation du bassin selon l'axe des X des sujets âgés de 18 ans et moins.

Corrélation entre la translation du bassin selon l'axe des Z et la translation de la tête selon l'axe des Z

Il y a une relation significative de 0,62 entre la translation selon l'axe des Z du bassin et de la tête chez les sujets de 18 ans et moins.

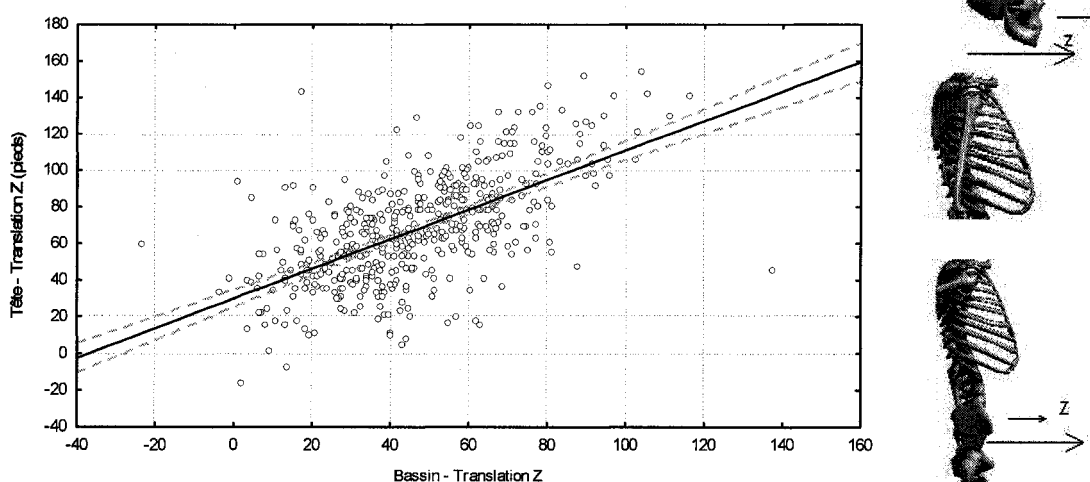


Figure 28. Corrélation significative entre la translation du bassin selon l'axe des Z et la translation de la tête selon l'axe des Z des sujets âgés de 18 ans et moins.

Corrélation entre la translation du bassin selon l'axe des Z et la translation du thorax selon l'axe des Z

Il y a une relation significative de 0,71 entre la translation selon l'axe des Z du bassin et du thorax chez les sujets de 18 ans et moins.

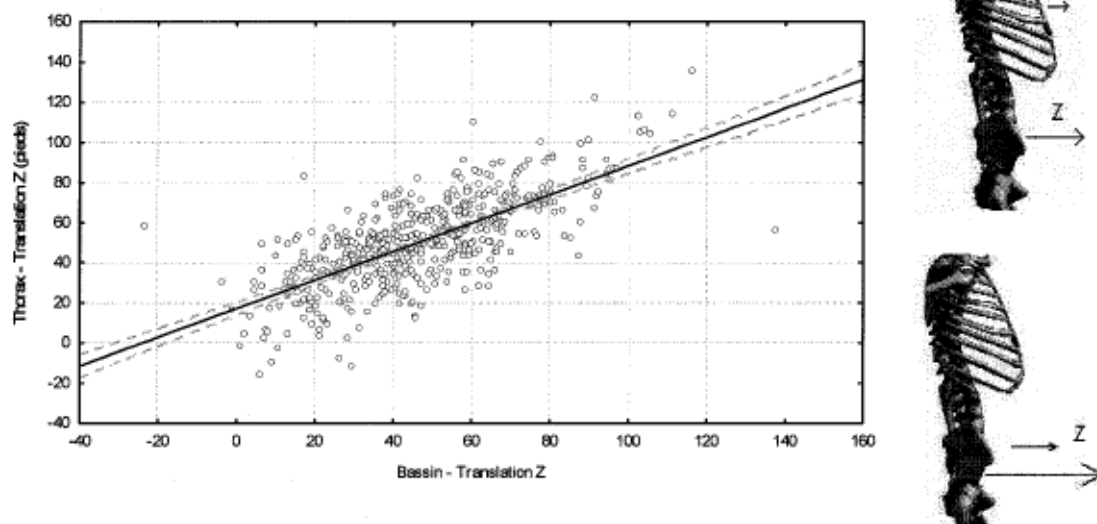


Figure 29. Corrélation significative entre la translation du bassin selon l'axe des Z et la translation du thorax selon l'axe des Z des sujets âgés de 18 ans et moins.

Corrélation entre la translation du thorax selon l'axe des Z et la translation de la tête selon l'axe des Z

Il y a une relation de 0,57 entre la translation selon l'axe des Z du thorax et de la tête chez les sujets de 18 ans et moins.

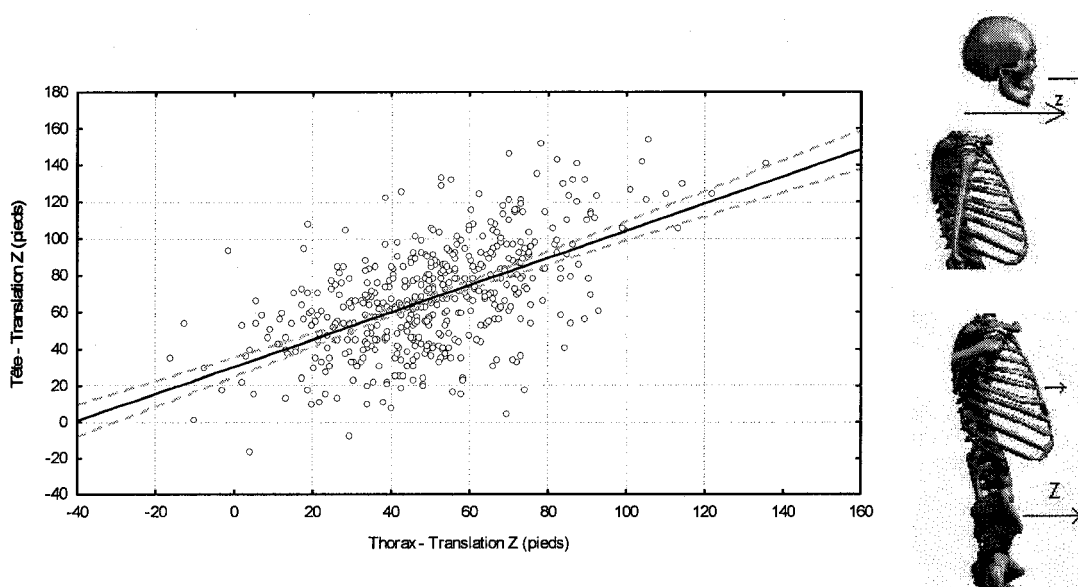


Figure 30. Corrélation significative entre la translation du thorax selon l'axe des Z et la translation de la tête selon l'axe des Z des sujets âgés de 18 ans et moins.

Corrélation entre la rotation du bassin selon l'axe des Y et la rotation du thorax selon l'axe des Y

Il y a une relation de 0,38 entre la rotation selon l'axe des Y du bassin et du thorax chez les sujets de 18 ans et moins.

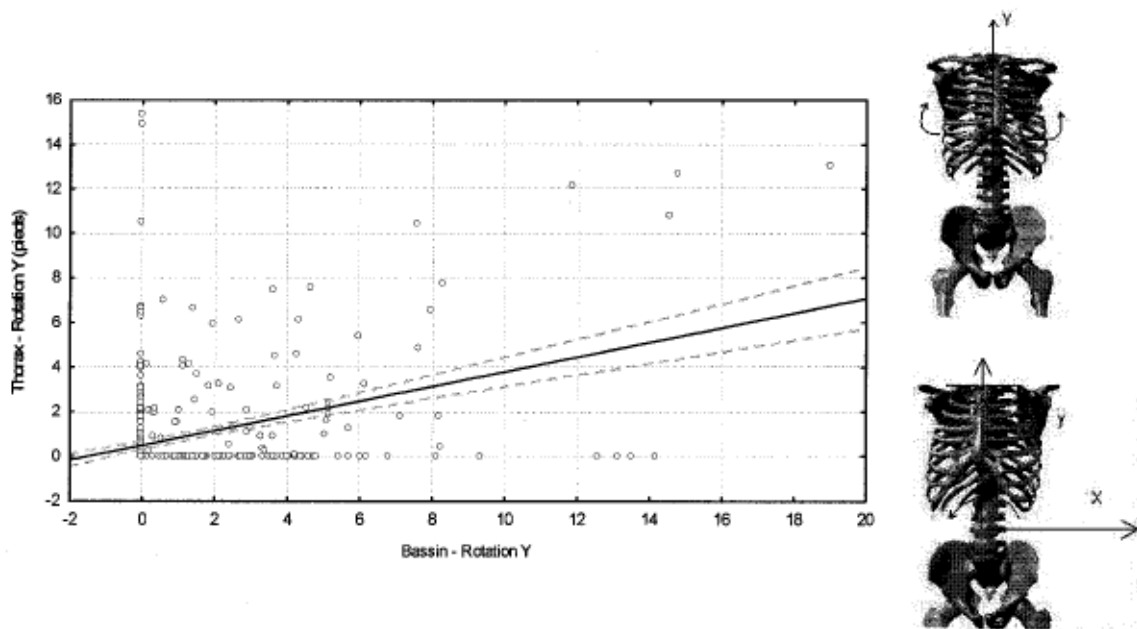


Figure 31. Corrélation significative entre la rotation du bassin selon l'axe des Y et la rotation du thorax selon l'axe des Y des sujets âgés de 18 ans et moins.

Corrélation entre la rotation du thorax selon l'axe des Y et la rotation de la tête selon l'axe des Y

Il y a une relation significative de 0,39 entre la rotation selon l'axe des Y du thorax et de la tête chez les sujets de 18 ans et moins.

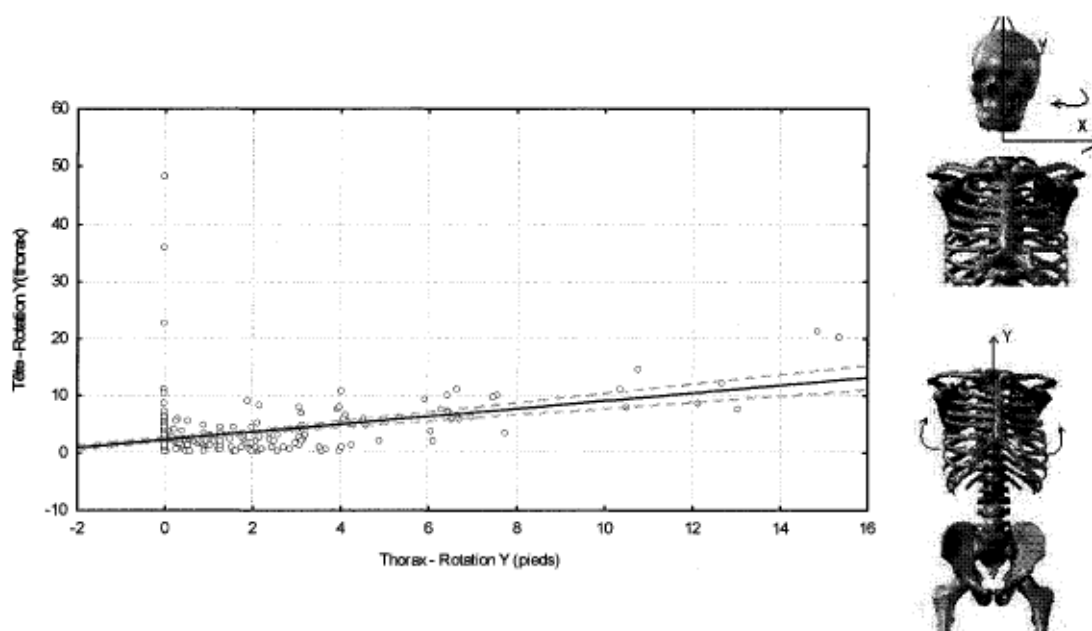


Figure 32. Corrélation significative entre la rotation du thorax selon l'axe des Y et la rotation de la tête selon l'axe des Y des sujets âgés de 18 ans et moins.

Corrélation entre la translation du bassin selon l'axe des Z et la translation du thorax selon l'axe des Z

Il y a une relation significative de 0,71 entre la translation selon l'axe des Z du bassin et du thorax chez les sujets âgés de 19 ans et plus.

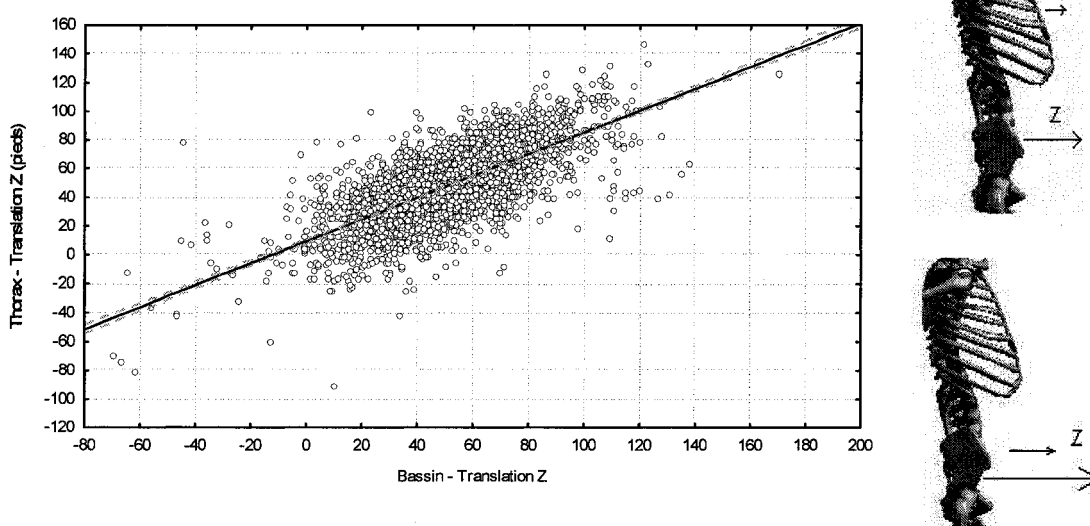


Figure 33. Corrélation significative entre la translation du bassin selon l'axe des Z et la translation du thorax selon l'axe des Z des sujets âgés de 19 ans et plus.

Corrélation entre la translation du thorax selon l'axe des Z et la translation de la tête selon l'axe des Z

Il y a une relation de 0,58 entre la translation selon l'axe des Z du thorax et de la tête chez les sujets âgés de 19 ans et plus.

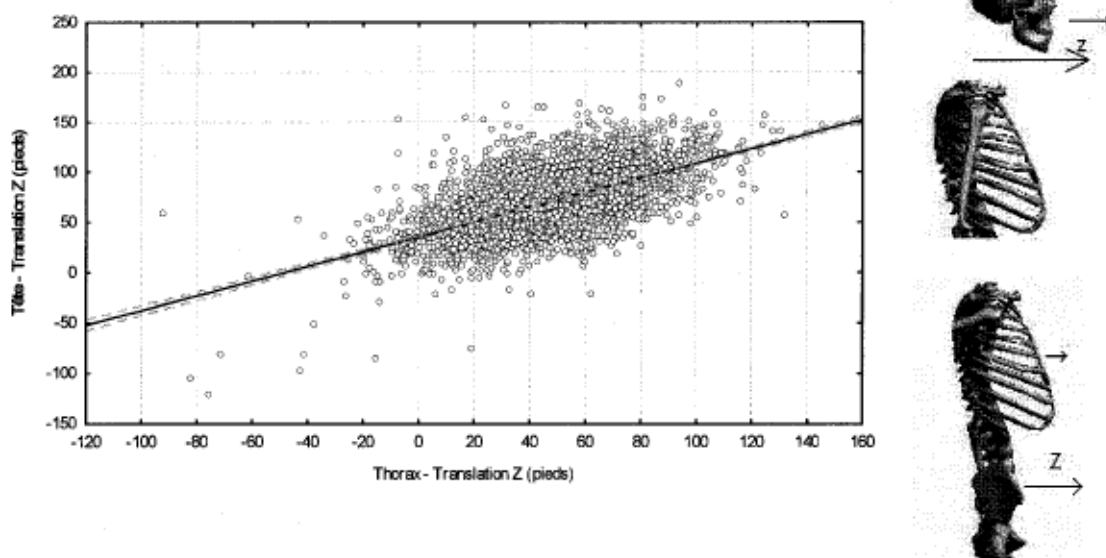


Figure 34. Corrélation significative entre la translation du thorax selon l'axe des Z et la translation de la tête selon l'axe des Z des sujets âgés de 19 ans et plus.

Corrélation entre la rotation du bassin selon l'axe des Y et la rotation de la tête selon l'axe des Y

Il y a une relation de 0,29 entre la rotation selon l'axe des Y du thorax et de la tête chez les sujets âgés de 19 ans et plus.

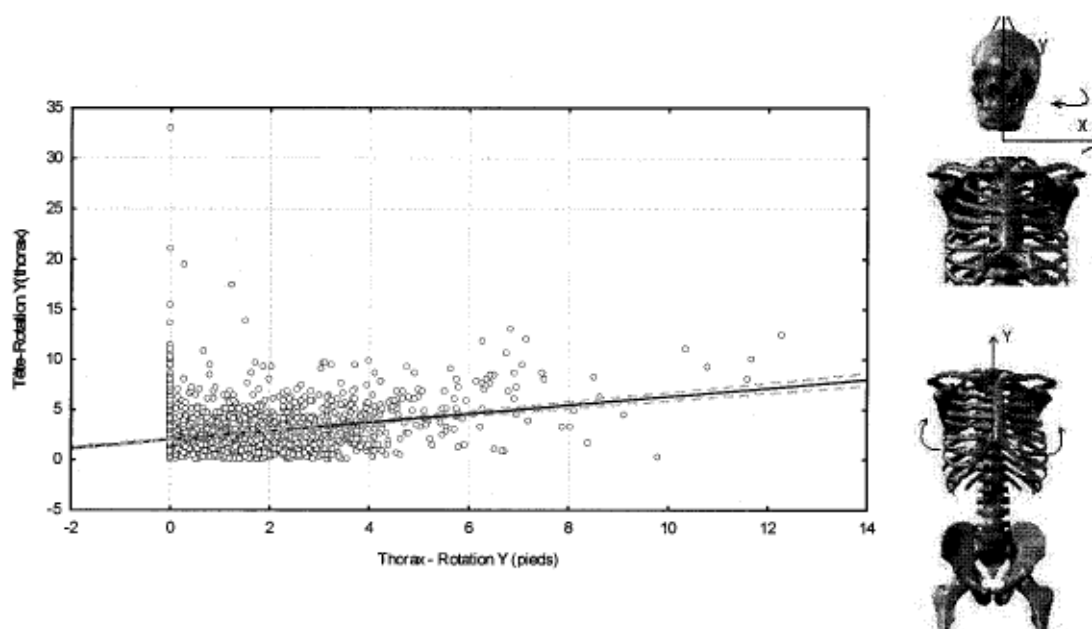


Figure 35. Corrélation significative entre la rotation du bassin selon l'axe des Y et la rotation de la tête selon l'axe des Y des sujets âgés de 19 ans et plus.

CHAPITRE IV

Discussion

Enfants

La posture de l'enfant change incontestablement entre l'âge de 3 ans et 18 ans. Comme nous venons de voir, le bassin, le thorax et la tête subissent des changements significatifs dans les plans frontal, sagittal et transverse. Puisque la littérature utilise les termes cyphose thoracique et lordose lombaire pour décrire la posture, parfois nous devons vous expliquer de quels mouvements (rotation, translation) elles sont composées. De cette façon nous serons en mesure de comparer nos résultats avec la littérature.

Le bassin dans le plan sagittal

À l'aide de radiographies, Cil et al. (2004), ont mesuré les amplitudes de lordose lombaire chez quatre groupes d'enfants de 3 à 15 ans. Grâce à l'utilisation d'une ligne à plomb superposée à la radiographie, ils ont été en mesure de calculer l'angle de chaque vertèbre par rapport à la verticale. À partir de ces calculs ils ont observé que l'amplitude de la lordose augmente du premier au troisième groupe soit de 3 à 12 ans pour, par la suite, diminuer chez leur quatrième groupe soit les 13 à 15 ans.

Comme nous l'avons mentionné précédemment dans notre recherche nous n'avons pas mesuré directement la lordose lombaire mais plutôt ses composantes. Il y a trois associations de mouvement qui ont une influence sur la lordose lombaire.

Premièrement, nous savons que la lordose peut-être une association entre une rotation positive du bassin selon l'axe des X et une translation négative du thorax selon l'axe des Z (Fig.A). Deuxièmement, la lordose lombaire peut être une association entre une translation positive du bassin selon l'axe des Z et une rotation négative du thorax selon l'axe des X (Fig. B). Finalement, elle peut aussi être une association entre une rotation positive du bassin selon l'axe des X et une rotation négative du thorax selon l'axe des X. (Fig. C)

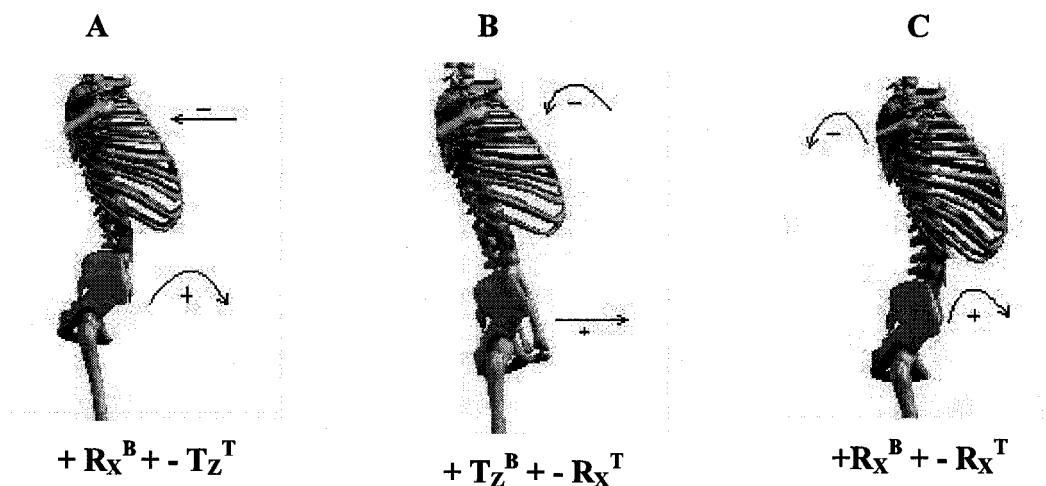
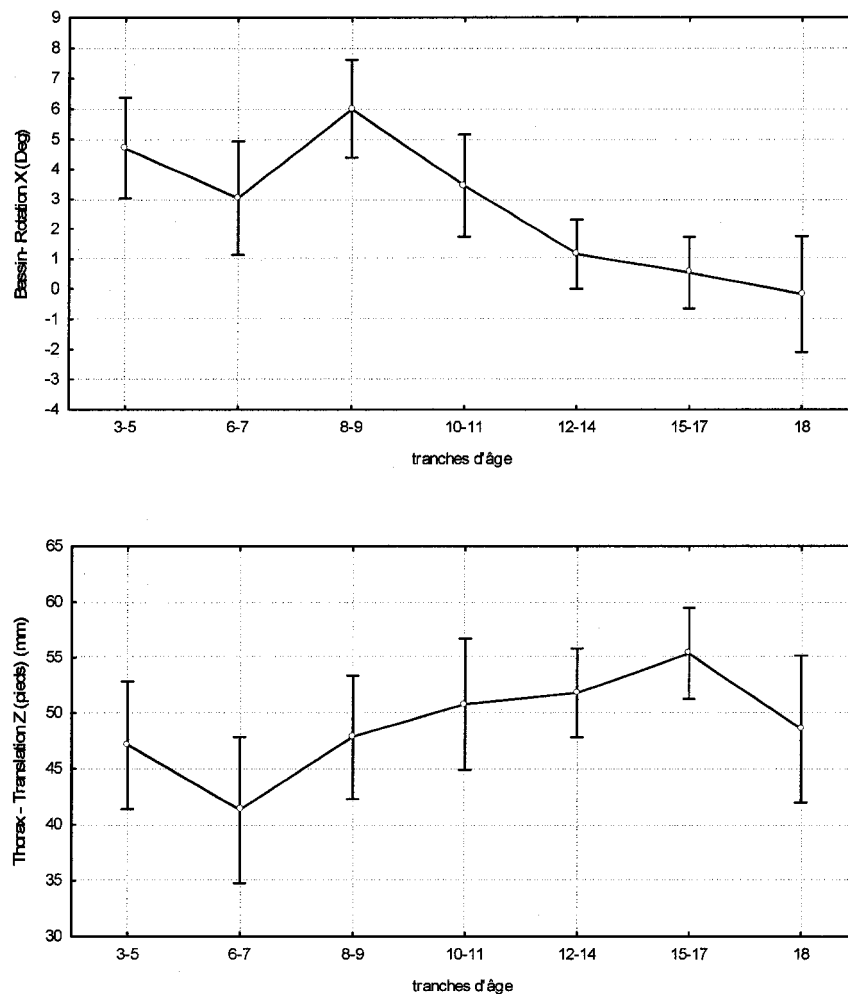


Figure 36. Associations qui définissent la lordose lombaire.

Dans notre étude, nous avons observé que la rotation du bassin selon l'axe des X, est maximale vers 8-9 ans et diminue significativement, par la suite, lorsque l'enfant atteint l'âge de 18. Mangionne, Gomez et Senegas (1997) ont également observé que chez les enfants de 1 à 9 ans, il y a une corrélation linéaire significative entre l'âge et l'angle d'incidence du bassin (rotation selon l'axe des X du bassin).

Dans notre étude, on observe également une translation du thorax selon l'axe des Z qui augmente significativement en fonction de l'âge. Cette association entre la rotation négative du bassin selon l'axe des X et la translation positive du thorax selon l'axe des Z, a comme conséquence de diminuer la lordose lombaire. Ces résultats corroborent ceux de Cil et al. (2004) qui ont observé une diminution de la lordose en fonction de l'âge.

En regardant attentivement nos groupes 3 (8-9 ans) et 4 (10-11 ans) on remarque qu'à ces âges, la rotation du bassin selon l'axe des X, perd de sa flexion pour revenir graduellement vers une valeur nulle, tandis que la translation du thorax selon l'axe des Z poursuit sa progression. C'est donc à ce stade, entre le troisième et quatrième groupe, que la lordose lombaire diminue, car les mouvements favorisant son développement disparaissent.

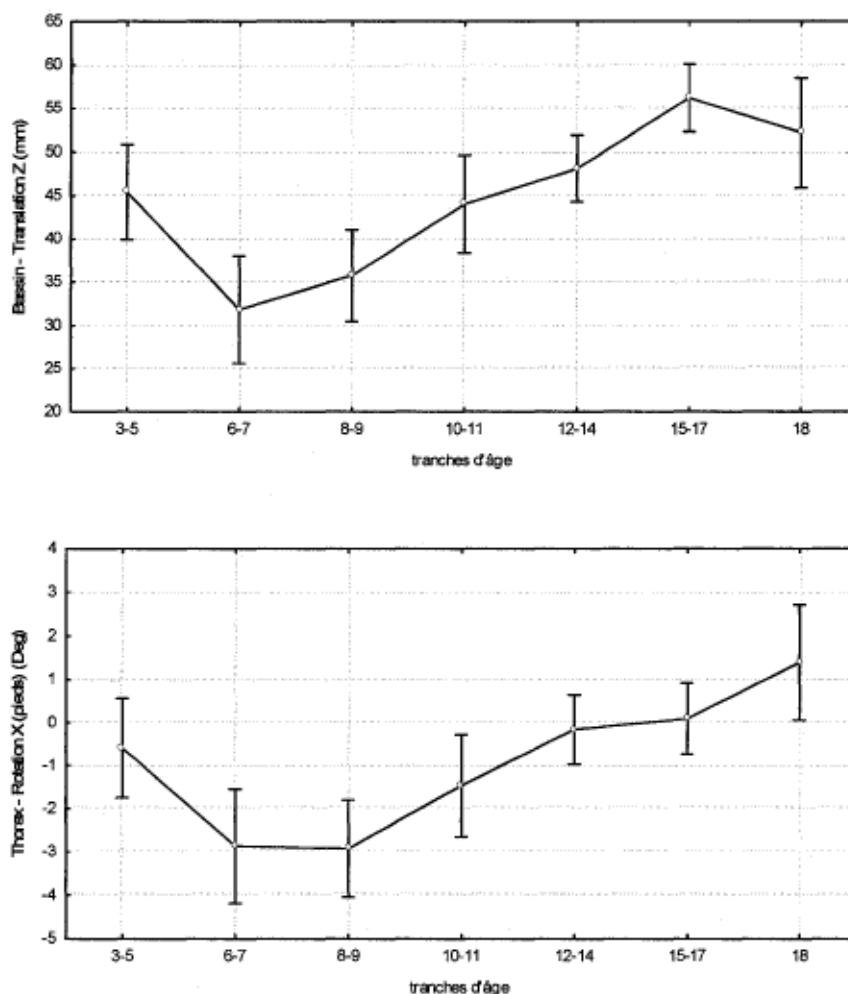


Peterson et al. (2001) attestent également que : « La protusion de l'abdomen (translation du thorax en Z + rotation du bassin en X) est caractéristique du petit enfant et que vers l'âge de 10 ou 12 ans lorsque la taille s'affine; la protusion de l'abdomen disparaît alors » (p.111). Nous croyons qu'à cet âge il est possible que le développement musculaire des régions abdominale et pelvienne entraîne une diminution de la rotation du bassin selon l'axe des X (Jundi et al.,2004).

Mac-Thiong, Labelle, Berthonnaud, Betz et Roussouly (2005) qui ont utilisé la corrélation de Pearson's, observent une relation significative ($r < 0,3$) entre l'âge et l'angle d'incidence du bassin. Dans notre étude, nous avons également observé une corrélation significative entre la rotation du bassin selon l'axe des X et l'âge ($r = -0,26$, $p = 0,00$). Finalement, comme nous, ils ont observé une corrélation significative entre l'angle d'incidence du bassin (R_x^B) et la lordose lombaire.

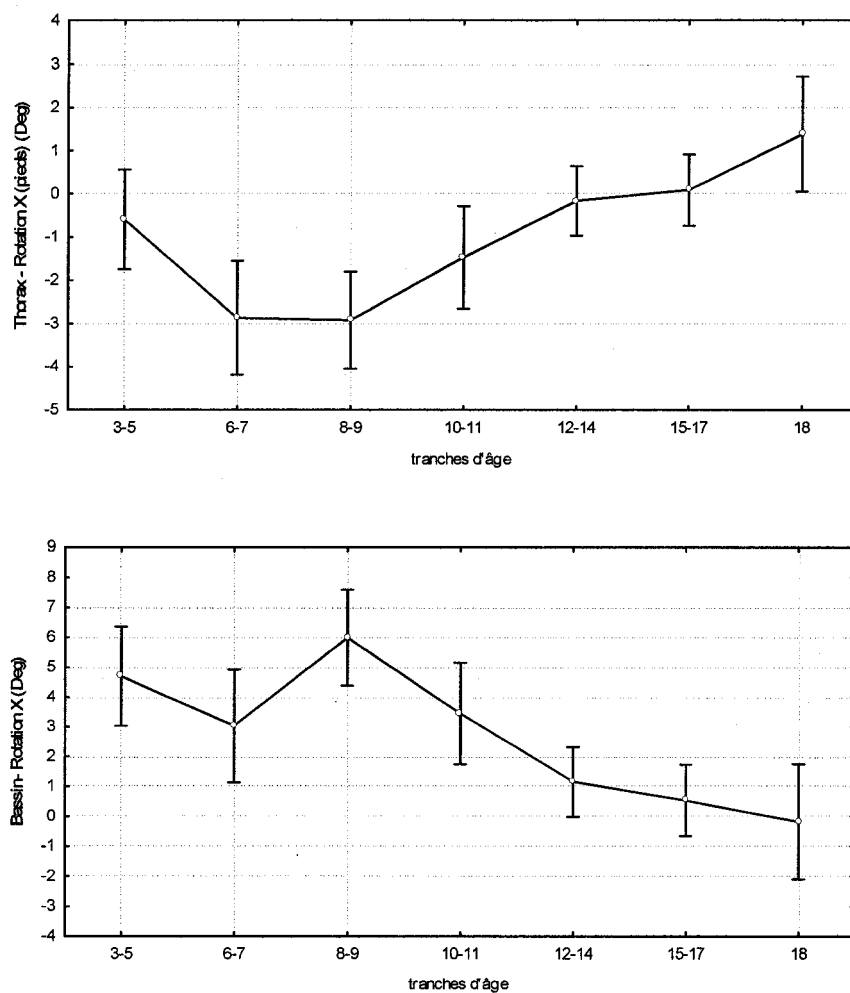
Parmi les associations qui influencent la lordose lombaire, une translation positive du bassin selon l'angle des Z et qu'une rotation négative du thorax selon l'angle des X augmentent la lordose. Cependant, dans notre étude, nous avons observé une lordose accentuée vers l'âge de 9-10 et par la suite, il y a une diminution de cette lordose. Ainsi, logiquement, on devrait s'attendre à retrouver une augmentation de la translation du bassin selon l'axe des Z à partir de 9-10 ans qui suit la rotation du bassin. Aussi, on devrait apercevoir une augmentation de la rotation du thorax selon l'axe des X qui suit la translation. En fait, on constate que la translation positive du bassin selon l'axe des Z et la rotation positive du thorax selon l'axe des X sont augmentées significativement. Cependant, on remarque que la rotation du thorax selon l'axe des X se situe au niveau des valeurs négatives. Le thorax est donc postérieur à la ligne médiale (ligne verticale passant par la l'aplomb de l'articulation calcanéo-cuboïdienne et remontant jusqu'au sommet de la suture fronto-pariétale). En effet, à l'âge de 8-9 ans, on a observé que le bassin subit une translation positive selon l'axe des Z et que le thorax se situe au niveau des valeurs négatives. On peut donc conclure que la lordose

lombaire est accentuée à cet âge et que son développement s'atténue progressivement jusqu'au sixième groupe (15-17 ans).



Finalement, d'après la troisième association qui forme la lordose, on constate dans notre recherche qu'à l'âge de 8 et 9 ans, celle-ci est accentuée par une rotation négative du thorax selon l'axe des X et une rotation positive du bassin selon l'axe des X. Par la suite, la rotation du thorax augmente significativement au dessus des valeurs positives et la rotation du bassin diminue significativement vers une valeur nulle. Cette dernière association vient donc

compléter les deux précédentes en démontrant que le bassin s'ajuste au thorax afin d'établir un équilibre posturale. Par exemple, si le bassin se déplaçait vers l'avant, comme le thorax, il y aurait un débalancement, ce qui entraînerait le corps à pencher vers l'avant.



Globalement, la région thoraco-lombaire de l'enfant subit de nombreux changements dû à sa croissance (Peterson, 2001). En fait, d'après les autres études (Cil et al., 2004; Mangionne et al., 1997) et la notre, jusqu'à l'âge de 10 ans, la lordose

lombar est accentuée. Dans notre étude, nous avons également observé qu'au delà de cet âge, les facteurs influençant le développement de la lordose lombaire, tel que la diminution de la rotation du bassin selon l'axe des X et l'augmentation de sa translation selon l'axe des Z, ainsi que l'augmentation de la translation selon l'axe des Z du thorax et l'augmentation de sa rotation selon l'axe des X, produisent une diminution significative de cette lordose en fonction de l'âge.

Nous savons que la lordose peut être aussi influencée par le poids, le sexe et l'âge de l'individu (Cil et al., 2004). Dans notre étude, nous démontrons principalement la relation existante entre l'âge et les facteurs influençant la lordose lombaire. Néanmoins, nous avons observé une corrélation significative entre le poids et la rotation du bassin selon l'axe des X ($r = -0,18$ $p = 0,00$). Cil et al.(2004) font remarquer que pendant l'adolescence, la croissance vertébrale antérieure excède la croissance postérieure, résultant à une diminution de la cyphose thoracique et une augmentation de la lordose lombaire. Ils dénotent également que la période de croissance diffère entre les garçons et les filles, ce qui pourrait expliquer la diminution de la lordose lombaire dans notre étude car nous n'avons pas fait de distinction entre les deux sexes.

En résumé, nous constatons qu'il y a trois associations qui déterminent la courbe lombaire. La première association, soit la rotation du bassin selon l'axe des X et la translation du thorax selon l'axe des Z établit la lordose lombaire générale. Les autres associations, tels que la translation du bassin selon l'axe des Z et la rotation du thorax

selon l'axe des X ainsi que la rotation du thorax et du bassin, viennent préciser la courbe de cette lordose lombaire. Donc, ces trois associations permettent un équilibre postural.

Le Bassin dans le plan transverse

Dans notre étude, nous avons observé dans le plan transverse que la rotation du bassin selon l'angle des Y est maximale vers 3-5 ans et diminue significativement vers une valeur nulle à l'âge de 18 ans. À notre connaissance, nous sommes la seule étude à avoir examiné l'évolution posturale du bassin dans ce plan. Nous croyons à l'instar de Jundi Penha et al. (2004) que cette rotation peut être le résultat de la musculature abdominale et pelvienne, qui tranquillement se construit et stabilise le bassin dans le plan frontal.

Le thorax dans le plan sagittal

À l'aide de radiographies, Mac-Thiong et al. (2004), ont mesuré la cyphose thoracique chez des enfants âgés de 4 à 18 ans. Grâce à l'utilisation d'un système informatique (Optimage), ces chercheurs ont mesuré la cyphose thoracique (correspondant à l'angle contenu par les arcs de cercle) et ont observé qu'il y a une relation linéaire positive entre de l'âge et la cyphose thoracique ($r = 0,26$, $P = 0,0004$). De plus, une autre étude de Mac-Thiong et al. (2005), semblable à cette dernière, complète en démontrant qu'il existe une relation significative entre la cyphose thoracique et l'âge pour les sujets mâles seulement.

Comme pour la lordose lombaire, nous n'avons pas mesuré directement la cyphose thoracique mais plutôt ses composantes. Il y a deux associations de mouvement qui ont une influence sur la cyphose thoracique. Premièrement, la cyphose thoracique est une association entre la rotation positive du thorax selon l'axe des X et une translation positive du bassin selon l'axe des Z (figure 37A). Deuxièmement, la cyphose thoracique peut être le résultat d'une translation positive du bassin selon l'axe des Z et une translation positive du thorax selon ce même axe (figure 37B).

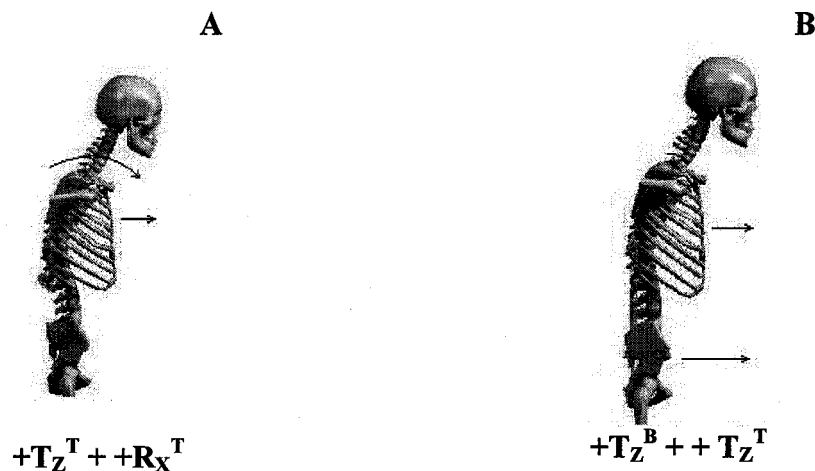
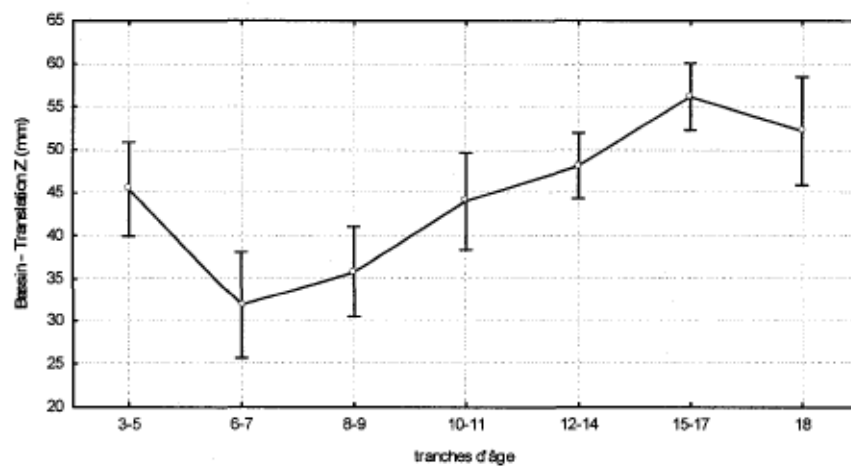
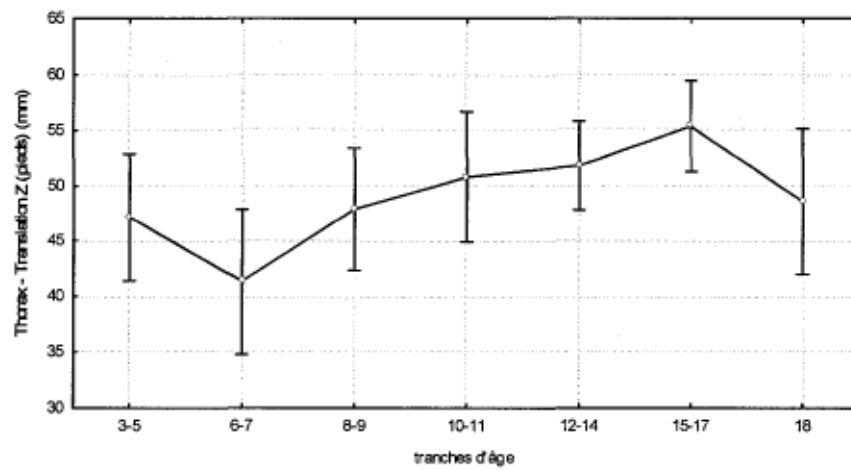
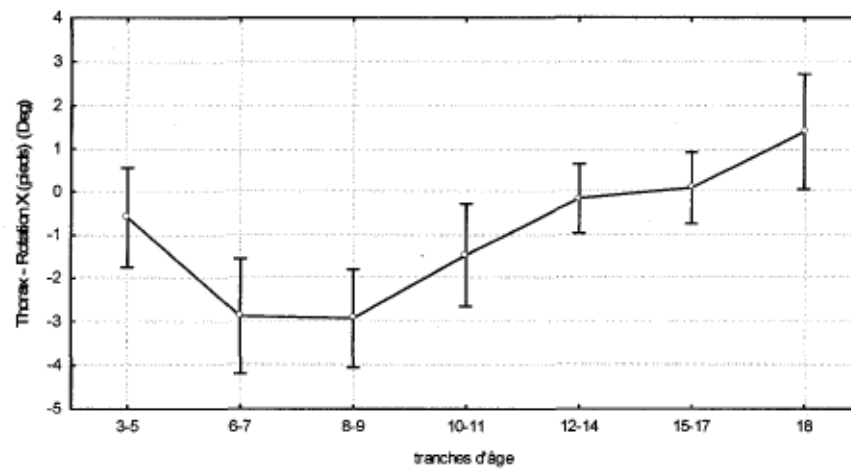


Figure 37. Associations qui définissent la cyphose thoracique.

Dans notre étude, nous avons observé que la rotation du thorax selon l'axe des X est minimale chez les 6-7 ans et augmente significativement jusqu'à 1,39 degrés chez les 18 ans (donc cyphose augmentée). Aussi, nous avons observé que la translation du thorax selon l'axe des Z est minimale chez les 6-7 ans et augmente significativement jusqu'à 55,36 millimètres chez les 15-17 ans (donc cyphose augmentée). Finalement, nous avons observé que la translation du bassin selon l'axe des Z est minimale chez les 6-7 ans et augmente significativement jusqu'à 56,18 millimètres chez les 18 ans (donc

cyphose augmentée). Ainsi, globalement, on observe une cyphose thoracique qui augmente significativement en fonction de l'âge. Jundi et al. (2004) démontrent également, une augmentation de la cyphose thoracique. Ils indiquent que l'hypercyphose se retrouve chez 21% des enfants de 7 ans et chez 45% des enfants de 9 ans.

Finalement, Peterson et al. (2001) affirme que : « Chez l'enfant, en début de scolarité, il est normal que le dos soit un peu rond assez caractéristique avec des omoplates plutôt saillantes » (p.111).



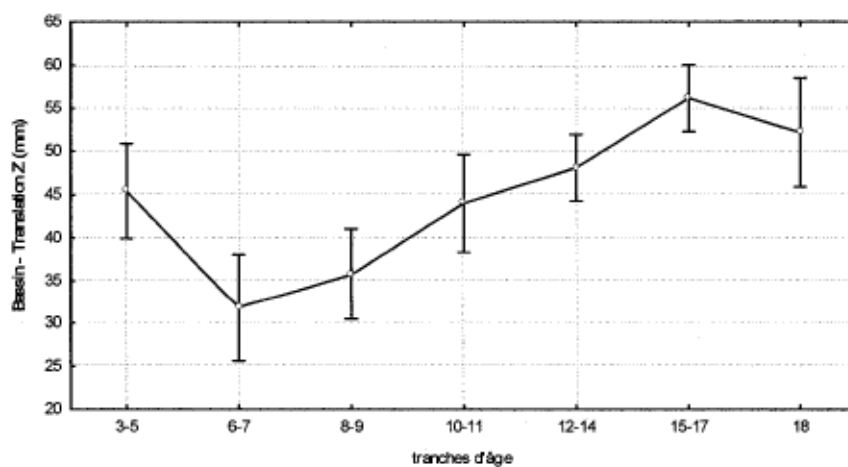
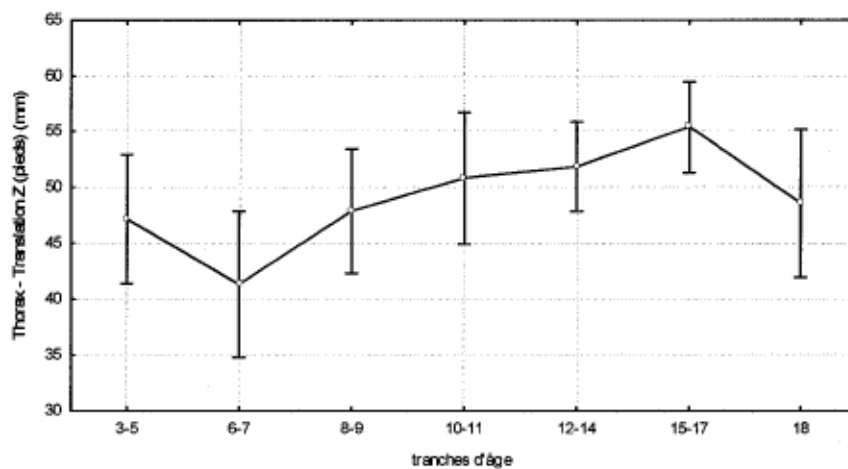
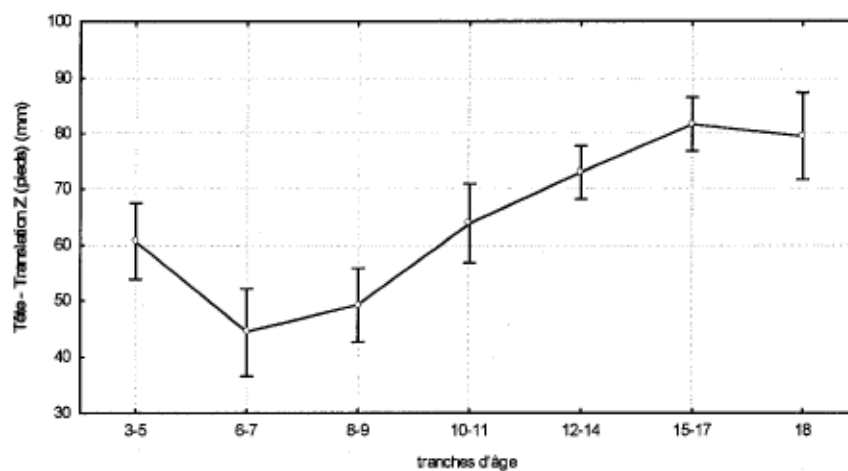
À l'inverse, Cil et al. (2004) semble être les seuls à avoir observé une réduction soudaine de la cyphose thoracique globale chez les enfants de 10-12 ans. Ils ont montré que la différence d'amplitude au niveau de la cyphose thoracique diminue du premier au troisième groupe soit de 3 à 12 ans pour, par la suite, augmenter chez leur quatrième groupe soit chez les 13 à 15 ans. Ils expliquent cette observation en faisant remarquer que le commencement de la période de croissance n'est pas la même entre les gars et les filles, ce qui peut expliquer, les différences significatives entre leur troisième groupe et les autres groupes d'âge. Somme toute, comme nous, ils attestent que la cyphose thoracique et la lordose lombaire varient significativement au travers les groupes d'âge.

Fait intéressant, une étude menée par Wojtys, Ashton-Miller, Huston et Moga (2000) évalue l'effet de l'activité physique intense sur un rachis en croissance (8 à 18 ans). Dans leur étude, ils indiquent qu'il n'y a pas de différence significative entre l'âge et l'évolution posturale du thorax et de la région lombaire dans le plan sagittal. Néanmoins, ils affirment que l'augmentation de la courbure chez les athlètes est proportionnelle au temps d'entraînement pour la cyphose thoracique mais qu'elle est essentiellement constante pour la lordose lombaire jusqu'à un excès d'entraînement de 400 heures/année). De façon générale, ils rapportent que les principales courbes thoracique et lombaire chez la plupart des athlètes restent dans un écart normal de valeurs rapportées par d'autres études. Leur étude suggère qu'un certain degré d'activité physique est requis pour un développement normal des courbes du rachis.

En lien avec la plupart des autres recherches, notre étude démontre, selon les facteurs qui définissent la cyphose thoracique, que celle-ci augmente graduellement en fonction de l'âge chez les enfants. De plus, nous pouvons constater avec l'étude de Wojtys et al.(2000) que plusieurs facteurs peuvent être à l'origine de ce développement, comme par exemple, une charge lourde (ex : sac à dos) imposée au rachis en croissance. Ainsi, comme le bassin, le thorax subit des changements significatifs dans le plan sagittal.

Cyphose vs lordose

Quelques études ont aussi évalué, dans le plan sagittal, la relation entre la cyphose thoracique et la lordose lombaire. Cependant, elles ne s'accordent pas toutes. Mac-Thiong et al. (2005) attestent d'une légère corrélation entre la région lombaire et thoracique ($r = 0,35$ ($p < 10^{-10}$)). Aussi, ils prétendent que la cyphose thoracique pourrait aussi être influencée significativement par la région cervicale afin de produire un équilibre adéquat de la tête au-dessus du bassin. Dans notre étude, nous observons une corrélation ($r = 0,6$, $p < 0,0001$) entre la translation selon l'axe des Z du bassin et de la tête. Aussi, nous dénotons une corrélation ($r = 0,71$, $p < 0,0001$) entre la translation selon l'axe des Z du bassin et du thorax. Finalement, nous observons une corrélation ($r = 0,57$, $p < 0,0001$) entre la translation selon l'axe des Z du thorax et de la tête. Donc, nous pouvons attester que ces trois translations (tête, thorax et bassin), selon l'axe des Z, sont dépendantes les unes des autres. Ainsi, le bassin qui se déplace vers l'avant selon l'axe des Z entraîne le déplacement de la tête vers l'avant.

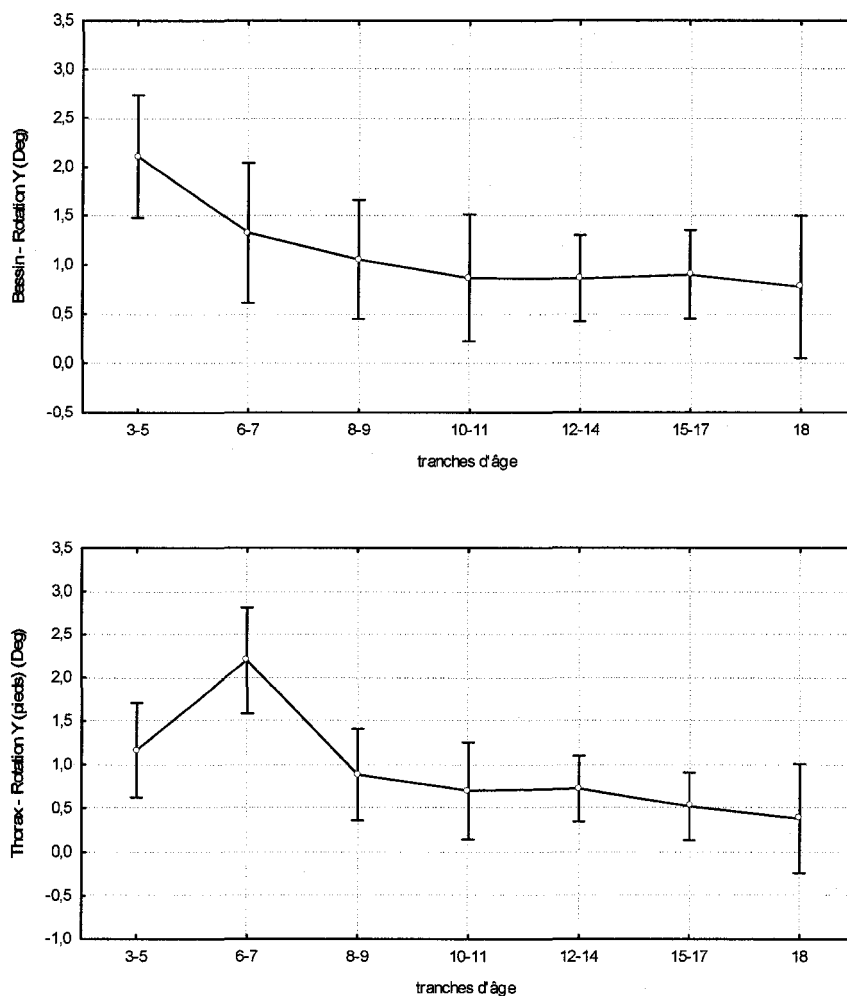


Conjointement, Wojtys et al. (2000) observent une association entre l'augmentation de la cyphose thoracique, l'angle de la région lombaire et l'exposition à l'entraînement intense. Parallèlement, Cil et al. affirment qu'à partir du moment où la colonne vertébrale, le bassin et les membres inférieurs sont liés les uns aux autres, n'importe quelle charge qui affecte l'un de ces segments peut provoquer une anomalie sur les autres segments. De notre point de vue, une lordose lombaire qui est accentuée déplace nécessairement le centre de gravité vers l'avant ce qui se répercute sur la région thoracique qui doit s'ajuster face à ce déplacement. L'ouvrage de Schamberger (2002) démontre également que lorsque le bassin subit une déviation posturale, cela résulte en une compensation des courbes de la colonne vertébrale. Finalement, Mac-Thiong et al. (2005) attestent que la forme et l'orientation des différents segments anatomiques sont interdépendantes et que leur relation est le résultat d'une posture équilibrée et stable qui assurément diminue les dépenses énergétiques.

Le thorax dans le plan frontal et transverse

Dans notre étude, nous avons tout d'abord observé dans le plan frontal que la translation du thorax selon l'axe des X est minimale chez les 3-5 ans et augmente significativement jusqu'à 9 millimètres chez les 18 ans. Nous avons également observé, dans le plan transverse que la rotation du thorax selon l'angle des Y est maximale vers 6-7 ans et diminue significativement vers une valeur de 0,38 degrés à l'âge de 18 ans. À notre connaissance, comme pour le bassin, nous sommes les seuls à avoir examiné l'évolution posturale du thorax dans ce plan.

Il est intéressant de constater que la rotation du thorax selon l'axe des Y est semblable à celle du bassin. Conséquemment, nous avons observé une corrélation ($r = 0,38, p < 0,0001$) entre la rotation selon l'axe des Y du bassin et du thorax. Il est à noter que les données, dans le plan transverse et frontal, ont été converties en valeurs absolues afin d'éviter que les données ne s'annulent. Cependant lorsque l'on regarde les valeurs brutes, nous observons que le bassin tend vers un côté plus que l'autre (plus de données positives). Le thorax tend davantage vers l'autre côté (plus de données négatives). Donc, on pourrait supposer que le thorax s'ajuste dans ce plan pour contrecarrer la rotation du bassin dans ce même plan.



Nous croyons que ces résultats sont peut-être les conséquences de mauvaises postures que l'enfant adopte en position assise ou le résultat d'une asymétrie musculaire. En effet, Jundi et al. (2004) attestent que la musculature abdominale et lombaire joue un rôle important dans le développement d'une bonne posture. Ils affirment même que c'est entre l'âge de 10 et 12 ans que les abdominaux deviennent efficaces. Semblable à notre étude, nous remarquons que c'est à l'âge 8-9 ans qu'il y a une diminution significative de la rotation du bassin et du thorax selon l'axe des Y. C'est donc qu'à ce stade du développement, les abdominaux ramènent le bassin et le thorax vers la ligne médiane.

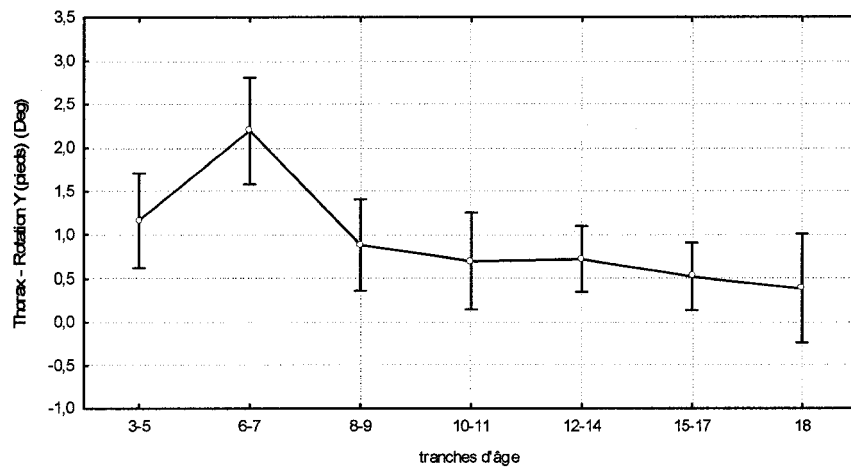
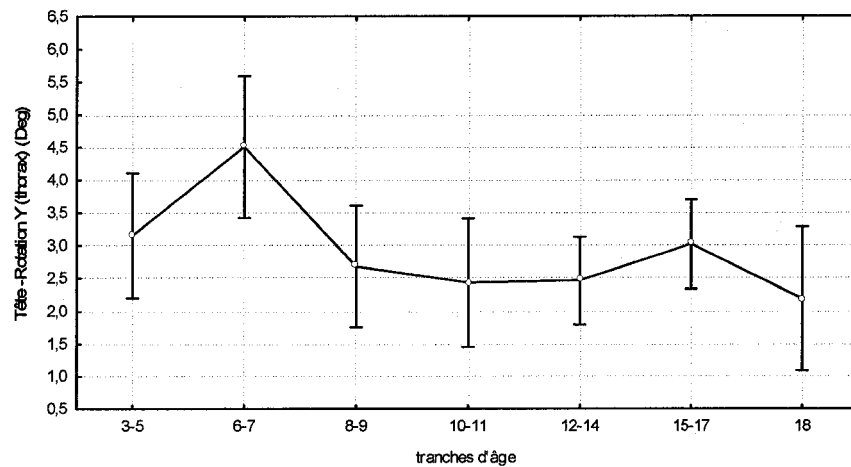
La tête dans le plan sagittal

McEvoy et Grimmer (2005) ont évalué à l'aide de photographies et d'un système informatique (ImageTool UTHSCA Version 2.0) différents angles posturaux (angle du tronc, du cou, de la tête sur le cou, membres inférieurs et angle de vision) dans le plan sagittal de 38 enfants d'âge primaire (6 à 11 ans). Globalement, leur étude révèle que l'âge affecte les mesures posturales. Ils démontrent clairement que l'angle du cou (position de la tête et du cou par rapport au tronc) diminue significativement et que l'angle de la tête sur le cou (rotation de la tête en X) augmente lorsque l'enfant vieillit. Ils attestent que ces changements sont peut-être le résultat d'une maturité posturale associée à l'âge.

Dans notre étude, nous observons que la rotation de la tête selon l'axe des X est minimale chez les 3-5 ans et augmente significativement jusqu'à 8,61 degrés chez les 15-17 ans. Nous observons aussi que la translation de la tête selon l'axe des Z est minimale chez les 6-7 ans et augmente significativement jusqu'à 81,63 millimètres chez les 15-17 ans. Ainsi, comme le thorax, la tête semble projetée vers l'avant. Comme nous l'avons démontré plus haut, il existe en effet une corrélation significative ($r = 0,57, p < 0,0001$) entre ces deux segments selon l'axe des Z. Nous croyons que l'environnement de l'enfant influence grandement ces deux variables. Par exemple, l'enfant à l'école doit toujours avoir la tête penchée vers l'avant pour la lecture et l'écriture ou encore la posture qu'il adopte devant l'ordinateur sont quelques facteurs qui résultent en un port de tête plus avancée.

La tête dans le plan frontal et transverse

Dans notre étude, nous observons, dans le plan transverse, que la rotation de la tête de l'enfant selon l'axe des Y est maximale chez les 6-7 ans et diminue significativement jusqu'à 2,19 degrés chez les 18 ans. Il est intéressant de remarquer dans ce plan, que la tête semble suivre sensiblement la même rotation que le thorax. Conséquemment, nous avons observé une corrélation ($r = 0,39, p < 0,0001$) entre la rotation de la tête et du thorax selon l'axe des Y. Comme nous avons mentionné plus haut, les données dans ce plan ont été converties en absolue afin d'éviter que les valeurs ne s'annulent. Toutefois, les valeurs brutes de la tête montrent une tendance vers un côté plus que l'autre (plus de donnée négative). Donc, comme le thorax, la tête semble se porter du même côté. Elle serait donc influencée par le thorax, qui lui semble essayer de contrecarrer la rotation du bassin dans ce plan.



Aussi, dans le plan frontal, nous observons que la translation de la tête selon l'axe des X est minimale chez les 3-5 ans et augmente significativement jusqu'à 6,60 millimètres chez les 10-11 ans.

Suite à ces constatations, nous pouvons affirmer que la tête de l'enfant dans le plan frontal, nous laisse voir une oreille plus apparente que l'autre, que la ligne médiale ne se retrouve pas au niveau de la ligne de glabella (entre les sourcils) et que finalement, la symphyse mentonnière ne se retrouve pas alignée avec la fourchette sternale.

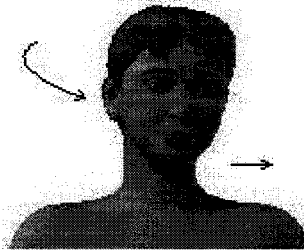


Figure 38. Tête de l'enfant dans le plan frontal.

À notre connaissance, comme le bassin et le thorax, nous sommes les seuls à avoir examiné l'évolution posturale de la tête dans ce plan. Nous croyons que plusieurs facteurs peuvent influencer la position de la tête dans ce plan. Par exemple, l'emplacement de l'enfant dans la classe, ou lorsqu'il regarde la télévision, son niveau de vision, ou encore sa position de sommeil sont tous des facteurs qui, selon nous, peuvent modifier, dans le plan frontal, le positionnement de la tête.

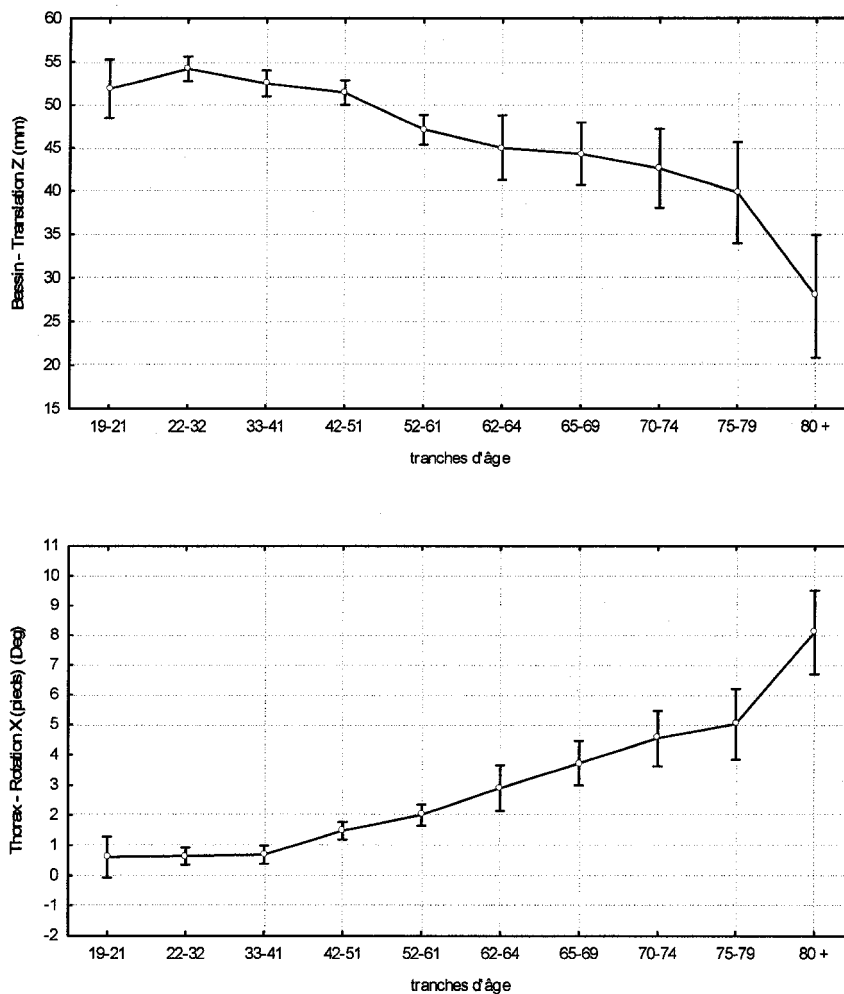
Adulte

La posture de l'adulte subit également plusieurs changements en vieillissant. Les épaules arrondies, une tête avancée, ainsi qu'une lordose lombaire aplatie sont toutes des caractéristiques qui caractérisent la posture adoptée par les personnes âgées. Comme nous avons vu précédemment dans notre étude, le thorax et la tête de l'adulte se déplacent significativement selon les trois axes de mouvements (X, Y et Z). Nous avons aussi observé que le bassin se déplace significativement selon l'axe des Z. Encore ici, nos résultats seront comparés à la littérature en décomposant les mouvements qui composent la cyphose thoracique et la lordose lombaire.

Le bassin dans le plan sagittal

À l'aide de photographie, Ostrowska, Rożek-Mróz et Gienza (2003) ont différencié la posture de deux groupes d'âge physiquement actif. Grâce à l'utilisation d'un système informatique, ils ont mesuré l'angle de la lordose lombaire d'un groupe d'étudiant male universitaire (22.4 ± 1.2 ans) et d'un groupe male âgé entre 61 et 83 ans. Ces chercheurs ont observé une diminution de l'angle d'inclinaison du segment rachidien lombo-sacré (rotation du bassin selon l'angle des X) chez les hommes âgés. De façon générale, ils ont observé que les différences entre les groupes démontrent une diminution de la lordose lombaire et une augmentation de la cyphose thoracique, ce qui résulte en une posture, en position debout, avec une tête et un tronc incliné vers l'avant.

Comme mentionné précédemment, la lordose lombaire est une association de déplacements entre le thorax et le bassin. Dans notre étude nous avons observé que la translation du bassin selon l'axe des Z est maximale à 22-32 ans et diminue significativement jusqu'au dernier groupe (80 ans et plus) (donc lordose diminuée). On observe également que la rotation du thorax selon l'axe des X est minimale à 19-21 ans et augmente significativement jusqu'au dernier groupe (80 ans et plus) (donc cyphose augmentée). Donc, cette association entre la translation négative du bassin selon l'axe des Z et la rotation positive du thorax selon l'angle des X montre une lordose lombaire qui s'atténue avec l'âge. Par conséquent, nos résultats vont dans le même sens que Kobayashi, Atsuta, Matsuno et Tekeda (2004) qui observent une diminution de la lordose lombaire entre le début (29°) et la fin de leur recherche (21.4°) chez des sujets âgés entre 62 et 73 ans. Finalement, Gelb, Lenke, Bridwell, Blanke et McEnery (1995) observent également que les sujets âgés ont statistiquement moins de lordose lombaire globale.



En résumé, d'après nos résultats et les différentes études, nous observons que la lordose lombaire globale s'atténue progressivement en fonction de l'âge. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces résultats. Par exemple, Gelb et al. (1995) évoquent l'ostéoporose ainsi que la dégénérescence des disques vertébraux pour expliquer les changements au niveau de la courbe lombaire. Finalement, Ostrowska et al. (2003), dénotent que l'activité physique régulière augmente l'amplitude de mouvement ainsi que la force musculaire, ce qui, permet de garder une bonne posture en réduisant les

risques (perte de masse musculaire et perte de la stabilité posturale) liés au vieillissement.

Le bassin dans le plan frontal

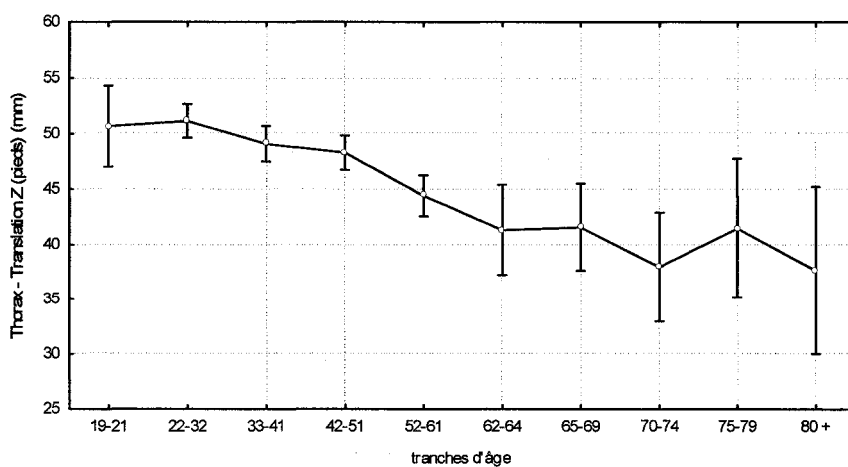
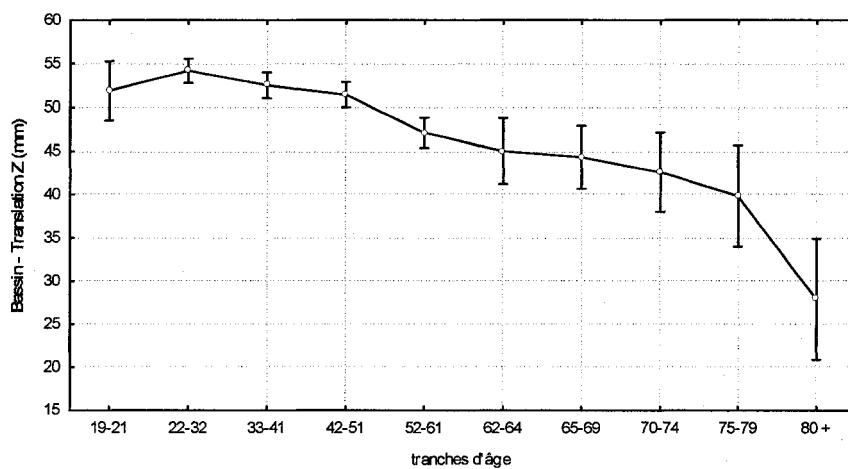
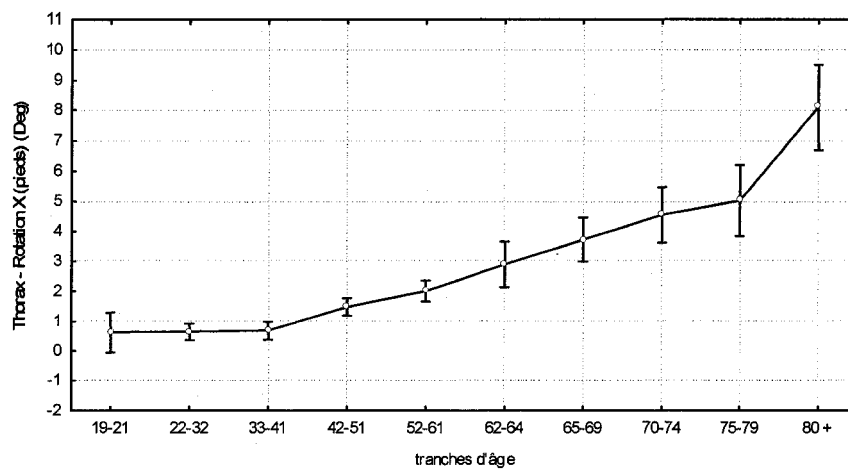
Dans notre étude, nous avons observé dans le plan frontal que la rotation du bassin selon l'axe des Z est minimale chez les 22-32 ans et augmente significativement jusqu'au dernier groupe (80 ans et plus). Schamberger (2002) atteste également que l'inclinaison du bassin (rotation du bassin selon l'angle des Z) est régulièrement observée. Il affirme aussi qu'il peut exister la présence d'une jambe plus longue que l'autre avec cette rotation. En comparaison à notre recherche, où nous avons mesuré la déviation du bassin uniquement par rapport aux épines iliaques antéro-supérieures, Juhl, Ippolito Cremin et Russell (2004) ont mesuré, l'angle du bassin dans le plan frontal, selon la hauteur des têtes fémorales, des crêtes iliaques, des tubérosités ischiatiques et la convergence entre la portion latérale du sacrum avec les piliers articulaires. Grâce à ces mesures, ils ont identifié six types d'asymétrie posturale possibles du bassin. Comme nous, ils observent qu'il y a une rotation du bassin selon l'axe des Z. Toutefois, lorsqu'ils comparent les six types de déviation possible par rapport à l'âge, ils attestent qu'un type de déviation, avec le temps, n'évolue pas nécessairement vers un autre type.

De façon générale, il n'y a pas beaucoup d'étude qui ont évalué la position du bassin dans le plan frontal. À notre connaissance, nous sommes les seuls à avoir observé que la rotation du bassin selon l'axe des Z augmente significativement avec l'âge. Néanmoins, Juhl et al. (2004) ont observé plusieurs changements pouvant survenir au niveau du bassin. Globalement, la rotation du bassin selon l'axe des Z est une déviation souvent observée. Nous croyons que cette déviation peut être le résultat de musculature abdominale et/ou lombaire qui diminue avec l'âge. Aussi, selon Schamberger (2002) la position des jambes (jambe plus longue que l'autre) peut influencer le bassin dans ce plan. Intéressamment, le livre de Bricot (1996), démontre aussi que la position des pieds, valgus ou varus, influence la position du bassin. En effet, il atteste que le pied valgus (pieds plats) produit une hyperlordose lombaire ainsi qu'une hypercyphose dorsale. De l'autre côté, le pied varus (pieds creux) produit un dos plat. L'étude de Khamis et Yishar (2006) a également observé l'existence d'une chaîne cinématique chez les personnes saines, où l'hyperpronation du pied amène automatiquement en rotation interne les jambes et les cuisses et elle change aussi la position du bassin.

Le thorax dans le plan sagittal

À l'aide de 172 radiographies de personne âgées entre 18 et 92 ans, Boyle, Milne et Singer (2002), ont observé une augmentation significative de l'angle cyphotique du rachis thoracique en fonction de l'âge. Plus spécifiquement, en utilisant l'angle de Cobb, ils attestent que l'amplitude de la cyphose thoracique augmente chez les 45-59 ans ($41,1^\circ$), vers les 60-74 ans ($53,5^\circ$) et vers les 75 ans et plus ($63,5^\circ$).

Comme mentionné précédemment, la cyphose thoracique est une association de déplacements entre le thorax et le bassin. Dans notre étude, nous avons observé que la rotation du thorax selon l'axe des X est minimale chez les 19-21 ans et augmente significativement jusqu'au dernier groupe (80 et plus), ce qui devrait augmenter la cyphose thoracique. Nous avons également observé que la translation du thorax selon l'axe des Z est maximale chez les 19-21 ans et diminue significativement jusqu'au dernier groupe (80 ans et plus). Cette association entre la rotation et la translation du thorax, nous démontre donc une cyphose thoracique qui serait augmentée avec l'âge. Finalement, nous avons observé que la translation du bassin selon l'axe des Z est maximale chez les 22-32 ans et diminue significativement jusqu'au dernier groupe (80 ans et +). Donc, cette dernière observation certifie que la cyphose thoracique augmente avec l'âge. Nous pouvons également penser que la rotation du thorax selon l'axe des X entraîne la translation du bassin selon l'axe des Z à diminuer afin d'empêcher le tronc et la tête de basculer davantage vers l'avant. Conjointement, la translation du thorax selon l'axe des Z diminue, elle aussi, car elle est dépendante de la translation du bassin selon l'axe des Z. De ce fait, nous avons observé une corrélation significative ($r = 0,71$, $p < 0,0001$) entre les translations selon l'axe des Z du thorax et du bassin.



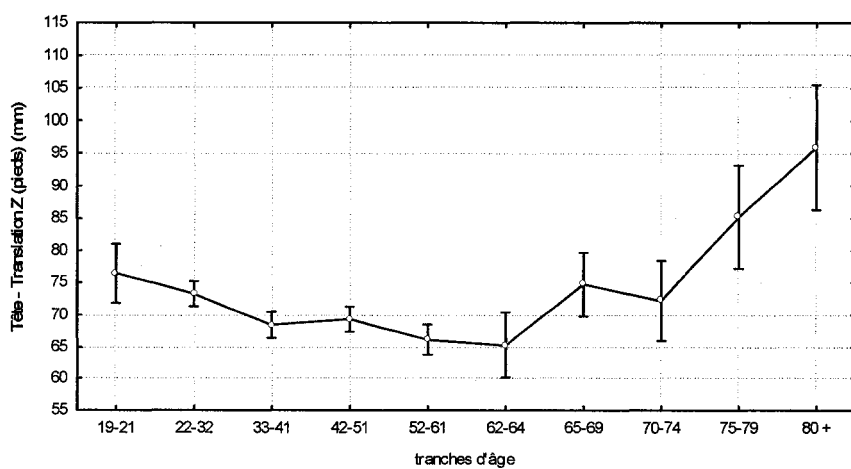
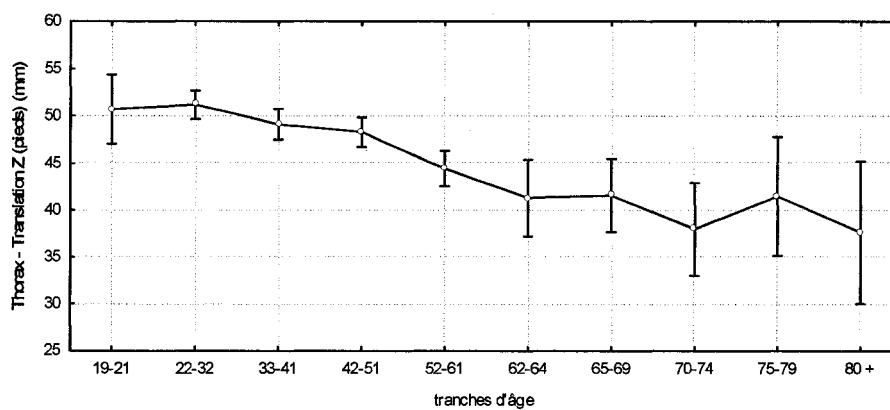
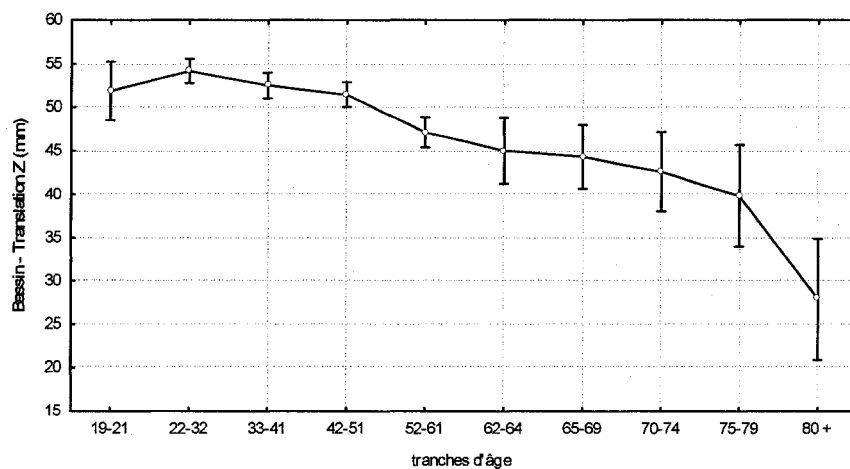
Ainsi, nos résultats vont dans le même sens que Bartynsky, Heller, Grahovac, Rothfus et Kurs-Lasky (2005), qui ont également observé que l'angle de la cyphose thoracique augmente avec l'âge. Ils suggèrent aussi qu'il existe quatre facteurs qui peuvent produire la cyphose thoracique chez les personnes âgées : la dégénérescence des disques intervertébraux asymétriquement, la diminution de la musculature des extenseurs du thorax, l'hyper-mobilité et, chez les femmes, l'hormonothérapie post ménopause qui affaiblit le support ligamentaire du rachis.

De manière générale, selon nos résultats et les autres études, la cyphose thoracique augmente en fonction de l'âge. Nous croyons donc que cette augmentation est influencée par la musculature, par la position du bassin ainsi que par la dégénérescence des disques intervertébraux.

Cyphose vs lordose

Quelques études ont évalué, comme chez les enfants, la relation entre la lordose lombaire et la cyphose thoracique chez les adultes. Vaz, Roussouly, Berthonnaud et Dimnet (2002) ont d'ailleurs observé une corrélation ($r=0,36$, $p<0,001$) entre la lordose lombaire et la cyphose thoracique globale. Ils attestent que la pente sacrée équilibre la lordose lombaire et la bascule du bassin, qui en retour s'équilibre d'eux-mêmes avec la cyphose thoracique et la position des genoux. Dans notre étude, nous avons également observé une corrélation ($r=0,71$, $p<0,0001$) entre la translation du bassin selon l'axe des Z et la translation du thorax selon le même axe. Nous avons aussi observé un

corrélation ($r = 0,58$, $p < 0,0001$) entre la translation du thorax selon l'axe des Z et la translation de la tête selon ce même axe. Cela confirme donc que la lordose lombaire influence la cyphose thoracique.



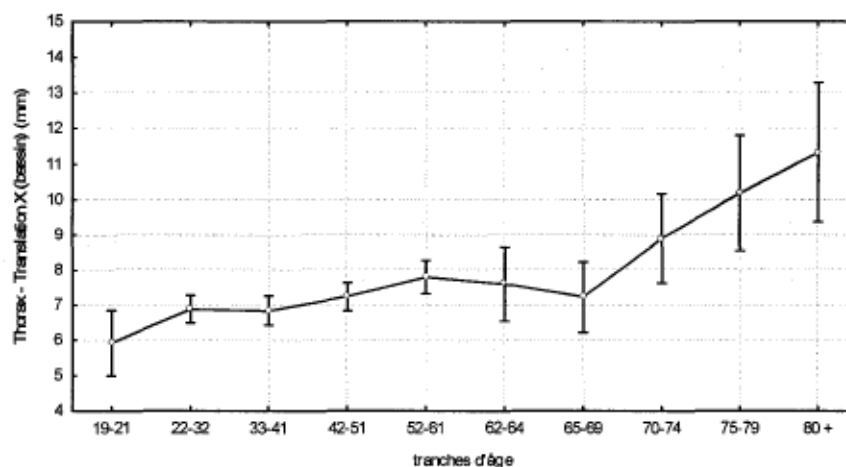
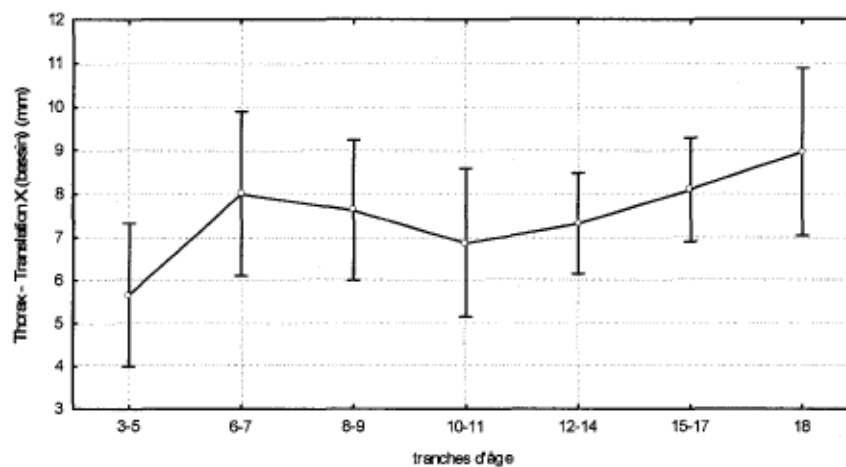
Vedantam, Lenke, Keeney et Bridwell (1998) attestent qu'ils n'ont toutefois pas observé de corrélation significative entre la lordose lombaire et la cyphose thoracique chez les adolescents mais que cette relation était retrouvée chez les adultes.

Globalement, nous croyons donc que la lordose lombaire influence la cyphose thoracique ainsi que la courbe cervicale. Plus spécifiquement, chaque variable doit ainsi s'adapter afin de produire un équilibre postural.

Le thorax dans le plan frontal et transverse

Dans notre étude, on observe que la rotation du thorax selon l'axe des Y, est statistiquement significative en fonction de l'âge. Cependant, ces rotations chez l'enfant et l'adulte varient sous des valeurs de 2,2 degrés. On observe aussi une rotation positive du thorax selon l'axe des Z qui est minimale chez les 19-21 ans et augmente significativement jusqu'au dernier groupe (80 ans et plus). À notre connaissance, nous sommes les seuls à avoir évalué la rotation du tronc dans ce plan. Schamberger (2002) dénombre toutefois les effets possibles de telles asymétries. Par exemple, la flexion du tronc, dans le plan frontal, apporte les côtes ensemble du côté ipsilatérale. La rotation positive du thorax, emmène quant à elle, l'épaule gauche en avant afin de compenser pour le bassin qui est en avant du côté droit. Enfin, ces mauvais alignements découlent habituellement en des asymétries au niveau musculaire et/ou dans l'amplitude de mouvement de certains segments (avant-bras, épaules) (Schamberger, 2002).

Dans notre étude, nous avons aussi observé dans le plan frontal que la translation du thorax, selon l'axe des X est minimale chez les 19-21 ans et augmente significativement jusqu'au dernier groupe (80 ans et plus). Cette translation est plus importante chez l'adulte que chez l'enfant.

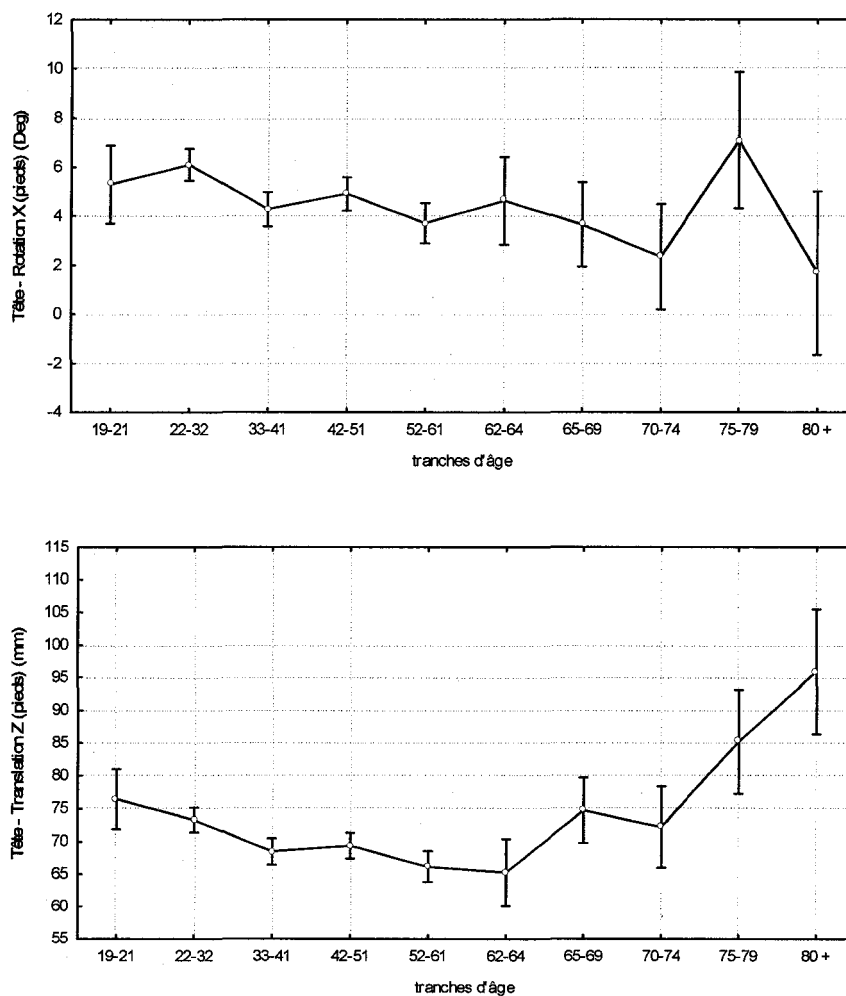


Nous croyons que la posture de l'adulte, comme celle de l'enfant, dans le plan frontal, est façonnée par ses habitudes. Son travail et ses loisirs influencent probablement ces valeurs. Aussi, chez l'adulte, comme la période de temps passé en position assise,

penché vers l'avant, est plus grande que chez l'enfant, il est logique d'observer des valeurs plus élevées chez l'adulte.

La tête dans le plan sagittal

À l'aide de 172 radiographies de personnes âgées entre 18 et 92 ans, Boyle et al. (2002), ont mesuré la courbe cervicale (angle entre C2 et C7). Ces chercheurs ont observé que la lordose cervicale des hommes tend progressivement à s'aplatir avec l'âge. En comparaison avec la courbe cervicale des femmes, ils ont observé qu'elle suit le même trajet jusqu'à 60 ans et que par la suite, la lordose cervicale augmente significativement. Boyle et al. (2002), attestent également qu'il y a une association significative entre la cyphose thoracique et la lordose cervicale chez les deux sexes. Dans notre étude, nous avons observé que la rotation de la tête selon l'axe des X est maximale chez les 19-21 ans et diminue significativement jusqu'au dernier groupe (80 ans et plus) (donc lordose diminuée). Nous avons également observé que la translation la tête selon l'axe des Z est minimale chez les 62-64 ans et augmente significativement jusqu'au dernier groupe (80 ans et plus). Par cette association, nous observons donc que la courbe cervicale tend à diminuer avec le vieillissement.



Les résultats de notre étude vont à l'encontre de Raine, et Twomey (1997) qui ont seulement observé une faible corrélation entre l'âge et la posture de la tête dans le plan sagittal. Ils attestent aussi que la bascule de la tête (rotation de la tête selon X) dans ce plan n'est pas significative. Aussi, ils ont observé qu'il n'y a pas d'association entre la position avancée de la tête et la position avancée des épaules ou l'augmentation de la cyphose thoracique. Dans notre étude nous avons cependant observé une corrélation significative ($r = 0,58$, $p < 0,0001$) entre la translation du thorax selon l'axe des Z et la

translation de la tête selon ce même axe. De façon générale, nous croyons que la position de la tête est influencée par l'environnement, tout ce qui nous entoure, nous pousse à se pencher vers l'avant (ordinateur, lecture, manger...). La position de la tête est aussi fortement influencée par la position du thorax ainsi que celle du bassin.

La tête dans le plan frontal et transverse

Shamberger (2002) atteste qu'il peut exister plusieurs facteurs qui contribuent aux asymétries de la tête dans le plan frontal. Par exemple, un mauvais alignement du bassin et du rachis produit une asymétrie dans la tension de tous les muscles squelettiques, dont des muscles cervicaux. Dans notre étude, dans le plan transverse, nous avons observé que la rotation de la tête selon l'axe des Y est minimale chez les 33-41 ans et augmente significativement jusqu'au dernier groupe (80 ans et plus). Nous avons également observé, que la rotation de la tête selon l'axe des Z est minimale chez les 33-41 ans et augmente significativement jusqu'au dernier groupe (80 ans et plus). Finalement, dans le plan frontal, nous avons observé que la translation de la tête selon l'axe des X est minimale chez les 52-61 ans et augmente significativement jusqu'au groupe des 75-79 ans. Globalement, nous remarquons, comme chez les enfants, que la position de la tête chez l'adulte semble être projetée davantage vers un côté.

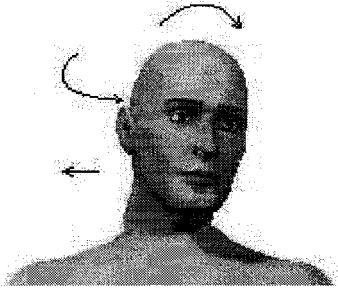


Figure 39. Tête de l'adulte dans le plan frontal

À notre connaissance, nous sommes les seuls à avoir évalué la tête dans ce plan. Il faut rappeler que les données dans ce plan ont été mesurées en absolue afin que les données ne s'annulent pas d'elles-mêmes. Nous avons toutefois observé que les données brutes montrent que les deux rotations se dirigent vers le même côté et que la translation se dirige de l'autre côté. Nous croyons que ces déviations sont probablement le résultat des habitudes de vie et de l'environnement ainsi que des asymétries musculaires. Nous croyons aussi que le degré de vision ainsi que l'ouïe peuvent être des facteurs influençant la position de la tête dans ce plan. Finalement, la position du bassin et du thorax viennent possiblement influencer la position de la tête. Par conséquence, nous avons observé une corrélation significative ($r = 0,28$, $p < 0,0001$) entre la rotation de la tête selon l'axe des Y et la rotation du thorax selon ce même axe.

Conclusion

Ce travail nous a permis de quantifier la posture de l'enfant et de l'adulte dans les trois plans de mouvements anatomiques. Conséquemment, il nous a aussi permis de préciser les différents mouvements qui composent la lordose lombaire ainsi que la cyphose thoracique. Globalement en lien avec les autres études, nous avons observé de nombreux changements posturaux chez l'enfant et chez l'adulte au niveau du bassin du tronc et de la tête. De plus, avec le nombre important de sujet faisant partie de cette recherche il serait possible d'établir des normes avec des études subséquentes.

Conjointement, nous savons que plusieurs facteurs, internes et externes, énumérés dans cette recherche construisent notre posture au fil des années. L'activité physique en est un. De ce fait, il serait intéressant d'évaluer la posture de sujets qui pratiquent un entraînement musculaire et d'assouplissement. Bien qu'ardu et coûteux, il serait aussi intéressant de suivre l'évolution posturale de plusieurs sujets tout au long de leur vie. Peut-on changer le cours de leur développement postural en adaptant leur environnement en favorisant un mode de vie actif ? Pourrait-on réduire la prévalence des maux de dos en adoptant de meilleures postures ?

RÉFÉRENCES

1. Bartynsky Walter S, Heller Matthew T, Grahovac Stephen Z, Rothfus William E et Kurs-Lasky Marcia (2005). Severe thoracic kyphosis in the older patient in the absence of vertebral fracture : Association of extreme curve with age. *American Society of Neuroradiology*, 26: 2077-2085.
2. Boyle Jeffrey J.W, Milne Nicholas et Singer Kevin P (2002). Influence of age on cervicithoracic spinal curvature: An ex vivo radiographic survey. *Clinical biomechanics*, 17: 361-367.
3. Bricot Bernard (1996). *La reprogrammation posturale globale*. Montpellier : Sauramps médical.
4. Cardon G, De Clercq D, De Bourdeaudhuij I et Breithecker D (2003). Sitting habits in elementary schoolchildren : a traditional versus a " Moving school". *Patient education and counseling*, 54, 133-142.
5. Cil A, Yazici M, Uzumcugil A, Kandemir U, Alanay A, Alanay Y, Acaroglu E et Surat A (2004). The evolution of sagittal segmental alignment of the spine during childhood. *Spine*, 30(1),93-100.
6. Enoka Roger M (2002). *Neuromechanics of human movement* (3e édition). Champaign, Illinois:Human kinetics.
7. Fu Freddie H (1994). *Sports injuries : mechanisms, prevention, treatment*. Baltimore:Williams & Wilkins.
8. Gallahue David C et Ozmun John C (1998). *Understanding Motor development* (4^e éd.).Boston:McGraw-Hill.
9. Gelb Daniel E, Lenke Lawrence G, Bridwell Keith H, Blanke Kathy et McEnery Kevin W (1995). An analysis of sagittal spinal alignment in 100 asymptomatic Middle and older aged volunteers. *Spine*, 20(12),1351-1358.
10. Hammerberg, Mark E et Wood Kirkham B (2003). Sagittal profile of the elderly. *Journal of spinal disorders & Techniques*,16(1), 44-50.
11. Harrison Deed E, Janik Tadeusz J, Cailliet Rene, Harrison Donald D, Normand Martin C, Perron Denise L et Ferrantelli Joseph R (2006). Validation of a computer analysis to determine 3-D rotations and translations of the rib cage in upright posture from three 2-D digital images. *European spine journal*, Mar 18.

12. Hawes Martha C (2003). The use of exercises in the treatment of scoliosis: an evidence-based critical review of the literature, *Pediatric rehabilitation*, 6, 171-182.
13. Hinman Martha R (2004). Comparison of thoracic kyphosis and postural stiffness in younger and older women. *The spine journal*, 4, 413-417.
14. Hrysomallis C et Goodman C (2001). A review of resistance exercise and posture realignment. *Journal of strength and conditioning research*, 9, 385-390.
15. Institut de la statistique du Québec (1998), Enquête sociale et de santé.
16. Juhl John Henry, Ippolito Cremin Tonya M et Russell George (2004). Prevalence of frontal plane pelvis postural asymmetry – Part 1. *Journal of the American Osteopathic Association*, 104(10), 411-421.
17. Jundi Penha P, Amado Joao SM., Aparecida Casarotto R, Junichiro Amino C et Caielli Penteadó D (2004). Postural assessment of girls between 7 and 10 years of age. *Clinics*, 60(1), 9-16.
18. Juskelienne V, Magnus P, Backketeig Ls, Dailidienne N et Jurkuvenas V (1996). Prevalence and risk factors for asymmetric posture in preschool children aged 6-7 years. *International Journal of Epidemiology*. 25(5), 1053-9.
19. Khamis Sam et Yishar Ziva (2006). Effect of feet hyperpronation on pelvic alignment in a standing position. *Gait and posture*, 1-8.
20. Kippenbrock Fred J (1993). Detection of pediatric postural anomalies which can impose pathological and life-long effects. *Journal of Clinical Chiropractic Pediatrics*, 83-89.
21. Kobayashi Tetsuya, Atsuta Yuji, Matsuno Takeo et Tekeda Naoki (2004). A longitudinal study of congruent sagittal spinal alignment in an adult cohort. *Spine*, 29(6), 671-676.
22. Mac-Thiong Jean-Marc, Berthonnaud Éric, Dimar II John R, Betz Randal R et Labelle Hubert (2004). Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth. *Spine*, 29, 1642-1647.
23. Mac-Thiong Jean-Marc, Labelle Hubert, Berthonnaud Éric, Betz Randal R et Roussouly (2005). Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents. *European spine journal*, 26, 1-8.

24. Mangione Paolo, Gomez Dominique et Senegas Jacques (1997). Study of the course of the incidence angle during growth. *European spine journal*, 6, 163-167.
25. Marieb Elaine N (1992). *Human anatomy and physiology*. The Benjamin/cummings publishing compagny.
26. McEnvoy Maureen et Grimmer Karen (2005). Reliable of upright posture measurements in primary school children. *BMC Musculoskeletal disorders*, 6:35.
27. Nissinen Maunu J, Heliovaara Markku M, Seitsamo Jorma T, Kononen Mauno H, Hurmerinta Krisi A et Poussa Mikko S (2001). Development of trunk asymmetry in a cohort of children ages 11 to 22 years, *Spine*, 25(5), 570-574.
28. Normand Martin C, Descarreaux Martin, Lehoux Marie-Claude, Dugas Claude, Lafond Danik et Toshifumi Kuwaoka (2005). Postural profile evolution in paediatric age population. Trois-Rivières : Université du Québec à Trois-Rivières, Département des sciences de l'activité physique.
29. Ostrowska B, Rożek-Mróz K, Giemza C (2003). Body posture in elderly, physically active males. *The aging male*, 6, 222-229.
30. Peterson Kendall Florence, Kendall McCreary Elizabeth et Geise Provance Patricia (2001). *Les muscles* (4^e édition). Paris : Pradel.
31. Proteau Jean-François (2004). *Observation de l'attitude posturale et de son évolution selon l'âge; Recherche descriptive chez des enfants de 5 à 17 ans*. Trois-Rivières : Université du Québec à Trois-Rivières, Département des sciences de l'activité physique.
32. Raine Sally, Twomey Lance T (1997). Head and shoulder posture variations in 160 asymptomatic women and men. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 76, 1215-1223.
33. Schamberger Wolf (2002). *The malalignment syndrome*. Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins.
34. Shumway-cook Anne et Woollacott Marjorie H (2001). *Motor control*(2^eédition). Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins.
35. Troussier B et Phelip X (1999). *Le dos de l'enfant et de l'adolescent et la prévention des lombalgies*. Paris : Masson.

36. Twomey Lance T et Taylor James R (2000). *Physical therapy of the low back*(3^eédition) Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins.
37. Vaz G, Roussouly P, Berthonnaud E et Dimnet (2002). Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine. *Journal of European Spine*, 11, 80-87.
38. Vedantam Ravishankar, Lenke Lawrence G, Keeney James A et Bridwell Keith H. (1998). Comparison of standing sagittal spinal alignment in asymptomatic adolescents and adults. *Spine*, 2, 211-215.
39. Widhe Torulf (2001). Spine: posture, mobility and pain. A longitudinal study from childhood to adolescence. *Journal of European Spine*, 118-123.
40. Wojtys EM, Ashton-Miller JA, Huston LJ, Moga PJ.(2000). The association between athletic training time and the sagittal curvature of the immature spine. *American Journal of Sport Medecine*, 28(4), 490-8.
41. Young Michael (2003). *A review on postural realignment and its muscular and neural components*. Disponible sur Internet: www.elitetrack.com/postu

ANNEXE A
Déviations posturales non significatives

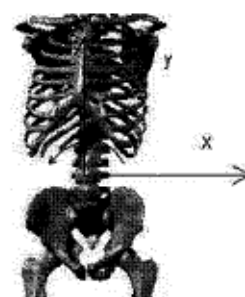
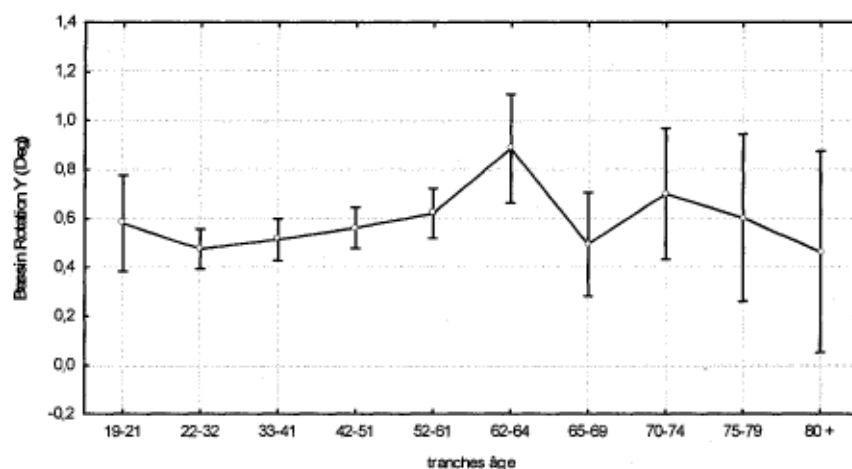


Figure 40. Résultats moyens des déviations du bassin en rotation par rapport à l'axe des Y selon les différents groupes d'âge allant de 19 ans à 93 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%. Non significatif.

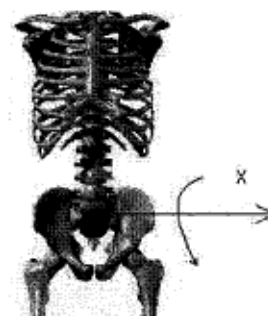
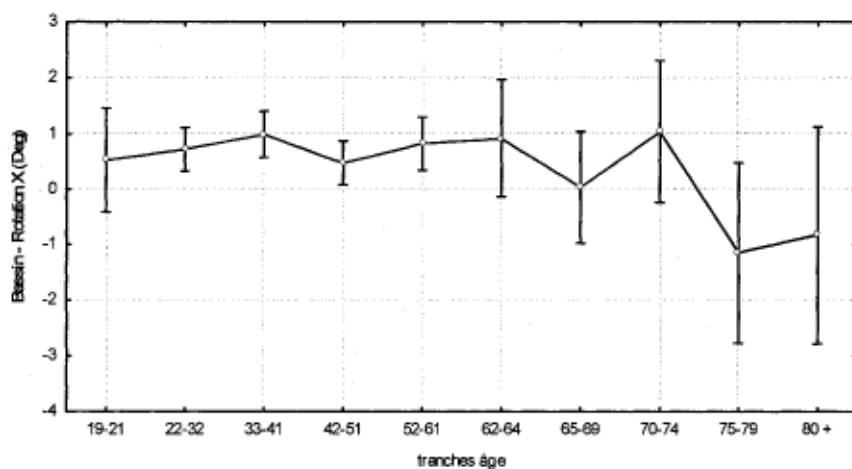


Figure 41. Résultats moyens des déviations du bassin en rotation par rapport à l'axe des X selon les différents groupes d'âge allant de 19 ans à 93 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%. Non significatif.

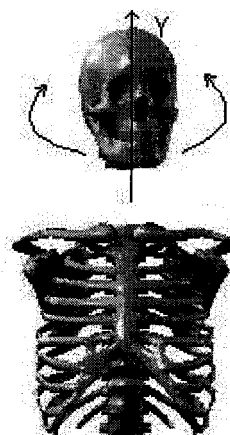
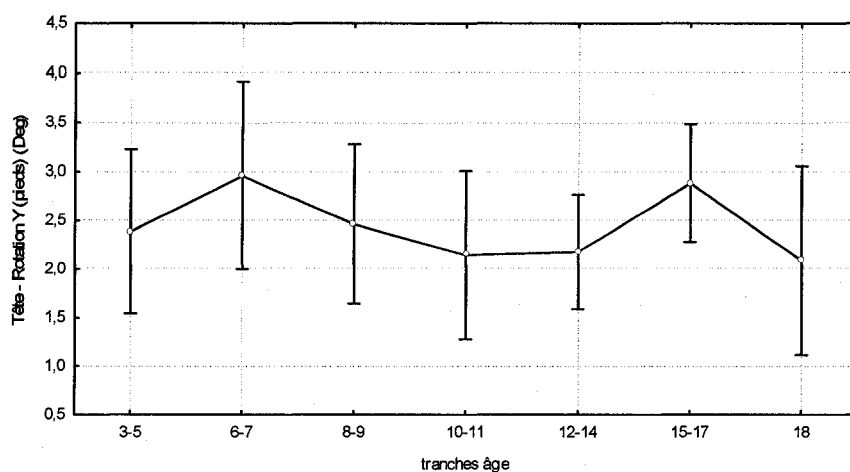


Figure 42. Résultats moyens des déviations de la tête en rotation par rapport à l'axe des Y (pieds) selon les différents groupes d'âge allant jusqu'à 18 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%. Non significatif.

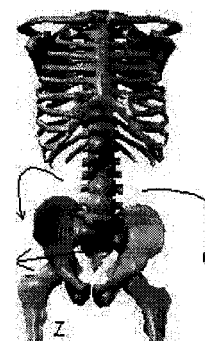
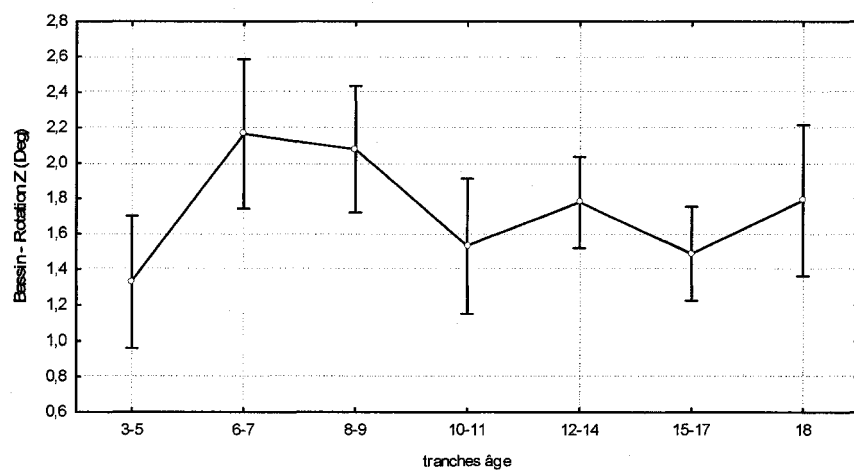


Figure 43. Résultats moyens des déviations du bassin en rotation par rapport à l'axe des Z selon les différents groupes d'âge allant jusqu'à 18 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%. Non significatif.

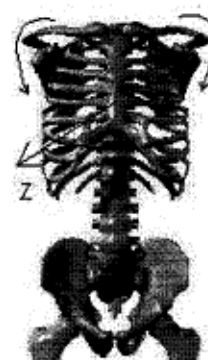
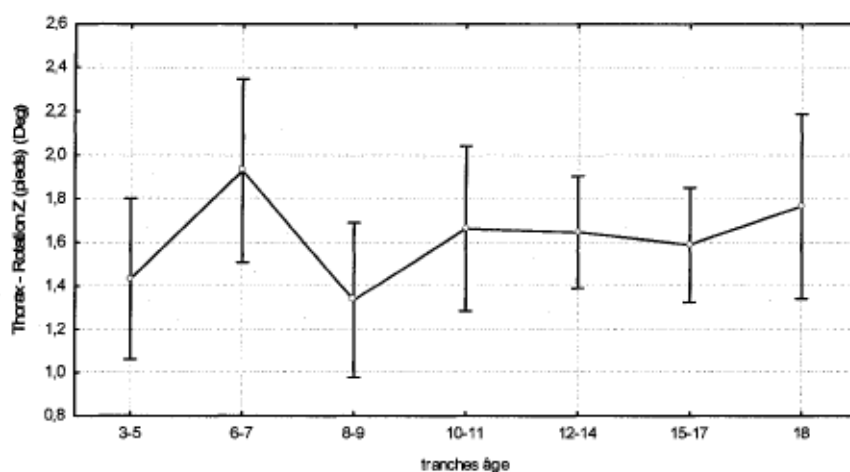


Figure 44. Résultats moyens des déviations du thorax en rotation par rapport à l'axe des Z (pieds) selon les différents groupes d'âge allant jusqu'à 18 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%. Non significatif.

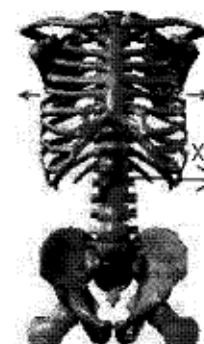
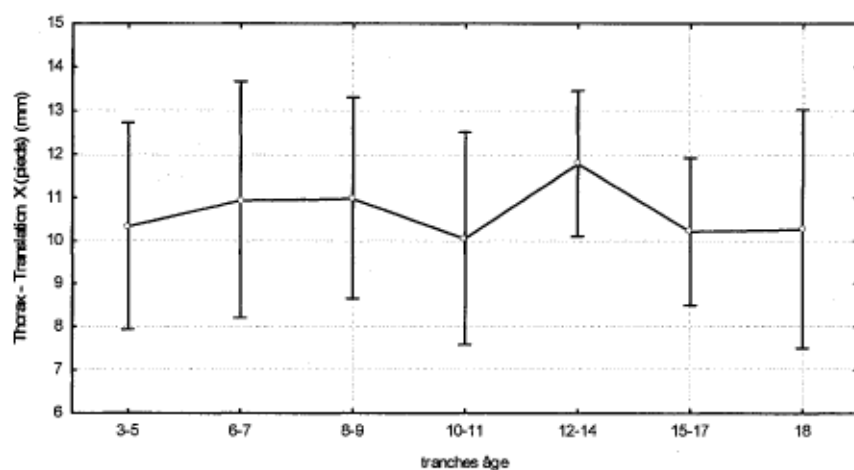


Figure 45. Résultats moyens des déviations du thorax en translation par rapport à l'axe des X (pieds) selon les différents groupes d'âge allant jusqu'à 18 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%. Non significatif.

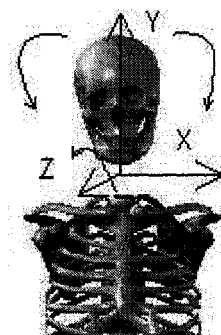
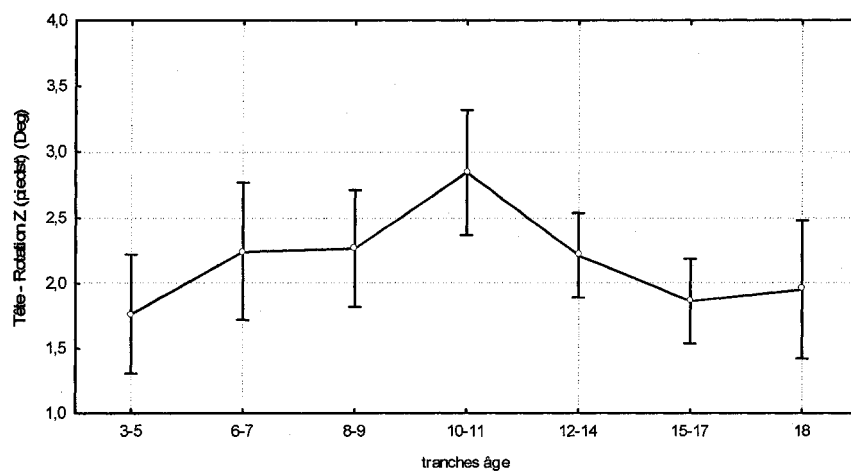


Figure 46. Résultats moyens des déviations de la tête en rotation par rapport à l'axe des Z (pieds) selon les différents groupes d'âge allant jusqu'à 18 ans inclusivement. Les bornes verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%. Non significatif.